
*INNOVATIONSNETZWERK
KLIMAAANPASSUNG
BRANDENBURG BERLIN*



Schlussbericht

Zuwendungsempfänger

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
Institut für Sozioökonomie
Eberswalder Str. 84
15374 Müncheberg

Ansprechpartnerin

Dr. Verena Toussaint
033432/82 323
vtoussaint@zalf.de

Förderkennzeichen

01LR0803A - 01LR0803M

Inhaltsverzeichnis

Einführung	5
Gesamtverbund	6
Teilprojekt 1 - Koordinierte Strategieentwicklung	13
Teilprojekt 2 - Klimaszenarien und Klimafolgenkataster	25
Teilprojekt 3 - Wissensmanagement und Transfer	35
Teilprojekt 4 - Klimaadaptierte Regionalplanung in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald	53
Teilprojekt 5 - Warn- und Interventionssysteme für Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement	63
Teilprojekt 6 - Klimaflexibler Integrierter Landbau	71
Teilprojekt 7 - Anpassungstools für einen klimaplastischen Ökolandbau	85
Teilprojekt 8 - Sortenstrategien bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel	93
Teilprojekt 9 - Anpassung von gärtnerischen Kulturen an den Klimawandel	101
Teilprojekt 10 - Bewertung der landnutzungsabhängigen Feinstaubemissionen	123
Teilprojekt 11 - Versicherungen als Anpassungsstrategie an Wetterrisiken	135
Teilprojekt 12 - Anpassungsstrategien für Weidenutzungssysteme an den Klimawandel	143
Teilprojekt 13 - HYDBOS – Ein Beratungstool für die Nutzung und den Schutz hydromorpher Böden unter geänderten Klimabedingungen	151
Teilprojekt 14 - Agroforstsysteme als eine an zunehmende Trockenheit angepasste Form der Landnutzung	161
Teilprojekt 15 - Adaptation durch zielgerichtete Entwicklung von Mischwäldern	175
Teilprojekt 16 - Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel – Managementoptionen und Gestaltung der politischen Instrumentarien im Land Brandenburg	185
Teilprojekt 17 - Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels	195
Teilprojekt 18 - Innovative Technik für effiziente Bewässerung im Pflanzenbau	203
Teilprojekt 19 - Methoden und Instrumentarien für nachhaltiges Wassermanagement in kleinen Einzugsgebieten im Klimawandel	217
Teilprojekts 20 - Instrumentarien und Strategien für nachhaltige Wasserbewirtschaftung in großen Feuchtgebieten	227
Teilprojekt 21 - Instrumentarien für die nachhaltige regionale wasserwirtschaftliche Planung und Entwicklung - Beispiel Lausitz	237
Teilprojekt 22 - Nachhaltige Managementstrategien für glaziale Seen Brandenburgs im Klimawandel	247

Teilprojekt 23 - Technologien für klimaangepasste Wasserbewirtschaftung in Stadtgebieten im Klimawandel	259
Teilprojekt 24 - Planungsinstrumente und Pilotlösungen für eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft in ländlichen Räumen	269



Einführung

Die gemeinsame Mission des Innovationsnetzwerks Klimaanpassung Region Brandenburg/Berlin (INKA BB) war es, die Nachhaltigkeit der Land- und Wassernutzung in der Region unter veränderten Klimabedingungen zu fördern und die strategische Anpassungsfähigkeit von Akteuren in Wirtschaft, Politik und Verwaltung an den sich abzeichnenden Klimawandel zu verbessern. Damit sollte zudem ein Beitrag zur Stärkung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit geleistet werden. Konkret setzte sich INKA BB das Ziel, Unternehmen und deren Interessenvertretungen sowie politisch-administrative Entscheidungsträger in die Lage zu versetzen:

- innovativ mit klimawandelbedingten Chancen und Risiken der Landnutzung sowie des Wasser- und des Gesundheitsmanagements umzugehen,
- geeignete Anpassungsstrategien in der Kooperation von Wissenschaft und Praxis zu entwickeln und dauerhaft zu implementieren sowie
- erprobte Anpassungsstrategien politisch administrativ oder institutionell zu unterstützen.

Um den Herausforderungen des Klimawandels standortangepasst zu begegnen, entwickelte und erprobte INKA BB Anpassungsstrategien für Landnutzung, Wasserwirtschaft und Gesundheitsvorsorge auf lokaler, regionaler und auf Landesebene. Die angesprochenen Innovationen umfassen sowohl technologische Neuerungen und Anpassungsstrategien in Produktionsbereichen als auch veränderte Planungs- und Handlungsroutinen, die geeignet sind, neuen Risiko-Konstellationen proaktiv zu begegnen. Das Netzwerk verstand sich dabei als lernende (Groß-)Organisation, die Veränderungen beabsichtigt und aktiv gestaltet sowie als Vorbild und Partner Lern- und Veränderungsprozesse initiiert und fördert.

Die Ergebnisse des Gesamtnetzwerks INKA BB lassen sich dabei in folgende Gruppen einordnen:

- naturwissenschaftlich-technologische Innovationen sowie veränderte Planungs- und Handlungsroutinen im Umgang mit Herausforderungen des Klimawandels in Produktions- und Managementbereichen,
- Proaktives Risikomanagement und strategisches Anpassungsverhalten in Unternehmen und Organisationen von Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Tourismus, des Wassermanagements und der Gesundheitsvorsorge sowie
- Institutionalisierte Wissenschafts-Praxis-Verbünde zur Generierung, Operationalisierung und Verbreitung von relevantem Wissen.

Eine Besonderheit des von INKA BB verfolgten Ansatzes lag in der transdisziplinären Herangehensweise, in der Forschungswissen, technisches und planerisches Know-how der Akteure zusammgeführt wurden. Diese Herangehensweise war selbst Forschungsgegenstand und wurde abschließend in mehreren Befragungen evaluiert.



Gesamtverbund

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Netzwerk INKA BB verbindet Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Verwaltung, es ist ein Zusammenschluss von Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Interessensverbänden und öffentlichen Verwaltungen aus Brandenburg und Berlin. Praxispartner im Netzwerk waren Unternehmen aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Tourismus und Wassermanagement sowie Interessensverbände und Behörden. Insgesamt umfasste INKA BB knapp 100 Organisationen und Akteure.

Das Konsortium im engeren Sinne bestand aus den unten aufgeführten Partnern, zehn Forschungseinrichtungen, drei privatwirtschaftlichen Unternehmen sowie einem Interessensverband:

- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg (Projektleitung)
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Charité Universitätsmedizin Berlin
- DHI-WASY GmbH, Berlin, Dresden
- Freie Universität Berlin
- Hochschule für Nachhaltige Entwicklung (HNE), Eberswalde
- Humboldt-Universität zu Berlin
- Institut für angewandte Gewässerökologie (IaG) GmbH, Seddin
- Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden
- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB)
- Landesbauernverband Brandenburg (LBV)
- Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Berlin
- Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturforchung (IRS), Erkner
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Thematisch standen Anpassungsmaßnahmen für Landnutzung in all ihren Facetten und Wassermanagement im Fokus, auch Aspekte des Gesundheitsmanagements wurden bearbeitet. Im Folgenden sind Rahmenbedingungen und Zielsetzungen des Verbundprojektes dargelegt.

Berlin-Brandenburg - gewässerreich und wasserarm

Die Region Berlin-Brandenburg im Übergangsbereich vom ozeanischen zum kontinentalen Klima ist bei den sich abzeichnenden Klimaänderungen als besonders vulnerabel einzuschätzen. Bereits heute machen sich der Klimawandel und Extremwetterlagen deutlich bemerkbar. Auf Grund der vergleichsweise geringen Jahresniederschläge (557 mm, Deutschland ca. 789 mm), eines hohen Gewässeranteils (2,3 % der Fläche) und der Dominanz sandiger Böden mit geringer Speicherkapazität ist die Region besonders anfällig gegenüber lang anhaltenden Hitze- und Trockenperioden und damit einhergehender Wasserknappheit. Der darin eingeschlossene städtische Ballungsraum Berlin ist mittelbar davon betroffen, unmittelbar aber auch durch die Aufheizung der Stadt im Verlauf von Hitzeperioden mit den damit verbundenen gesundheitlichen Belastungen sowie durch zunehmende Starkregenereignisse mit der Folge kurzfristiger Verschlechterung der Gewässergüte. Die bisher schon absehbaren Klimatrends mit weiter zurückgehenden Niederschlägen im Sommer und Zunahme von Starkregenereignissen lassen eine Häufung klimatisch kritischer Situationen und Entwicklungen erwarten. Entgegen dieser langfristig zu beobachtenden Trends waren im Projektverlauf zwei außergewöhnlich niederschlagsreiche Jahre zu verzeichnen. Anpassungsmaßnahmen waren deswegen nicht nur auf erhöhte Temperaturen und zunehmende Trockenheit ausgerichtet, sondern ebenso auf einen Wasserüberschuss.



Land- und Forstwirtschaft

Wegen der direkten Abhängigkeit der land- und forstwirtschaftlichen Produktionsprozesse von den klimatischen und standörtlichen Rahmenbedingungen ist dieser Sektor besonders von den Wirkungen des Klimawandels betroffen. Die sich ändernde Produktivität von Landnutzungssystemen wird mittel- und langfristig die regionalen Produktionsstrukturen der Land- und Forstwirtschaft in erheblichem Maße beeinflussen. Mit der erwarteten Veränderung der Rahmenbedingungen einer ohnehin schon standortbedingt benachteiligten Landwirtschaft in Brandenburg sind vermehrt Ertragsschwankungen und Qualitätsverluste, aber auch regional differenzierte Verschiebungen im Ertragsniveau verbunden. Für die Forstwirtschaft mit ihren bedeutend längeren Produktionszeiträumen entstehen Risiken bezüglich der Stabilität und Vitalität der Waldbestände und ihrer Funktionsvielfalt insgesamt. Das vermehrte Auftreten von extremen Witterungsereignissen infolge des Klimawandels stellt aktuell das eigentliche Problem dar. Hierfür wurden Strategien zur Risikominderung entwickelt und geeignete Sicherungssysteme etabliert.

Naturschutz und Tourismus

Der Klimawandel beeinträchtigt jedoch nicht nur die Produktionsfunktion von Landschaften, sondern auch ihre Ökosystemfunktion, und das sowohl mittelbar als auch unmittelbar. Zum einen beeinflusst das Klima als relevanter Rahmenfaktor direkt alle abiotischen und biotischen Prozesse, zum anderen ergeben sich aus den sich ändernden (land- und forstwirtschaftlichen) Produktionssystemen zusätzliche Auswirkungen auf diese Prozesse sowie auf wildlebende Tiere und Pflanzen. Das Klima wird bisher als gegebener und bekannter Faktor in die Erarbeitung von Schutzkonzepten und in die Ausweisung von Schutzgebieten einbezogen. Die derzeit formulierten, an kontinuierlichem Erhalt und mehr oder weniger konstantem Artbestand orientierten Zielzustände und Verschlechterungsverbote stoßen jedoch mit ihrem statischen Ansatz an Grenzen und bedürfen der Flexibilisierung.

Als ein für Brandenburg wichtiger Wirtschaftsfaktor ist der Tourismus in besonderem Maße auf die natürlichen Ressourcen Landschaft, Natur und Wasser angewiesen. Klimawandelbedingt ergeben sich hier einerseits Chancen infolge steigender Temperaturen und sinkender Sommerniederschläge, andererseits ist mit Attraktivitätsverlusten von Natur und Landschaft, vor allem im Bereich des Wasser- und Naturtourismus zu rechnen.

Wassermanagement: Verfügbarkeit und Qualität

Die zahlreichen Fließgewässer, Seen und Feuchtgebiete in Brandenburg und Berlin reagieren aufgrund der geringen Niederschlagsmenge hinsichtlich Wasserführung und Wasserqualität sehr sensitiv auf klimatische Veränderungen sowie auf Veränderungen der Nutzung der Wasserressourcen. Die Grundwasserneubildungsrate ist gering.

In vielen Einzugsgebieten sind vor allem im Sommerhalbjahr Wasserdefizite und dadurch bedingt auch Wassergüteprobleme zu verzeichnen. Oberflächen- und Grundwasserstände zeigen klimabedingt insbesondere in den letzten beiden Jahrzehnten teilweise einen erheblichen Rückgang. Es besteht sowohl für die in Brandenburg charakteristischen Seen als auch für die grundwasserabhängigen Biotope die Gefahr der Verlandung bzw. Austrocknung. Zudem stellt die Zunahme von Starkregenereignissen urbane Gebiete mit Mischkanalisation durch Stoßbelastungen vor erhebliche Probleme. Die Ableitung der belasteten Abwässer in Vorfluter führt zu einer chemischen, biologischen und organischen Beeinträchtigung der Oberflächengewässer. In Berlin wird diese Situation noch durch den Rückgang des Spreezuflusses aufgrund verringerter Sumpfungswässer aus dem Lausitzer Bergbauggebiet und den daraus resultierenden Güteproblemen verschärft. Der Rückgang der verfügbaren Wassermengen sowie das Sinken der Wasserstände bei Oberflächen- und Grundwasser können regional zu Nutzungsengpässen und damit aller Voraussicht nach zu sich verschärfenden Wassernutzungskonflikten führen.



Gesundheit

Gerade in Großstädten kann die Zunahme von Hitzewellen wegen des Klimawandels durch den Effekt der städtischen Wärmeinsel eine deutlich gesteigerte Wirkung entfalten. Der Einfluss von Hitzewellen auf die menschliche Gesundheit ist spätestens mit den Ereignissen 1994, 2003 und 2006 evident geworden. Neben der Überwachung der Luftqualität ist die Ermittlung der thermischen Belastung von zunehmender Bedeutung. Ein weiterer gesundheitsgefährdender Einflussfaktor sind landnutzungsabhängige Feinstäube, die besonders durch Trockenheit und Winderosion befördert werden.

Regionale Umsetzung

Auch wenn in die Ausmaße und die Folgen des Klimawandels sowohl global als auch national schon länger benannt werden, erwies sich die Sensibilisierung der Akteure für das Thema Klimawandel und Anpassung an die erwartbaren Folgen als eine zentrale Aufgabe von INKA BB. Der Handlungsdruck und mögliche Handlungsoptionen wurden von den gesellschaftlichen Akteuren noch nicht ausreichend wahrgenommen, um notwendige Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln oder gar umzusetzen. Umfassende Informationen zur Vulnerabilität von Regionen und Sektoren gegenüber Klimawandel und extremen Witterungssituationen als eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Anpassung der Akteure an den Klimawandel wurden daher von INKA BB zur Verfügung gestellt.

Anpassungsstrategien bei Landnutzung, Wassermanagement und Gesundheit müssen im regionalen Bezug, z.B. von charakteristischen Standorten, naturräumlichen Einheiten oder Wassereinzugsgebieten und der jeweils betroffenen administrativen Regelungsebene entwickelt werden. Vor diesem Hintergrund arbeitete INKA BB räumlich differenziert und mit spezifischen, regional-standörtlich angepassten Lösungen. Mit der Wahl der Untersuchungsregionen wurde der Gradient von den ländlichen Regionen über die suburbanen bis hin zu den städtischen Räumen mit ihren jeweils spezifischen Problemen und Anpassungsstrategien abgedeckt. Das Netzwerk INKA BB betont damit auch die funktionalen Interdependenzen zwischen der Metropole Berlin und ihrem Umland. Dazu gehören beispielsweise die Abhängigkeit der Luftqualität in Berlin von der Landnutzung im Umland, aber auch die Wasserversorgung der Stadt durch die „Lebensader“ Spree. Gleichzeitig ist das ländliche Brandenburg mit einer großen Anzahl naturnaher Räume Zielregion für Erholung suchende Berliner.

Die drei Untersuchungsregionen von INKA BB umfassen zum einen die Regionalen Planungsgemeinschaften Spreewald-Lausitz und Uckermark-Barnim im Hinblick auf Landnutzung und Wassermanagement sowie die Metropole Berlin für die Bearbeitung der Gesundheits- und der Wasservorratsproblematik. Einige ausgewählte Fragestellungen der Landnutzung und des Wassermanagements wurden – akteurs- und standortbedingt – in anderen Regionen Brandenburgs und auch darüber hinaus bearbeitet.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Forschungsarbeiten in INKA BB erfolgten in 24 Teilprojekten, die inhaltlich miteinander vernetzt waren und einem gemeinsamen, übergeordneten Arbeitsprogramm folgten. Sie gliederten sich in die drei Handlungsfelder Netzwerkentwicklung, Landnutzung und Wassermanagement. Eine Übersicht der Teilprojekte gibt nachstehende Tabelle.

Während die Teilprojekte in den letzten beiden Handlungsfeldern durch die Entwicklung, Erprobung und Bewertung konkreter Anpassungsmaßnahmen direkt auf Innovationen und verändertes Handeln zur besseren Klimaanpassung ausgerichtet waren, hatten die Teilprojekte im Handlungsfeld Netzwerkentwicklung überwiegend Querschnitts- und Servicecharakter innerhalb des Gesamtnetzwerks und darüber hinaus.

HandlungsfeldkoordinatorInnen unterstützten die Teilprojekte in ihrer Zusammenarbeit und bei der Zusammenführung ihrer Ergebnisse. Daneben gab es teilprojekt- und zum Teil auch hand-



lungsfeldübergreifende Facharbeitsgruppen, die inhaltliche oder methodische Schnittstellen bearbeiteten (z.B. Landschaftliche Multifunktionalität, Entscheidungsunterstützungs-Tools oder Technologien des Wasserrückhalts).

Handlungsfelder und zugeordnete Teilprojekte

Handlungsfeld	Teilprojekt
Netzwerkentwicklung	TP 1 - Koordinierte Strategieentwicklung
	TP 2 - Klimaszenarien und Klimafolgenkataster
	TP 3 - Wissensmanagement und Transfer
	TP 4 - Klimaadaptierte Regionalplanung in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald
	TP 5 - Warn- und Interventionssysteme für klimaadaptive Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement
Landnutzung	TP 6 - Klimaflexibler Integrierter Landbau - Innovationsbörse und Transfernetzwerk zur kontinuierlichen Entwicklung von Anpassungsoptionen
	TP 7 - Anpassungstools für einen klimaplastischen Ökolandbau
	TP 8 - Sortenstrategien bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel
	TP 9 - Anpassung gärtnerischer Kulturen an den Klimawandel
	TP 10 - Bewertung der landnutzungsabhängigen Feinstaubemissionen
	TP 11 - Versicherungen als Anpassungsstrategie an Wetterrisiken
	TP 12 - Anpassungsstrategien für Weidenutzungssysteme an den Klimawandel
	TP 13 - HYDBOS – Ein Beratungstool für die Nutzung und den Schutz hydro-morpher Böden unter geänderten Klimabedingungen
	TP 14 - Agroforstsysteme als eine an zunehmende Trockenheit angepasste Form der Landnutzung
	TP 15 - Adaptation durch zielgerichtete Entwicklung von Mischwäldern
	TP 16 - Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel
Wasser- management	TP 17 - Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels
	TP 18 - Innovative Technik für effiziente Bewässerung im Pflanzenbau
	TP 19 - Methoden und Instrumentarien für nachhaltiges Wassermanagement in kleinen Einzugsgebieten im Klimawandel
	TP 20 - Instrumentarien und Strategien für nachhaltige Wasserbewirtschaftung in großen Feuchtgebieten
	TP 21 - Instrumentarien für die nachhaltige regionale wasserwirtschaftliche Planung und Entwicklung - Beispiel Lausitz
	TP 22 - Nachhaltige Managementstrategien für glaziale Seen Brandenburgs im Klimawandel
	TP 23 - Technologien für klimaangepasste Wasserbewirtschaftung in Stadtgebieten im Klimawandel
	TP 24 - Planungsinstrumente und Pilotlösungen für eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft in ländlichen Räumen

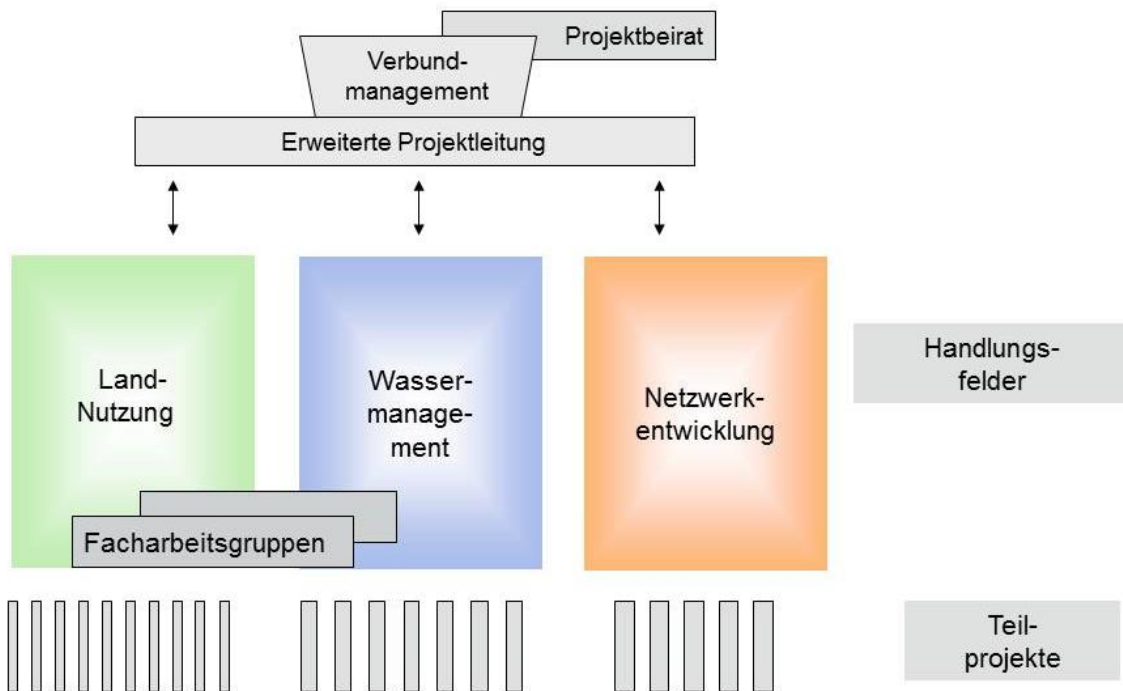
Allen Handlungsfeldern übergeordnet koordinierte die Projektleitung die Zusammenarbeit der Teilprojekte zur Realisierung des gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprogramms und gewährleistete die netzwerkinterne und netzwerkexterne Kommunikation und Kooperation. Unterstützt wurde die Projektleitung durch HandlungsfeldkoordinatorInnen, die gemeinsam die erweiterte Projektleitung bildeten. Diese traf sich regelmäßig zur Steuerung des Gesamtverbun-



des, zur Abstimmung übergeordneter Fragen sowie zur Vorbereitung der jährlichen Gesamtverbundtreffen. In diesem Gremium waren Wissenschaft und Praxis vertreten.

Ein Projektbeirat mit VertreterInnen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung begleitete das Gesamtnetzwerk bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien aus nationaler und europäischer Perspektive und unterstützte bei der regionalen Umsetzung seiner Ziele. Die Struktur des Netzwerks verdeutlicht folgende Abbildung.

Netzwerkstruktur von INKA BB



Das gemeinsame Arbeitsprogramm von INKA BB

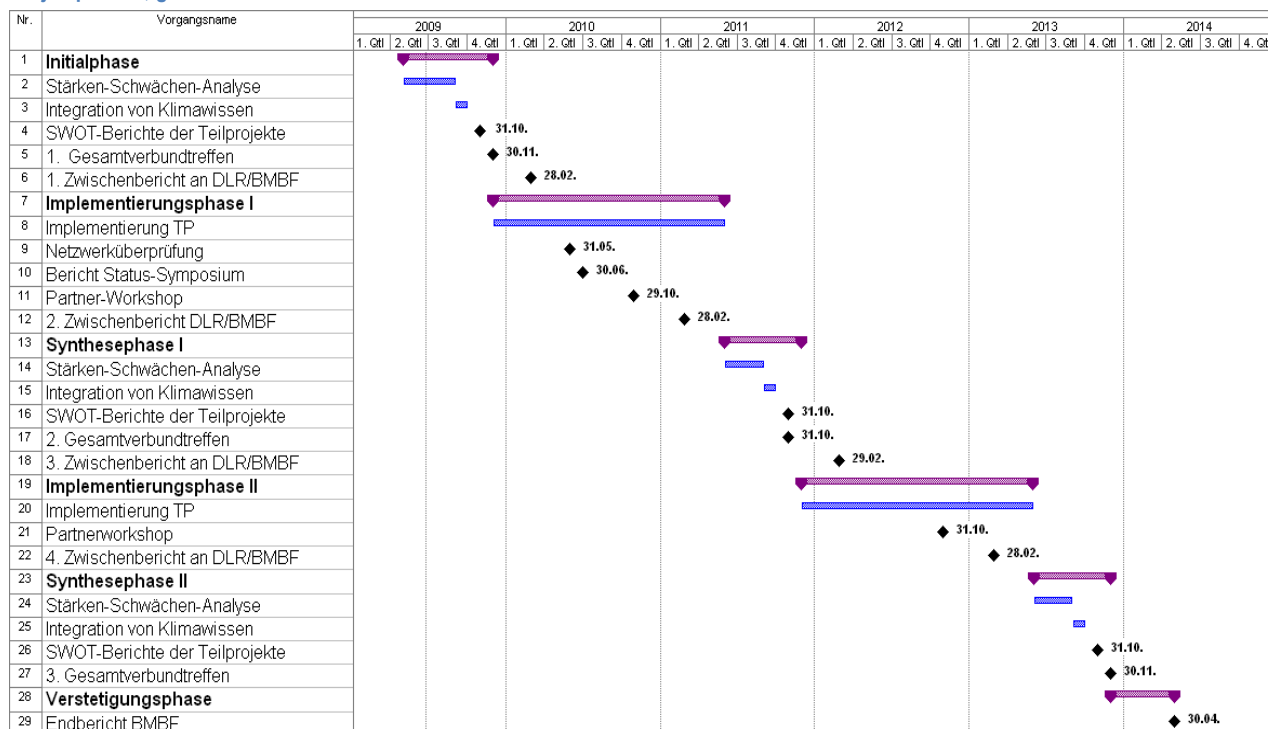
Um das Ziel von INKA BB, Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entwickeln, zu erproben und die erfolgreichen Maßnahmen in die Verstetigung zu führen, für das gesamte Netzwerk zu erreichen, arbeiteten alle Teilprojekte entsprechend eines gemeinsamen Arbeitsprogramms, das durch sechs aufeinander aufbauende Phasen und eine Reihe gemeinsamer Meilensteine charakterisiert war (s. Abbildung).

In der Initialphase (7 Monate) wurden in den Teilprojekten zunächst vorhandenes Wissen und Problemlösungsansätze (= Stärken) den Wissensdefiziten und offenen Fragen (= Schwächen) in Bezug auf den Klimawandel gegenüber gestellt. In einem zweiten Schritt wurden die zu erwartenden klimatischen Veränderungen auf regionaler Ebene als Chancen und Risiken aus der Sicht der beteiligten Teilprojektpartner analysiert und bewertet. Auf der Basis dieser SWOT-Analysen planten die Teilprojekte jeweils problembezogene Anpassungsmaßnahmen, die in der ersten Implementierungsphase (18 Monate) entwickelt und erprobt wurden.

Während der Implementierungsphase erfolgte eine Zwischenevaluierung durch den Geldgeber. Der Stand und Erfolg der Netzwerkentwicklung wurde anhand der vorab definierten Abbruchkriterien in jedem Teilprojekt ermittelt und extern bewertet. Nach erfolgter positiver Begutachtung wurden erste Maßnahmen des Wissenstransfers realisiert. Die Erfahrungen und Erkenntnisse der ersten Implementierungsphase wurden in der ersten Synthesephase erneut einer SWOT-Analyse unterzogen. Daraus zogen die Netzwerkpartner Schlussfolgerungen für ein verbessertes strategisches Vorgehen und entwickelten neue bzw. überarbeiteten die bisherigen Anpassungsmaßnahmen. Die Auswertung der strategischen Ausrichtungen der Teilprojekte wurde zudem zu einem Zielsystem auf Netzwerkebene zusammengeführt.



Projektphasen, gemeinsamen Aktivitäten und Meilensteine



Die Erprobung von überarbeiteten Innovationen und verbesserten Anpassungsmaßnahmen erfolgt in der zweiten Implementierungsphase (wiederum 18 Monate). Regionale Foren, Workshops und Feldtage unterstützten den Wissenstransfer in die Regionen. In der zweiten Synthesephase wurden die Projektfortschritte erneut evaluiert. Daraus wurden Schlussfolgerungen für Aktivitäten in der abschließenden Verstetigungsphase gezogen.

Es gelang allerdings nicht, die geplanten Iterationsschleifen der Projektplanung bis zum Schluss konsequent und systematisch gleichermaßen in allen Teilprojekten durchzuführen, zumal nicht allen Beteiligten der Sinn solcher Phasen der Selbstreflexion vermittelbar war (s. hierzu auch Teilprojekt 1, Seite 15 ff.). Auch war der Grad der Partizipation der Praxispartner in den einzelnen Teilprojekten unterschiedlich bzw. nahm im Projektverlauf ab. Zudem erwies es sich mit zunehmender Projektlaufzeit immer schwieriger, den gemeinsamen Zeitplan für alle Teilprojekte einzuhalten, da einzelne Teilprojekte im Ablauf zum Teil ihrer eigenen Logik folgten (z.B. Abhängigkeit von Vegetationszeiten) oder aus unterschiedlichen Gründen zeitliche Verzögerungen auftraten (Wechsel von Praxispartnern, Fluktuation bei den MitarbeiterInnen).

Insgesamt wurde in allen Teilprojekten eine Vielzahl an Ergebnisse und Produkten erstellt, die den nachfolgenden Berichten zu entnehmen sind. Eine abschließende Befragung sowohl der Praxispartner als auch der Beteiligten aus der Wissenschaft ergaben überwiegend eine positive Einschätzung der erzielten Projektergebnisse und der gewählten Methodik, aber auch wertvolle Hinweise für künftige Vorhaben.



Teilprojekt 1 - Koordinierte Strategieentwicklung

Projektleitung: Prof. Dr. Andrea Knierim, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Aufgabe von Teilprojekt 1 „Koordinierte Strategieentwicklung“ war es, durch die Entwicklung bzw. Anpassung und Anwendung geeigneter methodischer Vorgehensweisen die Netzwerkpartner bei der Entwicklung von regionalen Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu unterstützen und dabei sowohl in den Teilprojekten, als auch auf Ebene des Gesamtnetzwerkes ein systematisches und koordiniertes Vorgehen zu fördern. Ziele der Arbeiten im Teilprojekt 1 waren,

- die Netzwerkpartner in die Lage zu versetzen, regionale Anpassungsstrategien für ihre Organisationen zu entwickeln und umzusetzen und
- dabei insbesondere die Auseinandersetzung mit Chancen und Risiken des Klimawandels zu fördern,
- Wechselwirkungen und Konflikte zwischen den Strategien unterschiedlicher Akteure in INKA BB wahrzunehmen und auf Handlungsbedarf im Hinblick auf politisch-administrative Rahmenbedingungen hin zu überprüfen und
- Mittels sozialwissenschaftlicher Begleit- und Prozessforschung eine systematische Auswertung der Vorgehensweise zu leisten und die Grundlagen für deren Übertragbarkeit auf ähnliche Vorhaben zu liefern.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Der Stand des Wissens zu methodischen Vorgehensweisen bei der Entwicklung von transdisziplinären Netzwerken wurde zu Projektbeginn umfassend und sozialwissenschaftlich differenziert charakterisiert unter Bezug auf soziologische, sozialpsychologische und politikwissenschaftliche Konzepte (z.B. ADERHOLD et al. 2005, KEUPP und RÖHRLE 1987, MAYNTZ 1997, ORTHEY 2005, SYDOW und WINDELER 1997). Aus dieser Literaturlauswertung wurde insbesondere deutlich, dass die mit einem solchen Netzwerk verbundenen Anforderungen an alle beteiligten Akteure,

- sich freiwillig und mit hohem Autonomiegrad in einer transdisziplinären Kooperation und gemeinsamen Arbeitsprozess zu engagieren und
- sich mit den dabei zu überwindenden unterschiedlichen Werten und Normen auseinander zu setzen und von und mit einander zu lernen,

außerordentlich hoch sind und von einer methodischen Unterstützung profitieren können (NAGEL und WIMMER 2002; BRODA-KASCHUBE 2005). Diese methodische Unterstützung muss einerseits geeignet sein, den transdisziplinären Arbeitsprozess zu strukturieren und zu leiten (TRUFFER 2007), andererseits auch dazu dienen, durch Schritte der Reflexion und Evaluierung die Selbststeuerungsfähigkeit der beteiligten Akteure so zu fördern, dass auch nach Projektende weiterhin Anpassungsstrategien an den Klimawandel in diesen oder ähnlichen Konstellationen entwickelt werden können (WIESENTHAL 2006; WILLKE 2001).

Literatur

ADERHOLD, J., MEYER, M., WETZEL, R. (Hrsg.) (2005): Modernes Netzwerkmanagement. Anforderungen – Methoden – Anwendungsfelder. Verlag Gabler, Wiesbaden.

BRODA-KASCHUBE, B. (2005): Evaluation von Netzwerkentwicklungen in einer lernenden Region – ein Praxisbericht. *Gruppendynamik und Organisationsberatung* (36) 1: 33–44.

MAYNTZ, R. (1997): Soziale Dynamik und politische Steuerung. Theoretische und methodologische Überlegungen. Verlag Campus, Frankfurt, New York.

KEUPP, H., RÖHRLE, B. (Hrsg.) (1987): Soziale Netzwerke. Campus, Frankfurt a. Main.



- KNIERIM, A., TOUSSAINT, V. ET AL. (2009): INKA BB Rahmenplan. Elektronische Ressource, Müncheberg.
- NAGEL, R., WIMMER, R. (2002): Systemische Strategie-Entwicklung. Modelle und Instrumente für Berater und Entscheider. Klett-Cotta, Stuttgart.
- ORTHEY, F.M. (2005): Lernende Netzwerke? Überlegungen zum Netzwerkbegriff und seiner Anschlussfähigkeit für Lernprozesse. *Gruppendynamik und Organisationsberatung* (36) 1: 7–22.
- SYDOW, J., WINDELER, A. (1997): Management Interorganisationaler Beziehungen. Vertrauen, Kontrolle und Informationstechnik. Westdeutscher Verlag, Wiesbaden.
- TRUFFER, B. (2007): Wissensintegration in transdisziplinären Projekten – Flexibles Rollenverständnis als Schlüsselkompetenz für das Schnittstellenmanagement. *Gaia* 16/1: 41-45.
- WIESENTHAL, H. (2006): Gesellschaftssteuerung und gesellschaftliche Selbststeuerung. Verlag für Sozialwiss., Wiesbaden.
- WILLKE, H. (2001): Systemtheorie III: Steuerungstheorie. Lucius & Lucius, Stuttgart.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Die Organisationsstruktur von INKA BB umfasste vier Organe:

- 24 einzelnen Teilprojekte (von denen 20 auf die transdisziplinäre Entwicklung bzw. Erprobung von Innovationen zu Lösung von Praxisproblemen ausgerichtet waren, drei unterschiedliche Querschnittsfunktionen übernahmen und eines disziplinär gearbeitet hat), welche in 4 thematische Handlungsfeldern gruppiert waren;
- das Verbundmanagement, dem die Vertretung des Netzwerks nach außen und das Management nach innen oblag;
- die erweiterte Projektleitung, die sich aus dem Verbundmanagement und den KoordinatorInnen der Handlungsfelder zusammensetzte, und die inhaltlichen Arbeiten des Netzwerkes begleitete, um „die Entwicklung von INKA BB zu fördern, seine Zielausrichtung kontinuierlich zu beobachten und zu justieren und seine dauerhafte Etablierung zu unterstützen“ sowie
- das Gesamtnetzwerk INKA BB als Plenum.

Im Rahmen dieser Organisationsstruktur kooperierte Teilprojekt 1 sowohl mit allen anderen einzelnen Teilprojekten, wobei sie insbesondere die 20 inhaltlich ausgerichteten Teilprojekte unterstützten, als auch in und mit der erweiterten Projektleitung und mit dem Verbundmanagement. Im Gesamtnetzwerk agierte Teilprojekt 1 nur nach vorheriger Abstimmung in der erweiterten Projektleitung (Die Koordinatorin von Teilprojekt 1 war gleichzeitig Koordinatorin eines Handlungsfeldes und bis April 2013 eine der beiden Verbundkoordinatorinnen, so dass sie in diesem Rahmen mehrere Rollen wahrnahm). Außerdem wurde im Laufe des Verbundvorhabens auch die Facharbeitsgruppe (FAG) „Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung“ gegründet und durch Teilprojekt 1 geleitet. Im Folgenden werden die Aktivitäten an den drei Schnittstellen (i) Teilprojekt 1 / inhaltliche Teilprojekte, (ii) Teilprojekt 1 / erweiterte Projektleitung und (iii) Teilprojekt 1 / FAG Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung kurz umrissen.

I.5.1 Zusammenarbeit zwischen Teilprojekt 1 und anderen Teilprojekten in INKA BB

Die Zusammenarbeit von Teilprojekt 1 mit den anderen Teilprojekten in INKA BB zu Förderung eines systematischen und transparenten methodischen Vorgehens bei der transdisziplinären Entwicklung von Anpassungsstrategien war die zentrale Aufgabe dieser Arbeitsgruppe und hat großen Teil der Ressourcen in Anspruch genommen. Konkret hat Teilprojekt 1 hierzu eine Reihe von netzwerkinternen Veranstaltungen zur Förderung der transdisziplinären Zusammenarbeit angeboten bzw. einzelnen Sessions im Rahmen der Gesamtverbundtreffen organisiert und geleitet. Tabelle 1.1 gibt einen Überblick über diese Veranstaltungen.

Einige der dargestellten Veranstaltungen dienten dazu, den Netzwerkpartnern Trainings- und Austauschangebote zu machen und so Kompetenzen der inter- und transdisziplinären Kooperation zu fördern (Nr. 1, 2, 3, 5, 6 und 8), während andere die Abstimmung der gemeinsamen



Vorgehensweise und die Verständigung über das gemeinsame Zielsystem im Netzwerk zum Gegenstand hatten (Nr. 4, 7, 9 und 10). Letztere wurden in Kooperation mit dem Verbundmanagement konzipiert und umgesetzt, Teilprojekt 1 hatte hier die Aufgabe, die inhaltliche Ausgestaltung zu übernehmen.

Nr.	Datum	Thema	Art und Umfang
1	7.09.2009	Einführung in die SWOT – Analyse	31 Personen/17 Teilprojekte
2	17./18.09.09	Moderationstraining für INKA BB	13 Personen
3	19.03.2010	Transdisziplinäre Kooperation	Workshop, 16 Personen
4	20.05.2010	Verbundtreffen, Abstimmung des Zielsystems	Session, organisiert mit Verbundmanagement
5	27./28.10.10	Konzeption und Design für aktionsorientierte Forschung	Workshop, 16 Personen; organisiert mit Teilprojekt 3
6	01.11.2010	Gesamtverbundtreffen, Open Space zu netzwerkinternem Austausch und Zusammenarbeit	Session, organisiert mit Verbundmanagement
7	16.03.2011	Verbundtreffen, Diskussion zur Strategieentwicklung in INKA BB; Einführung zur Synthesephase I	2 Sessionen, organisiert zusammen mit Verbundmanagement
8	11.04.2011	SWOT Methodik und Moderation transdisziplinärer Gruppen	Workshop, 20 Personen
9	08.05.2012	Verbundtreffen, Auswertung und Diskussion der 1. Synthesephase	Session, organisiert mit Verbundmanagement
10	25.04.2013	Verbundtreffen, Vorbereitung 2. Synthesephase	Session, organisiert mit Verbundmanagement

Tabelle 1.1: Übersicht der von Teilprojekt 1 durchgeführten, netzwerkinternen Veranstaltungen

Parallel zu den Workshop-Angeboten für die Netzwerkpartner und den Beiträgen auf Verbundtreffen hat Teilprojekt 1 auch bilateral mit den Teilprojekten zusammengearbeitet. So war eine Mitarbeiterin unterstützend bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Akteursworkshops zur SWOT-Analyse aktiv. In diesem Rahmen wurde im Jahr 2009 15 von 19 Akteurstreffen und im Jahr 2011 neun von 10 Akteurstreffen begleitet (SIART und KNIERIM 2013:183). In der 2. Synthesephase wurden die von den Teilprojekten durchgeführten SWOT-Analysen durch die Bereitstellung von teilprojektspezifischen, schriftlichen Auswertungen der Netzwerkpartnerbefragung unterstützt.

I.5.2 Beiträge von Teilprojekt 1 zu den Arbeiten der erweiterten Projektleitung

Die Leiterin des Teilprojekts war in ihrer Doppelrolle als Verbund- und Handlungsfeldkoordinatorin ab Projektbeginn im Mai 2009 bis März 2013 Mitglied der erweiterten Projektleitung, deren Treffen in der Regel einmal im Quartal stattfanden. Hierfür wurden im Laufe der Jahre eine Reihe inhaltlicher Beiträge vorbereitet, die die Gestaltung des gemeinsamen Zielsystems und die Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zum Gegenstand hatten. Insbesondere sind hier zu nennen

- die Erarbeitung und Abstimmung des Selbstverständnisses in der erweiterten Projektleitung (Juni 2009),
- die Konzipierung und Abstimmung des Zielsystems in der erweiterten Projektleitung und im Gesamtverbund (Mai 2010) und
- die Vorbereitung, Organisation und Dokumentation der Strategiediskussionen im Gesamtnetzwerk bei den Verbundtreffen im März 2011 und November 2012.



I.5.3 Aktivitäten von Teilprojekt 1 im Rahmen der Facharbeitsgruppe ‚Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung‘

Beim ersten Verbundworkshop im November 2009 wurden Facharbeitsgruppen gegründet, darunter auch die Facharbeitsgruppe „Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung“, die sich aus MitarbeiterInnen der Teilprojekte 1,3,5,11 und 19 zusammensetzte. Die Leitung dieser Facharbeitsgruppe übernahm Teilprojekt 1. Ziel war es, den fachlichen Austausch zwischen den an INKA BB beteiligten SozialwissenschaftlerInnen zu organisieren und deren Einbindung in die *scientific community* der sozialwissenschaftlichen Anpassungsforschung zu fördern. Die Aktivitäten in diesem Rahmen umfassten die Vorbereitung, Leitung und Dokumentation von Arbeitstreffen, deren Themen gemeinsam entwickelt und abgestimmt wurden. Insgesamt wurden 10 Treffen durchgeführt (Tab. 1.2).

Datum	Thema
23.03.2010	Vorstellung und Zielfindung
06.10.2010	Arbeitsstand in den TP und gemeinsame Inhalte der FAG
30.03.2011	Austausch zu Stand der Arbeiten; Beteiligung am Klimzug Governance Workshop; Planung Partizipations-Workshop
28.10.2011	Diskussionspapiere aus TP 1 und TP 3
24.04.2012	Vortrag TP 3 – Partizipative Bildungskonzepte
27.09.2012	Nachbereitung von inter/nationalen Veranstaltungen
12.12.2012	Vorbereitung eines gemeinsamen Positionspapiers zur Rolle der Sozialwissenschaften
26.02.2013	Weiterentwicklung des gemeinsamen Positionspapiers
22.04.2013	Ausarbeitung von Fallbeispielen
10.06.2013	Vergleichende Diskussion der Fallbeispiele

Tabelle 1.2: Treffen der Facharbeitsgruppe „Sozialwissenschaftliche Anpassungsforschung“

Die Facharbeitsgruppe hat einige Impulse in das Gesamtnetzwerk gegeben, u.a. durch zwei Vorträge zu Diskursanalyse und Akteursbeteiligung beim Gesamtverbundtreffen im November 2011, sowie Beiträge für nationale und internationale wissenschaftliche Veranstaltungen vorbereitet. Das Positionspapier, das anhand von mehreren Fallvignetten die Rolle der Sozialwissenschaften in der Anpassungsforschung an den Klimawandel am Beispiel von INKA BB konkretisiert, liegt als Entwurf vor, konnte allerdings bisher nicht fertig gestellt werden.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Die geplanten Ergebnisse aus den Arbeiten im Teilprojekt 1 umfassen (i) ‚prozedurale und summative Auswertungen zu strategischen Instrumenten wie der SWOT Analyse‘ sowie ‚formative Auswertungen zur Gestaltung des Prozesses zur Strategieentwicklung auf den unterschiedlichen Ebenen von INKA BB durch Aktionsforschung‘ (im Rahmenplan auch als ‚Methodenkatalog zur koordinierten Strategieentwicklung‘ bezeichnet), (ii) ein iterativ entwickeltes und abgestimmtes Leitbild- und Zielsystem für INKA BB und (iii) sozialwissenschaftliche Begleitforschung zur Unterstützung der Netzwerkentwicklung und der Politikberatung. Diese drei Ergebnisgruppen werden im Folgenden vorgestellt und im Hinblick auf die Zielerreichung diskutiert und bewertet. Aufgrund des grundsätzlich offenen Prozesscharakters des Vorhabens konnten die Methoden und Instrumente nicht alle ex ante genannt werden, bzw. wurden nicht alle durch die Meilensteine benannten Maßnahmen so wie geplant umgesetzt, sondern z. T. durch andere, im Verbund verwertbare Maßnahmen ersetzt.

II.1.1 Methodenkatalog zur koordinierten Strategieentwicklung

Als ‚Methodenkatalog zur koordinierten Strategieentwicklung‘ werden hier alle schriftlichen Dokumente zusammengefasst, die die Förderung der transdisziplinären Kooperation zur Strategie-



gieentwicklung auf den unterschiedlichen Ebenen des Netzwerks zum Gegenstand haben. Dabei geht es im Wesentlichen um die Anpassungsstrategien in den Teilprojekten und deren Koordination im Gesamtnetzwerk.

Die Forschungsarbeiten, die dieser Ergebnisgruppe zugrunde liegen, sind überwiegend dem Modul 1 ‚Gestaltung des koordinierten Strategieentwicklungsprozesses‘ zuzurechnen und beruhen auf einem Aktionsforschungsansatz, mit dem die Entwicklung von Anpassungsstrategien unterstützt werden sollte. Wie bereits im Projektantrag (Rahmenplan) vermerkt, bestand eine große Diversität unter den in INKA BB beteiligten Partnern und Akteurskonstellationen, wodurch auch eine hohe Flexibilität beim methodischen Vorgehen erforderlich war. Die im Laufe des Verbundvorhabens vom Teilprojekt entwickelten und umgesetzten Interventionen folgten daher zum Teil den von den Projektpartnern geäußerten Bedürfnissen und entsprachen nur partiell den im Rahmenplan dargestellten Aktivitäten. Insbesondere lassen sie sich nicht zu einem kohärenten ‚Methodenkatalog‘ zusammenbinden, so dass dieser Begriff im vorliegenden Kontext nur mit Bezug auf die ursprüngliche Planung genutzt wird und stellvertretend für eine Reihe von einander ergänzenden Dokumenten steht, die z. T. im Projektverlauf als interne Dokumente erstellt wurden, und z. T. in publizierter Form vorliegen.

Projektinterne Ergebnisse – Methodisches Vorgehen in den Teilprojekten

Das Vorgehen in den Teilprojekten zur Erprobung von Innovationen für die gezielte Anpassung an den Klimawandel und zur Entwicklung von Strategien, die eine erfolgreiche langfristige Anpassung sichern, wurde als transdisziplinärer Arbeitsprozess angelegt und wiederholt durch SWOT-Analysen überprüft und ausgewertet. Die Umsetzung dieser SWOT-Analysen wurde durch das Teilprojekt angeleitet und unterstützt. Die erstellten Berichte wurden ausgewertet und die Ergebnisse in Berichtsform und durch Präsentationen an die Netzwerkpartner zurück übermittelt.

Was	Wann	Phase	Charakter
Handreichung 1. SWOT-Analyse	August 2009	Initialphase	Intern
Auswertungsbericht / Synthese der SWOT-Berichte 2009	Mai 2010 (M1)	Implementierungsphase	Intern
Handreichung „Strategieentwicklung – Häufig gestellte Fragen“	November 2010	Implementierungsphase	Intern
Handout „Häufige Fragen der Moderationsmethodik“	April 2011 (M5)	Implementierungsphase	Intern
Auswertungsbericht / Synthese der SWOT-Berichte 2011	Oktober 2012	Erste Synthesephase	Intern
Handreichung zur strukturierten Auswertung der 2. Synthesephase	September 2013	Zweite Synthesephase	Intern
Teilprojektspezifische Auswertung der Praxispartnerbefragung	Sommer/ Herbst 2013	Verstetigung	Intern
Auswertung Netzwerkbefragung (Praxispartner)	Herbst 2013	Verstetigung	Öffentlich
Auswertungsbericht / Synthese der SWOT-Berichte 2013	Mai 2014 (M7)	Verstetigung	Öffentlich

Tabelle 1.3: Produkte aus Teilprojekt 1 zum methodischen Vorgehen in INKA BB

Bei den unterstützenden Maßnahmen handelte es sich um schriftliche Anleitungen zur Durchführung der SWOT – Analyse aus den Jahren 2009, 2011 und 2013, die in den Jahren 2009 und 2011 in Kombination mit jeweils einem Trainings-Workshop angeboten wurden und um bilaterale Beratungsgespräche. Die Auswertungsaktivitäten liegen in Form von drei Auswertungsberichten zu den SWOT-Analysen aus den Jahren 2010, 2012 und 2014 vor (Tab. 1.3). Die Aus-



wertungen zeigen, dass die im Projektantrag geplante methodische Vorgehensweise in den Teilprojekten nur partiell auf eine positive Resonanz gestoßen ist und dass die Partizipation von Praxispartnern im Projektverlauf in vielen Teilprojekten sukzessive reduziert wurde. Aus dem ersten vorläufigen Fazit lässt sich direkt folgern, dass es offensichtlich nur partiell gelungen ist, das methodische Vorgehen für die transdisziplinäre Kooperation bei allen wissenschaftlichen Netzwerkpartnern dauerhaft zu vermitteln. Die realisierte Gestaltung der Partnerbeteiligung sowie die zitierten Äußerungen zur Angemessenheit der SWOT-Analyse und die geringe bzw. ungenaue Differenzierung bei der Anwendung des Analyseinstrumentes lassen vermuten, dass die mit Projektantrag vereinbarte Vorgehensweise zwei Jahre später von einer Reihe von WissenschaftlerInnen als externe Intervention und unpassende Vorgabe der Aktionsforscherinnen wahrgenommen wurde. Damit – so die Annahme – wurde die SWOT-Analyse für viele zu einer von außen vorgegebenen Pflichtübung und nicht zu einer nützlichen Anleitung zur Selbstevaluierung unter Kooperationspartnern (Siart und Knierim 2013). Um belastbare Schlussfolgerungen über den Zusammenhang zwischen prozeduralem Design, methodischen Interventionen und deren Wirkungen bei den Netzwerkpartnern zu entwickeln, wurde im Rahmen der Begleitforschung eine repräsentative Befragung der in INKA BB beteiligten WissenschaftlerInnen und der Praxispartner im Netzwerk durchgeführt (siehe Abschnitt II.1.3). Hier zeigte eine erste Auswertung, dass die methodische Unterstützung durch das Teilprojekt von den Wissenschaftler/innen mit einer 3 (auf einer Skala von 1/sehr schlecht bis 5/sehr gut) bewertet wird. Eine detailliertere Auswertung ist in Vorbereitung (Schmid et al. 2015). Die öffentlichen Berichte sind auf der INKA BB website unter Teilprojekt 1 einsehbar.

Projektinterne Ergebnisse – Bericht zur Netzwerkentwicklung

Das Teilprojekt hat konzeptionell zur Erstellung des Meilensteinberichts ‚Netzwerkentwicklung‘ (M4) beigetragen, der einerseits der externen Evaluierung diene und andererseits genutzt wurde, um die interne Diskussion zu Leitbild und Zielsystem voran zu bringen (siehe Kapitel II.1.2). Dieser Bericht wurde den Gutachtern und dem Projektträger vorgelegt und ist nicht öffentlich. Er hat die Grundlage gelegt für eine Kategorisierung und strukturierte Übersicht über die unterschiedlichen Netzwerkpartner und deren Einbindung in die Entwicklung des Verbundvorhabens. Auszüge davon wurden in einer internationalen Publikation (Knierim 2014) berücksichtigt.

Netzwerkdiagnose INKA BB 08.05.2012

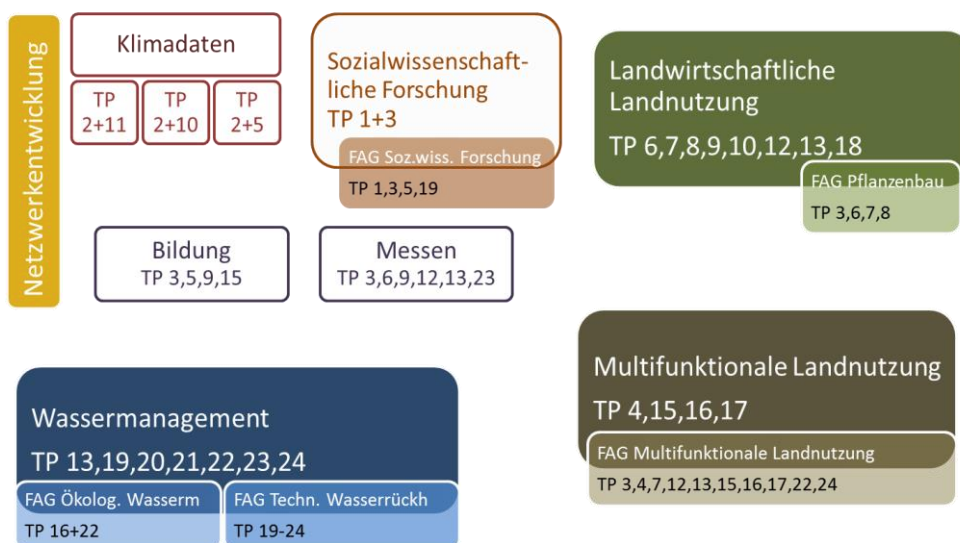


Abb. 1.1: Aktualisierte Netzwerkformation und Kooperationsdiagnose

Im Mai 2012 wurde die Netzwerkdiagnose mittels einer soziometrischen Aufstellung im Rahmen eines Verbundtreffens aktualisiert und graphisch visualisiert (s. Abb. 1.1). Es zeigte sich



gegenüber der Ausgangslage des in vier Handlungsfelder gegliederten Gesamtnetzwerks nur wenige Veränderungen (z.B. Teilprojekt 18, Teilprojekt 4), so dass hieraus keine weiteren Anforderungen für einen überarbeiteten Bericht zur Netzwerkentwicklung abgeleitet wurden.

Projektinterne Ergebnisse – Strategieentwicklung

Neben der Unterstützung der Teilprojekte bei der Strategieentwicklung, war das Teilprojekt auch dafür verantwortlich, dieser Strategiediskussion auch im Gesamtnetzwerk einen Rahmen zu geben. Angestoßen durch den Ausschreibungstext wurde die Aufgabe der ‚Strategieentwicklung zur Anpassung an den Klimawandel‘ als ein Querschnittsthema für alle Teilprojekte und als Integrationsanforderung auf der Ebene des Gesamtnetzwerks formuliert. Diese zunächst implizit bestehende Aufgabe der Strategieentwicklung wurde von einer Gruppe von Netzwerkakteuren als teilprojektübergreifendes Anliegen nach einer ‚Gesamtstrategie‘ von INKA BB formuliert (Gesamtverbundtreffen, November 2010). Auf Initiative des Teilprojekts beschäftigte sich die erweiterte Projektleitung in einer Klausur im Februar 2011 mit der Frage, inwiefern und wenn ja, mit welchen Schritten INKA BB eine Gesamtstrategie zur Anpassung an den Klimawandel entwickeln sollte. Die Diskussionen zeigten einen starken Dissens darüber, a) ob angesichts der thematischen Breite die Entwicklung einer überzeugenden Gesamtstrategie zu leisten ist und b) ob in INKA BB die dafür richtigen Akteure vertreten sind und zusammenarbeiten. Bei einer Diskussion mit den Teilprojektleiterinnen und -leitern im März 2011 zu dieser Frage spiegelte sich dieser Dissens auch unter den Netzwerkpartnern wider, und es zeichnete sich eine deutliche Mehrheit gegen die Entwicklung einer Gesamtstrategie ab. Stattdessen wurden für vier Themen strategische Herangehensweisen formuliert und durch das Teilprojekt in einem internen Papier festgehalten. In den folgenden Jahren wurden diese Themen während Gesamtverbundtreffen im Plenum bzw. von Teilgruppen aufgegriffen und verfolgt (siehe auch Knierim 2015). Damit entwickelte INKA BB ab Mitte 2012 weitere partielle Strategien, die ausgewählte Querschnittsthemen aufgriffen und sich an einzelne gesellschaftliche Gruppen, insbesondere an Wissenschaft und Politik, richteten. Eine Gesamtstrategie von INKA BB wurde nicht entwickelt.

Methodenkatalog – publizierte Ergebnisse

Das methodische Vorgehen, ist unter unterschiedlichen Blickwinkeln bereits im Projektverlauf in mehreren Zeitschriften und Büchern auf Deutsch und auf Englisch publiziert worden. Die konzeptionelle Herangehensweise im transdisziplinären Netzwerk wurde im Sommer 2010 in Wien auf der IFSA (*International Farming Systems Association*) vorgestellt und in den *proceedings* publiziert (Knierim et al. 2010). Im selben Jahr wurde der Aktionsforschungsansatz theoretisch konzeptionell differenziert und auf der Klara-Net-Tagung für die regionale Klimaanpassungsforschung aufbereitet (Knierim und Hirte 2011). Halbzeitergebnisse zur Anwendung des Phasenkonzeptes und der zyklischen, mit dem SWOT Instrument unterstützten Prozessanalyse wurden auf der Tagung der Gewisola 2012 (*Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus*) in Deutschland und der IFSA 2012 in Dänemark vorgestellt und u.a. in einem Sammelband der Klimazugprojekte publiziert (Knierim et al. 2013a; Siart und Knierim 2013; Siart et al. 2012). Auch die Ergebnisse der zweiten Synthesephase wurden in einer vorläufigen Auswertung bei der Gewisola 2014 vorgestellt und in den *proceedings* veröffentlicht (Knierim et al. 2014).

II.1.2 Leitbild- und Zielsystem von INKA BB

Beim Kick-off Treffen (Juni 2009) und beim ersten Gesamtverbundtreffen (November 2009) wurden die Ziele von INKA BB angesprochen und im Mai 2010 den TeilprojektkoordinatorInnen eine Diskussionsvorlage zur Leitbild- und Zielsystem vorgeschlagen. Diese wurde mit geringen Veränderungen angenommen und im Sommer 2010 auf der INKA BB website veröffentlicht. Teilweise wurde von den Netzwerkpartnern in ihren Auswertungsberichten darauf Bezug ge-



nommen. Im weiteren Projektverlauf wurde weder in der erweiterten Projektleitung noch unter den Netzwerkpartnern ein Bedarf gesehen, diese Zieldiskussion noch einmal aufzunehmen, so dass eine erneute Leitbilddiskussion unterblieb.

II.1.3 Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Begleitforschung

Zur Unterstützung und zur inhaltlichen Vertiefung wurden im Teilprojekt begleitende empirische Forschungsarbeiten durchgeführt. Angefertigt wurden eine Diskursanalyse mit besonderem Fokus auf den Landespolitiken in Brandenburg und Berlin sowie eine Studie zum Umgang mit dem aus dem Klimawandel resultierenden Risiko und der Unsicherheit aus der Perspektive der unterschiedlichen Praxispartner in INKA BB. Die Ergebnisse der Diskursanalyse wurden beim Gesamtverbundtreffen im November 2010 vorgestellt und liegen als internes Diskussionspapier vor (DIETSCHKE 2010). Ergebnisse der Studie zum Umgang mit den Unsicherheiten des Klimawandels wurden sowohl intern bei einem Workshop zur Regionalisierung der Klimaprojektionen vorgestellt, als auch bei der von INKA BB getragenen IALE – Tagung in Eberswalde sowie als Tagungsbeitrag veröffentlicht (BUNDSCHUH und KNIERIM 2012).

Die Auseinandersetzung mit dem Politikfeld und der Organisationslandschaft, die in Brandenburg und Berlin einen Einfluss auf regionale Anpassungsstrategien nehmen, wurde sowohl konzeptionell geführt als auch durch konkrete Aktionen untersetzt. Vorstudien sowie die sozialwissenschaftlichen Arbeiten im Teilprojekt 19 (Fredersdorfer Mühlenfließ) und Expertengespräche (z.B. mit dem Leiter einer Regionalen Planungsgemeinschaft in Brandenburg) machten allerdings deutlich, dass die institutionellen Möglichkeiten der Landesverwaltungen, mit INKA BB zu kooperieren, begrenzt waren. Aus diesem Grund wurde der Fokus auf die Rolle der EU-Agrarpolitik gelegt und u.a. in Abstimmung mit dem Beiratsmitglied Dr. Martin Scheele (Generaldirektion Landwirtschaft) und getragen von den Mitgliedern der erweiterten Projektleitung eine Veranstaltung zu den Möglichkeiten und Grenzen der Organisationsform ‚Innovationsnetzwerk‘ für die Landwirtschaft organisiert und durchgeführt. Dieser Workshop fand am 06.06.2012 in Brüssel statt, alle Beiträge und Präsentationen sind auf der INKA BB website öffentlich zugänglich. Eine theoriegeleitete Auseinandersetzung mit den Gestaltungs- und Veränderungsmöglichkeiten im Rahmen einer Netzwerkkoordination, die über das eigentliche Netzwerk hinaus gehen, wurde durch einen Artikel in der Zeitschrift für Politikwissenschaften geleistet (KNIERIM 2015).

Die Beschäftigung mit den landwirtschaftlichen Fragestellungen in INKA BB hatte zur Folge, dass sich das Teilprojekt empirisch den Praxispartnern der landwirtschaftlichen Teilprojekte zugewandt und deren soziostrukturellen und motivationalen Charakteristika untersucht hat. Hierdurch wurde eine Auseinandersetzung mit den Zugangsbedingungen zu und der Exklusivität der Mitgliedschaft in Innovationsnetzwerken geführt, und die Basis für eine deutsch- und eine englischsprachige Publikation geschaffen (BUNDSCHUH und KNIERIM 2013; KNIERIM 2014).

Auf Anregung des Beiratsmitglieds Dr. Klaus Radunski und nach Beratung in der erweiterten Projektleitung hat das Teilprojekt im letzten Projektjahr einen Schwerpunkt auf die Evaluierung der Netzwerkerfahrungen gelegt, so dass diese Aktivitäten gegenüber der ursprünglich geplanten Organisations- und Politikfeldanalyse in den Vordergrund rückten. Mit dieser Maßnahme konnte auch dem im Antrag formulierten Ziel, *„eine systematische Auswertung der Vorgehensweise zu leisten und die Grundlagen für deren Übertragbarkeit auf ähnliche Vorhaben zu liefern“* entsprochen werden. Hierzu wurde je eine Befragung aller Praxispartner und eine Befragung der wissenschaftlichen Netzwerkpartner konzipiert, durchgeführt und ausgewertet (KNUTH et al. 2014, SCHMID et al. 2015).

Die Auswertung der Praxispartnerbefragung zeigt, dass sich ein Großteil der Netzwerkpartner aktiv und durchgängig an INKA BB beteiligt (und nicht nur Informationen aufgenommen) hat und dabei eigene Anliegen in die Projektarbeit einbringen konnten. Interessant ist, dass die Sensibilisierung für den Klimawandel ein wichtiges Thema für die Praxis und eine gelungene



Leistung des Verbundvorhabens war: Hier sind offensichtlich erhebliche Anstrengungen in den Teilprojekten unternommen worden, die so bei der Antragsstellung gar nicht erwartet worden waren. Die Wissenschafts-Praxis Kooperationen werden über alle Organisationsformen hinweg überwiegend mit gut und sehr gut bewertet. Dennoch sind kritische Äußerungen der Praxispartner z.B. zur Kommunikation durch die wissenschaftlichen Partner, zur mangelnden Vermittlung von Informationen und eingeschränkter Praxisverwertbarkeit der Ergebnisse Hinweise darauf, dass nicht in allen Fällen die Partizipationspraxis nach ihren Vorstellungen verlief. Allerdings verweisen die Praxispartner bei verschiedenen Gelegenheiten auch auf die eigenen beschränkten zeitlichen (und finanziellen) Ressourcen, die sie daran hindern sich aktiver ins Projekt einzubringen. Die Befürwortung aktiver Formen der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft, v.a. in Form projektbezogener Zusammenarbeit zeigt das grundsätzliche Interesse der Praxispartner, auch in der Zukunft in transdisziplinären Forschungsprojekten zu kooperieren (KNUTH et al. 2014). Eine internationale Publikation, die auf Ergebnissen dieser Befragung sowie auf der abschließenden SWOT-Analyse (SCHMID UND KNIERIM 2014) beruht, wurde eingereicht und ist in der Begutachtung.

Die Auswertung der Wissenschaftlerbefragung zur Evaluierung von INKA BB ist noch nicht abgeschlossen. Dieser Bericht wird voraussichtlich im August 2015 online gestellt (SCHMID et al. 2015).

II.1.4 Fachtagung und Abschlussbericht

INKA BB wurde mit einer Fachtagung (IFSA 2014) abgeschlossen, auf der insbesondere die landwirtschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Ergebnisse präsentiert wurden. Teilprojekt 1 hat hier die Aufgabe übernommen, die Eröffnungsveranstaltung zu konzipieren und in Kooperation mit der erweiterten Projektleitung sowie Teilprojekt 3 (Wissensmanagement und Transfer) inhaltlich zu gestalten. Die Tagung war mit ca. 280 TeilnehmerInnen, überwiegend aus Europa, sehr gut besucht, so dass Arbeiten aus INKA BB einem großen Fachpublikum vorgestellt werden konnten.

Die Abschlussdokumentation der Arbeiten im Teilprojekt ist keine für sich stehende Monographie, sondern sie wird durch eine Reihe von nationalen und internationalen Publikationen geleistet, die der fachlichen Diversität der Ergebnisse und damit auch den unterschiedlichen wissenschaftlichen Zielgruppen Rechnung tragen. Sie umfasst daher Texte aus den letzten beiden Projektjahren und danach. Im Einzelnen sind zu nennen:

- Die Sammelpublikation ‚Partizipation und Klimawandel – Ansprüche, Konzepte und Umsetzung‘, die als Band 1 der Reihe ‚Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten‘ im oekom Verlag 2013 erschienen ist (KNIERIM et al. 2013b). Hier sind in 6 Kapiteln Mitarbeiterinnen aus Teilprojekt 1 verantwortliche oder mitwirkende Autorinnen. Sie setzen sich theoretisch - konzeptionell und empirisch mit den Bedingungen, Möglichkeiten und Grenzen von Partizipationsprozessen an der Schnittstelle von Wissenschaft und Praxis auseinander.
- Der Beitrag zur Gewisola 2014 stellt den Aktionsforschungsansatz und seine Ergebnisse vor (KNIERIM et al. 2014).
- Der Beitrag zum *climate adaptation manual* rückt den Beteiligungsprozess von Praxispartnern am Beispiel der landwirtschaftlichen Teilprojekte in den Mittelpunkt (KNIERIM 2014).
- In unterschiedlichen Stadien der Veröffentlichung sind ferner (i) ein deutschsprachiger Artikel zu Gestaltung von Veränderungsprozessen in sozialen Netzwerken und darüber hinaus (KNIERIM 2015, Zeitschrift für Politikwissenschaften), (ii) ein deutschsprachiger Beitrag zum Thema ‚Partizipation‘ in einer vom UBA herausgegebenen Springer Publikation zu ‚Klimawandel und Anpassung‘ (angenommen, Veröffentlichung im Frühjahr



2016) und (iii) ein Artikel zur Bewertung der transdisziplinären Zusammenarbeit aus Sicht der Praxispartner (eingereicht bei *Environmental Science and Policy*).

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das im Rahmen der Antragsstellung zu INKA BB für das Teilprojekt beantragte Budget war ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben. Es ermöglichte die o.g. Arbeiten, die in Übereinstimmung mit der Zielsetzung und in Abstimmung mit den Leitungsgremien umgesetzt wurden.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Teilprojekt durchgeführten Arbeiten lieferten neue und weiterführende Erkenntnisse für die transdisziplinäre Forschung zur Anpassung an den Klimawandel in den Handlungsfeldern Landwirtschaft, Landschaft und Wassermanagement. Sie waren für den Wissensfortschritt in diesem Bereich notwendig und im Umfang angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Bereits im Antrag war die Rolle von Teilprojekt 1 für den Kooperations- und Strategieentwicklungsprozess im Verbundvorhaben beschrieben und eng mit der Netzwerkentwicklung verknüpft worden. Damit war eine zentrale Zielgruppe der Arbeitsergebnisse die wissenschaftlichen Netzwerkpartner und daneben die Netzwerkpartner insgesamt. Insbesondere für erstere wurden eine Reihe von Materialien erstellt (Tab. 1.3) und Trainings- und Austauschangebote gemacht. Diese wurden in unterschiedlichem Maße von den Projektpartnern wahrgenommen und genutzt (Tab. 1.1).

Die Verwertbarkeit der Ergebnisse zeigte sich in Einladungen zu nationalen und internationalen Veranstaltungen, um die Vorgehensweise vorzustellen (z.B. Oktober 2011; Deutsch-chinesischer Workshop zu Anpassungsstrategien an den Klimawandel in Beijing, China; Mai 2012, Seminar für GIZ Stipendiaten in Freising, Deutschland). Auch im Fall der Zusammenarbeit mit Teilprojekt 7 wird die direkte Verwertbarkeit der Aktivitäten durch eine gemeinsame Publikation belegt (BLOCH et al. 2015).

Dennoch hat sich die in der Antragsstellung antizipierte Unsicherheit der Prozessentwicklung auf den unterschiedlichen Ebenen des Verbundvorhabens bestätigt – so hat die mittel- bis langfristige Strategieentwicklung deutlich weniger Aufmerksamkeit der Beteiligten erhalten als angenommen, und sie wurde in einer Reihe von Teilprojekten von den Praxispartnern nicht als eigene Aktivität aufgegriffen und unterstützt. Ebenso hat das politische Umfeld, haben die Landesregierungen von Berlin und Brandenburg bisher nur in beschränktem Maße von den Ergebnissen von INKA BB Gebrauch gemacht.

Die generelle Verwertbarkeit der Ergebnisse in der Wissenschaft zeigt sich daran, dass erfolgreich Beiträge zu nationalen und internationalen Tagungen, Zeitschriften und Sammelbänden geleistet wurden. Deren tatsächlicher Nutzen kann in Zukunft anhand ihrer Zitierungen überprüft werden.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Gegen Ende des Forschungsprojektes INKA BB wurde aus dem EU FP7 Projekt SOLINSA ein *special issue* erstellt, der sich in vier Beiträgen mit Lernprozessen für eine nachhaltige Landnutzung in Innovationsnetzwerken beschäftigt (*Journal of Agricultural Education and Extension*, vol 21, 1, Feb 2015). Hier werden anhand sehr unterschiedlicher Beispiele von (landwirtschaftlichen) Innovationsnetzwerken in Europa Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Lernprozessen, zu den Auswirkungen unterschiedlicher struktureller Rahmenbedingungen und zum Verständnis von Interaktionsprozessen gezogen. Damit bieten diese Forschungen einen komplementären Erkenntniszusammenhang zu den in INKA BB gewonnenen Einsichten, sie sollen in künftigen Publikationen systematisch in die Auswertung einbezogen werden.



II.6 Veröffentlichungen

BLOCH, R., KNIERIM, A., HÄRING, A.-M., BACHINGER, J. (2015): Increasing the adaptive capacity of organic farming systems in the face of climate change using action research methods. Erscheint in *Organic Agriculture*.

BUNDSCHUH, A., KNIERIM, A. (2013): Partizipation von Praxispartnern: Wer repräsentiert die Landwirtschaft in INKA BB? In: Knierim, A., Baasch, S., Gottschick, M. (eds), Partizipation und Klimawandel: Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. oekom, München, pp. 103-120.

BUNDSCHUH, A., KNIERIM, A. (2012) Der Umgang mit unsicherem Wissen bei der regionalen Anpassung an den Klimawandel. In: Klimawandel: Was tun!: IALE-D Jahrestagung 2012, 24. - 26. Oktober 2012, Eberswalde. pp. 81-87.

KNIERIM, A (2015): Machtzugang und Empowerment bei der Leitung eines transdisziplinären Netzwerks zur Anpassung an den Klimawandel. In: Zeitschrift für Politikwissenschaften.

KNIERIM, A. (2014): Stakeholder involvement for developing adaptation innovations in rural areas: Examples from Berlin-Brandenburg. In: Prutsch, A., Grothmann, T., McCallum, S., Schauser, I., Swart, R. (eds), Climate change adaptation manual: lessons learned from European and other industrialised countries Routledge, London, pp. 128-135

KNIERIM, A., SCHMID, J.C., KNUTH, U. (2014): Aktionsforschung zur Anpassung an den Klimawandel – Methodische Potentiale und Herausforderungen am Beispiel eines transdisziplinären Verbundprojektes in Brandenburg Berlin. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. Band 48. Landwirtschaftsverlag Münster.

KNIERIM, A., SIART, S., MÜLLER, K., BOKELMANN, W. (2013a): Sozialwissenschaftliche Agrarforschung – Theorie und Praxis am Beispiel des Innovationsnetzwerkes INKA BB. In: Herausforderungen des globalen Wandels für Agrarentwicklung und Welternährung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. Band 48. Landwirtschaftsverlag Münster: 383-395.

KNIERIM, A., BAASCH, S., GOTTSCHICK, M. (eds) (2013b): Partizipation und Klimawandel: Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. Klimzug: Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten 1. Band. oekom, München.

KNIERIM, A., HIRTE, K. (2011): Aktionsforschung – ein Weg zum Design institutioneller Neuerungen zur regionalen Anpassung an den Klimawandel. In: Frommer, B.; F. Buchholz und H.R. Böhm (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel - regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaptation Governance unter der Lupe. oekom Verlag, München: 156-174.

KNIERIM, A., SIART, S., TOUSSAINT, V., MÜLLER, K., WIGGERING, H. (2010): Development of climate change adaptation strategies within the transdisciplinary network INKA BB. In: Building sustainable rural futures: the added value of systems approaches in times of change and uncertainty ; proceedings of the 9th European IFSA Symposium, 4-7 July 2010 in Vienna, Austria University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, pp. 540-547

KNUTH, U., SCHMID, J.C., KNIERIM, A. (2014): Auswertung der Praxispartnerbefragung in INKA BB. Projektbericht. Elektronische Ressource unter Teilprojekt 1 in www.inka-bb.de.

SIART, S., KNIERIM, A. (2013): Partizipative Planungs- und Entscheidungsprozesse zur Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien in INKA BB. In: Knierim, A., Baasch, S., Gottschick, M (Hrsg): Partizipation im Klimawandel – Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. KLIMZUG-Reihe: Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten/Band 1: 175-193.

SIART, S., BLOCH, R., KNIERIM, A., BACHINGER, J. (2012) Development of agricultural innovations in organic agriculture to adapt to climate change : results from a transdisciplinary R&D project in north-eastern Germany. In: Producing and reproducing farming systems: new modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow ; proceedings of the 10th European IFSA Symposium, 1-4 July 2012 in Aarhus, Denmark IFSA Europe Group, Vienna, pp. WS 3.1.(1-9).

SCHMID, J.C., KNIERIM, A., TOUSSAINT, V. (2015, *in Vorbereitung*): Researchers' experiences with transdisciplinary project practices – Results from an ex-post survey of INKA BB researchers. Projektbericht. Elektronische Ressource, Müncheberg. www.inka-bb.de; Teilprojekt 1.



Teilprojekt 2 - Klimaszenarien und Klimafolgenkataster

Projektleitung: Prof. Dr. Peter C. Werner, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

I.1 Aufgabenstellung

Dem Rahmenplan folgend stellte Teilprojekt 2 einerseits Basisinformationen zum regionalen Klimawandel bereit und unterstützte die Netzwerkpartner bei der Herstellung eines tieferen Verständnisses zum lokalen und regionalen Klimawandel und dessen Folgen.

Andererseits war die Konzeption und Umsetzung des Klimafolgenkatasters die Aufgabe des Teilprojekts. Das Klimafolgenkataster fasst Informationen zum Klimawandel und zur Verwundbarkeit von Berlin und Brandenburg gegenüber dem Klimawandel zusammen und wird nach Abschluss von INKA BB am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) weitergepflegt.

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Bei der Bereitstellung der Klimadaten und –szenarien wurde einerseits auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie andererseits auf die am PIK und der Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) am Lehrstuhl für Umweltmeteorologie genutzten regionalen Klimamodelle zurückgegriffen.

Zur regionalen Ausprägung des Klimawandels im Raum Brandenburg-Berlin sowie darüber hinaus im Elbeeinzugsgebiet und in Ostdeutschland sind vom PIK in den vergangenen Jahren verschiedene Studien vorgelegt worden. Ausgehend von Klimaszenarien wurden die Folgen des Klimawandels für Land-, Forst- und Wasserwirtschaft aber auch für die Gesellschaft und Ökonomie abgeschätzt. Dabei wurden die regionalen Klimamodelle und die Szenarienerstellung stetig weiterentwickelt sowie die Verarbeitung großer Datenmengen professionalisiert.

Daher verfügen die beteiligten WissenschaftlerInnen über eine hervorragende Expertise hinsichtlich der im Rahmen von INKA BB zu bearbeitenden Aufgaben. Darüber hinaus wurde eine kontinuierliche Fortsetzung des Engagements in der Region Brandenburg-Berlin gewährleistet.

Bei der Quellenrecherche für das Klimafolgenkataster wurde verstärkt die Unterstützung der Bibliothek des Wissenschaftsparks Albert Einstein in Anspruch genommen um durch die Möglichkeit via Fernleihe auch seltene Literatur zu sichten. Ebenso wurde die Bibliothek des Bundesforschungsinstituts für Kulturpflanzen Julius-Kühn-Institut (JKI) in Berlin-Dahlem intensiv genutzt, die zahlreiche Literatur zu Pflanzenkrankheiten und Schädlingen beherbergt. Bei der Literaturrecherche und -auswertung konnte auf Kenntnisse und Erfahrungen aus anderen Projekten zurückgegriffen werden, um die Informationen aus den unterschiedlichsten Quellen auszuwerten und ihre Ergebnisse auf Klimavariablen zurück zu führen.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Bereich der Klimadaten arbeitet das PIK seit langem mit dem DWD zusammen, der Zugriff auf seine Messdaten gewährt. Zudem stand die Bibliothek des Wissenschaftsparks Albert Einstein bei der Konzeption des Klimafolgenkatasters vor allem in Fragen des Urheberrechts hilfreich zur Seite, die technische Umsetzung wurde vom IT-Service des PIK unterstützt.

Innerhalb des Projektverbunds wurde mit fast allen Teilprojekten zusammen gearbeitet, da das Teilprojekt 2 durch die Bereitstellung der Klimadaten sowie die Integration der Ergebnisse in das Klimafolgenkataster wichtige Servicefunktionen übernommen hat, die für die erfolgreiche Umsetzung der anderen Teilprojekte eine Basis bzw. die Möglichkeit zur Ergebnisdarstellung bietet.

Mit dem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Verbundprojekt „Agrarrelevan-



te Extremwetterlagen – Möglichkeiten des Risikomanagements‘ (www.agrarrelevante-extremwetterlagen.de) wurde im Bereich Datenerfassung und Bereitstellung ein Austausch und gegenseitige Ergänzungen vereinbart. Zunächst wurde die Homepages und Datenbanken gegenseitig verlinkt, d.h. es wurden von der Webseite ‚Klimafolgenkataster‘ eine Verlinkung zu KLIMAPS, der Online-Datenbank Klimawandel und Pflanzenschutz des JKI erstellt. Gleichzeitig wurde dem JKI ein externer Zugang (nur Leseberechtigung) für die PIK-interne Datenbank des Klimafolgenkatasters gewährt. Damit wird Ermittlung von Schäden in der ganzen Breite der Land- und Forstwirtschaft durch Extremwetterereignisse für Deutschland durch effiziente Literaturrecherche für einen Zeitraum unterstützt, indem bisher Recherchen sehr schwierig waren.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Gleich von Beginn des Verbundprojekts 2009 an wurden die ersten Daten zur rezenten Klimaentwicklung für den Zeitraum 1951-2006 vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) bereitgestellt und auf Anfrage an die Projektpartner übergeben. Der meteorologische Standarddatensatz umfasst Tagessummen (S) und Tagesdurchschnittswerte (MW) folgender Variablen:

- Temperatur (MW, zusätzlich Minimum- und Maximumtemperatur des Tages) [°C]
- Niederschlag (S) [mm]
- Windgeschwindigkeit (MW) [m/s]
- Relative Luftfeuchtigkeit (MW) [%]
- Luftdruck (MW) [hPa]
- Wasserdampfdruck (MW) [hPa]
- Sonnenscheindauer (S) [h]
- Bewölkung [1/8]
- Globalstrahlung (S) [J/cm²]

Als Basis für das Referenz- bzw. Basisklimaszenario dienen die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung gestellten Rohdaten auf Tageswertbasis. Für die Region Berlin-Brandenburg stehen Daten von insgesamt 74 Klimastationen zur Verfügung. An 13 meteorologischen Hauptklimastationen werden alle o.g. meteorologischen Größen gemessen; an 61 Stationen nur der Niederschlag.

Die Daten wurden hinsichtlich Vollständigkeit und Homogenität geprüft. Fehlende Werte wurden unter Berücksichtigung der statistischen und klimatologischen Zusammenhänge zwischen den Stationen ergänzt, Inhomogenitäten, soweit sie nicht natürlichen Ursprungs waren, korrigiert. Mithilfe eines speziellen Interpolationsprogramms wurden sämtliche meteorologische Größen von den Hauptstationen auf die Niederschlagsstationen übertragen.

Analog zu den Referenzdaten wurden den Projektpartnern auch Klimaszenarien für den Zeitraum 2007-2060 bereitgestellt. Zudem wurde die Situation bei den für INKA BB relevanten regionalen Klimaszenarien in einem Arbeitspapier (Nutzung von Klimaszenarien in INKA BB, Frank Wechsung, Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe & Eberhardt Schaller) beschrieben und den Projektpartnern auf den INKA BB Intranetseiten (www.inka-bb.de) zur Verfügung gestellt.

Im weiteren Projektverlauf wurden die Klimadaten ständig aktualisiert (Referenzdatensatz mit den Klimadaten von 1951-2009 ab Ende November 2010, ab Oktober 2011 Klimadaten von 1951-2010). Zudem wurden auch speziellen Anfragen zu bestimmten Parametern oder zur Berechnung von unterschiedlichen Klimakennwerten entsprochen und diese auf den Intranetseiten dokumentiert.

Dem Wunsch verschiedener Projektteilnehmer zur Bereitstellung langfristigerer Szenarien, also des Zeitraums jenseits des erweiterten von 2010-2070, konnte erst ab Februar 2012 entsprochen werden. Nach stetigen Modellverbesserungen und einer aufwendigen Aufarbeitung der Datenlage konnten Szenarien für den Zeitraum 2011-2100 erstellt werden. Ein STAR-Szenario



RCP 8.5 für den Zeitraum 2011-2100 mit 100 gleichberechtigten Realisierungen konnte außerdem zur Verfügung gestellt werden. Ausgangsbasis waren drei Läufe ECHAM6 RCP 8.5, wobei das Mittel dieser die Grundlage für die Szenarienrechnung ist. Um die Spanne der möglichen Temperaturentwicklungen abzudecken wurde für den oberen Rand das Szenario RCP 8.5 ausgewählt und für den unteren Randbereich das RCP 2.6er Szenario.

In vier Workshops informierte das Teilprojekt in regelmäßigen Abständen (15. April 2010, 15. März 2011, 18. April 2012 und 16. April 2013) über die Entwicklungen bei Klimadaten und –szenarien; auch über die Einbindung der RCP-Szenarien, die als Representative Concentration Pathways sogenannte „Repräsentative Konzentrationspfade“ die bisherigen SRES-Szenarien ersetzen. Diese neuen Szenarien entsprechen dem 5. Sachstandsbericht des IPCC und wurden von der Wissenschaftsgemeinde erarbeitet. Zu Beginn der Projektlaufzeit (2009) basierten die zur Verfügung gestellten Klimaszenarien noch auf den SRES-Szenarien des vorhergehenden IPCC Berichts. Das Teilprojekt stellt die Unterschiede dar und beriet das Netzwerk beraten, wie die erzielten Ergebnisse mit den ursprünglichen Szenarien einzuordnen sind.

Klimafolgenkataster

Die Konzeption des Klimafolgenkatasters befand sich über die gesamte Projektlaufzeit in einem stetigen Prozess der Weiterentwicklung, basierend auf den durchgeführten Recherchen zu den Themenbereichen Forst- und Agrarökosysteme sowie zur Umweltmedizin. Zunächst wurden diese Informationen in eine Datenbank überführt, wozu eine geeignete Struktur und die Möglichkeit zur technischen Umsetzung gefunden werden musste.

Dem Klimafolgenkataster sollten direkt Angaben zu verschiedenen Parametern entnommen werden können. Die Erschließung der Daten erfolgte anhand von Parametern zur Änderung (Δ) der Temperatur (ΔT), des Niederschlages (ΔP), der Trockentage, Sonnenscheindauer, Befallsstärken, Mortalität, Infektionsraten und einer Änderung der Qualität und Quantität. Die Ablage der Information erfolgte somit nicht nur als reine Literaturquelle, sondern auch in verschiedenen anderen Formaten, wie beispielsweise als Regressionsgleichung, als absolute Zahl oder als Änderung. Ebenfalls sollten alle Quellen nach Region, Zeit und Schlagworten filterbar sein.

Datenbasis (Berichte und Metaanalysen)

Zunächst wurde gezielt Datenmaterial gesichtet, welches vor 1980 erschienen ist, da diese Quellen meist nicht digital vorliegen und nur schwer mittels gängiger Internetrecherche auffindbar sind. Für die Literatenauswahl sollte der Fokus auf Nord- und Ostdeutschland gelegt werden. Es zeigte sich jedoch schnell, dass die Quellen nicht so einfach geographisch einzugrenzen sind. Daher wurden im Laufe der Arbeiten sowohl der Zeitraum als auch die Regionen erweitert zugunsten der beschriebenen Zusammenhänge in den einzelnen Themenbereichen und den beobachteten Witterungsfaktoren.

Im Bereich der Agrarökosysteme wurden die Zusammenhänge zwischen biologischen Vorgängen wie das Wachsen und Gedeihen von Pflanzen sowie dem Auftreten und der Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen in Zusammenhang mit dem Klima untersucht. Dazu wurden Quellen zur Beobachtungen von Pflanzenwachstum und Wetter, Beschreibung der Zusammenhänge von Wetter, Klima und Erträgen ausgewertet. Die Spanne der vor allem sehr frühen Quellen (vor 1900) fokussieren entweder lokale Beobachtungen bspw. Versuchsfelder oder -güter oder betrachten größere Regionen, z.B. Preußen im Vergleich zum Rheinland. Daher erfolgte die Ausdehnung der Literatursuche auf den gesamten ehemals deutschsprachigen Raum einschließlich Österreich und der Schweiz.

Im Themenkomplex Krankheiten und Schädlinge an Kulturpflanzen wurde eine Literaturrecherche in diversen Bibliotheken Brandenburgs und Berlins durchgeführt. Vor allem die Bibliothek des JKI in Berlin-Dahlem stellte sich hierbei als überaus nützlich heraus. Im Mittelpunkt der Literaturstudie stehen dabei besonders Informationen zu epidemischen Schadereignissen im



Ackerbau in Verbindung mit außergewöhnlichen Witterungsbedingungen. Aber auch Jahre besonders starken Schaderregerauftretens im Obst- und Gemüsebau werden in Betracht gezogen. Zudem wurden diese Quellen auf logisch abstrahierbare Zusammenhänge zwischen der Krankheit bzw. dem Schädling und Klimavariablen hin untersucht und diese in kodierter Form als Metaanalysen der Datenbank hinzugefügt.

Zur Erstellung der Datenbank für den Teilbereich Forstökosysteme wurde ebenfalls eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Im Mittelpunkt der Literaturstudie standen dabei besonders Informationen zu den Auswirkungen witterungsbezogener Einflussfaktoren auf den Zustand von Forstökosystemen. Hierbei werden alle Veröffentlichungsarten wie zum Beispiel Forschungsberichte, Zeitschriftenartikel und Monographien berücksichtigt. Die Literatur wurde drei Unterkategorien zugeordnet und elektronisch in einer Datenbank abgespeichert. Die drei Unterkategorien umfassen: (1) Waldwachstum und Klima, (2) abiotische Schäden in Zusammenhang mit Witterung und (3) biotische Schäden im Zusammenhang mit Witterung.

Die Literaturrecherche richtete sich im humanmedizinischen Bereich der Umweltmedizin auf den Zusammenhang von Krankheit und Klima. Für die Metaanalyse wurde eine Kategorisierung der in der Literaturrecherche berücksichtigten Untersuchungen nach Schlagworten hinsichtlich besonders relevanter Krankheits- und Klimafaktoren vorgenommen. Die wesentlichen Krankheitsfaktoren, die mit Klimawirkungen in Zusammenhang gebracht werden sind: Hitzebelastung, virale bzw. bakterielle Infektion und allergene bzw. kanzerogene Reaktion.

Nachdem das Klimafolgenkataster als Datenbank auch für andere Teilprojekte die Möglichkeit anbietet Einträge zu hinterlegen, wurde im Bereich Umweltmedizin die bestehende Kooperation mit dem Teilprojekt 5 an der Charité und Humboldt Universität zu Berlin diesbezüglich geprüft. Im Bereich Humanmedizin ist die Publikation von SCHERBER et al. zu Klimawandel und Gesundheit in Berlin-Brandenburg von Bedeutung, in der signifikante Zusammenhänge zwischen Mortalität bzw. Morbidität und thermischer Belastung für den Agglomerationsraum Berlin-Brandenburg beschrieben werden. Die im Frühjahr 2014 hierzu veröffentlichten Artikel wurden ebenfalls als Einträge in das Klimafolgenkataster aufgenommen.

Technische Umsetzung

Neben den inhaltlichen Aspekten erwies sich auch die Sicherstellung der dauerhaften Zugänglichkeit des Klimafolgenkatasters als Herausforderung. Zudem war eine direkte Verknüpfung der Quellen innerhalb des Klimafolgenkatasters einerseits aus urheberrechtlichen Gründen nicht möglich und andererseits wäre auch die dauerhafte Bereitstellung des Speichervolumens für diese Quellen problematisch. Somit wurde versucht den Wünschen der Projektpartner (erstmalige Vorstellung des Konzepts auf dem Workshop im April 2012) zu entsprechen, aber auch das Ziel der dauerhaften Zugänglichkeit zu realisieren.

Die PIK-interne Datenbank des Katasters ist eine voll funktionstüchtige Oracle[®]-Datenbank mit einer Reihe komfortabler Eingabe-, Such- und Filterfunktionen. Aufgrund rechtlicher (Urheberrecht) und sicherheitsrelevanter (Zugriffrechte) Gründe kann diese Datenbank nicht vollständig für externe Benutzer freigegeben werden. Seit September 2012 besteht durch die Integration des Klimafolgenkatasters in die öffentliche Bibliothek des Wissenschaftsparks eine internetfähige Recherchemöglichkeit, die über die Bibliotheks-Suchmaschine ALBERT umgesetzt wurde (<http://www.gfz-potsdam.de/portal/cms/Bibliothek>). Das Klimafolgenkataster wird hier als eigenständige Kollektion geführt und ist unter dem Link (http://waesearch.kobv.de/simpleSearch.do?fq=datasource:inka-bb&fq=search_space:more&query=*:) aufrufbar. Die Fragen zum Urheberrecht sind hierbei durch eine direkte Abfrage über die Zentralbibliothek gewährleistet.

Eine weitere Möglichkeit Hintergrundinformationen und eine Weiterleitung zu Inhalten des Klimafolgenkatasters zu erhalten, bietet die vom PIK bereitgestellte Web-Adresse:

www.klimafolgenkataster.de.



Die technische Umsetzung wurde weitestgehend automatisiert, lediglich zum Monatsende wird manuell eine Routine aufgerufen, welche eine formatierte Ausgabe der PIK-intern geführten Datenbank erzeugt. Diese wird dann an den zuständigen Mitarbeiter der Bibliothek gesendet, der zum Monatsende jeweils ein Release aller in ALBERT integrierten Kollektionen vornimmt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass neu hinzugefügte Informationen aus dem Klimafolgenkataster regelmäßig öffentlich zugänglich gemacht werden.

Ein wichtiger Baustein im Rahmen von INKA BB sollte die Integration der Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte in das Klimafolgenkataster darstellen. Hierzu wurde im Dezember 2012 eine Maske auf der internen INKA BB-Projektseite erstellt. Nach Anmeldung der TeilnehmerInnen können die Ergebnisse über eine vorgegebene Maske eingetragen und übermittelt werden. Die dort vorgegebenen Formate sind bindend, um ein halb-automatisiertes Einlesen in die Datenbank zu gewährleisten (s.o.). Um die Eingabeprozedur für die Projektteilnehmer anderer Teilprojekte möglichst übersichtlich und einfach zu gestalten, wurden verschiedene Hilfsmittel erstellt. Diese sind: ein erklärender Handzettel, eine Anleitung, in der die Prozedur der Eingabe an einem Beispiel erläutert wird und eine Schlagwortliste, alle Materialien sind direkt auf der Projektseite mit der Eingabemaske verlinkt und dort als pdf herunterzuladen.

Zusätzlich wurde die Domain www.klimafolgenkataster.de im Mai 2013 erworben, unter dieser Adresse stehen Informationen zum Klimafolgenkataster in deutscher und englischer Sprache zur Verfügung. Es werden die Ziele und Inhalte des Katasters beschrieben, die einzelnen Bereiche vorgestellt und ein Impressum verweist auf die Bearbeiter und benutzte Quellen wie Fotos etc. Eine weitere Seite beinhaltet eine Reihe von Links zu anderen Datenbanken, wie beispielsweise die Webseite des „European Severe Weather Database“, wo Informationen über Extremwetterereignisse in Europa hinterlegt sind.

Die Webseite des Klimafolgenkatasters wird bei Eingabe in die Suchmaschine Google unter den ersten beiden Einträgen gefunden. Die Startseite enthält an exponierter Stelle einen gut sichtbaren Link, der direkt zur Kollektion innerhalb der Bibliotheks-Suchmaschine ALBERT weiterleitet und damit Zugriff auf die Inhalte des Klimafolgenkatasters bietet.

Hochrechnungen

Das Klimafolgenkataster beinhaltet Informationen der belebten Umwelt zu Klimafolgen basierend auf regionalen Klimatrends, mit dem Fokus auf der Region Berlin-Brandenburg. Einerseits ermöglicht dies eine Übersicht über bereits angestellte Vulnerabilitätsabschätzungen und andererseits die Grundlagen für die Einschätzung von Anpassungsnotwendigkeiten in den übrigen Teilprojekten. Es war vorgesehen, die Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen, die in INKA BB praxisnah getestet wurden, mit entsprechenden Klimaszenarien hochzurechnen.

Erste Extrapolationen einzelner lokaler Effekte wurden ab 2012 vorgenommen und auf der Projektintranetseite dargestellt. Es handelt sich dabei bisher um die Regionen: Brandenburg, Spreewald und Uckermark.

Außerdem wurden Hochrechnungen auf Grundlage der selbst zusammengetragenen Katastereinträge beispielhaft für unterschiedliche Themenbereiche durchgeführt. Für den Bereich Landwirtschaft wurde der beschriebene Zusammenhang zwischen Niederschlagshöhe innerhalb der kritischen Wachstumszeit von Zuckerrüben und der Wirkung auf den Zuckerrübenenertrag hochgerechnet. Es konnte gezeigt werden, wie zukünftig allein durch die simulierten Niederschläge aus dem RCP 8.5 Szenario die Ertragsabweichungen von einem mittleren Ertragsniveau beeinflusst würden (Abb. 2.1).

Für das 8.5-RCP-Szenario wurden drei Temperaturentwicklungen bestimmt - die größte die kleinste und die mittlere Temperaturzunahme (Median). Für jede dieser drei Temperaturentwicklungen wurden anschließend die Trendwerte an den Referenzstationen berechnet und in das STARS-Modell eingegeben, so dass abschließend für jedes RCP-Szenario drei Modellläufe mit jeweils 100 Realisierungen durchgeführt werden konnten. Die Bestimmung der 5 %, 50 %



und 95 % Quantile erfolgte anhand der Klimatischen Wasserbilanz. Für die Hochrechnung wurde die Zeitspanne von 2011-2100 betrachtet.

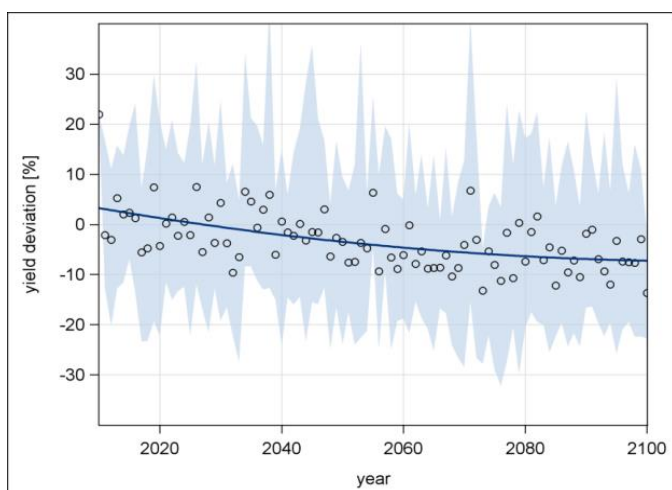


Abbildung 2.1: Hochrechnungen zum Einfluss des Niederschlags von Juni–September auf die jährliche Ertragsabweichung von Zuckerrüben im Landkreis Saalekreis in Sachsen-Anhalt.

Für die Berechnung (Abb. 2.1) wurden die beschriebenen Zusammenhänge aus der Dissertation von RUDOLF SCHEINERT herangezogen. Die Hochrechnung berücksichtigt dabei bereits den züchterischen Fortschritt und basiert auf einem höheren Durchschnittsertrag sowie einer verbesserten Wasserausnutzungseffizienz der heutigen Zuckerrübensorten. Trotzdem ist erkennbar, dass die jährlichen Ertragsschwankungen allein beeinflusst durch die Niederschlagsmenge von Juni bis September allmählich stärker negativ ausfallen. Würde die hier nicht berücksichtigte erhöhte Verdunstung aufgrund der höheren Temperatur eingerechnet, dürften die Änderungen durchaus deutlicher ausfallen. Der für die Hochrechnung beschriebene Zusammenhang geht auf Beobachtungen von 1900-1925 zurück und die hauptsächlich berechnete Beziehung von Niederschlag und Ertrag wird durch andere Klimaparameter verstärkt, bzw. überlagert. Dennoch können die Ergebnisse hilfreich sein, Schwellenwerte zu definieren und Sensitivitätsabschätzungen vorzunehmen.

Im Bereich der Phytomedizin wurde mithilfe der recherchierten Literaturangaben des Klimafolgenkatasters zwei und im Bereich Forst eine Hochrechnung durchgeführt. Dabei wurden zwei Klimaszenarien des Modells STARS verwendet, die bis 2060

- a) einen mittleren Temperaturanstieg von null Kelvin (0K) (keine weitere Klimaerwärmung),
 - b) einen mittleren Temperaturanstieg von zwei Kelvin (2K) (Klimaerwärmung)
- aufweisen. Für beide Temperaturszenarien wurden jeweils 100 Realisierungen des Temperaturanstiegs gerechnet.

Als Erstes wurde die Beziehung im Auftreten der Luzernenblüten-Gallmücke (*Contarinia medicaginis*) und der Witterung von März bis Juni dargestellt (FRÖHLICH 1958). Dabei wird die Vorkommenswahrscheinlichkeit über den Quotienten aus Niederschlagssumme (März-Juni) und der Summe der Sonnenscheindauer (in Stunden von März-Juni) berechnet.

Als Zweites erfolgten die Hochrechnungen zur Flugtätigkeit der Blattlaus *Myzodes persicae* aufbauend auf den Untersuchungen von MÜLLER et al. (1952). Hier wird mittels einer Schätzfunktion auf Basis der mittleren Tagestemperatur auf die tägliche Flugtätigkeit geschlossen.

$$f(t_{mit}) = -136,19 + 16,61 * t_{mit} - 0,45 * t_{mit}^2$$

Diese tägliche Flugtätigkeit wurde genutzt, um den Tag im Jahr zu bestimmen, an dem das Jahresmaximum auftrat (Abb. 2.2a und 2.2b B). Des Weiteren wurde ein Schwellenwert nahe dem Jahresmaximum definiert (90% des $\max(f(t_{mit}))$) und die Anzahl der Tage im Jahr gezählt, an denen der Wert der Funktion über dem Schwellenwert lag (Abb. 2.2a und 2.2b C).

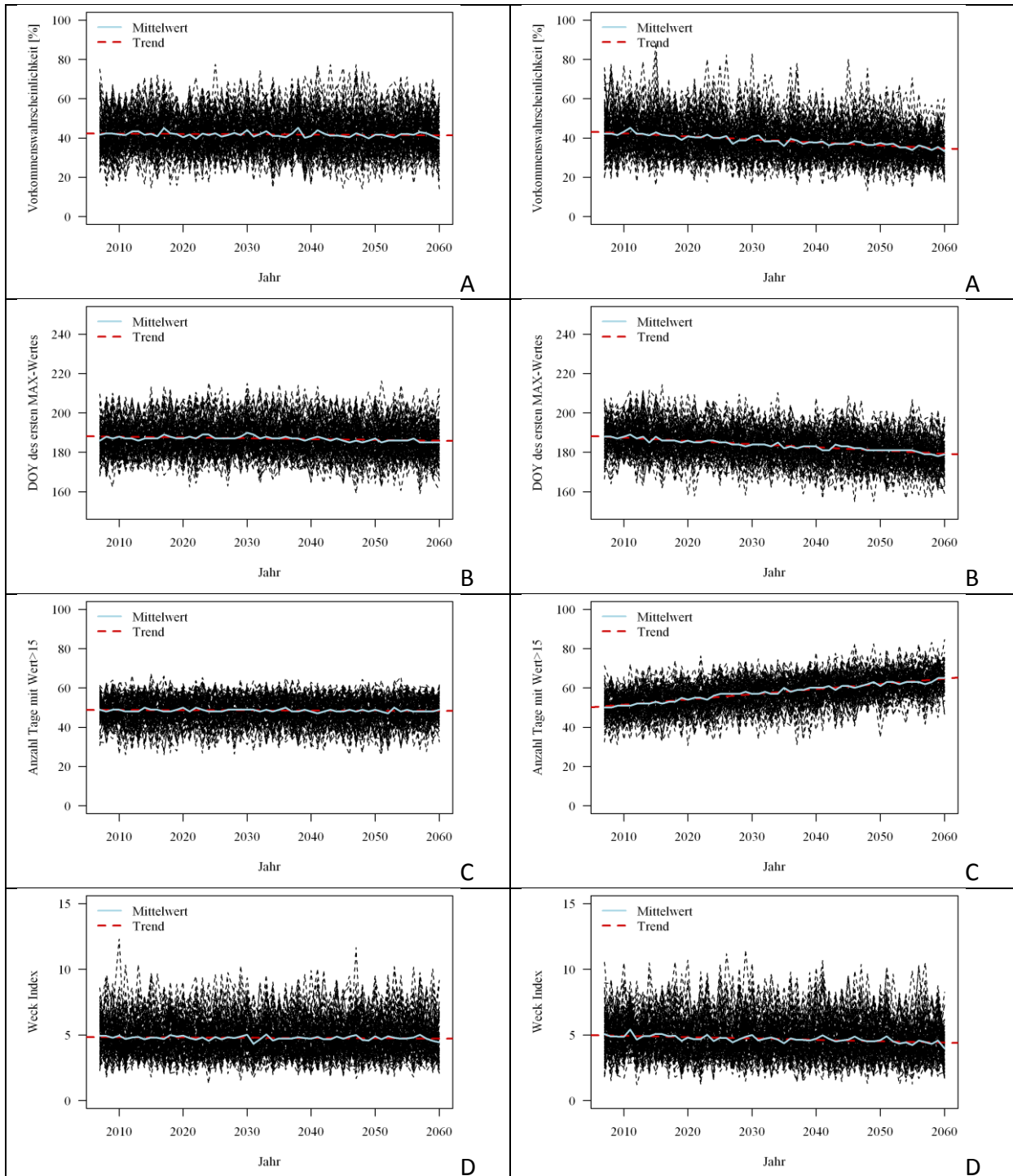


Abbildung 2.2a (A-D): Hochrechnungen zur Vorkommenswahrscheinlichkeit der Luzernenblüten-Gallmücke (A), Bestimmung des ersten Tages im Jahr mit Flugfähigkeit von *Myzodes persicae* (B), Bestimmung der Anzahl der Tage im Jahr mit sehr hoher Flugfähigkeit von *Myzodes persicae* (C) und Hochrechnung für den Zuwachs-Index nach WECK (D) unter dem 0K-Szenario. Schwarze Linien entsprechen den mittleren Jahreswerten der 1218 Klimastationen. Die blaue Linie ist der Mittelwert über 1218 Klimastation und 100 Realisierungen und die rote gestrichelte Linie der Trend über die blaue Linie.

Abbildung 2.2b (A-D): Hochrechnungen zur Vorkommenswahrscheinlichkeit der Luzernenblüten-Gallmücke (A), Bestimmung des ersten Tages im Jahr mit Flugfähigkeit von *Myzodes persicae* (B), Bestimmung der Anzahl der Tage im Jahr mit sehr hoher Flugfähigkeit von *Myzodes persicae* (C) und Hochrechnung für den Zuwachs-Index nach WECK (D) unter dem 2K-Szenario. Schwarze Linien entsprechen den mittleren Jahreswerten der 1218 Klimastation und 100 Realisierungen und die rote gestrichelte Linie der Trend über die blaue Linie.



In einem Beispiel für den Forstbereich wird das Ertragspotenzial der Wälder in Deutschland mit einem einfachen Klimaindex beschrieben (WECK 1954) (Abb. 2.2a und 2.2b D). Dabei berechnet sich der Index, der mit dem durchschnittlichen Gesamtzuwachs korreliert ist, wie folgt:

$$Index = (P * P_n * (Z - 60)) / ((T_{mj} + 10) * 92 * 100)$$

mit P = jährliche Niederschlagssumme [mm], P_n = Anzahl Tage mit Niederschlag > 0.1 mm in den Monaten Mai–Juli, Z = Anzahl der Tage mit T_{mit} > 0°C, T_{mj} mittlere Temperatur von Mai–Juli
Der Index kann jährlich ausgerechnet werden, beschreibt aber besser die klimatischen Wachstumsbedingungen über einen längeren Zeitraum. Bei allen gewählten Beispielen ist daher der langjährige Trend und nicht das einzelne Jahr von Bedeutung. In den Abbildungen wird deutlich, dass die Klimarealisierungen ohne Temperaturtrend (OK-Szenario) auch keine Änderung bei den gewählten Indizes ergeben. Im Gegensatz dazu ergeben sich mit den Realisierungen des 2K-Szenarios signifikante Trends. Im Fall der Luzernenblüten-Gallmücke gibt es eine leichte Abnahme in der Vorkommenswahrscheinlichkeit. Im Fall von *Myzodes persicae* tritt der Zeitpunkt des erstmaligen Auftretens des Maximalwertes der Flugtätigkeit im Jahr etwas früher auf. Ebenso steigt die Zahl der Tage mit einem Indexwert für hohe Flugtätigkeit. Das Beispiel aus dem Forstbereich zeigt, dass die Waldproduktivität ganz leicht im Mittel über Deutschland sinkt.

Neben der Öffnung des Klimafolgenkatasters für Einträge aus anderen Teilprojekten wurde der Bedarf an Hochrechnungen auf Grundlage der Ergebnisse aus anderen Teilprojekten geprüft, so auch im Bereich Umweltmedizin in der Kooperation mit Teilprojekt 5. Hier sind bereits im Rahmen eines Dissertationsvorhabens an der Humboldt Universität zu Berlin durchgeführte Hochrechnungen zu Wärmebelastung und Mortalität bzw. Morbidität von Herz-Kreislaufkrankungen in Berlin und Brandenburg für den Zeitraum bis 2030 entsprechend der möglichen Bevölkerungsprognosen vorhanden. Die Ergebnisse werden mit Abschluss der Dissertation im Sommer/Herbst 2014 veröffentlicht. Es ist geplant, die Ergebnisse der Dissertation als Eintrag in das Klimafolgenkataster aufzunehmen.

Literatur

- SCHERBER 2013 In: Jahn, H. J., Krämer, A., Wörmann, T. (Hrsg.): Klimawandel und Gesundheit, Springer Spektrum 2013.
- WECK, J. (1954) Untersuchungen über das Ertragspotential der deutschen Waldlandschaften. Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift 125, S. 153-159.
- SCHNEIDER, R. (1928) Die Abhängigkeit der Ernteerträge von den Witterungsfaktoren, Diss. Verein. Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg.
- FRÖHLICH, G. (1958) Der Einfluss der Umwelt auf den Massenwechsel und die Massenvermehrung der Luzerneblütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kief. Nachrbl. dtsh. Pflschutzd. Berlin 12:161-172.
- MÜLLER, H.J.; UNGER, K. (1952) Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* Scop. und *Myzodes persicae* Sulz. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst. Der Züchter 22, Heft 7/8; p.206-228.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das im Rahmen der Antragsstellung zu INKA BB für das Teilprojekt beantragte Budget war ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben. Es ermöglichte die o.g. Arbeiten, die in Übereinstimmung mit der Zielsetzung und in Abstimmung mit den Leitungsgremien umgesetzt wurden. Der zahlenmäßige Nachweis wird durch die Verwaltung des PIK erstellt und separat übermittelt.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Da die Arbeiten des Teilprojektes wie dargestellt eine Grundlage für die Arbeiten des gesamten Projektnetzwerks bildeten, waren diese notwendig und auch angemessen.



II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Arbeiten mit und an den Klimamodellen werden auch nach Abschluss des Projekts im Rahmen anderer Projekte weitergeführt, die Erweiterung der Datenbasis und die Rechnung weiterer RCP-Szenarien haben einen großen wissenschaftlichen Nutzen für die zukünftige Arbeit. Ein weiteres Engagement in der Region auch zusammen mit den Projektpartnern wird begrüßt.

Das Klimafolgenkataster bleibt als Ergebnis weiterhin öffentlich zugänglich, eine Erweiterung oder Ergänzung bspw. um eine pädagogisch nutzbare Oberfläche im Rahmen weiterer Projekte ist denkbar. Auch die Integration weiterer Ergebnisse und Themenbereiche wäre wünschenswert, hängt aber entscheidend von der Verfügbarkeit von finanziellen Mitteln für eine wissenschaftliche Betreuung ab.

Die aufbereiteten Informationen des Klimafolgenkatasters bündeln einerseits die Ergebnisse des INKA BB-Projekts und bieten andererseits eine gute Grundlage für weiterführende Untersuchungen oder Projekte zu Klimafolgen in der Region Brandenburg-Berlin oder auch größeren Gebieten. Anhand der oben beispielhaft dargestellten Hochrechnungen ist das Potenzial der qualitativen Quellenauswertung erkennbar, welches zu einer weiteren wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den Quellen einlädt.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Am PIK wurde das Internetportal „Klimafolgenonline“ (www.klimafolgenonline.com) entwickelt, welches auf Basis der Klimadaten und -szenarien die Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedenen Sektoren veranschaulicht. Für die Region Brandenburg-Berlin können dort die konkreten lokalen Veränderungen nachvollzogen werden.

II.6 Veröffentlichungen

Informationen zum den Klimadaten und –szenarien sind einerseits im Internetportal „Klimafolgenonline“ (www.klimafolgenonline.com) zu finden. Speziell zu den in INKA BB genutzten Daten wurde von Prof. Peter C. Werner ein Buchkapitel verfasst:

WERNER, PETER CHRISTIAN (2014) Klimawandel in der Region Berlin-Brandenburg, in: S. Kaden, O. Dietrich, S. Theobald (Hrsg.) (2014) Wassermanagement im Klimawandel: Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen, oekom verlag, München, ISBN 978-3-86581-480-7, S.13-35.

Das Klimafolgenkataster ist über den Katalog der Bibliothek des Potsdamer Telegraphenbergs Albert Einstein öffentlich zugänglich. Nähere Informationen in deutscher und englischer Sprache sowie die direkte Weiterleitung zur Bibliotheks-Suchmaschine ALBERT erfolgt über die eigens eingerichtete Internetseite www.klimafolgenkataster.de.

Im Teilprojekt 2 wurden zudem zwei Dissertationen betreut. Eine Arbeit erfolgt an der BTU in der Arbeitsgruppe von Prof. Schaller mit dem Titel „Statistical Analysis of Extreme Climate Events in Brandenburg“. Thema ist die Datenauswertung regionaler Klimasimulationen hinsichtlich der Güte und möglicher regionaler Klimaänderungen von Temperatur und Niederschlag für Brandenburg.

Anknüpfend an Auswertungsarbeiten im Bereich Phytomedizin des Klimafolgenkatasters erfolgt eine weitere Dissertation zum Thema "Analyse von Zusammenhängen zwischen klimatischen Parametern und dem Auftreten von Schadorganismen und Entwicklung von Szenarien der Auswirkungen von globalen Klimaveränderungen auf den Schaderregerbefall und Anpassungsstrategien im Pflanzenschutz". Die Arbeit wurde gemeinsam mit dem JKI betreut.

Bisher ist zudem folgende Publikation zum Thema entstanden:

STÖBEL B., B. FREIER, F. WECHSUNG (2013) Study on the influence of weather periods on the occurrence of leaf rust and powdery mildew in winter wheat using an interval-based correlation approach. Journal of Cultivated Plants 65(8), p. 315-327.



Teilprojekt 3 - Wissensmanagement und Transfer

Projektleitung: Prof. Dr. Klaus Müller, Humboldt-Universität zu Berlin und Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Hauptziel des Teilprojektes „Wissensmanagement und Transfer“ war die wissenschaftlich fundierte Systematisierung, die dauerhafte Etablierung und die Institutionalisierung des Wissenstransfers im gesamten Netzwerk. Dabei ging es wesentlich um die Etablierung eines ständigen Dialogs zwischen Forschung, Bildung/Beratung und Praxis, in dessen Ergebnis innerhalb des Netzwerks klimarelevante, auf die Bedürfnisse bzw. Situation der Praxis abgestimmte Innovationen generiert, umgesetzt und fortwährend weiterentwickelt wurden, die aus den Teilprojekten über das eigentliche Netzwerk hinaus in die Breite kommuniziert wurden. Darauf aufbauend sollte die Entwicklung eines auf vergleichbare Netzwerke übertragbaren Modells zum Wissensmanagement inklusive einer Methodik „dialogorientierte Entwicklung von Transferprogrammen“ erfolgen.

Dies betraf folgende Bereiche/Module:

- Wissensvermittlung aus den Teilprojekten in die (Fach-)Öffentlichkeit: Koordination und Bündelung von Transfermaßnahmen sowie bedarfsorientierte Unterstützung der Teilprojekte im Sinne von Beratung und methodischer Qualifizierung;
- Wissenstransfer in den Regionen: Schaffung von für die Kommunikation zwischen Akteuren aus den Bereichen Landnutzung, Wissenschaft und Politik geeigneten und dauerhaften Plattformen auf Ebene der Planungsregionen mit dem Ziel, einen regelmäßigen Diskurs zwischen AkteurInnen aus den Bereichen Landnutzung, Wissenschaft und Politik anzuregen, zu gestalten und dauerhaft zu etablieren;
- Capacity building/Qualifizierung von MultiplikatorInnen: Entwicklung von konkreten Pilotbildungsprojekten zur langfristigen und damit nachhaltigen Sicherung des Wissenstransfers in der beruflichen Aus- und Weiterbildung bzw. der Allgemeinbildung.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Partizipation bei Entwicklung von Leitbild und Bildungsprogrammen

Forschung im Kontext der Anwendung (mode-2-research) erfordert – vielleicht mit Ausnahme der reinen Grundlagenforschung – nach GIBBONS et al. (1994) zwingend einen Paradigmenwechsel im Hinblick auf das Selbstverständnis der Forschenden: Der primäre Nutzen ist auf Seiten der AnwenderInnen und nicht auf Seiten der WissenschaftlerInnen. *Conditio sine qua non* sind Transdisziplinarität und Partizipation. Im Gesamtprozess werden tragfähige Lösungen nur durch wechselseitige Beteiligung aller relevanten AkteurInnen erzielt. Das bedeutet für die Forschung, dass wichtige AkteurInnen aus Wissenschaft und Praxis bei projektrelevanten Entscheidungen involviert werden. Der Begriff Partizipation steht für diesen Beteiligungsvorgang.

Für die Lösung komplexerer Probleme, wie den zu erwartenden Klimaänderungen, muss Wissen jedoch zwischen den an der Problemlösung Beteiligten ausgetauscht werden (NAGEL 1979). In einem funktionierenden Wissenssystem wird die Wissensanwendung als sinngebend angenommen. Dies verlangt zwingend nach einer Bewertung des generierten Wissens seitens der NutzerInnen. Da dies sowohl Wissen zur Problemlösung (System- und Zielwissen) als auch zu dessen Operationalisierung und Verbreitung (Transformationswissen) beinhaltet (CASS 1997), folgt daraus, dass im Wissenssystem der ganze Prozess im Dialog stattfinden muss.

Im Hinblick auf Wissensmanagement wird ein situativer Ansatz vertreten, der die dogmatische Diskussion um „Technologietransfer“ bzw. „Partizipation als Selbstzweck“ tunlichst vermeidet. Wo immer es sinnvoll und möglich erscheint, werden Lösungen für den direkten Technologie-



transfer an – zu definierende – Praxiszielgruppen gesucht. Parallel dazu werden Kommunikationsplattformen entwickelt, welche einen stetigen Dialog der relevanten AkteurInnen sowie die gemeinsame Planung, Monitoring und Evaluierung von Transfermaßnahmen einer klimaadaptiven Landschaftsnutzung bzw. von Bildungsprogrammen im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung ermöglichen. Insbesondere für letzteres gibt es keine vorbildhaften Lösungen (erste Ansätze: AENIS 2005, NEWAL-NET). Konzepte für Partizipation im gesamten Projektzyklus sind aus der technischen Zusammenarbeit bekannt (GTZ 1997). Allerdings existieren kaum Erfahrungen für eine Beteiligung an M&E (ESTRELLA 2000), wobei vor allem die Indikatordefinition ein generell noch ungelöstes methodisches Problem darstellt (GUIJT 2000).

Die seit langem bekannten Forderungen nach Transdisziplinarität und Partizipation treffen in der Praxis auf wenig diesbezügliche Erfahrung und kaum förderliche Strukturen. Im Wissenssystem aus Forschung, Bildung/Beratung und Praxis sind die Beziehungen zwischen den Beteiligten Organisationen und Personen nur ungenügend institutionalisiert.

Bildung

In den Erziehungswissenschaften steht das Konzept der Kompetenzen im Zentrum der Diskussion. Im Sinne einer „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ spielt die Förderung von Gestaltungskompetenzen eine zentrale Rolle (DE HAAN & HARENBERG 1999, BARTH 2007) mit den folgenden Schlüsselkompetenzen (RYCHEN & SALGANIK 2003): der Gruppenkompetenz („Interagieren in sozial heterogenen Gruppen“), der Medienkompetenz („Hilfsmittel und Instrumente interaktiv zu nutzen“) und der Selbstkompetenz („Selbständiges Handeln“). Die Förderung von Gestaltungskompetenzen erfordert methodisch ein Umdenken, hin zu aktivierenden Methoden mit einem hohen Maße an selbstorganisiertem Lernen (KOLB 1984), was auf Seiten der Lehrenden verbunden ist mit einer Rollenveränderung hin zu einer beratenden, anleitenden Funktion im Lehr-/Lernprozess.

Das Konzept basiert auf der Theorie des erfahrungsgeleiteten Lernens (experiential learning, KOLB 1984) und der Theorie der biologischen Selbstorganisation (AUTOPOIESIS, MATURANA und VARELA 1987). Dafür sind viele Lehrende an beruflichen und allgemeinbildenden Schulen und die meisten außerschulischen Bildungsfachleute nur unzulänglich qualifiziert. Und schließlich müssen die Maßnahmen in das Bildungsprogramm unterschiedlicher Träger eingepasst werden. Erforderlich sind innovative Lehr-/Lern-Arrangements inklusive neuer Lernortkooperationen, für die es wenige überzeugende Beispiele gibt. Dafür sind Bildungsträger bereits an der Planung, aber auch am Test und Bewertung/Weiterentwicklung der Maßnahmen zu beteiligen (partizipative Entwicklung von Bildungsprogrammen).

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Im Rahmen des INKA BB kooperierte Teilprojekt 3 mit WissenschaftlerInnen aus allen anderen Teilprojekten, besonders eng mit dem Verbundmanagement. Darüber hinaus war das Teilprojekt bei der Planung und Durchführung verbundrelevanter Transfermaßnahmen (Messepräsentationen, Foren) mit einer Reihe von MultiplikatorInnen beteiligt, u.a. aus dem Landesbauernverband, der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin, dem Naturschutzzentrum Ökowerk Berlin e.V. und dem Wasser- und Bodenverband Welse.

Bei der Entwicklung von Bildungsprojekten waren das Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg sowie die DAA-Medienakademie (Erarbeitung von Filmen der Teilprojekte) beteiligt; die Arbeitsgruppe KlimaBildungsGärten umfasste etwa 60 PartnerInnen aus dem Urban Gardening, allgemeinbildende Schulen sowie MultiplikatorInnen aus der Kinder- und Jugendarbeit. Im Rahmen der Pilotprojekte entstanden enge Kooperationen mit einem Kinder- und Jugendkulturzentrum, mit der Vereinigung junger Freiwilliger e.V., den Berliner Forsten sowie einer Berliner Sekundarschule. Darüber hinaus ergaben sich enge Kontakte mit der In-



terministeriellen Arbeitsgruppe Klimaanpassung Brandenburg und der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin.

Im Rahmen des Regionaldialogs Lausitz-Spreewald entwickelten sich enge Projektbeziehungen zur Gemeinde Dissen, einem Teamleiter der Naturparkverwaltung Schlaubetal, dem Leiter der Stiftung Naturlandschaften Brandenburg sowie dem Leiter der Waldschule Kleinsee. Die Landschaftswerkstatt arbeitete neben vielen PraxispartnerInnen in der Region Uckermark-Barnim insbesondere mit dem Wasser- und Bodenverband Welse, dem Naturschutzfonds Brandenburg (FFH Managementplanung Randow-Welse-Bruch), dem Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg Referat Ost (Gewässerentwicklungskonzept Randow), dem Stadtforst Lychen (Fachgespräch Forstwirtschaft), der Gemeinde Panketal (Sommerschule „Siedlung Panke Wasser“) sowie der Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg Referat Großschutzgebiete und der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburg (Fachgespräch Naturschutz) zusammen.

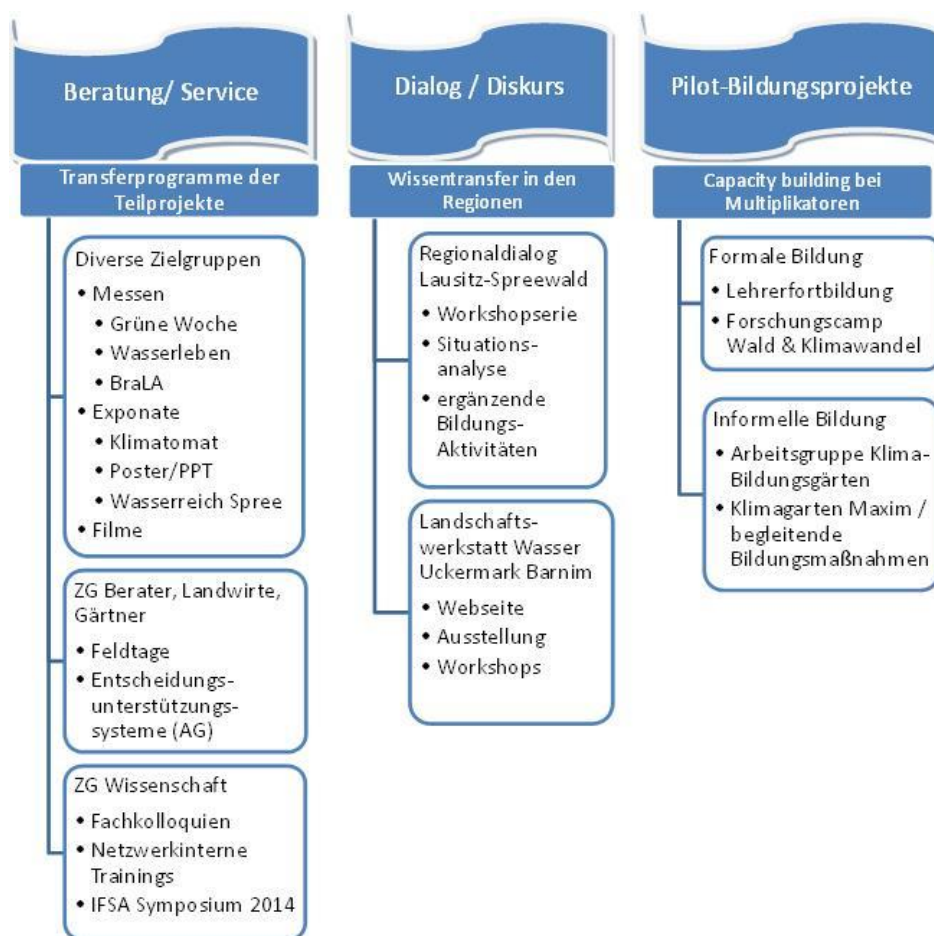


Abbildung 3.1: Übersicht der Transferpfade und der von Teilprojekt 3 begleiteten Transfermaßnahmen

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Teilprojekt 3 sollte wissenschaftlich begründete und praxistestete Konzepte zum Transfer der Netzwerkergebnisse entwickeln, welche innerhalb des Netzwerks nachhaltig etabliert sind. Dies bezieht sich auf eine ganze Reihe von Transfermaßnahmen in drei verschiedenen Transferbereichen, als Module bezeichnet (vgl. Abb. 3.1).

- Im Rahmen einer Arbeitsgruppe „Wissentransfer“ sollten eine Reihe von Transfermaßnahmen der Teilprojekte (Modul 1) gemeinsam weiterentwickelt, d.h. geplant, durchgeführt und bewertet werden. Hier erwies sich später die Gründung einer einzigen Arbeitsgruppe als nicht zielführend, weshalb die Transfermaßnahmen in mehreren kleineren Gruppen entwickelt wurden;



- Zwei regionale Kommunikationsplattformen zum „Klima-Dialog“ vernetzten Wissenschaft, Politik, Bildung/Beratung und Praxis. Die Schnittstellenfunktion bezieht sich sowohl auf eine Umsetzung / Anwendung der Teilprojektergebnisse als auch auf die Wissensbedarfsermittlung. Problemwissen aus den Regionen gelangt zur Wissenschaft als ein Beitrag zur Bestimmung des künftigen Forschungsbedarfs.
- Capacity Building bei Multiplikatoren: Die zeitnahe Übersetzung innovativen Wissens in Bildungssysteme schafft die Voraussetzungen, dass Netzwerkwissen rasch in die Breite und über Generationsgrenzen hinweg zu den EntscheiderInnen „von morgen“ transferiert wird, und sichert damit die Nachhaltigkeit des Netzwerks. In diesem Bereich sollte eine Reihe von Pilotprojekten entwickelt werden.

Die Entwicklung und Implementierung der Transfermaßnahmen in den vorgenannten Bereichen sollte reflektiert werden und davon ausgehend eine Methodik zum Transfer bzw. zur Gestaltung von Transfermaßnahmen in großen Netzwerken entwickelt und vorgelegt werden.

Abbildung 3.1 gibt eine Übersicht der von Teilprojekt 3 wissenschaftlich / beratend begleiteten Transfermaßnahmen.

Modul 1: Transferprogramme der Teilprojekte (HU)

Mit Blick auf die Bündelung von Transfermaßnahmen begleitete das Teilprojekt grundsätzlich lediglich solche Aktivitäten, welche sich auf mehrere Teilprojekte oder das ganze Netzwerk bezogen. Darüber hinaus wurde den Teilprojekten Beratung zur Entwicklung teilprojektspezifischer Lösungen offeriert. Letzteres wurde aus verschiedenen Gründen nur wenig nachgefragt.

Es wurde früh deutlich, dass eine zentrale Arbeitsgruppe, welche sämtliche Transfermaßnahmen begleitet, wenig zielführend ist. Die Gruppe wäre mit ca. 30 Teilnehmern schlicht zu groß geworden. Daher wurde eine ganze Reihe von kleineren Arbeitsgruppen initiiert, in denen Transfermaßnahmen aus den Teilprojekten gebündelt und gemeinsam weiterentwickelt, d.h., geplant, durchgeführt und mit Blick auf eine schrittweise Optimierung evaluiert wurden. Dies bezog sich auf folgende Maßnahmen:

- Messepräsentationen: Es wurde ein Gesamtkonzept für die Messe-Präsentation entwickelt, welches Präsentationen der Teilprojekte bzw. deren (vorläufigen) Ergebnissen vereint mit interaktiven Elementen, welche zur Attraktion der potenziellen Besucher dienen, also zur niederschweligen Wissensvermittlung bzw. Heranführung an den doch eher „trockenen“ wissenschaftlichen Teil. INKA BB nahm u.a. jährlich an der *Internationalen Grünen Woche Berlin* (ca. 400.000 Messebesucher) und der *Brandenburgischen Landwirtschaftsausstellung* (ca. 40.000 Mesebesucher) mit einem eigenen Stand und an zwei Mal an der *Wasserleben* (10.000 Messebesucher) teil. In 2013 beteiligte sich die Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät mit einer eigenen Wissenschaftsausstellung an der Langen Nacht der Wissenschaften mit insgesamt 600 BesucherInnen.
- Exponate: Im Zusammenhang mit der Messepräsentation entstanden u.a. eine Multimediale Präsentation (Powerpoint und Poster) der Teilprojekte sowie der *Klimatomat*, der entwickelt wurde, um mit den BesucherInnen auf spielerische Weise ins Gespräch zu kommen und sie für die Thematik Klimaanpassung in der Region zu sensibilisieren. Es handelt sich um ein interaktives Spiel (Kugelbahn) kombiniert mit einem Quiz, bei welchem vier einfache Fragen zur Klimawandelanpassung genutzt werden, um „Weichen für die Zukunft zu stellen“, in diesem Fall die Kugeln weiterhin auf der Bahn zu halten oder abstürzen zu lassen.

Ein weiteres Exponat, zum Zeitpunkt der Antragstellung als potenzielles Exponat im Rahmen des IBA-Projektes „Wasserreich Spree“ geplant, wurde als Transfermaßnahme im Rahmen von INKA BB nicht weiter verfolgt. Gründe waren die Aufgabe des Projektes „Wasserreich Spree“ seitens der Stadt Lübben sowie die Vorlage einer zwar didaktisch



wohl überlegten Studie – vergeben als Unterauftrag an die IBA-SEE - mit hohem Potential, die inhaltlich aber noch zu unausgereift war und deren Finanzplanung die vorgesehenen Mittel bei weitem überstieg.

- Filme: In Kooperation mit der DAA-Medienakademie entstanden in 2011 und 2012 kurze Imagefilme von insgesamt neun Teilprojekten, welche in aller Regel auf *youtube* publiziert und seitens der Teilprojekte und des Verbundes im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit genutzt wurden (vgl. Übersicht der Filme). Die Kooperation mit der Akademie erwies sich äußerst fruchtbar. Für die Teilprojekte entstanden mit relativ geringem finanziellem Aufwand Filme, die die ProjektmitarbeiterInnen aktiv mitgestalten konnten; die Auszubildenden der DAA wurden in einer praxisnahen Situation mit „realen“ Auftraggebern ausgebildet und es entstanden Filme, die auch tatsächlich genutzt wurden.
- Feldtage: Auf der Versuchstation der Humboldt-Universität in Thyrow finden alljährlich sogenannte „Praxisinformationstage“ statt. Diese wurden während der Projektlaufzeit jeweils mit besonderem Fokus auf Klimawandelanpassung durchgeführt, unter Beteiligung von Teilprojekten im Handlungsfeld „Landwirtschaft“.
- Entscheidungsunterstützungs-Tools: Im Netzwerk wurde eine Reihe von Entscheidungsunterstützungssystemen entwickelt. Früh wurde seitens der EntwicklerInnen Bedarf geäußert, sich diesbezüglich auszutauschen, vor allem mit Blick auf die nutzerorientierte Entwicklung der Tools. Das Teilprojekt organisierte eine Reihe von Workshops und moderierte diese.
- Fachkolloquien: Seitens der an der HU angesiedelten Teilprojekte wurde der Bedarf geäußert, sich auf wissenschaftlicher Ebene inhaltlich vertiefend auszutauschen, mit Blick auf den Arbeitsstand und die Ergebnisse. Da dies an den Gesamtverbundtreffen nur ansatzweise möglich war, wurde ein jährlich stattfindendes Fachkolloquium angeregt, an welchem regelmäßig auch wissenschaftliche und PraxispartnerInnen aus dem gesamten Netzwerk ebenso wie Externe teilnahmen.
- Interne Trainings: es wurde früh deutlich, dass (vor allem jüngere) WissenschaftlerInnen über wenig Erfahrung mit aktionsorientierten und transdisziplinären Ansätzen haben und dass diesbezüglich Qualifizierungsbedarf besteht. Aus diesem Grund organisierte Teilprojekt 3 gemeinsam mit Teilprojekt 1 „Koordinierte Strategieentwicklung“ zwei Trainings, eines zur Konzeption aktionsorientierter Forschung und einen Erfahrungsaustausch „Transdisziplinäre Kooperation – Erfahrungen aus vergangenen Großprojekten“.
- 11. IFSA EUROPE Symposium „Farming systems facing global challenges: Capacities and strategies“: Die Europäische Sektion der International Farming Systems Association (IFSA Europe Group, <http://ifsa.boku.ac.at>) ist zurzeit eines der bedeutendsten europäischen Netzwerk einer ganzheitlichen, transdisziplinären und umsetzungsorientierten Agrarforschung. Die alle zwei Jahre stattfindenden Symposien sind insofern eine optimale Transferplattform in die anwendungsorientierte Wissenschaft. In Kooperation von HU und ZALF wurde Konferenz für 2014 am Standort Berlin mit der Thematik Klimaanpassung als Schwerpunkt durchgeführt. Insbesondere die landwirtschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Ergebnisse von INKA BB konnten hier präsentiert werden. Das Teilprojekt beteiligte sich gemeinsam mit dem Verbundmanagement und Teilprojekt 1 maßgeblich an der Organisation. Die Konferenz war ein großer Erfolg, insgesamt nahmen 280 WissenschaftlerInnen aus 34 Nationen an der dreitägigen Veranstaltung teil (SCHOBERT et al. 2014, AENIS et al. 2015).

Die dezentrale Organisation von maßnahmenspezifischen Arbeitsgruppen erwies sich als sehr zielführend, da eine Vielzahl von Transfermaßnahmen tatsächlich implementiert und im Zuge des Projektes optimiert wurde.



Die Rolle von Teilprojekt 3 bei den genannten Maßnahmen war vielfältig. Neben der Initiierung und Prozessmoderation wurden regelmäßig Rahmenpläne oder auch konkrete Konzepte für die Maßnahmen erarbeitet (u.a. für die Messen, die Fachkolloquien, die internen Workshops, die multimediale Präsentation und die Filme) und in den Gruppen zur Diskussion gestellt. Methodisch war es z.B. für alle Exponate erforderlich, eine Vielzahl an Informationen sehr stark zu verdichten, im Fall der Poster auf „zwei Sätze und zwei Bilder“, im Fall des Klimatomaten gar auf lediglich vier Fragen. Es zeigte sich, dass solches Minimieren einen großen Aufwand erfordert und gerade WissenschaftlerInnen hierfür erst zu qualifizieren sind. Dass sich der Aufwand hierfür lohnt, zeigt die positive Resonanz z.B. der Messebesucher ebenso wie der breite Einsatz, den die Exponate fanden – so wurde der *Klimatomat* neben den Messen auf den meisten, wenn nicht allen öffentlichen Veranstaltungen des Verbundes eingesetzt.

Darüber hinaus war das Monitoring (Bilddokumentation, Protokolle, Berichte) eine der Hauptaufgaben des Teilprojekts, womit die Informationsgrundlage für die gemeinsamen Evaluierungen geschaffen wurde. Dies wurde zum Beispiel bei den Praxisinformationstagen in Form von Besucher- und Mitarbeiterbefragungen durchgeführt und in der Planungsgruppe kommuniziert wurde. U.a. betreuten die Leiter von Teilprojekt 3 und 8 hierzu gemeinsam ein Studienprojekt. Das (durchwegs positive) Feedback zu den Praxistagen führte im Wesentlichen zu Anpassungen im organisatorischen Ablauf (Einführung von Stationen, Fokussierung von Fachvorträgen, Besucherführung) sowie zur Erarbeitung ergänzender Informationsmaterialien (Beschilderung, Broschüre mit Versuchsübersicht und Karte des Areal).

Und schließlich wurden auch Wirkungsanalysen für einige Maßnahmen durchgeführt. So wurde die Messebeteiligung im Rahmen einer Masterarbeit untersucht und bewertet (Riecher 2013). Demnach hat das Projekt Wirkungen vor allem im Bereich der Wahrnehmung von INKA BB und einer Sensibilisierung bezüglich Klimawandel und möglicher Anpassungen erzielt, wohingegen konkretes Wissen eher nur ansatzweise vermittelbar ist. Von großer Bedeutung sind vor allem interaktive und haptische Ausstellungsobjekte (Klimatomat, Kuh-Modell mit Pedometer) bedeutend für diese Art des Transfers, wohingegen Informationsmaterialien (Poster, Powerpointpräsentationen, Broschüren) nur zögerlich angenommen werden.

Modul 2: Wissenstransfer in den Regionen

Der Regionaldialog Lausitz-Spreewald

Ziele der Initiatoren des Regionaldialogs waren die Initiierung und Förderung eines transdisziplinären Dialogs in der Region Lausitz-Spreewald, d. h. eines Austauschs und bestenfalls einer Vernetzung zwischen Akteuren aus Wissenschaft und Praxis. Die regionsspezifischen Folgen des Klimawandels sowie potenzielle Anpassungsstrategien wurden vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurde der Frage nach Umsetzungsmöglichkeiten im Bildungsbereich nachgegangen, um insbesondere Erkenntnisse aus dem Forschungsverbund INKA BB zeitnah in die regionale Schul- und außerschulische Umweltbildung zu transportieren. Letztendlich sollten die TeilnehmerInnen aus Wissenschaft, Fachpraxis, aus der formalen und non-formalen Bildung sowie aus den kommunalen, regionalen und Landesbehörden für die Herausforderungen des Klimawandels sensibilisiert und dazu motiviert werden, die Fragestellungen und Lösungsansätze in den eigenen Arbeitsalltag zu integrieren.

Die TeilnehmerInnen – gefragt nach ihren Zielen während der ersten Veranstaltungen – erhofften sich vor allem Austausch, Wissenstransfer und Vernetzung, wobei sowohl das Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ als auch der Bildungsaspekt von Interesse waren. Darüber hinaus bestand der Wunsch, die Plattform für die Präsentation der eigenen Institution zu nutzen, konkrete Bildungsmaterialien und -initiativen zu entwickeln und den „Regionaldialog Lausitz-Spreewald“ in Bezug auf eine mögliche Übertragbarkeit zu bewerten.



Ziele	Initiierung und Förderung eines transdisziplinären Dialogs in der Region Lausitz-Spreewald, Sensibilisieren der Teilnehmer*innen für die regionalen Herausforderungen des Klimawandels,
Zielgruppen	Wissenschaft, Bildungsakteure aus dem schulischen und außerschulischen Bereich, Kommunal- und Landes-vertreter*innen aus Verwaltung
Inhalte	Wechselnde Schwerpunktthemen (<i>Klimawandel, Wassermanagement, Gartenbau und Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Alleebäume, Regionalplanung</i>) Regionaler Bezug zu Lausitz-Spreewald
Programmstruktur	Rückblick zum Konzept des Regionaldialogs und zu bisherigen Ergebnissen Wissenschaftliche Beiträge Erfahrungsberichte aus der Praxis Präsentationen von Bildungsansätzen
Turnus	Halbjährlich
Zeitlicher Rahmen	13:00-17:30 Uhr
Veranstaltungsort	Regionale Planungsstelle

Tabelle 3.1: Das Konzept des Regionaldialogs Lausitz-Spreewald

Vorgehensweise

Zunächst war geplant, eine regionale Plattform für den Austausch zum Themenfeld Klimaanpassung im Wassermanagement für Akteure aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft zu initiieren. Da INKA BB mit mehreren Teilprojekten in der Region vertreten war und damit eine Überbeanspruchung regionaler Akteure zu befürchten war, zeigte es sich als vielversprechend, sich in Bezug auf den Regionaldialog vorrangig auf Bildung, Wissenschaft und Kommunen zu fokussieren und der Frage nachzugehen, wie die Thematik verstärkt in Bildungs- und Kommunikationsszusammenhänge einbezogen werden könne.

Die Veranstaltungsreihe sollte von Anfang an möglichst partizipativ entwickelt werden. Hierfür war es erforderlich, das Konzept des Regionaldialogs bzw. der „Bildungsinitiative“ Schritt für Schritt weiter zu verfeinern (s. Tabelle 3.1):

- Bereits vor dem ersten Workshop wurde bei Bildungsakteuren der schulischen und außerschulischen Allgemeinbildung im Raum Lausitz-Spreewald eine Situationsanalyse durchgeführt (Foos et al. 2014b). Darin sollte einerseits der Verbreitungsgrad und die inhaltliche Einbindung von Klimaanpassung in der Bildung erfasst werden und andererseits sollten erste Ansatzpunkte zur Umsetzung des Themenfeldes im Bildungssektor gesammelt werden. Die Ergebnisse der Situationsanalyse wurden den TeilnehmerInnen am ersten Regionaldialog vorgestellt, gemeinsam diskutiert und ergänzt.
- Ideensammlungen („Brainstorming“) und Diskussionsrunden förderten die Mitgestaltung der Veranstaltungsreihe ebenso wie regelmäßiges Feedback der Teilnehmenden zu Inhalt und Prozess. Anregungen seitens der TeilnehmerInnen wurden von den Organisatoren im Nachgang der einzelnen Veranstaltungen kritisch im Hinblick auf Machbarkeit und Zielführung geprüft und in mehreren Fällen umgesetzt. Der Leitfaden (Foos et al. 2014b) wurde nicht zuletzt auf mehrfachen Wunsch von Beteiligten verfasst.
- Eine Masterarbeit zur „Darstellung und Bewertung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Praxis“ (HAAS 2013) noch vor Ende der Projektlaufzeit ergab Erkenntnisse zum Nutzen und Erfolg des Regionaldialogs sowie Ansatzpunkte für die Fortsetzung. Die Ergeb-



nisse wurden vorgestellt und die Frage der Verstetigung in den abschließenden beiden Regionaldialog diskutiert.

Ergebnisse

Von 2010 bis 2013 fanden im Rahmen von INKA BB acht Regionaldialoge statt (Foos et al. 2014b). Relativ früh wurde darüber hinaus deutlich, dass die Regionaldialoge in einen ganzheitlicheren Kommunikationsansatz eingebettet sein sollten. Daher wurde bereits am zweiten Regionaldialog die Idee einer „Bildungsinitiative Lausitz-Spreewald“ diskutiert, in deren Rahmen konkrete regionale Bildungsansätze entwickelt und erprobt würden. In Ergänzung der Regionaldialoge als Dreh- und Angelpunkt wurden daher eine ganze Reihe weiterer Aktivitäten initiiert (ibid.), u.a. die bereits erwähnte Wissensbedarfsanalyse, die Lehrerfortbildung in Kooperation mit dem LISUM (vgl. Modul 3), ein Konzept zu einer „Lernortroute“ sowie Ansätze zur Integration der Thematik Klimawandelanpassung in ein geplantes Umweltbildungszentrum im Ort Disen. Diese Maßnahmen sind zum Projektende in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, teilweise wurden sie bereits durchgeführt (Lehrerfortbildung), teilweise befinden sie sich noch im Planungsstadium (Disen, Lernortroute).

Termine	Titel
16.03.2010	Regionaldialog I: Problemanalyse und Rahmenplanung
24.11.2010	Regionaldialog II: Klimawandel und Bildung in der Planungsregion
19.05.2011	Regionaldialog III: Der Klimawandel in Lausitz-Spreewald
08.12.2011	Regionaldialog IV: Wassermanagement im Klimawandel
10.05.2012	Regionaldialog V: Gartenbau und Landwirtschaft im Klimawandel
15.11.2012	Regionaldialog VI: Forstwirtschaft im Klimawandel
22.08.2013	Regionaldialog VII: Allee- und Obstbäume im Klimawandel
12.12.2013	Regionaldialog VIII: Regionalplanung und Klimaanpassung

Tabelle 3.2: Regionaldialog Lausitz-Spreewald – Thematische Übersicht

Eine Evaluierung mit Blick auf Verstetigung der Kommunikationsplattform ergab folgendes Bild: Alle befragten TeilnehmerInnen und die OrganisatorInnen halten eine Fortführung der Veranstaltungsreihe für sinnvoll. Das bestehende Format scheint sich bewährt zu haben. Kennzeichnend waren der etwa halbjährliche Zyklus, die halbtägigen Nachmittagsveranstaltungen, Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zu wechselnden Schwerpunktthemen, entsprechende Bildungsansätze und ausreichend Zeit für Diskussion und Austausch. Die Interessenslage in Bezug auf die inhaltliche Ausrichtung, den Teilnehmerkreis und den Ort der Veranstaltungen gehen bei den Teilnehmerkreisen allerdings teilweise auseinander.

- Eine Fortführung wurde von Seiten der formalen Bildung begrüßt, deren VertreterInnen großes Interesse an einem kontinuierlichen Austausch mit der Wissenschaft haben (hier v.a. LehrerInnen mit zusätzlichen Beratungsfunktionen oder anderen Sonderaufgaben). Für Lehrende ohne zusätzliche Beratungsfunktion scheint der „Regionaldialog Lausitz-Spreewald“ mit seinen derzeitigen Rahmenbedingungen auf Grund des damit verbundenen Zeitaufwands eher weniger geeignet zu sein. Hier müsste entweder das Angebot an konkretem Unterrichtsmaterial verbessert werden oder evtl. in Betracht gezogen werden, gesonderte Veranstaltungen direkt an Schulen anzubieten. Außerdem wurde eine Erweiterung des TeilnehmerInnenkreises auf andere Schulbereiche und Bildungsverantwortliche vorgeschlagen.



- VertreterInnen der nicht-formalen Bildung könnten sich u.a. eine Fortführung mit wechselnden Veranstaltungsorten vorstellen. AkteurInnen, die selbst aus einem sehr speziellen Themenbereich kommen (z. B. der Landwirtschaft), hätten nur bei entsprechend passenden Themen Interesse. Ansonsten wurde die Hinzuziehung von Experten zur Wissensvermittlung auf „hauseigenen“ Veranstaltungen vorgeschlagen.
- PraxisakteurInnen aus Verwaltung/ Politik würden zunächst eine Evaluation des „Regionaldialogs Lausitz-Spreewald“ begrüßen. Wenn diese positiv ausfalle, sei eine Fortführung interessant. Die Erwartung läge allerdings eher darin, einzelne Elemente des „Regionaldialogs Lausitz-Spreewald“ auf zukünftige Veranstaltungen mit anderen Rahmenbedingungen zu übertragen.
- Andere regionale AkteurInnen würden einen höheren Stellenwert des Themas Braunkohle begrüßen und eine Erweiterung des TeilnehmerInnenkreises als bereichernd empfinden.
- Einzelne WissenschaftlerInnen erachten die Fortführung des Wissenschaft-Praxis Dialogs als wichtig und haben hier besonderes Interesse am Austausch und der Zusammenarbeit mit entsprechenden FachpraktikerInnen.

Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark-Barnim

Die Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark-Barnim war auf einen Diskurs zwischen Landnutzung, Wissenschaft, Bürgerschaft, Politik und Verwaltung über die Anpassung der Region Uckermark-Barnim an den Klimawandel gerichtet. Sie fokussierte das Wasser in der Landschaft als entscheidendes Medium dieser Anpassung. Schnell wurde in der Arbeit deutlich, dass eine isolierte Betrachtung von Anpassungsmaßnahmen kaum auf Beachtung im Diskurs hoffen durfte. Vielmehr mussten in allen Landnutzungsbereichen jene unmittelbaren und existenziellen Herausforderungen aufgegriffen werden, vor denen die Akteure in der Landschaft stehen. In deren Kontext wurde es möglich, die Anpassung an den Klimawandel als Teil einer Strategie für Resilienz und Nachhaltigkeit kenntlich zu machen.

Wissenstransfer in der Planungsregion Uckermark -Barnim war in der Landschaftswerkstatt als dialogische Kommunikation konzipiert worden. D.h. es ging nicht nur darum, die Forschungsanliegen und -ergebnisse der im Untersuchungsraum arbeitenden Teilprojekte in die Praxis zu spielen (was mit Teilprojektporträts und einer Beteiligung der Teilprojekte an den Veranstaltungen gewährleistet werden sollte), sondern umgekehrt, das Erfahrungswissen der Landnutzer und -bewohner in das Netzwerk INKA BB zu spielen. Aus diesem Anliegen resultierten für die Landschaftswerkstatt überwiegend dialogische Formate bzw. Produkte, die verschiedene Wissensformen integrierten.

Der nachfolgende Überblick stellt (auszugsweise) zusammen, was im Rahmen der Landschaftswerkstatt Wasser im Einzelnen geplant und welche Ziele erreicht wurden.

- Thesenpapier und Flyer „Klimawandel und Landschaftswasserhaushalt im Wassereinzugsgebiet der Welse“: Um die Expertengespräche mit den LandnutzerInnen, VertreterInnen aus Politik und Verwaltung, WissenschaftlerInnen sowie interessierten BürgerInnen etc. vorzubereiten und die Landschaftswerkstatt in der Region zu platzieren, wurden in Zusammenarbeit mit dem ZALF und unter Berücksichtigung der Analysen und Projektionen des PIK zur klimatischen Entwicklung der Region diese Thesen erarbeitet und in Form eines Flyers (Titel: Wasser und Landschaft – Thesen für einen Diskurs) ab Januar 2010 in Umlauf gebracht.
- Internetseite zur Landschaftswerkstatt (www.wasserundlandschaft.de): Parallel zum Thesenpapier wurde die Internetseite zum Projekt als zentrales öffentlich zugängliches Arbeits- und Informationsmittel in Zusammenarbeit mit einer Web- und Grafikgestalterin aufgebaut und ins Netz gestellt. Es entstand eine Gestaltungslinie für die Landschaftswerkstatt, die für alle weiteren Produkte genutzt wurde. Diese Webseite diente



zugleich als Element der Wissensorganisation und BürgerInnen-Partizipation. Die BesucherInnenzahlen der Seite lagen bei durchschnittlich 1800 bis 2000 pro Monat. Dadurch konnte für die weiteren Aktivitäten eine gute fachliche Grundlage gelegt werden.

- Erhebung zu den technischen Eingriffen in den Landschaftswasserhaushalt im Einzugsbereich der Welse: Die Erhebung wurde mit dem Titel „Technische Eingriffe im Wassereinzugsgebiet der Welse“ im Mai 2010 vorgelegt und auf der Projektwebseite publiziert. Diese tabellarische Übersicht zeichnet die grundlegenden technischen Eingriffe in den Landschaftswasserhaushalt im Wassereinzugsgebiet der Welse mit dem Ziel nach, einen strukturellen Überblick prägender historischer Eingriffe zu geben. Sie diene der Fundierung der Werkstattarbeit.
- Öffentliche Präsentation einer Werkstattausstellung und Publikation einer Materialsammlung: Im Frühjahr/Sommer 2011 wurde die Ausstellung „Wasser und Leben. Zum Landschaftswasserhaushalt an Welse und Randow“ produziert und im August 2011 in Angermünde öffentlich präsentiert. Die Ausstellung formulierte Thesen zur Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes an Randow und Welse für den öffentlichen Diskurs. Die Ergebnisse wurden in der Lokalpresse präsentiert.

Die Produkte der Landschaftswerkstatt wurden aus heterogenen Wissensressourcen entwickelt:

- Die Ausstellung „Wasser und leben“ integriert sowohl die Befragungsergebnisse der ersten Phase der Landschaftswerkstatt, als auch das Forschungswissen aus dem Netzwerk. In Form von elf Leitthesen wurde aus diesem „Transfer in beide Richtungen“ eine praktische Agenda zur Gestaltung des Landschaftswasserhaushaltes im Randow-Welse-Bruch abgeleitet und wiederum in den öffentlichen Diskurs gespielt.
- Ähnlich ist der Exkursionsführer „Wasser und Landschaft“ auf einen Transfer von unterschiedlichen Wissensbeständen in die Öffentlichkeit durch die touristisch attraktive und räumlich genau verortete Verknüpfung dieser Perspektiven in einer Fahrradrouten angelegt.
- Die Abschlusspublikation der Landschaftswerkstatt (Anders und Fischer 2014) ist ebenfalls als Transferprodukt konzipiert: unterschiedliche Sprachformen, Wissensbestände und Sichtweisen werden integriert, um Anschlussfähigkeit zwischen Forschungswissen und Erfahrungswissen herzustellen.

Auch die meisten Veranstaltungen der Landschaftswerkstatt waren als Instrumente im Wissenstransfer angelegt:

- Die Fachgespräche zur Landwirtschaft und zur Forstwirtschaft im Kontext einer Anpassung an den Klimawandel konfrontieren wissenschaftliche Erkenntnisse und Forschungsfragen mit Praxiswissen und künstlerischer Auseinandersetzung. Somit wurde für eine wechselseitige Öffnung für die verschiedenen Wissensformen gesorgt.
- Das Fachgespräch und die öffentliche Präsentation zum Thema Wahrnehmung siedlungsnaher Gewässer fand in Form einer Sommerschule mit der HNE Eberswalde unter dem Titel „Siedlung und Gewässer“ im September 2012 in der Gemeinde Angermünde statt.
- Das Fachgespräch Wissenschaft und Anpassung an den Klimawandel wurde unter dem Titel „Kommunizierende Wissenschaft? Wie und Wozu?“ als Session auf der Jahrestagung der IALE-D im Oktober 2012 in Eberswalde veranstaltet.
- Das Fachgespräch und die öffentliche künstlerische Präsentation zum Thema Landwirtschaft und Anpassung an den Klimawandel fand unter dem Titel: „*Fluch und Segen - Wasser in der Landwirtschaft*“ im März 2013 im Barnim (Agrarlandschaft Breydin) statt.



- Das Fachgespräch und die öffentliche künstlerische Präsentation zum Thema *Forstwirtschaft und Anpassung an den Klimawandel* fand unter dem Titel „*Raues Klima für die forstliche Kunst?*“ im Mai 2013 in der Uckermark (Stadtforst Lychen) statt.
- Das Fachgespräch zum Thema Naturschutz und Anpassung an den Klimawandel fand unter dem Titel „*Brandenburgs Vogelwelt im Spannungsfeld von Landnutzung, Klimawandel und Klimaanpassung*“ im Juni 2013 in Eberswalde statt.
- Das Fachgespräch und die öffentliche Präsentation zum Thema *Siedlungswasserhaushalt und Anpassung an den Klimawandel* fand in Form einer Sommerschule mit der HNE Eberswalde unter dem Titel „*Siedlung Panke Wasser*“ im September 2013 in der Gemeinde Panketal statt.
- Alle Fachgespräche einschließlich der Ergebnisse der Diskussion wurden auf der Projektwebseite dokumentiert. Die beiden geplanten Pleinair-Veranstaltungen zur Integration künstlerischer Arbeitsweisen in den regionalen Diskurs, wurden mit den Fachgesprächen zu Land- und Forstwirtschaft erfolgreich kombiniert.
- Die Sommerschulen zu siedlungsnahen Gewässern und zum Siedlungswasserhaushalt verknüpfen dagegen die Perspektiven und das Wissen von Bewohnern der Region mit den fachlichen Herausforderungen der Wasser- und Bodenverbände. Im Rahmen der beiden Sommerschulen wurden die Wasserzeitungen „*DER AQUAMÜNDER*“ und „*DER PANKER*“ publiziert und in gedruckter Form wie als E-Book Umlauf gebracht.

Es wurde darauf Wert gelegt, dass die Produkte der Landschaftswerkstatt, insbesondere die Ausstellung „*Wasser und Leben. Zum Landschaftswasserhaushalt an Welse und Randow*“ und der Exkursionsführer „*Wasser und Landschaft*“ in der Region als Arbeits- und Informationsmittel sowie als Impuls für den Diskurs über die zukünftige Gestaltung des Landschaftswasserhaushaltes in der Region längerfristig präsent sind. Diese Materialien wurden daher dem Wasser- und Bodenverband Welse für die weitere Arbeit übergeben.

Zum Abschluss der Landschaftswerkstatt muss bilanziert werden, dass temporäre Investitionen in den Diskurs zwar mit Aussicht auf Erfolg durchgeführt werden können, dass ihre Verstetigung und Inwertsetzung jedoch durch Handlungsspielräume der einzelnen landschaftsprägenden und -nutzenden AkteurInnen begrenzt werden. Denn die Praxis dieser AkteurInnen wird nur noch zum Teil durch regionale Bedingungen geprägt. Vielmehr arbeiten die meisten AkteurInnen heute in überregionalen Teilsystemen, aus denen sie die wesentlichen Steuerungsanreize erhalten.

Dem gegenüber artikulierten die PraxispartnerInnen jedoch erheblichen Bedarf hinsichtlich eines themenbezogen fachlichen Erfahrungs- und Wissensaustausches zwischen Wissenschaft und Praxis auf regionaler Ebene. Insbesondere das Format des öffentlichen Fachgesprächs mit integriertem Pleinair wurde hier seitens der PraktikerInnen als zielführend hervorgehoben.

Für die Integration einer interessierten breiteren Öffentlichkeit hat sich die Radtour zum Exkursionsführer als sehr erfolgreich erwiesen, da fachliche Information aktiv und im konkreten Raumbezug zu erlangen und zu erfahren war.

Methodisch muss konstatiert werden, dass die Fähigkeit der AkteurInnen, unterschiedliche Wissensbestände zu erfassen und kommunikativ zu integrieren, durch die Veranstaltungen und Produkte der Landschaftswerkstatt eindeutig gefördert werden konnte. Schwieriger erscheint die Übertragung dieses in handlungsleitende Perspektiven. Hier ist die Tendenz festzustellen, Kommunikation als „*schmückendes Beiwerk*“ zu betrachten und die relevanten Entscheidungen wiederum sektoral zu treffen. Diese Restriktion hätte nur durchbrochen werden können, wenn sie durch die Forschung selbst überwunden worden wäre, was aber im Netzwerk nicht erfolgt ist. Insofern sollte bei zukünftigen Vorhaben kritisch der Status von Kommunikations- und Transferprojekten im Netzwerk bzw. im Forschungsverbund geprüft werden: sie müssen mit den Gremien, in denen die Steuerung und Entwicklung des Netzwerkes geleistet wird, struktu-



rell verknüpft sein. Dies betrifft nicht zuletzt die Teilnahme von wichtigen Netzwerkakteuren an den Veranstaltungen selbst.

Als besondere Highlights der Landschaftswerkstatt müssen die öffentlichen Fachgespräche zur Landwirtschaft in Trampe sowie zur Forstwirtschaft in Lychen genannt werden, da hier der transdisziplinäre Charakter am stärksten ausgebildet wurde und zugleich Ergebnisse produziert worden sind. Mediale Präsenz, künstlerische Qualität und fachliche Prägnanz waren hier gleichermaßen vorhanden.

Modul 3: Capacity building - Qualifizierung von Multiplikatoren

Ein wichtiges Anliegen von INKA BB war die Qualifizierung von MultiplikatorInnen („Capacity Building“), um letztendlich das im Verbund gewonnene (wissenschaftliche) Wissen auch für Zielgruppen außerhalb der Wissenschaft verfügbar zu machen. Dies sollte beispielhaft im Rahmen von Pilotprojekten erfolgen. Dass dies kein einseitiger Akt des Wissenstransfers von der Wissenschaft zur Praxis sein konnte, sondern die Entwicklung dieser Pilotprojekte schrittweise und im Dialog mit den BildungspraktikerInnen und letztendlich auch deren Zielgruppen erfolgen musste, davon sind sämtliche Beteiligten ebenso überzeugt wie davon, dass sich „Bildungsprogramme“ am Bedarf und den Voraussetzungen der Zielgruppen orientieren müssen. Zusätzlich zu den beiden dialogischen Instrumenten in Modul 2, bei denen es sich methodisch ebenfalls um Pilotprojekte handelt, wurden insgesamt vier Projekte begleitet. Davon sind zwei im Bereich der formalen Bildung angesiedelt:

- Fortbildungsveranstaltungen für LehrerInnen: Im Rahmen des Regionaldialogs Lausitz-Spreewald (Modul 2) wurde seitens des Landesinstituts für Schule und Medien (LISUM) Berlin-Brandenburg eine Fortbildungsreihe für LehrerInnen zum Thema Klimawandelanpassung angeregt, welche als Fachtag zum Thema "Fachtag Bildung und Wissenschaft im Dialog; Anpassung an den Klimawandel- ein Thema für die Schule?!" am LISUM erstmals stattfand (Bildungsserver Berlin Brandenburg a, b): Darüber hinaus waren sämtliche Regionaldialoge als Fortbildungsveranstaltungen für LehrerInnen anerkannt. Eine Fortführung der Reihe konnte leider aus Kapazitätsgründen des LISUM nicht verwirklicht werden.
- Das Forschungscamp Wald und Klimawandel wurde gemeinsam mit den Multiplikatoren (LehrerInnen, WaldpädagogInnen/ForstwirtInnen, Forschende) für die Oberstufe allgemeinbildender Schulen in urbanen Räumen entwickelt. Kooperationspartnerinnen waren die Ellen-Key Schule in Berlin Schule (integrierte Sekundarschule mit gymnasialer Oberstufe), die Revierförsterei Ützdorf (Berliner Forsten, Forstamt Pankow), sowie auf wissenschaftlicher Seite die HNE (Teilprojekt 15, Fachbereich Wald und Umwelt). Im Ergebnis wurde während der Projektwoche sowohl Basiswissen (Baumarten, Funktionen des Waldes) vermittelt als auch Einblick in forstwirtschaftliche Aufgabenfelder und Spielräume gegeben. Darauf aufbauend beschäftigen sich die SchülerInnen letztendlich mit den potentiellen Folgen des Klimawandels für den Wald und die Forstwirtschaft und mit möglichen Anpassungsstrategien. Die Ergebnisse des Pilotprojektes wurden in einem Bildungsleitfaden publiziert (Foos et al. 2014a). Darin sind neben den eigentlichen Bildungsaktivitäten die Planung und Organisation des Pilotprojektes beschrieben und es werden fachliche Hintergründe ebenso wie weiterführende Literaturhinweise angeboten. Besonders hervorzuheben sind Faktoren für die Verstetigung: Die Befragungen der TeilnehmerInnen sowie der beteiligten MultiplikatorInnen haben einige Lerneffekte aufgezeigt. Seitens der Schule ist das Forschungscamp seit 2012 als Klausurersatzleistung anerkannt. Bedeutsam ist ebenso der Aspekt der Ownership: die PraxispartnerInnen aus Schule und Forstpraxis haben das Konzept und die Bildungsaktivitäten soweit „verinnerlicht“, dass sie dieses bei Bedarf selbständig anpassen.



Die Pilotbildungsprojekte im Bereich der informellen Bildung beschäftigen sich inhaltlich allesamt mit dem Gärtnern in der Stadt (Urban Gardening) und sind eng miteinander verwoben (JAHNKE et al. 2014):

- Die Arbeitsgruppe KlimaBildungGärten versammelte LehrerInnen, GartenaktivistInnen, Menschen aus der Jugendarbeit, der Sozialarbeit und aus der Erwachsenenbildung mit dem Ziel des Erfahrungsaustausches, des gemeinsamen Lernens und auch der Entwicklung konkreter Bildungsmaßnahmen. Dabei entstanden übertragbare Konzepte und Module, wie beispielsweise die „mobile Wissenschaft“ (siehe unten). Über eine Fortbildungsreihe zu Saatgut und Klimaanpassung erschlossen sich die TeilnehmerInnen die Thematik Klimaanpassung aus einer für sie sehr relevanten und praktischen Perspektive. Die Arbeitsgruppe wurde Ende 2009 auf Initiative einer INKA BB-Mitarbeiterin von einer kleinen Gruppe Berliner BildungsgärtnerInnen und MultiplikatorInnen ins Leben gerufen. Die Arbeitsgruppe traf sich in Begleitung von INKA BB von 2009 bis 2013 in unregelmäßigen Abständen von wenigen Wochen bis Monaten. Ende 2012 hatten ca. 60 VertreterInnen von 20 verschiedenen Projekten an der Arbeitsgruppe teilgenommen.
- Im Maxim Kinder- und Jugendkulturzentrum in Berlin wurde in Kooperation von Wissenschaft und Praxis ein Klima-Bildungsgarten realisiert, d. h. ein Garten, der für Bildungszwecke genutzt werden kann und handlungsorientiertes Lernen ermöglicht (JAHNKE et al. 2014). Der Garten wurde zudem als Mittel für begleitende Bildungsmaßnahmen genutzt, u.a. für Projekttag für TeilnehmerInnen des Freiwilligen Ökologischen Jahrs, Filmbeiträge zum Gartenprojekt, einen Gartenkalender und einen Pflanzplan. Durch Bildungsaktivitäten rund um den Garten sollten sich sowohl die MultiplikatorInnen als auch deren Zielgruppen“ (z. B. SchülerInnen, GärtnerInnen, Laienpublikum) mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen, dabei ein Bewusstsein für Anpassungsnotwendigkeit und -möglichkeiten entwickeln und diskutieren. Die Kooperation mit den Partnern erwies sich als äußerst fruchtbar. Der KlimaGarten im Maxim Kinder- und Jugendkulturzentrum (www.im-maxim.de) hat auch nach INKA BB Bestand. Die Angebote haben einen festen Platz in der Jahresplanung der Einrichtung. Hervorzuheben ist, dass das Projekt, beginnend mit einem KlimaBildungsGarten und dazugehörigen Bildungskonzepten, über die Jahre gewachsen ist, vor allem auch aufgrund des großen Engagements und der Experimentierfreudigkeit der MitarbeiterInnen des Kinder- und Jugendkulturzentrums. Diese haben über die in INKA BB angedachten Aktivitäten hinaus ein Vielzahl von Maßnahmen angestoßen und eigenständig umgesetzt. Das Projekt wurde mittlerweile durch zwei Preise ausgezeichnet (Pankower Umweltpreis sowie 100-Höfe Wettbewerb). Ein Netzwerk von UnterstützerInnen besonders auf Bezirksebene konnte etabliert werden und berlinweit wurden neue Kontakte mit Gartenprojekten geknüpft.

Eine Erkenntnis aus der aktionsorientierten Transferforschung in Teilprojekt 3 ist, dass es „die“ Methodik zur Gestaltung von Transfer in großen Verbundprojekten wohl nicht gibt. Es existieren zwar eine Reihe voneinander abgrenzbarer netzwerkinterner und externer Transferpfade (ROGGA et al. 2014), die konkreten Maßnahmen sind jedoch jeweils zielgruppenspezifisch zu entwickeln. Hierbei ist sowohl der Bedarf als auch die vorhandenen Kompetenzen der Zielgruppen berücksichtigen ebenso wie die Rahmenbedingungen, was in aller Regeln die Bedarfsermittlung und eine möglichst frühzeitige Transferplanung erfordert. Transferziele und Lerninhalte sollten möglichst früh und gemeinsam definiert werden. Aus den genannten Gründen erwies sich auch eine vergleichende Analyse der Transfermaßnahmen in den drei Modulen als wenig zielführend. Stattdessen wurden die Methoden entlang der für INKA BB relevanten Transferpfade (vgl. Abb. 3.1) bzw. maßnahmenspezifisch reflektiert und findet sich in diversen Publikationen (u.a. ANDERS & FISCHER 2014, FISCHER & ANDERS 2014, FOOS et al. 2014a; FOOS et al. 2014b, JAHNKE et al. 2014, FOOS, AENIS & JAHNKE 2012, HALDER & JAHNKE 2014). Grundsätzliche Er-



kenntnisse zum Zusammenhang zwischen Transfer und Implementierung sind mittlerweile eingeflossen in eine (extern finanzierte) Studie (ROGGA et al. 2014).

Neben der Auseinandersetzung mit dem neuen Themenfeld „Klimaanpassung“ bedeuteten im Zuge von INKA BB entwickelten Transfermaßnahmen für die beteiligten Einrichtungen und Personen ein kontinuierliches Ausprobieren und Ausloten hinsichtlich der Rahmenbedingungen und des eigenen Anspruchs an eine „gute“ Bildungsarbeit. Die partizipative Projektentwicklung mit der iterativen Herangehensweise aus Planung, Umsetzung und Reflexion begünstigte und unterstützte den Prozess der „Aneignung“ (=ownership). Auf der anderen Seite erforderte diese Herangehensweise bei allen Beteiligten einen hohen zeitlichen Aufwand, den die ProjektpartnerInnen zwar kritisch beurteilten, aber auch als notwendig für den Projekterfolg betrachteten. Besonders förderlich für die Motivation der Beteiligten waren die Produktorientierung und die frühzeitig vorliegenden konkreten Bildungskonzepte, eine positive Resonanz der TeilnehmerInnen an den Bildungsprogrammen sowie ein inspirierender und konstruktiver Austausch und die Vernetzung mit AkteurInnen mit ähnlichen Zielsetzungen. Die Prozessbegleitung, die in Teilprojekt 3 in den meisten Fällen für die Konzeption, Moderation und Dokumentation von Arbeitstreffen, die Evaluierung der entwickelten Bildungsangebote sowie die begleitende Forschung zuständig war, wird als wesentlich für das Gelingen der Projekte erachtet.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das für Teilprojekt 3 eingeplante Budget erwies sich als ausreichend für die Durchführung der vielschichtigen Aufgaben und wurde auch der Planung entsprechend ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Im Rahmen des Netzwerks INKA BB war die abgestimmte („gebündelte“) Entwicklung und Implementierung von Transfermaßnahmen integraler Teil des Netzwerkkonzeptes. Die Koordinierung der Maßnahmenentwicklung ist in einem solch großen Netzwerk unabdingbar. Darüber hinaus gibt es bislang noch wenig gesichertes Wissen zur Gestaltung des Transfers in großen Netzwerken, welcher wiederum eng verzahnt ist mit dem Aspekt der Implementierung im Bereich transdisziplinärer Forschung. Insofern erweisen sich sowohl die Koordinierung der Entwicklung von Transfermaßnahmen als auch die Entwicklung von Pilotmaßnahmen als auch die Prozessanalyse seitens des Teilprojekts als notwendige und einem Vorhaben dieser Größe angemessene Arbeitsfelder.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende:

Die Ergebnisse und Bildungsprogramme wurden bereits zum Projektende in drei Bildungsleitfäden und einem Exkursionsführer „Wasser und Landschaft“ dokumentiert und können von Bildungsträgern direkt genutzt werden. Alle Werke können über den Buchhandel bezogen werden bzw. werden barrierefrei zum download zur Verfügung gestellt.

Der primäre Nutzen des Teilprojektes liegt in der Erprobung und in der Entwicklung zielgruppenspezifischer Angebote. Das Anwendungspotenzial der INKA BB-Ergebnisse für den genannten Bereich wurde erschlossen, indem ProjektpartnerInnen von Anfang an in die Entwicklung von Transferangeboten einbezogen wurden. Somit wurden sie zum einen befähigt das dadurch gewonnene Know-How langfristig einzusetzen bzw. zu übertragen und zum anderen wurden dadurch die Grundlagen für die Übernahme der Trägerschaft geschaffen.

Einzelne Partnerinstitutionen konnten sich mit dem Thema „Anpassung an den Klimawandel“ und der Kooperation mit der Wissenschaft außerdem ein Alleinstellungsmerkmal erwerben. So gewann das Maxim Kinder- und Jugendkulturzentrum 2013 mit dem KlimaBildungsGarten bereits zwei mit Preisgeldern versehene bezirkliche Preise (Pankower Umweltpreis sowie 100-Höfe-Wettbewerb). Auch die Partnerschule im Rahmen des Pilotprojektes Forschungscamp



Wald und Klimawandel beteiligte sich 2013 an der Ausschreibung zum Deutschen Waldpädagogikpreis und kam unter die ersten sechs von 60 Einreichungen.

Eine Verwertung im Teilprojekt erfolgte insofern zum Teil bereits im laufenden Prozess. Die transdisziplinäre Vernetzung und die Kontakte werden weiterhin dazu beitragen, dass PraxispartnerInnen der Zugang zu Fachberatung, wissenschaftlichen ReferentInnen sowie zu Weiterbildungsangeboten kostenfrei oder -günstig ermöglicht bzw. erleichtert wird.

Wissenschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende:

Die Erfolgsaussichten bestehen a) in der direkten Anwendung der Bildungsprogramme und deren Weiterführung seitens der PartnerInnen, b) in der Anwendung / Übernahme / Adaptation von Bildungsmaßnahmen seitens externer Bildungsträger über Bildungsleitfäden und c) in der Weiterführung im Rahmen von Forschungsprojekten.

a) Anwendung der Bildungsprogramme und Weiterführung seitens der PartnerInnen:

Die partizipative Prozessentwicklung der Transfermaßnahmen im Teilprojekt hat bereits jetzt dazu beigetragen, dass alle Beteiligten sich mit dem Themenfeld „Klimaanpassung“ intensiv auseinandersetzen. Außerdem konnten sie im Projektverlauf ihren eigenen persönlichen Umgang damit bzw. eine für die eigene Person und Institution stimmige Integration des Aufgabenfeldes entwickeln. Außerdem profitierten seit Projektbeginn viele Personen von der Teilnahme an diesen Maßnahmen. Teils waren sie dadurch erstmals mit dem Themenfeld in Kontakt gekommen, teils konnten sie Kenntnisse vertiefen und sich mit anderen AkteurInnen dazu austauschen. Die Sensibilisierung und der Kenntniszuwachs bleiben auch nach Projektende erhalten. Je nach Funktion und Überzeugung werden einzelne Menschen ihre Erkenntnisse im Beruflichen und Privaten weitertragen. Das Themenfeld wird somit in der Diskussion bleiben. Es ist mit einer in erhöhten Offenheit und einem größeren Verständnis gegenüber künftigen Anpassungsmaßnahmen zu rechnen. Die exemplarisch erarbeiteten Pilotprojekte werden in die Trägerschaft der beteiligten Institutionen übergeben.

Weiterhin fließen die Forschungsergebnisse in die Lehre ein. So werden bereits jetzt die Ergebnisse des Teilprojektes u.a. im Modul „Participatory Rural Innovation and Knowledge Systems“ der HU genutzt.

b) Nach Projektende erfolgt die Verbreitung der Ergebnisse in der Allgemeinen Schulbildung. Sie sollen, wie bereits die Ergebnisse der LehrerInnenfortbildung, auf dem Bildungsserver des LISUM für Bildungszwecke zugänglich gemacht werden, insbesondere natürlich die drei Bildungs-Leitfäden (Foos et al. 2014a, b, Jahnke et al. 2014).

c) Es sind weitere wissenschaftliche Projekte geplant, u.a. wurden bereits ein Projekt im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie und eines zum Urban Gardening beantragt.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase zielt auf die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse. Das im Teilprojekt exemplarisch erarbeitete Modell zum Wissensmanagement und die Methodiken einer „dialogorientierten Entwicklung von Transferprogrammen“ sollten mittelfristig weiter integriert werden. Eine vertiefende Analyse in schulischer und außerschulischer Bildung (Einrichtungen, Bildungspolitik) zu Anknüpfungspunkten und zu Potentialen der Übertragbarkeit der entwickelten Konzepte ist erstrebenswert. Hierbei sollte sich die Analyse auf die Landesebenen Berlin und Brandenburg beziehen. Bedeutend wäre zudem eine Übertragung auf Zielgruppen im Bereich der beruflichen Bildung und Beratung.



II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Im Bereich Bildung und Kommunikation erfolgten umfassende Literaturrecherchen. Auch ist das Teilprojekt durch die Teilnahme an KLIMZUG-Querschnittstagen gut über die Projektpraxis anderer Verbände informiert.

Im Rahmen der KLIMZUG-Workshops zu „Bildung, Kommunikation und Transfer“ wurde der Kommunikationsbedarf eingehend diskutiert bis hin zu dem Punkt, dass eine gemeinsame Publikation entwickelt und umgesetzt wurde (BEESE et al. 2014). Dabei wurden einige Aspekte, die bei der Integration von Klimaanpassung in Bildung und Kommunikation eine Rolle spielen, deutlich. So scheint es in vielen Fällen günstig, das Themenfeld und die Herausforderungen der Klimaanpassung nicht als eigenes Feld aufzuarbeiten, sondern in die bestehenden, von Auswirkungen des Klimawandels betroffenen Themenfelder zu integrieren. Auch waren sich die wissenschaftlichen ProjektbearbeiterInnen darin einig, dass bei der Kommunikation von Klimaanpassung möglichst die Notwendigkeit von Klimaschutz nicht außer Acht gelassen werden sollte. Beide stellen notwendige Strategien für eine nachhaltige Entwicklung dar. Weiterhin wurde in Gesprächen mit NaturwissenschaftlerInnen deutlich, dass scheinbare Folgen des Klimawandels nicht unbedingt auf den Klimawandel allein zurückzuführen sind. Oft spielen andere Einflüsse, beispielsweise bestimmte Landnutzungen eine mindestens ebenso große Rolle. Auch dies sollte bei Bildung und Kommunikation berücksichtigt werden.

II.6 Veröffentlichungen

AENIS, THOMAS (2011): Partizipation im Spannungsfeld zwischen Agrar- und Umweltentwicklung (Participacao no campo de tensao entre desenvolvimento agrário e ambiental). In: HUCKRIEDE, Bernd, Frank SCHWARTZE & Jens BRINKMANN (Hrsg.). Metropolis und Landschaft. Luanda (Metropolis e Paisagens. Luanda). Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Eigenverlag, S. 50f.

THOMAS AENIS, ANDREA KNIERIM, MAJA-CATRIN RIECHER, REBECCA RIDDER, HEIKE SCHOBERT AND HOLGER FISCHER (Eds.) (2015): Farming systems facing global challenges: Capacities and strategies. Proceedings of the 11th European IFSA Symposium. Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research Müncheberg (ZALF) & Humboldt-Universität zu Berlin (forthcoming).

ANDERS, KENNETH, FISCHER, LARS UND SCHÖNWALD, SILKE (2012): Wasser und Landschaft - Ein Exkursionsführer zum Landschaftswasserhaushalt an Welse und Randow. Aufland Verlag, Croustillier.

ANDERS, KENNETH UND LARS FISCHER (Hrsg.)(2014): Die Landschaftswerkstatt Wasser. Wissenstransfer für einen zukunftsfähigen Landschaftswasserhaushalt in der Region Uckermark-Barnim. Oderaue. Auflandverlag.

Autorenkollektiv (2011): Wasserzeitung Der Aquamünder. Ohne Verlag.

Autorenkollektiv (2013): Wasserzeitung Der Panker. In: Panketal Bote Nr. 09/2013. Amtsblatt. Herausgegeben von der Gemeinde Pankteal, LK Barnim.

Bildungserver Berlin Brandenburg (a): Anpassung an den Klimawandel: Bildung und Wissenschaft im Dialog. Online: <http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/themen/nachhaltige-entwicklung/klima-und-umwelt/tagung-klimaanpassung/>

Bildungserver Berlin Brandenburg (b): Forschungsergebnisse zum Klimawandel: Bildung und Wissenschaft im Dialog. Online: <http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/themen/nachhaltige-entwicklung/klima-und-umwelt/forschungsergebnisse-klimawandel/>

FISCHER, LARS UND KENNETH ANDERS (2014): Die Landschaftswerkstatt Wasser Uckermark Barnim. Erfahrungen in einem kulturlandschaftlichen Diskurs. In: Beese, Karin, Miriam Fekkak, Christine Katz, Claudia Körner, Heike Molitor (Hrsg.)(2014):Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. Oekom Verlag, München: 307-320.

FOOS, EVA, THOMAS AENIS & JULIA JAHNKE (2012): Capacity building in the field of climate change adaptation - First experiences from a rural research and development project in Germany. 10th European IFSA Symposium, 1-4 July 2012 in Aarhus, Denmark.

Online: http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2012/IFSA2012_WS5.3_Foos.pdf.

FOOS, EVA, JULIA JAHNKE UND THOMAS AENIS (2014): Herausforderungen partizipativer Programmentwicklung - Beispiel KlimaBildungsGärten in Berlin. In: Beese, Karin, Miriam Fekkak, Christine Katz, Claudia



- KÖRNER, HEIKE MOLITOR (Hrsg)(2014): Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. Oekom Verlag, München: 251-261.
- FOOS, EVA, JENS SCHRÖDER, RALF ULLRICH (2013): Klimawandel und Forstwirtschaft – ein Thema für die Bildung?. In: AFZ-Der Wald 5/ 2013, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.
- FOOS, EVA, JENS SCHRÖDER, HELGA LENZER, THOMAS AENIS & JENS KRÜGER (2014a): Wald und Klimawandel. Eine Projektwoche in der Oberstufe. Klimawandel & Anpassung 2. Margraf, Weikersheim.
- FOOS, EVA, RALF ULLRICH, THOMAS AENIS & ANNA HAAS (2014b): Der Regionaldialog Lausitz-Spreewald - Plattform zur Wissenschaft-Praxis-Kommunikation. Klimawandel & Anpassung 3. Margraf, Weikersheim.
- HAAS, ANNA (2013): Darstellung und Bewertung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Praxis zum Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ am Beispiel des „Regionaldialogs Lausitz-Spreewald“. Masterarbeit im Studiengang: Integrated Natural Resource Management an der Humboldt-Universität zu Berlin (unveröffentlichte Masterarbeit).
- HALDER, SEVERIN, JULIA JAHNKE (2014): Wirsing und Wissenschaft, Potentiale und Grenzen der Aktionsforschung im Umfeld der urbanen Gartenbewegung. In: Halder, Severin, Dörte Martens, Gerda Münnich, Andrea Lasalle, Thomas Aenis & Eckhardt Schäfer (Hrsg.)(2014): Wissen Wuchern Lassen. Ein Leitfaden für Bildung im Urban Gardening. AG SPAK Bücher, Neu-Ulm.
- Online: http://www.agspak.de/wissenwuchernlassen/wissen_wuchern_lassen_cc.pdf.
- JAHNKE, JULIA, EVA FOOS & THOMAS AENIS (2014): Klima-Bildungsgärten. Klimawandel & Anpassung 1. Margraf, Weikersheim.
- KNIERIM, ANDREA, SYBILLE BAURIEDL, EVA FOOS & GÉRARD HUTTER (2013): Zur Rolle der Forschenden beim Praktizieren von Partizipation. Diskussionspapier. In: Knierim, Andrea, Stefanie Baasch & Manuel Gottschick (Hrsg.): Partizipation und Klimawandel, Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. S. 259-265, Oekom Verlag München.
- RIECHER, MAJA-CATRIN (2013): Communication between science and society. The case of the research consortium INKA BB, Germany. Masterarbeit im Studiengang: Integrated Natural Resource Management an der Humboldt-Universität zu Berlin.
- RÖTZEL, STEFAN, JÜRGEN SCHAPER, THORSTEN GROTHMANN UND KENNETH ANDERS (2013): Aufklärung und/oder Partizipation. Diskussionspapier. In: A. Knierim, S. Baasch und M. Gottschick (Hrsg.): Partizipation und Klimawandel. Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. Oekom Verlag, München: 75-82
- SCHOBERT, HEIKE, MAJA CATRIN RIECHER, HOLGER FISCHER, THOMAS AENIS & ANDREA KNIERIM (Eds.) (2014): Farming systems facing global challenges: Capacities and strategies. 11 th European IFSA Symposium. Book of Abstracts. Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research Müncheberg (ZALF) & Humboldt-Universität zu Berlin.
- ROGGA, SEBASTIAN, THOMAS WEITH, THOMAS AENIS, KLAUS MÜLLER, THOMAS KÖHLER, LISETTE HÄRTEL, & DAVID BRIAN KAISER (2014): Wissenschaft-Praxis-Transfer jenseits der „Verladerampe“ - Zum Verständnis von Implementation und Transfer im Nachhaltigen Landmanagement. Diskussionspapier No. 8 (Juli 2014). Hrsg. vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.: Müncheberg.
- Online: http://modul-b.nachhaltiges-landmanagement.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Diskussionspapiere/8_Rogga2014_Transfer-Implementation.pdf

Filme

- Der INKA BB Klimatomat. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=m7eS5sdcYlc>
- Die Sprache der Bäume / INKA BB TP15. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=AoCdd1cW3g8>
- Entgegen dem Wandel. INKA BB TEILPROJEKT 15.
- Online: <https://www.youtube.com/watch?v=oLY36ps52mQ>
- <http://www.youtube.com/watch?v=c3umoQPdxgk>
- INKA BB TP19.m2p. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=07bskRWM98o>
- INKA BB, Klimaplastischer Ökolandbau. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=FUNWvOcEXho>
- INKA BB/ WeideNet BB Ein Projekt geht "ON FARM".
- Online: <https://www.youtube.com/watch?v=iBhiBp-u5Ac>
- INKA BB/Mit innovativer Bewässerungssteuerung zur Klimaanpassung.
- Online: <https://www.youtube.com/watch?v=J9cScRgl2I8>
- INKA BB/Sortenstrategien für landwirtschaftliche Nutzpflanzen.
- Online: <https://www.youtube.com/watch?v=K-eR2psU9Ek>



INKA BB/Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels.

Online: <https://www.youtube.com/watch?v=MfYlwVACSOg>

INKA BB/Urbane Ökophysiologie der Pflanzen und Klimaanpassung.

Online: https://www.youtube.com/watch?v=ZJa_yJ7ojGA

KlimaBildungsGärten – Maxim Kinder- und Jugendkulturzentrum. Ein Film von Robin Dittscheid. Link:

http://www.youtube.com/watch?v=9-lit_AzRik

KlimaBildungsGärten - Maxim Kinder- und Jugendkulturzentrum (2.Version). Ein Film von Donatas

Schrödel. Link: http://www.youtube.com/watch?v=UFnml4_q5w0

KlimaBildungsGärten – Schulumweltzentrum Mitte. Ein Film von Marcel Helmes.

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=hFrKmmErD60>



Teilprojekt 4 - Klimaadaptierte Regionalplanung in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald

Projektleitung: Prof. Dr. Uta Steinhardt, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

I.1 Aufgabenstellung

Neben der unmittelbaren Land- und Raumnutzung steht auch die Raumplanung und hier speziell die Regionalplanung aufgrund des Klimawandels vor neuen Herausforderungen. Damit einhergehende veränderte Ansprüche an die Raumnutzung und neue Konflikte zwischen Landnutzungssektoren um knapper werdende Flächen erfordern die rechtzeitige planerische Anpassung an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels. Gleichzeitig bestehen nach wie vor große Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlich zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels insbesondere auf regionaler Ebene.

Das Teilprojekt 4 „Klimaadaptierte Regionalplanung in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald“ nahm sich der Herausforderungen an, die sich durch den Klimawandel für die räumliche Planung auf regionaler Ebene ergeben. Dabei wurden die Folgen, die aufgrund des Klimawandels nach aktuellem Wissensstand zu erwarten sind, hinsichtlich ihrer Relevanz für die Regionalplanung analysiert. Bestehende Instrumente räumlicher Planung wurden im Hinblick auf ihre Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen überprüft, neue Gebietskategorien speziell mit Fokus auf die Herausforderung Klimawandel zur Aufnahme in den Instrumentenkatalog der Regionalplanung empfohlen. Das Forschungsprojekt verfolgte hierbei stets einen integrativen Ansatz unter Berücksichtigung aller Raum- und Landnutzungen in den Projektregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald.

Die Forschungsarbeiten mündeten letztlich in raumkonkrete Empfehlungen zum planerischen Umgang mit den Folgen des Klimawandels als Zuarbeiten zur späteren Erstellung Klimaadaptierter Integrierter Regionalpläne. Dabei wurden nicht nur Fragen der Abstimmung zwischen Fach- und Gesamtplanung integriert sondern auch das Bewusstsein in Politik und Planungspraxis für die Notwendigkeit einer Berücksichtigung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel vertieft. Eine kontinuierliche enge Zusammenarbeit mit den Regionalen Planungsstellen als Praxispartnern sowie einem breiten Kreis regionaler AkteurInnen begleitete über einen Zeitraum von fünf Jahren die Forschungsarbeit.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Im Bereich der Raum- und speziell der Regionalplanung war das Thema „Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ zum Zeitpunkt des Projektbeginns Mitte 2009 ein noch weitgehend unbearbeitetes Feld. Der Kreis zuständiger und betroffener Akteure ebenso wie Politik und Verwaltung fingen gerade an, nach raumplanerischen Möglichkeiten zum Umgang mit dem Klimawandel zu suchen; dementsprechend existierte vergleichsweise wenig Literatur zur Themenstellung des Teilprojekts. Das Forschungsvorhaben KlimaMORO, gefördert vom BMVBS, (www.klimamoro.de) hatte kurz vor dem Start von INKA BB seine Arbeit aufgenommen; es wurde direkt zu Projektbeginn der fachliche Austausch mit KlimaMORO begonnen. In diesem Zusammenhang konnte auch auf erste Versuche, den Klimawandel in Regionalplänen zu verankern, als Orientierung für die eigene Arbeit zurückgegriffen werden; insbesondere die Regionen Westsachsen und Oberes Elbtal-Osterzgebirge aber auch die Planungsgemeinschaft Oberlausitz-Niederschlesien (nicht Projektregion von KlimaMORO) verfolgten bereits damals interessante Ansätze. Gleichzeitig erwies sich der Blick in die Niederlande als hilfreich; dort waren 2009 die Bemühungen um eine planerische Anpassung bereits deutlich weiter gediehen.



Pläne, Programme und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel waren im Bereich von Politik und Verwaltung im Entstehen bzw. erschienen. Auf Ebene der EU war dies das Grünbuch „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU“; in Deutschland die „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ aus dem Jahr 2008. In Brandenburg wurde im Jahr 2008 ein „Maßnahmenkatalog zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ verabschiedet. Konkrete rechtliche Regelungen zur Anpassung an den Klimawandel existierten nicht.

In der Fachliteratur setzten sich z.B. die ARL (Arbeitsgemeinschaft für Raum- und Landschaftsplanung) sowie Dietrich Fürst mit dem Thema raumplanerischer Anpassung an den Klimawandel auseinander.

Literatur

ARL (2007): Europäische Strategien der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Die Sicht der Raumplanung. Positionspapier aus der ARL Nr. 73, Hannover

FÜRST, D. (2007): Raumplanerischer Umgang mit den Folgen des Klima-Wandels. Hannover, 2007

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Das Teilprojekt war von Anfang an auf eine enge Kooperation mit regionalen AkteurInnen aus der Praxis der Raum- und Landnutzung sowie -planung angelegt. Dementsprechend eng waren die Regionalen Planungsstellen als Projektpartner mittels Kooperationsvereinbarungen an das Teilprojekt gebunden und für die Wahrnehmung ihrer in dieser Vereinbarung festgelegten Aufgaben mit eigenen Projektmitteln ausgestattet. Regelmäßige Arbeitstreffen mit den MitarbeiterInnen der Regionalen Planungsstellen dienten dem Informationsaustausch und der rechtzeitigen Abstimmung der Forschungsergebnisse, um eine größtmögliche Umsetzungswahrscheinlichkeit der Forschungsergebnisse nach Projektende zu gewährleisten. Darüber hinaus spielte die Einbindung weiterer regionaler AkteurInnen aus allen Landnutzungsbereichen mittels Workshops, Exkursionen etc. eine bedeutende Rolle in der Forschungsarbeit.

Die Zusammenarbeit mit den Regionalen Planungsstellen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald erfolgte im Wesentlichen auf folgenden Ebenen:

Zwei Wissenschaftliche Mitarbeiter des Teilprojekts waren nicht nur an der HNE Eberswalde (FH) tätig, sondern gleichzeitig auch als Kontaktperson/Ansprechpartner vor Ort an jeweils eine Regionale Planungsstelle abgeordnet und teilweise dort auch mit einem eigenen Arbeitsplatz präsent. Dies sicherte die laufende Kommunikation und den Informationsaustausch zwischen Forschung und Praxis; gleichzeitig war für regionale AkteurInnen ein fester Ansprechpartner des Forschungsprojekts präsent.

Mehrmals jährlich fanden Arbeitstreffen des wissenschaftlichen Projektteams mit den jeweils für das Forschungsprojekt zuständigen MitarbeiterInnen der beiden Regionalen Planungsstellen statt; hier wurden methodische Vorgehensweise sowie (Zwischen-) Ergebnisse der Forschungsarbeit intensiv diskutiert.

Diese Arbeitstreffen wurden seit November 2011 ergänzt um sogenannte Planungsstellentreffen unter Beteiligung weiterer, ansonsten nicht in INKA BB involvierter MitarbeiterInnen der Regionalen Planungsstellen. Diese Treffen dienten insbesondere dazu, Forschungsergebnisse in einem breiten Kreis kritisch zu diskutieren und weitere fachliche Anregungen für die Forschungsarbeit zu erhalten.

Darüber hinaus war das Forschungsprojekt mit eigenen Vorträgen in den Regionalversammlungen und den Regionalvorständen präsent.

Regionale AkteurInnen aus allen Landnutzungsbereichen wurden im Laufe der Forschungsarbeit vor allem mittels Workshops in die Arbeit des Teilprojekts eingebunden. Ziel dabei war der wechselseitige Informationsaustausch – einerseits die laufende Information regionaler AkteurInnen zum Stand der Forschungsarbeiten, andererseits der kritische Blick der Landnutzungs-



praxis auf die Forschungsergebnisse sowie die Vermittlung wichtiger Informationen über aktuelle Entwicklungen in der Region und aus den Landnutzungssektoren. Hierfür wurden vor allem in der ersten Projekthälfte verschiedene Veranstaltungsformate durchgeführt und dabei auch neue Herangehensweisen getestet. In der zweiten Projekthälfte konzentrierte sich die Akteursarbeit wiederum stärker auf die Kooperation mit den Regionalen Planungsstellen, um die konkreten raumplanerischen Empfehlungen abzustimmen. Regionale AkteurInnen wurden darüber hinaus regelmäßig durch Vorträge zu (Zwischen-) Ergebnissen des Forschungsprojekts informiert, so z.B. im Rahmen von Sitzungen der Ausschüsse der Kreistage etc.

Die Gemeinsame Landesplanungsabteilung (GL) war als Genehmigungsbehörde der Regionalplanung von Anfang an in die Akteursarbeit eingebunden und bei den zentralen Workshops vertreten (Projektaufakt, Climate Café, Wildau, Szenarien). In den Jahren 2013/2014 fanden nochmals explizite Abstimmungstreffen mit der GL statt, um die raumkonkreten Empfehlungen des Forschungsprojekts zu erörtern. Hierbei zeigten sich deutliche Differenzen vor allem mit Blick auf die aus Forschungssicht notwendige Konkretisierung und Erweiterung der Darstellungsrichtlinie für die Regionalplanung. Vor allem bzgl. der Untersetzung der Kategorie „Freiraum“ mittels land- und forstwirtschaftlich ausgerichteter Gebietskategorien konnte erst nach deutlicher quantitativer und qualitativer Reduzierung der zur Umsetzung empfohlenen zusätzlichen Gebietskategorien eine Einigung erzielt werden.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Auftaktveranstaltung, Best-Practice-Erfahrungsaustausch

Der Projektaufakt wurde im Oktober 2009 in Form eines Workshops unter Beteiligung von AkteurInnen beider Projektregionen gestaltet. Gemeinsam mit Projektpartnern, regionalen AkteurInnen und WissenschaftlerInnen anderer Teilprojekte wurde eine SWOT-Analyse mit Blick auf die Ziel- und Aufgabenstellung des Forschungsprojekts durchgeführt; Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der bevorstehenden Forschungsarbeiten wurden ermittelt, um die wissenschaftliche Arbeit hieran ausrichten zu können.

Der Auftaktveranstaltung vorangestellt war eine intensive Best-Practice-Recherche zu bereits existierenden Ansätzen zur Integration der Anpassung an die Folgen des Klimawandels in anderen Planungsregionen Deutschlands sowie im europäischen Ausland. Diese Recherche schuf eine fundierte Wissensbasis und Orientierung für die Arbeit im Teilprojekt. Gleichzeitig erfolgte eine Befragung derjenigen AkteurInnen, die zum Projektaufakt eingeladen waren, um deren Erwartungen an das Forschungsprojekt sowie ihre fachspezifische Sicht auf das Thema Anpassung an den Klimawandel zu erfahren. Beide Arbeitsschritte dienten während des Projektaufakts als Arbeitsgrundlage für die gemeinsame SWOT-Analyse und die Diskussion.

Ein gezielter Best-Practice-Erfahrungsaustausch fand während des darauffolgenden Workshops im März 2010 statt. Gastvorträge anderer Planungsregionen (Oberlausitz-Niederschlesien, Havelland-Fläming) sowie aus England (South East England Partnership Board) gaben einen vertieften Einblick in bereits laufende raumplanerische Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und mündeten in eine intensive Diskussion mit regionalen AkteurInnen.

Thesen zur Methodik

Die Thesen zur Methodik wurden gemeinsam im Forschungsteam erarbeitet. Sie stellten insbesondere das stete Wechselspiel zwischen Forschungsarbeit und aktiver Akteursbeteiligung während der gesamten Projektlaufzeit in den Vordergrund.

Initiierung eines Leitbildprozesses in der Region

Im Rahmen der konstituierenden Sitzung der Facharbeitsgruppe „Landschaftliche Multifunktionalität“ wurde im Februar 2010 der regionale Leitbildprozess erfolgreich initiiert. Erste Schritte im Hinblick auf die Formulierung eines Leitbilds vor dem Hintergrund landschaftlicher Multi-



funktionalität wurden sowohl durch eine Konfliktanalyse als auch durch intensive Diskussionen zu einer notwendigen Gesamtstrategie zur Anpassung an den Klimawandel und damit verbundenen Politikempfehlungen unternommen. Der Leitbildprozess wurde bis zum Jahr 2014 fortgeführt und mündete in die gemeinsame Erarbeitung einer Strategie zur Etablierung einer multifunktionalen Landnutzung am konkreten Beispiel des Randow-Welse Bruchs im Norden der Projektregion Uckermark-Barnim.

Überprüfung Abbruchkriterien

Analyse regionaler Systemzusammenhänge im Klimawandel

Die Durchführung einer erfolgreichen Analyse regionaler Systemzusammenhänge im Klimawandel stellte für das Forschungsprojekt eines von mehreren Abbruchkriterien dar. Sie hatte zum Ziel, einen Überblick über diejenigen Faktoren zu ermöglichen, die die komplexe Aufgabe regionalplanerischer Anpassung an den Klimawandel wesentlich beeinflussen. Im Forschungsprojekt erfolgte diese Analyse letztlich schwerpunkthaft mit Blick auf rechtliche und planerische Gegebenheiten wie z.B. die einschlägige Naturschutzgesetzgebung oder die Landschaftsrahmenpläne der in den Projektregionen liegenden Landkreise. Grundlage der Analyse war die Betrachtung der Projektregionen als „System“ unter dem Aspekt von Geokompartimenten wie z.B. der Atmosphäre, der Hydrosphäre sowie von Landnutzungsbereichen wie z.B. der Land-, Forst-, oder Wasserwirtschaft. Ergebnis der Analyse ist die Ermittlung von Zusammenhängen zwischen den einzelnen Systemkomponenten; diese Ergebnisse wurden sowohl tabellarisch als auch grafisch dokumentiert und dargestellt. Hierdurch entstand einerseits eine umfangreiche Wissensbasis für die weitere Arbeit, andererseits ein detaillierter Überblick über Zusammenhänge und Verflechtungen in den Projektregionen.

Interessensbekundungen der Regionalversammlungen

Die Regionalversammlungen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald haben im Juli 2010 durch formellen Beschluss ihr Interesse an der weiteren Arbeit des Teilprojekts „Klimaadaptierte Regionalplanung“ bekundet und ihre Bereitschaft zur Unterstützung zugesagt. Die Zusage weiterer Unterstützung erfolgte zudem seitens der Regionalvorstände beider Planungsregionen. Zum weiteren Abbruchkriterium „*Best-Practice-Beispiele*“ s.o.

Prüfung der regionalplanerischen Relevanz

Innerhalb dieses Arbeitsschritts erfolgte eine Analyse der regionalplanerischen Relevanz zu erwartender Ergebnisse aus den übrigen sektoralen Teilprojekten von INKA BB aufgrund ihrer Rahmenpläne sowie ihrer ersten SWOT-Analysen. Die aus diesen Dokumenten hervorgehenden und zu erwartenden Ergebnisse wurden auf ihren raumordnerischen und v.a. regionalplanerischen Regelungsbedarf sowie ihre Darstellbarkeit in den zu entwerfenden klimaadaptierten Regionalplänen hin überprüft. Als Kriterien hierfür wurden die einschlägigen rechtlichen Grundlagen wie z.B. das Gesetz zur Regionalplanung und zur Braunkohlen- und Sanierungsplanung des Landes Brandenburg sowie beispielhaft Regionalpläne aus Planungsregionen anderer Bundesländer herangezogen. Im Ergebnis haben sich folgende Teilprojekte in Bezug auf ihre zu erwartenden Ergebnisse als regionalplanerisch relevant erwiesen: 6, 7, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24. Eine diese Untersuchung ergänzende erste Zusammenstellung sektoraler Anpassungsstrategien wurde im Rahmen der Facharbeitsgruppe „Landschaftliche Multifunktionalität“ in Form eines Vergleichs zu erwartender Anpassungsstrategien aus den verschiedenen Landnutzungssektoren durchgeführt.

Erweitert wurde die Analyse durch eine Umfrage bei den o.g. Teilprojekten; hierbei wurden zu den geplanten sektoralen Anpassungsstrategien nochmals detaillierte Informationen eingeholt, um eine abschließende Bewertung zu ermöglichen. Es hat sich an dieser Stelle gezeigt, dass zum Zeitpunkt der Untersuchung der überwiegende Teil der Strategien zwar einen grundsätzlichen regionalplanerischen Regelungsbedarf auslösen könnte, bislang jedoch inhaltlich zu stark



auf einen konkreten Raumausschnitt fokussiert war, um diesen Bedarf auch tatsächlich aktuell zu entfalten.

Sektor	Themenfeld	Anlass / Handlungsbedarf
Forstwirtschaft	klimarobuste/ klimaempfindliche Waldflächen	Klimawandelbedingt verstärkte Beeinträchtigungen von Waldflächen durch Trockenheit, Waldbrand und Kalamitäten Notwendige Sicherung klimarobuster Waldbestände
Landwirtschaft	klimarobuste/ klimaempfindliche Landwirtschaftsflächen	Klimawandelbedingt verstärkte Beeinträchtigungen von Ackerflächen durch Wind- und Wassererosion sowie Trockenheit Nutzungskonkurrenz bzgl. (ertragreicher) Ackerflächen
Infrastruktur (in Kombination mit Landwirtschaft)	Klimaempfindliche Infrastrukturen	Klimawandelbedingt verstärkt unfallgefährdete Abschnitte von Autobahnen / Bundesstraßen aufgrund Staubanflug durch Winderosion auf Ackerflächen in Trockenzeiten
Wasserwirtschaft	Hochwasservorsorge	Klimawandelbedingt verstärkte Hochwassergefährdung für bestimmte Schutzgüter aus den Bereichen menschliche Gesundheit, Wirtschaft, Infrastruktur
Wasserwirtschaft	Wasserrückhalt	Kompensation klimawandelbedingt verstärkter Extremereignissen (Trockenheit, Starkregen); Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts vor dem Hintergrund zunehmender Trockenheit
Naturschutz	Biotopverbund	Erhalt von Ausbreitungsmöglichkeiten für Tier- und Pflanzenarten aufgrund klimawandelbedingter Habitatverschiebungen

Tabelle 4.1: Handlungsfelder und Themenfelder einer klimaadaptierten Regionalplanung in den Projektregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald

Analyse der Empfindlichkeit der regionalen Raum- und Landnutzung gegenüber den Folgen des Klimawandels

Dieser Arbeitsschritt wurde nachträglich in das Arbeitsprogramm aufgenommen und beanspruchte aufgrund seiner Umfänglichkeit und Komplexität letztlich einen wesentlichen Teil der Projektlaufzeit. Seine Notwendigkeit liegt darin begründet, dass fundierte Empfehlungen für raumkonkrete Ausweisungen zur regionalplanerischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels nur dann möglich sind, wenn vorab bekannt ist, welche Teile der Raum- und Landnutzung empfindlich und welche robust gegenüber den Folgen des Klimawandels sind. Die Analyse erfolgte GIS-gestützt für die gesamte Fläche beider Projektregionen; analysiert wurden sämtliche Raum- und Landnutzungsbereiche. Als Ergebnis entstanden Kartenwerke zur Empfindlichkeit der Raum- und Landnutzung in Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald, die auch über das Projektende hinaus als Arbeitsgrundlage für weitere Untersuchungen verwendet werden können. Aus diesem Ergebnis heraus erfolgte wiederum in enger Abstimmung mit den Regionalen Planungsstellen als Praxispartnern eine Auswahl tatsächlich regionalplanerisch relevanter Themenfelder, aus denen sich die Schwerpunkte regionalplanerischer Anpassung an den Klima-



wandel ergaben. Das Themenfeld Naturschutz / Biotopverbund wurde jedoch letztlich seitens der Regionalplanung als nicht relevant erachtet; hier liegt aus Sicht der Planung der Handlungsbedarf bei den Unteren Naturschutzbehörden im Rahmen der Aufstellung der Landschaftsrahmenpläne. Für jedes Themenfeld wurden wiederum besonders anpassungsrelevante räumliche „Hot Spots“ identifiziert. Deren Synthese bildet die Grundlage für die Integration der Anpassung an den Klimawandel in zukünftige integrierte Regionalpläne. Konkrete Anpassungsmaßnahmen wurden für die in der Tabelle aufgeführten Themenfelder erstellt.

Definition regionalplanerischer Kategorien

Als Grundlage für die Erarbeitung neuer Instrumente zur regionalplanerischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels wurde eine Analyse bereits existierender Planungsinstrumente durchgeführt. Betrachtet wurden hierfür einerseits bereits bestehende Regionalpläne anderer Bundesländer, um auf Instrumente zurückgreifen zu können, die sich bereits in Anwendung befinden. Andererseits fand eine umfassende Analyse von Forschungsprojekte im Bereich der raumplanerischen Anpassung an den Klimawandel im Hinblick auf entwickelte neue Planungsinstrumente statt, vor allem aus den Forschungsvorhaben der Fördermaßnahme KlimaMORO.

Themenfeld	Empfehlung für mögliche Klimawandel-relevante Gebietsausweisungen	Gebietskategorie
Hochwasservorsorge	Gebiete zur Sicherung von Retentionsflächen zur Hochwasservorsorge	Ziel oder Grundsatz
Wasserrückhalt	Flächen für Gebietsretention	Ausschlusskriterium für Vorbehaltsgebiete Landwirtschaft
Landwirtschaft	Gebiete zur Sicherung ertragreicher Ackerflächen	Grundsatz
Klimarobuste Landwirtschaftsflächen	Gebiete zur Sicherung klimarobuster Ackerflächen	Grundsatz Weiteres Ziel der Raumordnung
Klimaempfindliche Landwirtschaftsflächen	Sanierungsgebiet klimaempfindliche Agrarlandschaft	Hinweis / Empfehlung in Erläuterungskarte
Klimaempfindliche Infrastruktur (LW)	Sanierungsgebiet Agrarlandschaft (Gefährdungspotential Staub)	Hinweis / Empfehlung in Erläuterungskarte
Klimarobuste Waldflächen	Gebiete zum Schutz klimarobuster Waldflächen (Gebiete für Waldschutz)	Ziel oder Grundsatz
Erholungswälder	Gebiete zum Schutz klimarobuster Erholungswälder	Ziel
Waldmehring	Gebiete für Waldmehring	Grundsatz

Tabelle 4.2: Empfehlungen für Klimawandel-orientierte Gebietskategorien und -ausweisungen für eine klimaadaptierte Regionalplanung in den Projektregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald

Die als relevant erachteten Gebietskategorien, Ziele etc. wurden im Anschluss auf ihre Übertragbarkeit zur Anwendung in den Projektregionen von INKA BB überprüft. Als inhaltlich unter Vornahme von Modifikationen übertragbar erwiesen sich vor allem Instrumente des Freiraumschutzes, der Sicherung bestehender Landwirtschaftsflächen, solche der Waldmehring und vor allem auch des Wasserrückhalts.



Die Darstellungsrichtlinie für die Regionalplanung in Brandenburg aus dem Jahr 2009 bildete die Grundlage für regionalplanerische Ausweisungen zur Anpassung an den Klimawandel; hier wurde auch seitens des Forschungsprojekts mittels raumkonkreter Anpassungsempfehlungen angeknüpft. Es hat sich gezeigt, dass der Instrumentenkatalog der aktuellen Darstellungsrichtlinie nicht ausreicht, um eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel in Angriff zu nehmen. Vor der Erweiterung des Instrumentenkatalogs wurden deshalb zunächst die Instrumentenkataloge ausgewählter weiterer Planungsregionen auf Gebietskategorien überprüft, die für eigene Empfehlungen als Orientierung dienen könnten. Ergebnis dieser Analyse, der Schlussfolgerungen aus der eigenen Untersuchung zur Empfindlichkeit der Landnutzungssektoren sowie Gesprächen mit Projektpartnern ist der in der Tabelle dargestellte zur Aufnahme in die Darstellungsrichtlinie empfohlener Katalog anpassungsspezifischer Instrumente.

Die Gebietsausweisungen erfolgen in Form von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten zur flächenhaften Sicherung einzelner Raum- und Landnutzungen. Zusätzlich werden sektorale Zielfestsetzungen informeller Art in Form von textlichen und kartographischen Erläuterungen vorgenommen, um Klimawandel bedingten Risiken entgegen zu wirken (z.B. Schwerpunktbereiche für Waldumbau).

Der Fokus der zur Anpassung an den Klimawandel empfohlenen neuen Gebietskategorien liegt auf der Sicherung besonders Klimawandel robuster Flächen der Land- aber auch der Forstwirtschaft. Ergänzt werden sollte diese Flächensicherung durch raumkonkrete Hinweise zur Sanierung ertragreicher, jedoch aktuell Klimawandel empfindlicher Ackerstandorte. Eine Intensivierung des Wasserrückhalts in den Planungsregionen sollte vor allem vor dem Hintergrund zunehmender Frühjahrs- und Sommertrockenheit erfolgen mit dem Ziel, das Grundwasserangebot für die Landnutzung, die Sicherung wassergebundener Lebensräume und den wasserbezogenen Tourismus aufrecht zu erhalten. Gleichzeitig unterstützt der Wasserrückhalt in der Fläche den vorbeugenden Hochwasserschutz in Form eines verlangsamten Abflusses. Als Ansatzpunkt für die Gewährleistung eines verbesserten Wasserrückhalts wird die Nutzung von Senken auf retentionsgeeigneten Böden empfohlen.

Erarbeitung von Szenarien

Ziel des Arbeitsschrittes „Erarbeitung von Szenarien“ war es, ein Bild der zukünftigen Entwicklung der Projektregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald bis zum Jahr 2040 unter den Bedingungen des Klimawandels zu erhalten. Die Erarbeitung von Raumentwicklungsszenarien bildete eine Schnittstelle zwischen der Analyse des Ist-Zustands der Projektregionen im Klimawandel (v.a. mittels der Empfindlichkeitsanalyse) und der Definition eines Soll-Zustands für ebendiese. Sie waren damit die Grundlage für die Identifizierung von Konflikten zwischen verschiedenen Landnutzungsbereichen sowie für die Formulierung raumkonkreter regionalplanerischer Anpassungsempfehlungen. Es wurden zwei Akteurs-Workshops durchgeführt, die regionsspezifisch angelegt waren und der gemeinsamen Erarbeitung von jeweils vier möglichen Szenarien je Projektregion dienten.

Identifizierung von Konfliktfeldern

In Zusammenarbeit mit weiteren Teilprojekten erfolgte im Rahmen der Facharbeitsgruppe „Multifunktionale Landnutzung“ eine erste umfassende Analyse und Diskussion potentieller Konflikte und Synergien, die sich im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel zwischen den einzelnen Landnutzungssektoren ergeben können bzw. bereits bestehen. Diese Wechselwirkungen wurden zu einem späteren Zeitpunkt nach Erarbeitung der Empfindlichkeitsanalyse nochmals ergänzt und tabellarisch dargestellt.



Regionalversammlung

Das Forschungsprojekt war in beiden Projektregionen auf mehreren Regionalversammlungen mit seinen Zwischenergebnissen präsent und stellte diese zur Diskussion. Darüber hinaus wurden die Projektergebnisse wiederholt in den Regionalvorständen vorgestellt und seitens der Landräte und Bürgermeister rückgekoppelt.

Strategien der Konfliktbewältigung

Dieser Arbeitsschritt wurde nicht im ursprünglich geplanten Umfang ausgeführt. Letztlich wurden lediglich bestehende / mögliche Konflikte / Synergien benannt; die angestrebte raumkonkrete Lösung von Konflikten bzw. die Entwicklung von Instrumenten hierfür erschien aus Sicht der Regionalen Planungsstellen als Praxispartner nicht sinnvoll, da dies erst im konkreten und aktuell noch bevorstehenden Planungsverfahren zur Aufstellung integrierter klimaadaptierter Regionalpläne möglich ist. Dementsprechend musste auch auf die geplante Veröffentlichung „Klimaflexible Planungs- und Managementmethoden“ verzichtet werden.

Entwurf zum klimaadaptierten Regionalplan / Klimaadaptive Regionalpläne

Die ursprünglich angestrebte Erarbeitung vollständiger Klimaangepasster integrierter Regionalpläne als Endprodukt erfolgte in reduzierter Form mittels Zuarbeit / Vorarbeit zu späteren integrierten Regionalplänen; die Erstellung zweier vollständiger Planwerke erwies sich sowohl zeitlich als auch inhaltlich als nicht realisierbar.

In umfangreichen Kartenwerken wurden raumkonkrete Empfehlungen zur regionalplanerischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald ausgesprochen. Zentrale Grundlage für diese Gebietsausweisungen sind die Ergebnisse der Empfindlichkeitsanalyse sowie die für eine Erweiterung der Darstellungsrichtlinie empfohlenen, klimawandel spezifischen Instrumente (s.o.). Als Grundlage hierfür definierte das Teilprojekt im Dialog mit den Regionalen Planungsstellen Themenfelder, die inhaltlich den regionalplanerischen Handlungsrahmen für die Anpassung an den Klimawandel abstecken. Aufgrund der Tatsache, dass in den Projektregionen bislang noch keine integrierten Regionalpläne existieren, auf die inhaltlich hätte aufgebaut werden können, wurden seitens des Teilprojekts landnutzungs- bzw. themenfeldspezifische Kartenwerke erstellt, die in Art und Umfang „klimaadaptierte Teil-Regionalpläne“ darstellen. Sie umfassen sämtliche Aspekte regionalplanerischer Anpassung an den Klimawandel, die sich im Zuge der Forschungsarbeiten als wesentlich herauskristallisiert haben und enthalten für diese Themenfelder raumkonkrete Anpassungsempfehlungen in Form planerischer Festlegungen. Diese Kartenwerke sollen und können dann im Rahmen der Erstellung klimaadaptierter Regionalpläne durch die Regionalen Planungsstellen zur praktischen Umsetzung gelangen.

Darüber hinaus erfolgte eine umfangreiche Zuarbeit zur Gliederung des angestrebten integrierten Regionalplans in der Planungsregion Uckermark-Barnim. In der Region Uckermark-Barnim gibt es erste Abstimmungen innerhalb des Regionalvorstands zur möglichen Struktur eines (klimaadaptierten) integrierten Regionalplans. An der Erarbeitung dieser Gliederung war auch das Teilprojekt beteiligt; das Thema „Anpassung an den Klimawandel“ wurde seitens der Forschung in der Struktur für einen klimaadaptierten integrierten Regionalplan verortet und gemeinsam mit der Regionalen Planungsstelle Uckermark-Barnim abgestimmt. Gleichzeitig erfolgten umfangreiche Zuarbeiten zu fachlichen Begründungen und Vorträgen im Rahmen der Diskussion des ersten Entwurfs für einen integrierten klimaadaptierten Regionalplan innerhalb des Regionalvorstands.



Muster-Darstellungsrichtlinie

Vgl. hierzu die Ausführungen unter Definition regionalplanerischer Kategorien; die dort aufgeführten Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel dienen gleichzeitig als Muster für die Konkretisierung der Darstellungsrichtlinie für die Regionalplanung in Brandenburg.

Selbstbindungsbeschluss

Wie bereits oben angeführt, existieren in den Projektregionen bislang keine Integrierten Regionalpläne und es wurde innerhalb des Forschungsprojekts auch bewusst darauf verzichtet, vollständige Regionalpläne zu erarbeiten. Selbstbindungsbeschlüsse der Regionalversammlungen dahingehend, die Empfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in spätere Regionalpläne einzubinden, wären deshalb verfrüht gewesen. An deren Stelle trat deshalb die Einbindung des Regionalvorstands in der Planungsregion Uckermark-Barnim im Rahmen der vorbereitenden Arbeiten zur Erstellung eines Integrierten Regionalplans (s.o.).

Dokumentation / Handbuch

Es erfolgte eine umfangreiche Dokumentation der Forschungsarbeiten in textlicher und kartographischer Form. Diese wurde an sämtliche Projektpartner, alle Mitglieder der Regionalversammlungen sowie weitere regionale Akteure verteilt und steht auch auf den Homepages von INKA BB, der HNE Eberswalde und der Regionalen Planungsstellen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald zum Download bereit.

Internationale Abschlussveranstaltung

Die Abschlussveranstaltung des Teilprojekts erfuhr nicht, wie ursprünglich geplant, eine internationale Ausrichtung. Der Projektabschluss fand anstelle dessen unter Beteiligung sämtlicher Regionaler Planungsstellen des Landes Brandenburg sowie des Landesamts für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (LUGV) statt. Diese Veranstaltung wurde auch und besonders dazu genutzt, gemeinsam mit allen fünf brandenburgischen Planungsregionen das weitere Vorgehen bei der Durchsetzung der Projektergebnisse gegenüber Politik und Landesplanung abzustimmen und so deren Implementierungschancen nochmals zu erhöhen.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Forschungsarbeiten erfolgten im Rahmen des genehmigten Finanzierungsplans. Das Budget erwies sich als ausreichend.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Forschungsarbeiten erfolgten im Rahmen des genehmigten Arbeitsplans. Sie erwiesen sich (auch aus Sicht der Praxispartner) als fachlich notwendig und angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der aktuell erkennbare Nutzen der Forschungsarbeit und ihrer Ergebnisse ist darin zu sehen, dass eine solide Grundlage für die zukünftige raumplanerische Anpassung an die Folgen des Klimawandels auf regionaler Ebene geschaffen wurde. Es sind raumkonkrete Zuarbeiten zu Integrierten Regionalplänen für zwei Planungsregionen entstanden; die empfohlenen Gebietsausweisungen dienen als Vorlage für die Anpassung an den Klimawandel in Regionalplänen bzw. können nach Abgleich mit anderen Nutzungen / Zielen übernommen werden. Die entstandenen Kartenwerke können in die weitere Planungsarbeit eingebunden werden; für die Erstellung zusätzlicher Karten stehen den Regionalen Planungsstellen nun umfangreiche GIS-Projekte zur Verfügung.



Die Ergebnisse der flächendeckenden Empfindlichkeitsanalyse stehen ebenfalls als GIS-Projekte zur Verfügung und können als Grundlage für weiterführende Arbeiten nicht nur bei den Regionalen Planungsstellen, sondern z.B. auch bei Fachbehörden oder in der Wissenschaft dienen. Außerdem ist ein umfangreicher Wissensfundus rund um das Thema „regionale Anpassung an den Klimawandel“ entstanden, der für zukünftige Untersuchungen auf diesem Gebiet zur Verfügung steht.

Darüber hinaus ist ein nicht zu vernachlässigender Nutzen der Forschungsarbeit darin zu sehen, dass durch die Zusammenarbeit mit AkteurlInnen ein wichtiger Beitrag zur Schaffung eines Bewusstseins für die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel auf regionaler Ebene geleistet werden konnte. Hervorzuheben ist hier der langwierige Diskussionsprozess mit der Gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg bzgl. der Integration von Anpassungsinstrumenten in die Darstellungsrichtlinie für Regionalplanung in Brandenburg. Hier konnte ein wichtiger Beitrag dazu geleistet werden, dass die Bereitschaft zur Einführung neuer Instrumente damit die Chance auf eine Verstetigung der Projektergebnisse gesteigert werden konnte.

Aus den vorstehenden Ausführungen resultiert auch die konkrete Verwertbarkeit der Projektergebnisse: Es besteht die tatsächliche Möglichkeit zur Integration der raumkonkreten Empfehlungen in Klimaadaptierte Integrierte Regionalpläne sowie die Verwendbarkeit der erarbeiteten Analysen, Maßnahmen etc. für anschließende Arbeiten.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

An dieser Stelle sind insbesondere sämtliche Ergebnisse hervorzuheben, die im Rahmen des Forschungsvorhabens KlimaMORO entstanden sind. Im Zuge dieses Vorhabens wurden ebenso wie bei INKA BB konkrete Anpassungsmaßnahmen für die Regionalplanung erarbeitet. Teilweise ist es hier bereits gelungen, die Anpassungsmaßnahmen auch konkret in Regionalpläne zu integrieren, da die Forschung stets auf existierende Plangrundlagen zurückgreifen bzw. aufsatteln konnte. Die umfangreichen Ergebnisse aus KlimaMORO können unter www.klimamoro.de eingesehen werden.

Auch über die Arbeit in Forschungsprojekten hinaus existieren konkrete Bestrebungen zur regionalplanerischen Anpassung an den Klimawandel, so z.B. in der Planungsregion Oberlausitz-Niederschlesien.

Mit Blick auf Programme und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel ist die Fortschreibung / Ergänzung des o.g. EU-Weißbuchs durch „Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ aus dem Jahr 2013 zu nennen. Die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel wurde im Jahr 2011 um den "Aktionsplan Anpassung" zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel ergänzt.

Ein wesentlicher Fortschritt für die regionalplanerische Anpassung an den Klimawandel stellt zudem die laufende Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL) mittels der Bewertung des Hochwasserrisikos unter Ausweisung von Gefahren- und Risikokarten dar.

II.6 Veröffentlichungen

UTA STEINHARDT, CLAUDIA HENZE, SVEN KNOTHE, MILENA MARTINSEN, PATRICK THUR, RALF ULLRICH (2014): Landnutzung und Wassermanagement im Klimawandel: Möglichkeiten und Grenzen der regionalplanerischen Steuerung in Brandenburg; oekom Verlag München 2014

UTA STEINHARDT, CLAUDIA HENZE, JENNIFER NAGEL: Regionalplanung als Bestandteil einer Governancestrategie zur nachhaltigen Landnutzung in Brandenburg; oekom Verlag München (geplant)



Teilprojekt 5 - Warn- und Interventionssysteme für Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement

Projektleitung: Prof. Dr. Wilfried Endlicher, Humboldt-Universität zu Berlin; Prof. Dr. med. Christian Witt, Charité Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Arbeitspaket 1 – Klinische Studie:

Ziel der klinischen Studie war es, PatientInnen mit einer chronischen Bronchitis zu rekrutieren und mit telemedizinischen Geräten auszustatten, so dass diese zu Hause überwacht werden können. Es sollte untersucht werden, wie stark die PatientInnen vom Hitzestress betroffen sind und ob das telemedizinische Monitoring einen Vorteil in der Patientenführung bringt.

Arbeitspaket 2 – Epidemiologische Grundlagenforschung:

Untersuchungen zu Auswirkungen von Wärme- und Luftschadstoffbelastungen auf Patientenaufnahmen während Sommermonaten in Berlin und Brandenburg sowie hitzebedingte Mortalitäts- und Morbiditätsprojektionen für Klimawandelszenarien.

Arbeitspaket 3 – Innenraummessnetz:

Insbesondere bei extremen Witterungsbedingungen halten sich Menschen hauptsächlich in Innenräumen auf. Daher bestand die Aufgabe dieses Arbeitspaketes darin, das bestehende Frühwarnsystem des Deutschen Wetterdienstes dahingehend weiterzuentwickeln, dass die tatsächlich bei vulnerablen Personen in Innenräumen vorliegenden human-bioklimatischen Bedingungen erfasst werden, um frühzeitig informieren und warnen zu können. Hierbei sollten auch Informationen über die Partikelbelastung einfließen.

Arbeitspaket 4 – Explorative Studie in Schulen:

Ziel war es, die Erkenntnisse der Arbeitspakete 1 – 3 aufzuarbeiten und für im Gesundheitswesen Tätige in Aus- und Weiterbildungen nutzbar zu machen. Dieses Ziel wurde verworfen, da keine Praxispartner in diesem Bereich gefunden werden konnten. Neues Ziel wurde daher zu ermitteln, wie SchülerInnen mit Unsicherheiten in der Klimaforschung umgehen und welche Konsequenzen daraus für die schulische Praxis folgen.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Faktoren wie der Klimawandel, thermische Belastung bei Hitzewellen, städtische Wärmeinseln, demographische Entwicklungen (Überalterung der Gesellschaft) und Informationsdefizite bei der betroffenen Bevölkerung führen hypothetisch zu einer Steigerung der gesundheitlichen Risiken in einer spezifischen räumlichen Differenzierung. Dabei sind Unterschiede zwischen Stadt und Umland, aber auch innerstädtisch zu erwarten. Diese Gesundheitsgefährdung ist die Motivation für das Forschungsvorhabens des Teilprojektes 5.

Arbeitspaket 1 – Klinische Studie:

Für die Durchführung dieser Studie wurde ein bereits etabliertes und patentiertes Telemonitoring System der Firma Aipermon verwendet. Dieses System wurde bei Herzinsuffizienz ausführlich evaluiert und auf seine Tauglichkeit geprüft. Das Ergebnis zeigte, dass es bei chronisch kranken PatientInnen mit Leistungseinschränkungen durchaus einsetzbar und hinsichtlich der klinischen Prognose aussagekräftig ist. Für die Fachliteratur wurde ausschließlich die elektroni-



sche Datenbank PUBMED durchsucht, die von der Charité allen MitarbeiterInnen zur Verfügung gestellt wird, um wissenschaftlich/medizinische Publikationen zu recherchieren.

Arbeitspaket 2 – Epidemiologische Grundlagenforschung:

Internationale und nationale Studien zu Auswirkungen von Wärme- und Luftschadstoffbelastungen zeigen signifikante Anstiege von Sterbefällen (Mortalität) bei zunehmender Exposition. Auswirkungen auf die Morbidität, z.B. Patientenaufnahmen in Krankenhäusern, sind weniger untersucht. Diese Zusammenhänge sind aber von essentieller Bedeutung für Mitigations- und Präventionsstrategien, gerade im Hinblick auf den demographischen Wandel und eine klimawandelbedingte Zunahme von Wärmebelastungssituationen.

Arbeitspaket 3 – Innenraummessnetz:

Vom Deutschen Wetterdienst wird seit 2005 ein Hitzewarnsystem betrieben, das auf dem human-bioklimatischen Parameter der gefühlten Temperatur beruht und in das Innenraumbedingungen nur über einen Simulationsansatz einfließen. Von einer internationalen Gruppe von WissenschaftlerInnen wurde in den letzten Jahren mit dem UTCI (Universal Thermal Climate Index) ein verbesserter human-bioklimatischer Index entwickelt. Der in diesem Arbeitspaket verfolgte Ansatz fußt daher auf der Charakterisierung von messtechnisch erfassten Innenraumbedingungen, die mittels des UTCI human-bioklimatisch klassifiziert werden. Daneben haben sich die Kenntnisse darüber bestätigt, dass die Belastung der Atemluft mit Partikeln ein besonderes gesundheitliches Risiko darstellt.

Arbeitspaket 4 – Explorative Studie in Schulen:

Aus der Forschung zur Kommunikation von Unsicherheiten in anderen thematischen Kontexten ist bekannt, dass diese häufig zur Verunsicherung der Adressaten führt und diese darauf mit verschiedenen Strategien, überwiegend Vermeidungsstrategien, reagieren. Im inhaltlichen Kontext der Klimaforschung liegen vereinzelt Erkenntnisse darüber vor, wie die Wahl verschiedener Fachtermini und die Darstellung von Wahrscheinlichkeitsaussagen in Zahlen und Worten auf Erwachsene wirken. Zu der Fragestellung mit SchülerInnen im Kontext von Klimaforschung liegen keine Erkenntnisse vor.

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Die zentrale Zielstellung des Teilprojektes 5 mit der Entwicklung eines telemedizinischen Warn- und Interventionssystems für Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement wurde über die Kooperation zwischen den ProjektpartnerInnen des Universitätsklinikums Charité Berlin und des Geographischen Institutes der Humboldt-Universität zu Berlin bearbeitet. Für fachlichen Austausch und Datenakquisitionen wurden Zusammenarbeiten mit folgenden Institutionen aufgenommen: Deutscher Wetterdienst, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Forschungszentrum des Bundes und der Länder, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Helmholtz-Zentrum München (Epidemiologie II), Senatsverwaltung Berlin, Umweltbundesamt, Landesamt und Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (LUGV, MUGV) und das Unabhängige Institut für Umweltfragen.

Bezüglich der klinischen Studie (Arbeitspaket 1) an der Charité wurde mit Herrn Prof. Köhler aus der hausinternen Kardiologie zusammengearbeitet, um den Umgang mit dem telemetrischen Patientenmonitoring zu erlernen. Dieser etablierte ein sehr ähnliches System bereits in der Herzinsuffizienz und wird als Experte auf dem Gebiet der Telemedizin angesehen. Um den Einfluss von Hitzestress besser zu verstehen wurde zudem mit der Abteilung für Klimatologie der TU Berlin zusammengearbeitet. Die Forschergruppe von Prof. Scherer unterstützte in der Akquisition der Wetterdaten des repräsentativen Untersuchungszeitraums. Des Weiteren konnten niedergelassene Pulmologen gewonnen werden, aus ihrer Sprechstunde geeignete Studienpatienten weiterzupfehlen.



Bezüglich der epidemiologischen Studie (Arbeitspaket 2) konnten benötigte Daten einerseits über das INKA BB Netzwerk akquiriert werden (Wetter- und Lufttemperaturprojektionsdaten) und andererseits über formelle Datenanfragen (Patientenaufnahmen aus der Krankenhausdiagnosestatistik) bzw. neu gewonnene Kooperationen mit der Berliner Senatsverwaltung und das MUGV Brandenburg. Wesentliche methodische Hilfestellungen konnten über eine Zusammenarbeit mit der Epidemiologie II am Helmholtz-Zentrum München erlangt werden.

Das Innenraumnetz (Arbeitspaket 3) wurde im Wesentlichen in Räumen des Geographischen Institutes der Humboldt-Universität zu Berlin aufgebaut. Da sich im Projektverlauf statische IP-Adressen als besonders stabil erwiesen, wurde das Netzwerk um Kontakte zum Institut für Ökologie, Fachgebiet Klimatologie der TU Berlin erweitert. In Räumen dieses Instituts konnten weitere Sensoren mit fixen IPs installiert werden.

Die Interviewstudie (Arbeitspaket 4) wurde in Kooperation mit vier Berliner Klimaschulen durchgeführt und unterstützt durch die Berliner Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft. Inhaltlich kooperiert wurde mit dem Unabhängigen Institut für Umweltfragen e.V., das innerhalb des Projektes ein Lernmodul für SchülerInnen entwickelt hat.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Da das Teilprojekt 5 in 4 Arbeitspakete untergliedert ist, werden im Folgenden die erzielten Ergebnisse in übergreifende und Arbeitspaket spezifische unterschieden. Zu den übergreifenden Ergebnissen gehören die durchzuführenden SWOT-Analysen und dazugehörigen SWOT-Berichte. Die Projektpartnerworkshops wurden in 2011 und 2013 durchgeführt. Der Akteursworkshop fand am 17.11.2011 in Berlin-Adlershof statt. Als Workshop-Teilnehmer konnte das Teilprojekt alle wesentlichen externen PraxispartnerInnen aus Wissenschaft und Politik begrüßen, darunter solche, die Daten für die Projektarbeit zur Verfügung stellen und an der Umsetzung beteiligt sind. Des Weiteren waren InteressenvertreterInnen aus dem Themenbereich „Klimawandel und Gesundheit“ in Berlin und Brandenburg für einen gemeinsamen Wissens- und Erfahrungsaustausch vor Ort. Der Partnerworkshop in 2013 wurde im Teilprojekt internen Akteurskreis durchgeführt.

Arbeitspaket 1 – Klinische Studie:

Für die Hitzestressproblematik wurden vulnerable Bevölkerungs- beziehungsweise PatientenInnengruppen im Rahmen interdisziplinärer klinischer Forschung untersucht. Dies beinhaltete die systematische Erfassung und Modellierung der Klimaveränderung, verbunden mit einer prospektiven klinischen Studie hinsichtlich Vulnerabilität sowie die Entwicklung und Implementierung spezifischer hitzestressbedingter Frühwarn- und Interventionssysteme (Telemedizin) für vulnerable Patientengruppen. Um eine adäquate Forschung zu gewährleisten wird fachkundiges Personal benötigt. Hierfür wurden aus der Zuwendung eine wissenschaftliche Mitarbeiterin, ein Arzt und eine Study Nurse über die Projektlaufzeit eingestellt.

Die Zusammenstellung der Patienten und die Aufstellung der Risikoscores wurden bewerkstelligt. Für die Studie wurde auf Patienten mit COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) fokussiert. Hierfür wurden Patienten mit Schweregraden II-IV nach GOLD-Leitlinie (Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) als relevantes Kollektiv identifiziert. Die Risikoscores für diese Patienten sind mit einem forcierten Einsekundenvolumen (FEV1) von 50-80% des Sollwerts (Grad II, mittelschwer), 30-50% (Grad III, schwer) und <30% (Grad IV, sehr schwer) bei einem Quotienten FEV1/forcierte Vitalkapazität <70% vom Sollwert (alle Grade) definiert. Die Belastungs-Scores wurden aufgestellt und implementiert.

Das System (Mobile Device/online Screening) wurde implementiert und erfolgreich erprobt. Die Geräte funktionieren zuverlässig, sind leicht zu bedienen und finden Akzeptanz bei den Patienten, welche ihre Geräte zum Teil fast ein Jahr lang mit hoher Compliance nutzen. Nachbesserungen wurden nicht nötig. Mit einer speziellen Software werden die Daten täglich tabellarisch



einsehbar und nach dem Interventionsprotokoll bearbeitet (Telefonischer Patientenkontakt bei signifikanter Verschlechterung). Das System ist funktionstüchtig. Die Fehlerbehandlung ergab keine relevanten technischen Probleme mit der Datenübermittlung oder der Gerätefunktion. Für jeden Arbeitsschritt der Klinischen Studie wurden SOPs hinterlegt. Damit wurden die Abläufe standardisiert und eine personelle Vertretung sichergestellt. Durch die Vernetzung klinischer Daten mit Umweltkomponenten wurde durch einen multidisziplinären Ansatz ein Handlungsalgorithmus erstellt und auf seine Güte evaluiert. Zusätzlich kann durch die Akquise aller COPD bedingten Krankenhausaufnahmen der Charité Universitätsmedizin in dem Zeitraum zwischen Juni bis September 2012 der Einfluss von Witterungsextremen auf die Ereignisrate vulnerabler Patientengruppen retrospektiv herausgearbeitet und hinterlegt werden. Dadurch können diese Patientengruppen klinisch und anamnestisch besser charakterisiert werden.

Die Ergebnisse zeigten, dass Patienten mit COPD vom Hitzestress sehr stark betroffen sind. Sowohl der klinische als auch der funktionelle Zustand ist durch Hitzestress eingeschränkt. Ein telemedizinisches Patientenmonitoring senkt das Exazerbationsrisiko und den Bedarf an Krankenversorgung und sollte für das Management von chronischen Erkrankungen während Hitzeperioden zusätzlich zur Grundversorgung bedacht werden. Über die gesamte 9-monatige Beobachtungsdauer zeigten die Patienten in der Telemedizingruppe insgesamt weniger Exazerbationen im Vergleich zur Kontrollgruppe, eine kürzere Krankenhausliegedauer und weniger Konsultationen beim Lungenarzt. Bei PAH (Pulmonal-arterielle Hypertonie) Patienten konnte gezeigt werden, dass die körperliche Leistungsfähigkeit und das subjektive Wohlbefinden bei Hitzestress signifikant eingeschränkt ist.

Arbeitspaket 2 – Epidemiologische Grundlagenforschung:

Das Arbeitspaket startete mit der Studienkonzepterstellung, den Datenanfragen und der Akquisition räumlich differenzierter Daten zum Klima, Morbidität und Demographie, Baukörperstruktur sowie zur Luftgüte. Damit verzeichnete das Arbeitspaket eine erfolgreiche Datenbeschaffung und führte darauffolgend die Datenanalyse durch. Die Studie hat ergeben, dass sich Auswirkungen von Wärme- und Luftschadstoffbelastungen auf die Morbidität und Mortalität während der Sommermonate in Berlin-Brandenburg zeigen. Auf innerstädtischer Ebene in Berlin wird deutlich, dass vor allem ältere Menschen mit Atmungssystemerkrankungen im Stadtzentrum einem erhöhten relativen Risiko für Patientenaufnahmen ausgesetzt sind. Dabei wurden statistisch signifikante positive Zusammenhänge zwischen dem gesundheitlichen Risiko und der Wärmebelastung sowie sozioökonomischen Bedingungen festgestellt. Die Ergebnisse können dem Einbezug des Themenbereichs Gesundheit in den Stadtentwicklungsplan Klima Berlin, der Informationsplattform „Gesundheit in Berlin-Brandenburg e.V.“ sowie einem gezielten Einsatz telemedizinischer Betreuung von Patienten mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen in Berlin dienen.

Arbeitspaket 3 – Innenraummessnetz:

Zunächst wurde das Konzept für eine vernetzte Innenraummessstechnik mit Auswahl der Sensoren (HygroWin-Geber statt der ursprünglich vorgesehenen HC2-Win-USB-Geber, beides Sensoren der Firma Rotronic) und der Erfassungssoftware (EASYCOMP der Firma Breitfuss Messtechnik) erarbeitet. Danach wurden die initialen Messstandorte in Räumen des Geographischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin ausgewählt, um dort das initiale Messnetz zu installieren. Durch diese Auswahl war ein einfacher Zugang zu den Sensoren in der besonders kritischen und fehleranfälligen Anfangsphase des Projektes gegeben. Damit war die technische Konzeptionierung der Initialphase umgesetzt. Während der Initialphase wurden nur feste IPs für den Anschluss der Sensoren an das Messnetz verwendet, daher wurden bei der Standortbestimmung in der Initialphase nur Räume des Geographischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin berücksichtigt.



In diesen erfolgte dann auch der Abschluss der Installation der initialen Klimasensoren. Das Messnetz wurde anschließend sukzessive weiter ausgebaut. Es erstreckte sich über mehrere Räume in verschiedenen Gebäuden in Berlin, u. a. in Patientenzimmern der Charité und in Privatwohnungen. In letzteren konnten die Sensoren nur über dynamischen IPs (DSL-Anschlüsse) an das Messnetz angeschlossen werden. In dieser Konfiguration wurde das Messnetz weiter erprobt. Hier zeigte sich, dass v. a. Sensoren, die über dynamische IPs angeschlossen waren, häufige Ausfälle zu verzeichnen hatten. Es wurden ferner umfangreiche Arbeiten vorgenommen, um die Datenerfassung in einer MySQL-Datenbank zu optimieren und zu erweitern. Zur Bildung von Szenarien und Prognosen werden erste Ansätze zur Vorhersage der thermischen Belastungssituation für einzelne Innenräume unter Berücksichtigung der Beziehung zwischen Außen- und Innenraumbedingungen erprobt.

Da im Gegensatz zum UTCI derzeit noch keine Informationen über relevante Warnschwellen bezüglich der Partikelbelastung vorliegen und zudem kein belastbarer Zusammenhang zwischen der Außen- und Innenraumbelastung mit Partikeln abgeleitet werden konnte, wurde von einer Integration der Messdaten aus bestehenden Luftgütemessnetzen abgesehen.

Das Messnetz war mit der verwendeten Technik bei dynamischen IPs sehr fehleranfällig und konnte daher v. a. in Patientenwohnungen keine belastbaren Daten liefern. Dies sollte jedoch künftig mit Sensoren möglich sein, die modernere Netzchnittstellen aufweisen. In der hier erprobten Version ist das Messnetz für einen operativen Einsatz noch nicht geeignet und daher erfolgte keine Übergabe an die Verwaltung und den Deutschen Wetterdienst.

Arbeitspaket 4 – Explorative Studie in Schulen:

Der veränderten Zielsetzung folgte eine Anpassung der ursprünglich geplanten Vorgehensweise und Inhalte. Für die Studie wurden etwa 80 SchülerInnen Berliner Grund- und Oberschulen interviewt. Dafür wurde eine Interviewmethode entwickelt, die es ermöglicht, den Umgang der SchülerInnen mit den wissenschaftlichen Unsicherheiten in der Klimaforschung zu erheben. Die gewonnenen Daten wurden mit qualitativen, rekonstruierenden Verfahren ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen ausdifferenzierte und sehr unterschiedliche Umgangsstrategien, die in engem Zusammenhang mit dem vorherigen Wissenstand der SchülerInnen über den Klimawandel stehen. Dominierende Umgangsformen sind Vermeidungsstrategien, die sich bei SchülerInnen mit wenig Vorwissen tendenziell als Demotivation äußern, bei viel Vorwissen tendenziell als Verärgerung, da die Unsicherheiten im Konzept der SchülerInnen in der Regel nicht oder nur vereinzelt vorkommen. Aus diesen Erkenntnissen wurden Leitlinien für Unterricht entwickelt, wie LehrerInnen konstruktiv mit diesen Strategien umgehen können. Ergebnisse und Folgen für unterrichtliches Handeln wurden im September 2014 auf Lehrerfortbildungen vorgestellt und diskutiert. In der Kooperation mit dem Unabhängigen Institut für Umweltfragen e.V. entstand das Lernmodul zur Anpassung an den Klimawandel: „Was tun, wenn es immer wärmer wird?“. Das Lernmodul umfasst Selbstlernmaterial, das sowohl in Grund- und Oberschulen genutzt werden kann. Es liegt in gedruckter, gebundener Fassung vor und wird interessierten Personen aus dem Bildungsbereich kostenfrei zur Verfügung gestellt. Das Lernmodul wurde auf mehreren Lehrerweiterbildungen in Berlin vorgestellt und verbreitet.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget für das Teilprojekt 5 hat ausgereicht und wurde planmäßig ausgegeben. Da die Arbeitspakete 2 und 3 erst im Oktober 2009 starteten und die Bearbeiterin des Arbeitspakets krankheitsbedingt während der Projektlaufzeit sechs Monate ausfiel, wurde eine kostenneutrale Laufzeitverlängerung bis 30.09.2014 beantragt und bewilligt, um die Projektarbeiten abzuschließen.



II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Das Teilprojekt 5 „Warn- und Interventionssysteme für Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement“ fokussiert mit der Entwicklung eines Informations- und Frühwarnsystems unter Berücksichtigung von Innenraumbedingungen sowie der Etablierung eines telemedizinischen Frühwarn- und Interventionszentrums für Hochrisikopatienten mit pulmokardialen Erkrankungen auf die Minderung der gesundheitlichen Auswirkungen von Hitzewellen und Luftbelastung. Das Teilprojekt systematisiert meteorologische und epidemiologische Informationen zu einem Hitzealarm- und Informationssystem, das in beispielhafter Weise mit einer telemedizinischen Warn- und Interventionstechnologie verknüpft wird. Dieser Forschungsansatz trägt dazu bei, den Umgang mit klimawandelbedingten Risiken auf der individuellen Ebene zu unterstützen. Mit Hilfe einer engmaschigen telemedizinischen Patientenbetreuung gelang es, den Einfluss von Hitzestress auf den Krankheitsverlauf von Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) zu illustrieren. Damit konnte das Exazerbationsrisiko vulnerabler COPD Patienten signifikant reduziert und somit die weitere Prognose der Patienten verbessert werden. Die Weiterentwicklung des „Produkts“ Telemonitoring vulnerabler Patienten-Gruppen bei Hitzestress soll komplementär zur gesundheitlichen Regelversorgung (i.R. der Nationalen Versorgungsrichtlinie COPD) als eine Adaptionsstrategie an den Klimawandel im Bereich Gesundheit im urbanen Bereich erfolgen. Aus den Ergebnissen können medizinische und klimagerechte Handlungsempfehlungen der Patientenbehandlung formuliert und in die Leitlinien und Therapieempfehlungen der Medizinischen Fachgesellschaften integriert werden. Dies ist notwendig, um den betroffenen Patienten eine adäquate klimaadaptierte Krankenversorgung zu gewährleisten.

Das geplante Budget reichte aus und wurde planmäßig ausgegeben, die durchgeführten Arbeiten waren notwendig und angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Ziel ist es, dass in INKA BB entwickelte und evaluierte telemedizinische Therapiemanagement durch die Krankenkassen in die regelhafte Patientenversorgung mit aufzunehmen. Zum anderen müssen medizinische und klimagerechte Handlungsempfehlungen der Patientenbehandlung mit in die Leitlinien und Therapieempfehlungen der Medizinischen Fachgesellschaften integriert werden, damit den betroffenen Patienten eine adäquate klimaadaptierte Krankenversorgung gewährleistet werden kann. Hierzu zählen eine ausführliche Patientenaufklärung seitens der Mediziner hinsichtlich richtigen Verhaltens bei Hitzestress, eine „klimaangepasste“ Patientenbehandlung (z.B. klinische Exazerbationsbehandlung bei Hitzewellen), eine „klimaangepasste“ Arzneimitteltherapie zur Prävention von Exazerbations-Notfallbehandlungen bei Hitzewellen und ggf. flexible Medikamenten-Dosierungen bei Hitzestress. Abgeleitete weitergehende bauliche Entwicklungen in Richtung eines innovativen, „klimaangepassten“ Krankenhauses, bzw. einer Seniorenresidenz müssen in das Gesamtkonzept zur Anpassungsstrategie einbezogen werden. Im Bereich der Bildungsforschung wurden Erkenntnisse gewonnen, wie Informationen über Klimawandel und Klimawandelanpassung effektiver kommuniziert werden können und damit den Adressaten und zukünftig betroffenen Personen einen leichteren Zugang zu diesen Informationen ermöglichen. Das entwickelte Lernmodul kann dazu beitragen, Klimawandelanpassung als Inhalt im Bereich der schulischen Bildung zu etablieren.

Die genannten Anpassungsaktivitäten sind auch wirtschaftlich von Tragweite. Neue Medien (unter anderem Telemedizin, auch spezifische Frühwarn- und Interventionssysteme) und bautechnologische Entwicklungen (bauliche, materialtechnische und personelle Gestaltung, Kühlungstechnik, Filter- und Abdichttechnik, Architektur, Fassadenbegrünung, Bautechnologien beziehungsweise Werkstoffentwicklungen) bieten Wertschöpfungspotenziale. Wertschöpfung entsteht auch im Zusammenhang mit der „klimaadaptierten“ Patientenbehandlung (zum Bei-



spiel klinische Exazerbationsbehandlung bei Hitzewellen, allergischen Reaktionen), der Arzneimitteltherapie (flexible Dosierung bei Hitzestress), beim Bau des „klimaangepassten“ Krankenhauses und der Klimatisierung von Patientenzimmern. ACATECH empfiehlt Grundlagenforschung und klinische Forschung über den Zusammenhang von Klimaveränderung und Krankheitsverlauf. Der demografische Wandel und die Multimorbidität älterer Patienten verstärken den Forschungsbedarf in diesem Bereich – auch unabhängig vom Klimawandel. Im Zusammenhang mit Hitzestress können die genannten Anpassungsstrategien die Hospitalisierungsfrequenz und Mortalität senken. Die Gruppe der beteiligten Akteure ist breit und umfasst unter anderem Universitätsmedizin, Versorgungsmedizin, Patientenverbände, Krankenversicherungen, Gemeinsamer Bundesausschuss (GBA), Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK), Pharmazeutische Industrie, Telekommunikationstechnologie, Bauwirtschaft, Architektur und Politik. Die möglichen Anpassungsmaßnahmen müssen im Einzelfall unter Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten geprüft und auch gegeneinander abgewogen werden. Im Rahmen der ACATECH-Empfehlungen zur Klimapolitik soll eine praktische Umsetzung der Adaptationsstrategie im Sinne einer Produktentwicklung bei den beteiligten Akteuren in der Gesundheitspolitik, bei Krankenkassen, Industriepartnern, Neue Medien (Bosch, Siemens) und in der Medizin selbst erarbeitet und eingeleitet werden. Diese Umsetzung erschließt sich aus den gewonnenen Daten von INKA BB.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Kein bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens.

II.6 Veröffentlichungen

JEHN, M., DONALDSON, G., KIRAN, B., LIEBERS, U., MUELLER, K., SCHERER, D., ENDLICHER, W., WITT, C. (2013): Telemonitoring reduces exacerbation of COPD in the context of climate change—a randomized controlled trial. *Environ Health*. Nov 21; 12:99.

JEHN, M., GEBHARDT, A., KIRAN, B., LIEBERS, U., SCHERER, D., ENDLICHER, W., WITT, C. (2014): Heat stress is associated with reduced health status in Pulmonary Arterial Hypertension – a prospective study cohort. *Lung*.

JEHN M. UND WITT C. (2014): Telemedizin als Tool zur Erfassung von Klimawandel bei Patienten mit Lungenerkrankungen. *Der Pneumologe*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014 11: 204–213.

LANGNER, M., SCHERBER, K., ENDLICHER, W. (2014): Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin, *Die Erde*, 144, 3, 260-273.

RATHGEBER, M., SCHMIDTHALS, M., THARAN, A. (2014): „Was tun, wenn es immer wärmer wird?“ Unterrichtseinheit zu den Folgen des Klimawandels. UfU, Berlin.

SCHERBER, K., ENDLICHER, W., LANGNER, M. (2013): Klimawandel und Gesundheit in Berlin-Brandenburg. In: Jahn, H.J., Krämer, A., Wörmann, T. (Eds.): *Klimawandel und Gesundheit - Internationale, nationale und regionale Herausforderungen und Antworten*. Springer-Verlag. S.25-38, Berlin, Heidelberg.

SCHERBER, K., LANGNER, M., ENDLICHER, W. (2014): Spatial analysis of hospital admissions for respiratory diseases during summer months in Berlin taking bioclimatic and socio-economic aspects into account, *Die Erde*, 144, 3, 217-237.

TOUSSAINT, V., MEISER, M., SCHERFKE, W., KADEN, S., STEINHARDT, U., DICKHUT, H., ZEPPENFELD, R., SCHERBER, K., JEHN, M., LANGNER, M., ENDLICHER, W., WITT, C., KNIERIM, A. (2014): INKA BB – Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin, KLIMZUG-Buch.

WITT, C., BURGER, M., HÜTHER, M. (2012): ACATECH-Empfehlungen zur Klimapolitik, Kap Gesundheit. S. 23.



Teilprojekt 6 - Klimaflexibler Integrierter Landbau

Projektleitung: Dr. Johann Bachinger, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

In Brandenburg herrschen vergleichsweise ungünstige natürliche Standortbedingungen für die Landwirtschaft vor. Aus pflanzenbaulicher Sicht werden sich diese Bedingungen durch einen klimawandelbedingten zunehmenden Erwärmung, eine Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter sowie die Zunahme von Wetterextremen (Dürren, Starkniederschläge) weiter verschlechtern. Die Anpassung der brandenburgischen Landwirtschaft an den Klimawandel hat besondere Bedingungen zu erfüllen. Die sich vergrößernde Variabilität des Klimas erfordert eine neue Flexibilität der landwirtschaftlichen Betriebe. Sie muss schon jetzt und kontinuierlich in den nächsten Jahrzehnten erfolgen. Dieser absehbare Wandel der Bedingungen für die Landwirtschaft in Brandenburg verlangt unter anderem die Entwicklung von klimaangepassten Anbausystemen. Dabei ist das komplexe Zusammenwirken der einzelnen Systemkomponenten zu berücksichtigen. Gerade für die pflanzenbauliche Landnutzung ist charakteristisch, dass nicht eine einzelne Veränderung, z.B. die Einführung einer Sorte, eine Erfolg versprechende Anpassung an veränderte klimatische Bedingungen erwarten lässt, sondern nur situationsangepasste und leistungsfähige pflanzenbauliche Anbausysteme. Unter den agronomisch möglichen Anpassungsschritten haben systembedingt komplex aufeinander abzustimmende Einzelmaßnahmen wie Bodenbearbeitung, Aussaatverfahren, Sortenwahl, Düngung, Pflanzenschutz und Bewässerung bis hin zur Gestaltung dynamischer Fruchtfolgen entscheidende Bedeutung. Hauptziel des Forschungsvorhabens ist es, in Brandenburg zukünftig kontinuierlich – und damit auch über die Laufzeit des Teilprojektes hinaus – innovative Anpassungen der pflanzenbaulichen Anbausysteme an den Klimawandel anzubieten. Hierzu dient neben spezifischen Entwicklungsarbeiten für konkrete Anpassungen von Anbautechniken, -verfahren und -systemen, der Aufbau eines Netzwerkes zum kontinuierlichen Informations- und Erfahrungsaustausch. Praxispartner des Netzwerkes mit einer zentralen Rolle sind landwirtschaftliche Betriebe (hier „Demonstrationsbetriebe“ genannt) zur Entwicklung und Demonstration von gesamtbetrieblichen klimaflexiblen Multi-Cropping-Systemlösungen (Projektteil I). Die Anpassungsempfehlungen dieser Systeme werden in Form eines Entscheidungsunterstützungskatalogs der Praxis zur Verfügung gestellt. Als Gesamtziel des Projektes soll sich über die Demonstrationsbetriebe die Vielfalt an Entscheidungsmöglichkeiten für die landwirtschaftlichen Betriebe in Brandenburg und damit die Flexibilität in der Entscheidungsfindung und der Einführung von Anpassungsstrategien erhöhen. Dazu soll ferner ein leicht anwendbares Entscheidungshilfemittel „klimaflexible Bodenbearbeitungssysteme“ (Projektteil II) entwickelt werden.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Über die möglichen Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft und Möglichkeiten der Pflanzenproduzenten, negative Effekte zu mindern bzw. ihnen entgegen zu wirken, ist in den Jahren bis zum Vorhabensbeginn eine Vielzahl von Arbeiten erschienen (z.B. GERSTENGARBE et al. 2003; LUTZE et al. 2006; KNIGHT and WIMSHURST 2005; WIGGERING et al. 2005). Als Erfolg versprechende Anpassungsmaßnahmen der Pflanzenproduktion an den Klimawandel werden dabei benannt (z.B. DITTMAR 2004; LandCa-Re 2020 2007; LOTZE-CAMPEN 2007; MOITZI 2007; LfL 2004; ZEBISCH et al. 2005):

- Züchtung und Anbau trockenheitsresistenterer Sorten,
- Erweiterung der Fruchtfolgen um tief wurzelnde und trockenstressresistentere Pflanzenarten,
- Übergang zu Wasser sparenden Anbausystemen,



- Übergang zur pfluglosen Bodenbearbeitung sowie Verbesserung des Humusgehaltes der Böden,
- Anpassung der Saattermine und der Saatstärken,
- Übergang zu Direktsaatverfahren bei möglichst ganzjähriger Bodenbedeckung,
- Anpassung des Düngungsregimes (gezielte Kaliumdüngung, Ammonium betonte N-Düngung),
- Verhinderung von Bodenverdichtungen durch bodenschonende Ernte- und Transporttechnik sowie
- Zusatzbewässerung.

Besonders die pfluglosen Bodenbearbeitungssysteme, kontrollierte Spursysteme (satellitengestützter ‚controlled traffic‘) sowie Direktsaatverfahren verringern nachweislich unproduktive Verdunstung und erhöhen bei Starkniederschlagsereignissen die Infiltrationsleistung und damit eine produktive Wasserretention auf der Fläche (KANVAR 1993). Mulch- und Direktsaatverfahren reduzieren den lateralen Wasserfluss aus den Flächen (FRIELINGHAUS u. DEUMLICH 2004).

Das Wissen über die oben genannten anbautechnologischen Möglichkeiten zur Klimaanpassung stammt vorwiegend aus oft monofaktoriell angelegten Feldexperimenten und muss unter Praxisbedingungen bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Standortverhältnisse umfassend evaluiert werden. Noch weniger Wissen existiert über die Systemwirkungen unterschiedlicher Maßnahmenkombinationen. In der Praxis partizipativ mit der Forschung optimierte und erprobte Anbausysteme sollen diese Forschungsdefizite mindern.

Literatur

- CHMIELEWSKI, F.-M.; MÜLLER, A.; BRUNS, E. (2004): Climate change and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany 1961-2000. In: Agricultural and Forest Meteorology 121 (1-2): 69-78.
- DITTMAR, F. (2004): Der Klimawandel: Ursachen, Folgen und anthropogenen Anpassung unter besonderer Berücksichtigung des Mittelmeer-Raums. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, 30 S.
- FRIELINGHAUS, MO. ; DEUMLICH, D. (2004): Wassererosion. In: Blume, H.-P. [Hrsg.]: Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und -belastung ; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen: 220-231, Landsberg (ecomed).
- FRANKO U.; KOLBE H.; THIEL E. UND LIEB E. (2011) „Multi-site validation of a soil organic matter model for arable fields based on generally available input data“ Geoderma, 166, pp 119-134.
- GERSTENGARBE, F.-W.; BADECK, F.; HATTERMANN, F.; KRYSANOVA, V.; LAHMER, W.; LASCH, P.; STOCK, M.; SUCKOW, F.; WECHSUNG, F.; WERNER, P.C. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. PIK Report No. 83, 79 S.
- KANVAR S.R., STOLTENBERG D.E., PFEIFFER R., KARLEN D.L., COLVIN T.S. UND SIMPKINS W.W. (1993): Transport of nitrate and pesticides to shallow groundwater system as affected by tillage and crop rotation practices. Proceedings of the national conference on agricultural research to protect water quality; 21-24 Feb. Minneapolis (MN), USA, 270-273.
- LandCaRe2020 (2007): Vorsorge und Gestaltungspotenziale in ländlichen Räumen unter regionalen Wetter- und Klimaänderungen (LandCaRe 2020). Onlien: <http://www.landcare2020.de/index.html>.
- LfL (2004): Entwicklung und Erprobung standortangepasster Anbausysteme für Sachsen unter besonderer Berücksichtigung der Klimaänderung, Onlien: http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Statements_LfL.pdf.
- LOTZE-CAMPEN, H. (2007): Klimawandel und Landwirtschaft: Auswirkungen, Anpassung und Vermeidung. Online: http://www.vdl.de/lotze_campen_vdl_journal_entwurf_071121.pdf.
- LUTZE, G.; SCHULTZ, A.; WENKEL, K.-O. (Hrsg.) (2006): Landschaften beobachten, nutzen und schützen;Landschaftsökologische Langzeit-Studie in der Agrarlandschaft Chorin 1992-2006. G.B. Teubner Verlag, Wiesbaden, 259 S.
- MIRSCHER, W. (2010): Modell ONTO zur Beschreibung der Ontogenese von landwirtschaftlichen Fruchtarten im LandCaRe-DSS (Modellbeschreibung). In: Wenkel, K.-O.; Berg, M.; Wieland, R.; Mirschel, W.: Mo-



delle und Entscheidungsunterstützungssystem zur Klimafolgenabschätzung und Ableitung von Adaptionsstrategien der Landwirtschaft an veränderte Klimabedingungen (AGROKLIM-ADAPT) - Decision Support System (DSS). Forschungs-Abschlussbericht: BMBF 01 LS 05104, ZALF Müncheberg, Selbstverlag, Müncheberg, 2010, S. A3/1-A3/9.

MIRSCHER, W.; WIELAND, R.; WENKEL, K.-O.; NENDEL, C.; GUDDAT, C. (2014): YIELDSTAT - a spatial yield model for agricultural crops. In: European Journal of Agronomy 52 (2014) 33-46

MOITZI, G. (2007): Trends und Möglichkeiten der Landtechnik für Anpassungsoptionen an den Klimawandel http://www.adagio-eu.org/documents/nat_meeting_at_01/ADAGIO_2007_07_03_Moitzi.pdf.

WENKEL, K.-O.; BERG, M.; MIRSCHER, W.; WIELAND, R.; NENDEL, C.; KÖSTNER, B. (2013): LandCaRe DSS – an interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. Journal of Environmental Management 127(Supplement): S168-S183.

WIGGERING, H.; EULENSTEIN, F.; AUGUSTIN, J. (Hrsg.) (2005): Entwicklung eines integrierten Klimaschutzmanagements für Brandenburg: Handlungsfeld Landwirtschaft; (DS 3/6821-B): 77 S., Müncheberg (ZALF).

ZEBISCH, M.; GROTHMANN, T.; SCHRÖTER, D. u. a. (2005): Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. UBA-Bericht, Nr. 08 / 2005 (UBA-FB 000844).

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

In diesem Teilprojekt arbeiteten das Institut für Landschaftssystemanalyse und das Institut für Landnutzungssysteme am ZALF zusammen. Von Anfang an bestand auch eine aktive Kooperation mit dem Landesbauernverband Brandenburg e.V. (LBV), die sich für das Projekt positiv auf die Zusammenarbeit mit den Praxisbetrieben und auf den Transfer der Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis ausgewirkt hat.

I.5.1 Demonstrationsbetriebe

Ganz wichtige Netzwerkpartner im Projekt waren die landwirtschaftlichen Betriebe. Es wurden folgenden Demonstrationsbetriebe aus dem Land Brandenburg zwischen Lausitz und Uckermark ausgewählt:

- Agrargenossenschaft Forst e.G. (Landkreis Spree-Neiße)
- Agrargenossenschaft Sonnewalde e.G. (Landkreis Elbe-Elster)
- Agrargenossenschaft e.G. Wilsikow-Milow (Landkreis Uckermark)
- Agrarhof Elbe-Fiener
- Helm GbR (Landkreis Ostprignitz)
- Havellandhof Ribbeck GbR (Landkreis Havelland)

Berücksichtigt bei der Betriebsauswahl wurden unterschiedliche Standorte (Landbaugebiete), unterschiedliche Betriebsgrößen und unterschiedliche Betriebsformen. Die letzten beiden Landwirtschaftsbetriebe zeichnen sich durch eine beispielgebende Innovationsbereitschaft gerade auch im Hinblick der Anpassung ihrer Betriebe und Anbausysteme an den Klimawandel aus.

I.5.2 Wissenschaft

Zusätzlich zu den beiden im Projekt beteiligten Instituten gab es im Laufe der Projektbearbeitung eine enge Zusammenarbeit am ZALF. In Kooperation mit dem Institut für Landschaftsbiogeochemie wurden auf Versuchsflächen zweier Demonstrationsbetriebe bodenphysikalische und bodenbiologische Untersuchungen vorgenommen. Dabei wurde neben der Bestimmung der Bodenbiologie mit herkömmlichen Methoden erstmals ein Verfahren zur Entnahme ungestörter Bodenproben für anschließende Untersuchungen mittels der Computertomographie eingesetzt. Für Fragen bezüglich Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Bodenfruchtbarkeit allgemein konnte regelmäßig auf die Expertisen der ZALF-Forschungsstation mit den Standorten Müncheberg und Dedelow zurückgegriffen werden.



Weiteres Expertenwissen wurde über das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Universität Halle-Wittenberg akquiriert. Hier wurde Expertise in den Bereichen Bodenphysik, Bodenbearbeitung sowie Bodenfruchtbarkeit und Fruchtfolgegestaltung eingeholt.

I.5.3 Wirtschaft

Eine enge Zusammenarbeit ergab sich mit der Deutschen Saatveredlung AG Lippstadt (DSV), Außenstelle Bückwitz, die Ihre Expertise zu den komplexen Bodenfruchtbarkeit und Direktsaat bereitgestellt hat. Die Versuchsflächen von der Helm GbR grenzten direkt an das Betriebs- und Versuchsgelände der DSV. Die Projektpartner trugen als Mitglieder in der Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung (GkB) maßgeblich zur Erweiterung des Netzwerkes im Teilprojekt bei. Neben dem Kontakt zur GkB selbst konnten regelmäßige Kontakte zur Bayer Handelsvertretung und der DOMO Caproleuna GmbH hergestellt werden.

Im Bereich Precision Farming ist es dem Projektteil Klimaflexible Multi-Cropping Systeme gelungen, mit der Agri Con GmbH den größten Anbieter an Precision Farming Know How Europas für die Netzwerkarbeit zu gewinnen. Seit ihrer Gründung beschäftigt sich die Agri Con GmbH mit allen Aspekten des Precision Farming, beginnend bei der Bodenuntersuchung, über GPS-Technologie, Sensorik, teilflächenspezifische Ausbringung/Bearbeitung, Datenerfassung und Verwaltung, Entwicklung neuer Technologien bis hin zu On-Farm-Experimenten und deren Auswertung. Die Agri Con GmbH hat dem Projekt neben Precision Farming Technologien auch vielseitiges Wissen zur Verfügung gestellt. Die Agri Con GmbH betreute in den Demonstrationbetrieben die Landwirte, bildete sie an der neuen Technik, begleitete die Technikeinführung und gewährte bei der Datenauswertung Unterstützung.

Zur Verbesserung bzw. Anpassung der Düngungsstrategien an den Klimawandel in den Demonstrationbetrieben wurde die YARA GmbH und Co. KG, in das Netzwerk des Projektes mit einbezogen. Die YARA GmbH und Co. KG verfügt über umfangreiche Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen zu Düngestrategien unter trockenen Anbaubedingungen. und ist Entwickler des YARA N-Sensors, der in Deutschland durch die Agri Con GmbH vertrieben wird. Neben dem Wissen über angepasste Düngestrategien stellte die YARA GmbH und Co. KG den fünf Demonstrationbetrieben YARA N-Tester zur Stickstoffbedarfsermittlung und, wenn vorhanden, zur Kalibrierung des YARA N-Sensors zur Verfügung.

Für den Bereich Bodenbearbeitung wurden für die Demonstrationbetriebe Netzwerkkontakte mit dem Amazone Werk Heinrich Dreyer KG geknüpft. Die Amazone Werke sind für die Versuchszwecke im Besitz eines vollelektronisch regelbaren Centaurer, einer Grubberkombination, mit der eine teilflächenspezifische Bodenbearbeitung möglich ist. Als ganzheitlicher Anbieter für landwirtschaftliche Geräte besitzen die Amazone Werke ausreichend Expertise in Bezug auf die technische Umsetzung von möglichen Managementanpassungen, von denen das Teilprojekt regelmäßig profitieren konnte.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

II.1.1 Auswahl der Demonstrationbetriebe

Eine Vorauswahl der Demonstrationbetriebe wurde gemeinsam mit dem Landesbauernverband Brandenburg e.V. (LBV) durch eine Umfrage unter seinen Mitgliedern vorgenommen. Zusätzlich wurden auch potentielle Landwirtschaftsbetriebe aus anderen Netzwerken in die engere Auswahl einbezogen. Die so vorab ausgewählten 14 Betriebe, die ihrerseits auch Interesse an einer Mitarbeit im Netzwerk hatten, wurden besucht, das Projekt vorgestellt und eine mögliche spezifische Zusammenarbeit erörtert. Die Wahl fiel auf zwei Gemischtbetriebe in der Lausitz, die Agrargenossenschaft Forst e.G. (1700 ha Ackerland, Bodenpunkte: 18-60, Milchkühe und Jungrinder) im Landkreis Spree-Neiße sowie die Agrargenossenschaft Sonnewalde e.G. (1870 ha Ackerland, 420 ha Grünland, Bodenpunkte: 19 – 65, Rinder und Schafe) im Landkreis Elbe-Elster



und die Agrargenossenschaft e.G. Wilsikow-Milow (1600 ha Ackerland, Schweine) als Gemischtbetrieb in der Uckermark. Zusätzlich wurden noch zwei weitere außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegene Betriebe als Demonstrationsbetriebe ausgewählt, die Helm GbR (650 ha Ackerland, Bodenpunkte: 20-48) im Landkreis Ostprignitz als reiner Marktfruchtbetrieb und der Havellandhof Ribbeck GbR (550 ha Ackerland und 250 ha Grünland, Bodenpunkte: 18-48, Milchkühe) im Landkreis Havelland als Gemischtbetrieb. Die beiden letzten Betriebe zeichnen sich durch eine sehr hohe Innovationsbereitschaft aus und hatten bereits in Eigenregie Testversuche zur Umstellung ihrer Anbausysteme unternommen. Beide Betriebe versuchten auf ihre Weise, die Eignung von Direktsaat in ihren Betrieben einzuführen und bildeten dadurch eine sehr gute Grundlage, um mögliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu erproben. Beide Betriebe arbeiteten für heutige Verhältnisse mit sehr weiten Fruchtfolgen, sie setzten Untersaaten ein, experimentierten bereits mit dem CULTAN Düngeverfahren und stehen der Einführung neuer Pflanzenarten offen gegenüber. Damit wurde die Möglichkeit genutzt, weitere Klima- und Standortbedingungen in die Untersuchungen mit aufzunehmen. Eine weitere Überlegung bezüglich der zusätzlichen Berücksichtigung dieser Betriebe war, dass damit ein eventueller Ausfall eines Demonstrationsbetriebes in der Laufzeit von INKA BB kompensiert werden könnte. Die durch die Demonstrationsbetriebe zur Verfügung gestellten Versuchs- und Vergleichsflächen ergeben in der Summe eine Fläche von ca. 230 ha und decken eine Spannweite in den Bodenpunkten von 22 bis 45 ab.

Ferner wurde auf dem Agrarhof Elbe-Fiener (Landkreis Potsdam Mittelmark) ein Streifenversuch mit drei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten angelegt:

- Variante A: Konservierende Bodenbearbeitung mit Scheibenegge; nach Aussaat 200 kg Harnstoff oberirdisch abgelegt
- Variante B: Streifenbearbeitung; nach Aussaat 200 kg Harnstoff oberirdisch abgelegt
- Variante C: Streifenbearbeitung; vor Aussaat 200 kg Harnstoff 15 - 20 cm tief als Depot eingearbeitet.

II.1.2 Erstellung betriebspezifischer Anpassungsmaßnahmen

Die betriebspezifischen Anpassungsmaßnahmen wurden gemeinsam mit den Landwirten nach einer Befragung und Erfassung des Ist-Zustandes geplant. Die Planungen orientierten sich an den pflanzenbaulichen und technischen Möglichkeiten der Betriebe. Diese ließen in der Regel leider nur geringfügige verändernde Eingriffe in Richtung einer Anpassung an die Klimaänderungen zu. Die komplette agronomische Umsetzung der abgesprochenen Anpassungsmaßnahmen realisierten die landwirtschaftlichen Betriebe in Eigenregie.

Für die Agrargenossenschaft e.G. Wilsickow-Milow wurde lange nach einer geeigneten Fruchtfolgeerweiterung gesucht, aber leider konnte kein für den Betrieb adäquater Kompromiss gefunden werden. Auch eine Änderung der Fruchtfolgegestaltung war erlöstechnisch keine Option für den Betrieb. Deshalb wurde sich darauf konzentriert, die technischen Möglichkeiten im Betrieb auszubauen, um Betriebsmittel effizienter einsetzen zu können. So wurde der Ausbau der im Betrieb bereits begonnenen Anwendung von Precision Farming vorangetrieben. Aufgrund von zeitlichen und technischen Problemen konnte aber nur die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung eingeführt werden. Die teilflächenspezifische N-Düngung ist auch nach Abschluss von INKA BB noch fester Bestandteil des Betriebes und soll weiter ausgebaut werden. Da in der Agrargenossenschaft e.G. Wilsickow-Milow noch regelmäßig gepflügt wurde, um Ausfallweizen in der Wintergerste zu verhindern, wurde nach einer Lösung gesucht, um die Bodenbearbeitungsintensität zu reduzieren und die Schlagkraft zu erhöhen, um das Durchwuchsproblem trotzdem kontrollieren zu können.

In den Betrieben Helm GbR und Havellandhof Ribbeck GbR wurde im Projektzeitraum die Eignung der Direktsaat erprobt. Bei der Helm GbR wurde dabei konsequent auf eine achtfeldrige



Fruchtfolge mit Untersaaten und Zwischenfruchtgemengen gesetzt. Die Aussaat erfolgte mit einer Cross Slot Drillmaschine und die N-Düngung wurde über das CULTAN-Verfahren realisiert. Der Havellandhof Ribbeck GbR setzte auf eine viergliedrige Fruchtfolge mit Untersaaten und Zwischenfruchtgemengen. Die Aussaat erfolgte mit einer Väderstad Seed Hawk. Die N-Düngung erfolgte betriebsüblich mit AHL. Die Eignung des CULTAN-Verfahrens wurde separat im Rahmen des Projektteils Klimaflexible Bodenbearbeitung untersucht. Für diese beiden Betriebe ist die wichtigste Erkenntnis, dass Anbauverfahren nicht statisch gesehen werden dürfen, sondern einer stetigen Dynamik unterliegen. In der Havellandhof Ribbeck GbR wurden zum Beispiel einzelne Schläge nur teilweise gepflügt, um einer stark anwachsenden Beifußproblematik zu begegnen. Für die Helm GbR ist festzustellen, dass sich die Direktsaat aktuell nicht für den Betrieb eignet, da die leichten Standorte zur Verdichtung neigen und es noch nicht gelungen ist, die Regenwurmpopulation auf ein ausreichendes Maß zu erhöhen, so dass die Regenwürmer die Aufgabe der Bodenlockerung in ausreichendem Maße übernehmen können.

Die Agrargenossenschaft Forst e.G. war der einzige Demonstrationsbetrieb, der im Rahmen von INKA BB einen Eingriff in die Fruchtfolge zuließ. Hier wurde eine Mais-Mais-Roggen Fruchtfolge zu einer Fruchtfolge mit Mais – Roggen – Mais - Landsberger Gemenge mit Zwischenfruchtgemenge vor dem zweiten Mais umgebaut. Die Fragestellung, ob es im Betrieb sinnvoll ist, leichte Standorte doch gelegentlich wieder zu pflügen und nicht konsequent auf die pfluglose Bearbeitung zu setzen, wurde innerhalb der gleichen Versuchsanlage erprobt. Für den Betrieb erwies sich der Versuch als vorteilhaft, insbesondere auch hinsichtlich der Tatsache, dass der Quarantäneschädling *Südlicher Maiswurzelbohrer* bereits schon 70 km östlich des Betriebes vorkommt. In der Agrargenossenschaft Sonnenwalde e.G. wurden die Versuche, den Bereich Precision Farming im Betrieb mit der durch das Teilprojekt und die Agri Con GmbH bereitgestellten Technik zu erweitern, als betriebsseitig unpraktikabel abgebrochen. Der Versuch, in den Anbau eine Untersaat einzubringen, scheiterte an ähnlichen Einwänden. Aus zeitlichen Gründen war es leider nicht möglich, im Betrieb einen zweiten geänderten Versuch anzulegen.

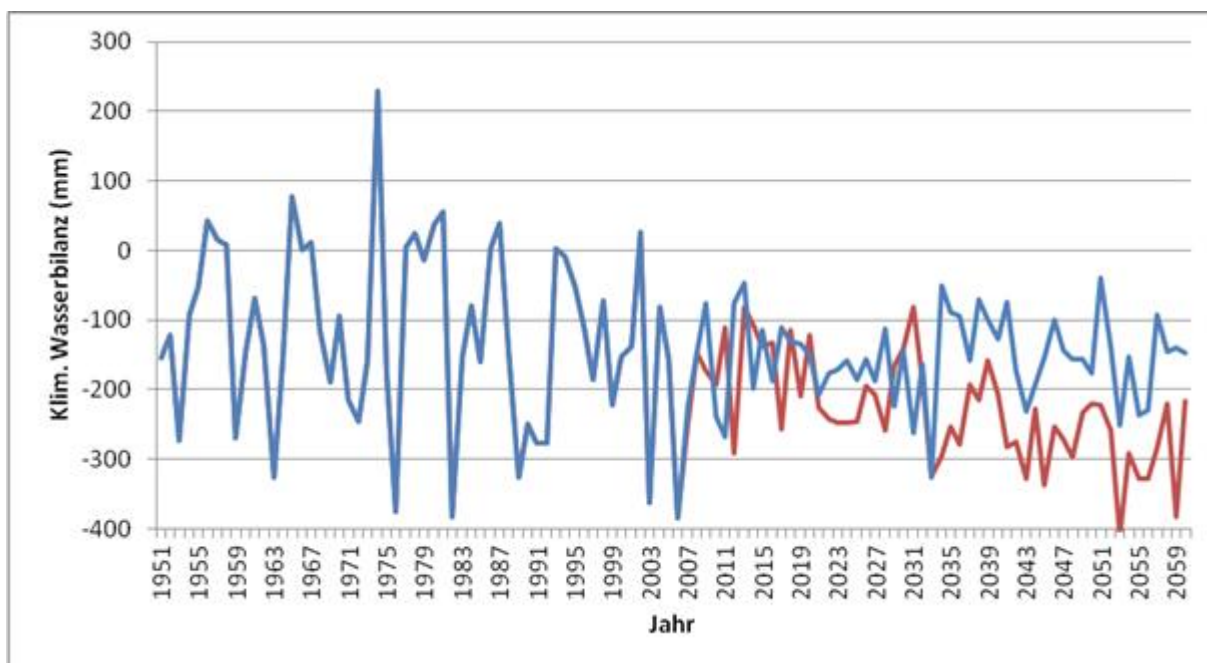


Abbildung 6.1: Entwicklung der Klimatischen Wasserbilanz am Standort Forst (DWD-Station Cottbus) 19950 - 2060 unter Berücksichtigung der STAR-Daten (blau – keine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur; rot – Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 2 K)

II.1.3 Mögliche klimatische Veränderungen

Für die Abschätzung von Klimaänderungen, wurden die von von Teilprojekt 2 bereitgestellten STAR- Daten verwendet. Für die Simulationen wurden die den Demonstrationsbetrieben nächstgelegenen Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) genutzt. Die Untersu-



chungen zu den möglichen Klimaänderungen wurden mit dem Entscheidungsunterstützungssystem *LandCare DSS* (Wenkel et al., 2013) durchgeführt. Betrachtet wurde dabei der Zeitraum bis 2060. Die Auswertung ergab für alle Demonstrationsbetriebe, dass die Jahresdurchschnittstemperatur bis 2060 um ca. 2 K höher sein wird und dass sich die Jahresniederschlagssummen relativ wenig ändern werden. Bei der innerjährlichen Niederschlagsverteilung wird es aber zu einer leichten Verschiebung in die Wintermonate kommen. Ebenso ist eine Verschlechterung der klimatischen Wasserbilanz (Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung) um 130 mm zu erwarten. Für den Standort Forst wird dies in Abbildung 6.1 dargestellt.

Die thermische Vegetationszeit (berechnet nach Chmielewski et al. 2004) wird sich in allen Demonstrationsbetrieben um ca. 6 Wochen verlängern. Der zeitliche Verlauf der Ontogenese, der hier mit dem Modell ONTO (MIRSCHERL 2010) berechnet und simuliert wurde, verändert sich ebenfalls. Es kommt zu einer Verfrühung der Reife- bzw. Erntezeitpunkte. Die Reaktion der einzelnen Fruchtarten fällt dabei sehr unterschiedlich aus. Bei Winterraps und den Wintergetreidearten kann der Reifetermin um 16 bis 20 Tage eher eintreten, was eine frühere Ernte zur Folge hat. Abbildung 6.2 zeigt dies am Beispiel von Winterweizen und Winterraps für die AgrarGenossenschaft e.G. Wilsikow-Milow.

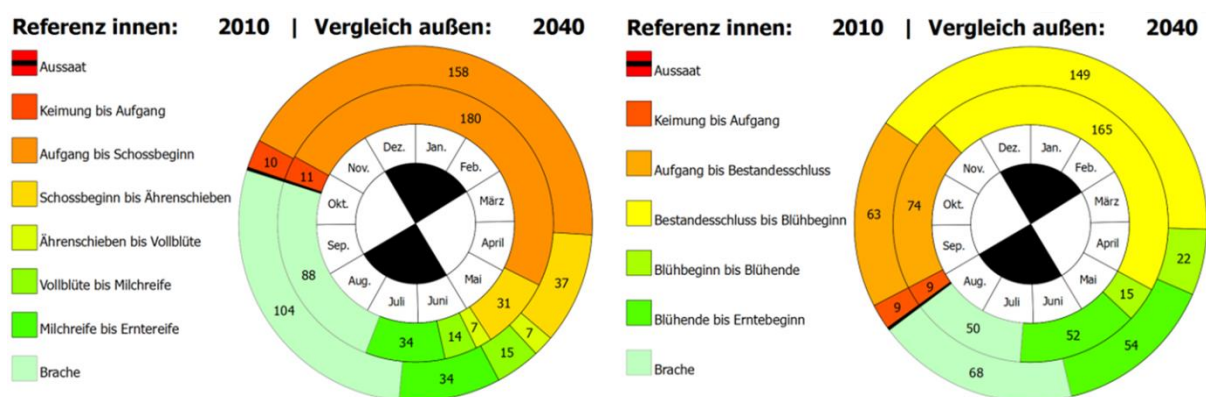


Abbildung 6.2: Vergleich der ontogenetischen Entwicklung bei Winterweizen (links) und Winterraps (rechts) im Vergleich der beiden Klimaniveaus 2010 und 2040 für die AgrarGenossenschaft e.G. Wilsikow-Milow (Modell ONTO, Klimaszenario STAR 2K, DWD-Station Prenzlau)

Bei Mais könnte sich bei gleichem Aussaattermin aufgrund höherer Temperaturen und schlechterer Wasserversorgung die ontogenetische Entwicklung beschleunigen. Hier wird deutlich, dass in Zukunft besonders auf den leichten Standorten des Landes Brandenburg der Zusatzbewässerung als eine der wichtigsten Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel besonders zur Sicherung der Ertragsstabilität eine bedeutende Rolle zukommt.

II.1.4 Ertragsentwicklung

Die Ertragsabschätzungen für die wichtigsten Fruchtarten in den Demonstrationsbetrieben erfolgten für die möglichen Klimaänderungen bis zum Jahr 2055 mit dem Modell YIELDSTAT (MIRSCHERL et al. 2014), das als Modul in das LandCare DSS (WENKEL et al. 2013) integriert ist.

Bei allen in den einzelnen Demonstrationsbetrieben angebauten Fruchtarten ist bis 2060 mit einem klimaänderungsbedingten Ertragsrückgang zu rechnen. Auch steigende CO₂-Gehalte in der Atmosphäre können durch den CO₂-Düngungseffekt die Negativwirkungen steigender Temperaturen und abnehmender Wasserversorgung in den Hauptwachstumsperioden nicht kompensieren. In der Lausitz mit vorherrschend leichten Böden ist dabei bis 2060 mit Ertragseinbußen zwischen 14,5 % bei Winterroggen und 23,5 % bei Klee gras zu rechnen. In der AgrarGenossenschaft Forst e.G. liegen die zu erwartenden Ertragsverluste in 2060 im Mittel über die derzeit angebauten Fruchtarten bei 18 %. In der Uckermark mit besseren Böden sind die simulierten möglichen klimaänderungsbedingten Ertragsverluste in 2060 geringer. Hier liegen sie zwi-



schen 10,4% bei Wintergerste und 18,7 % bei Winterraps und im Mittel der derzeit angebauten Fruchtarten bei 14,3 %.

Beispielhaft für Winterroggen, angebaut in der Agrar Genossenschaft Forst e.G., zeigt Abbildung 6.3 die klimaänderungsbedingte Ertragsentwicklung bis 2060 unter Berücksichtigung von drei unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten (Pflug, konservierend, Direktsaat) bei einem Temperaturanstieg um 2 K im Vergleich zur Klimavariante ohne Temperaturanstieg (0 K).

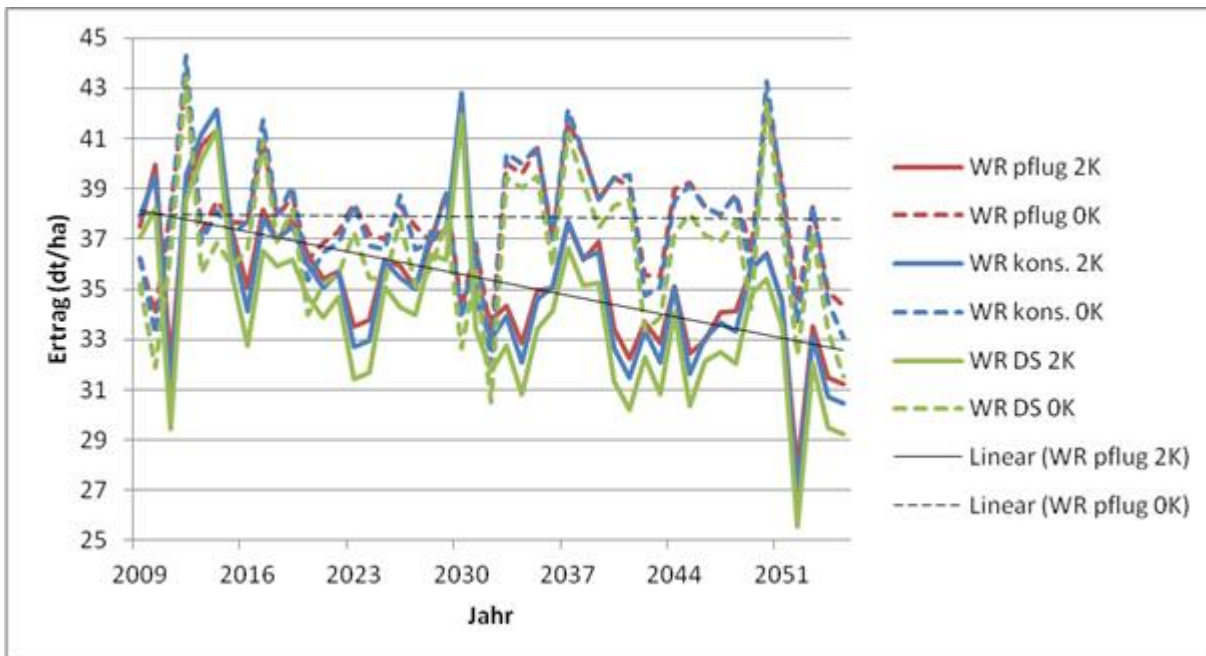


Abbildung 6.3: Entwicklung des Winterroggenertrages (WR) in der Agrar Genossenschaft Forst e.G. bis 2060 im Vergleich zweier Temperaturentwicklungsszenarien (STAR 0K vs. STAR 2K) und unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensitäten [Pflug (pflug), konservierend (kons.), Direktsaat (DS)] (Ertragssimulation: Modell YIELDSTAT)

II.1.5 Einfluss von Anpassungsmaßnahmen auf die Humusentwicklung im Boden

Um im Rahmen der Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel nachhaltig zu agieren, ist es notwendig, auch in Zukunft ein hohes Niveau der Bodenfruchtbarkeit aufrechtzuerhalten. Eine entscheidende Größe hierbei ist der Bodenhumusgehalt. Die zukünftige Entwicklung der C_{org} - Gehalte im Boden wurde unter Berücksichtigung der in den Demonstrationsbetrieben veranlassten Anpassungsmaßnahmen und der möglichen Klimaentwicklungen bis 2060 mit Hilfe des Modells CCB (Candy CarbonBalance; Franko et al. 2011) simuliert. Bei allen getroffenen Maßnahmen zeigt sich, dass diese nicht ausreichend sind, um den Humusabbau im Boden zu stoppen. Auf Schlägen mit einem heutigen Humusgehalt von unter 0,8% zeigt sich ein leichter Anstieg des Humus. Liegt der Wert darüber kommt es laut CCB-Simulation zu einem kontinuierlichen Humusabbau. Die von einigen Betrieben durchgeführte Gülleausbringung zu Mais zeigt in den Simulationen einen positiven Einfluss auf die C_{org} -Gehalte, führt aber zu einem deutlichen Anstieg der N-Bilanz.

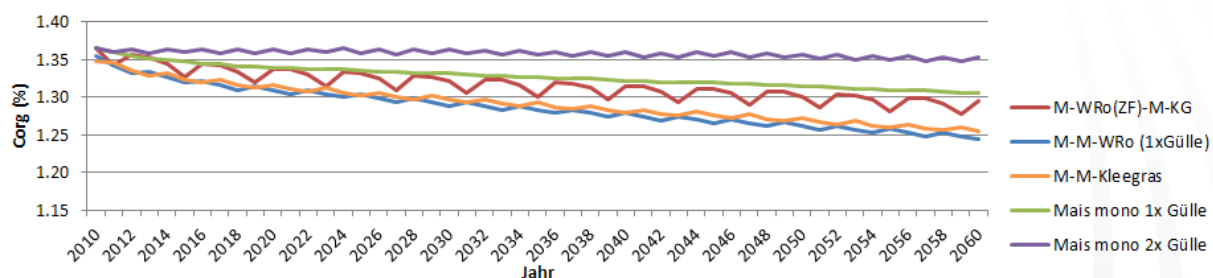


Abbildung 6.4: Entwicklung des C_{org} -Gehaltes im Boden auf einem Schlag der Agrar Genossenschaft Forst e.G. unter verschiedenen Fruchtfolge- und Begüllungsvarianten, berechnet mit dem Modell CCB (M – Silomais, WRo – Winterroggen, ZF – Zwischenfrucht, KG – Kleegras)



Abbildung 6.4 zeigt die mit CCB simulierte Entwicklung des C_{org} -Gehaltes im Boden für einen Schlag der Agrarwissenschaft Forst e.G. in Abhängigkeit verschiedener Fruchtfolge- und Be- güllungsvarianten.

II.1.6 Einfluß der Direktsaat auf das Bodenleben

Auf den Demonstrationsbetrieben, die die Direktsaat angewendet haben, fand stichprobenartig auch eine Untersuchung zum Bodenleben statt, d.h. zu Regenwürmern, Enchytreinen, Collem- bolen und Nematoden. Bei den Regenwürmern zeigte sich in den beiden Betrieben ein diffe- renziertes Bild. Während sich auf den Direktsaatschlägen der Helm GbR ein deutlicher Vorteil in Bezug auf die Regenwurmpopulation mit 94 Individuen/ m^2 zeigte, wurden auf der Grubbervari- ante nur 12 Regenwürmern/ m^2 gefunden (siehe Abbildung 6.5). Auf den Schlägen der Havel- landhof Ribbeck GbR zeigte sich dagegen hinsichtlich des Regenwurmbesatzes zwischen der Direktsaat- und der gegrubberten Variante kein Unterschied (Direktsaat: 23 Regenwürmer/ m^2 ; Grubber-Variante: 24 Regenwürmer/ m^2).

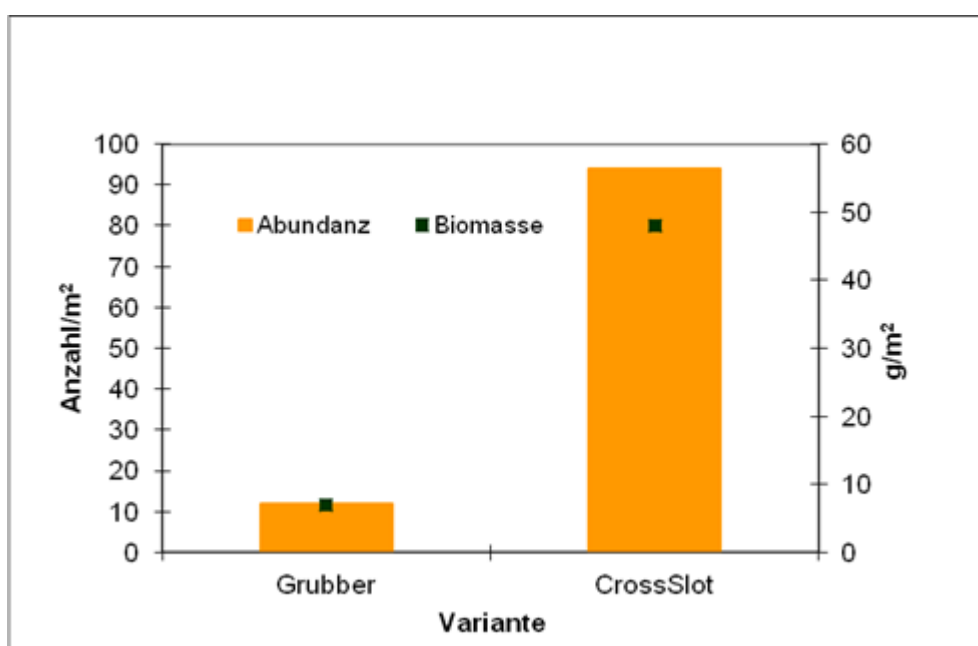


Abbildung 6.5: Regenwurmbesatz (20.05.2011) im Vergleich der Varianten reduzierte Bodenbearbeitung und Direktsaat

Die Untersuchungen zur Anzahl der Enchytreinen bestätigten die aus der Literatur bekannten Ergebnisse, d.h. sowohl auf den Schlägen der Helm GbR als auch auf den Schlägen der Havel- landhof Ribbeck GbR wurden auf der Grubbervariante deutlich mehr Enchytreinen gefunden. Bei der Helm GbR fällt der Unterschied auf dem untersuchten Silomais Schlag mit 140.000 Tieren/ m^2 in der Grubbervariante im Vergleich zu 25.000 Tieren/ m^2 in der Direktsaatvariante deut- lich höher aus als in der Havellandhof Ribbeck GbR, wo unter Silomais in der Grubbervariante 51.000 Tiere/ m^2 und in der Direktsaatvariante 19.000 Tiere/ m^2 gefunden wurden. Im Vergleich der Direktsaatvarianten zwischen Silomais und Winterweizen ergibt sich bei Winterweizen eine mit 36.000 Tieren/ m^2 höhere Enchytreinenanzahl.

Bei den Collembolen zeigen die Untersuchungen auf dem Maisschlag der Helm GbR eine A- bundanz von 27.500 Collembolen/ m^2 auf der Grubbervariante. Auf der Direktsaatvariante sind es mit 66.300 Collembolen / m^2 deutlich mehr. Auch auf der Direktsaatvariante von Win- terweizen erreicht die Abundanz mit 62.000 Collembolen / m^2 die gleiche Größenordnung.

II.1.7 Innovationsbörse „Klima-Bob“ und Entscheidungstool „Pflug-Lotse“

Als ein wesentliches Ergebnis des Projektes wurde die Innovationsbörse www.klima-bob.de entwickelt und online geschaltet. Dies ist eine Internetplattform zur „Klimaflexiblen Bodenbe- arbeitung“. Landwirte, Berater und Wissenschaftler finden dort Informationen rund um die



Bodenbearbeitung und den Klimawandel, wichtige Termine und die Möglichkeit miteinander in Kontakt zu treten. Die Inhalte wurden vom Teilprojekt erstellt und von dem Softwareunternehmen odermedia eingepflegt. Durch die starke interne Vernetzung der landwirtschaftlichen Teilprojekte innerhalb des Innovationsnetzwerkes war es möglich dieses Wissensportal zu erweitern. In Zusammenarbeit mit den INKA BB Teilprojekten 7 und 8 wurde das Wissensangebot um die Themenbereiche „Klimaanpassung im Ökolandbau“ und „Sortenanpassungsstrategien“ ausgebaut. In der Konzeptionsphase der Internetplattform gab es auch die Überlegung ein eigenes Forum zu betreuen. Der Aufbau eines aktiv genutzten Forums ist allerdings langwierig und betreuungsintensiv. Durch enge Kontakte zu der „Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung“ ist es möglich, vorerst deren Forum als Diskussionsmedium zu nutzen.

Neben der Innovationsbörse wurde ein Entscheidungsunterstützungssystem zur klimaflexiblen Bodenbearbeitung entwickelt. Das System wurde unter dem Namen „Pflug-Lotse“ an die Internetplattform www.klima-bob.de angebunden. Der Pflug-Lotse wurde für unterschiedliche Fruchtarten spezifisch entwickelt. Er hilft bei der Entscheidung für das geeignete Bodenbearbeitungsverfahren, beispielsweise Pflug, Mulch- oder Direktsaat. Mulch- und Direktsaat gelten als äußerst wassersparende Verfahren. Nach einer kostenlosen Registrierung auf der Plattform www.klima-bob.de kann der Nutzer die individuellen Rahmenbedingungen, z. B. Informationen zum Boden, angeben. Auch können pflanzenbauliche Ziele ausgewählt werden. Anhand einer übersichtlichen Ampeldarstellung werden dann vom Pflug-Lotsen Empfehlungen zur Bodenbearbeitung und Tipps zum Erreichen der pflanzenbaulichen Ziele zur Verfügung gestellt. Der Pflug-Lotse wurde für verschiedene Fruchtarten konzipiert. Die Endauswertung kann, mit dem aktuellen Datum versehen, im persönlichen Nutzerbereich gespeichert und jederzeit wieder aufgerufen werden.

Im April 2012 wurde mit der Fruchtart Silomais der erste Teil des Systems online gestellt. Danach folgten im September Winterraps und im November Wintergetreide. Seit September 2012 ist der „Pflug-Lotse“ beim Deutschen Marken- und Patentamt registriert.

Die Implementierung des Entscheidungsunterstützungssystems trug außerdem zur Erweiterung der Plattform www.klima-bob.de bei, da der Pflug-Lotse Informationen für eine klimaflexible Bodenbearbeitung bündelt und nutzerangepasst ausgibt. Weiterhin erfolgten erste Kontaktaufnahmen zur Etablierung des Systems über den Projektzeitraum des INKA BB-Verbundes hinaus.

II.1.8 Verallgemeinerte Anpassungsempfehlungen

Für eine Ableitung von statistisch gesicherten Empfehlungen zu nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel sind mittel- bis langfristige Untersuchungs- bzw. Beobachtungszeiträume notwendig. Die Laufzeit des Projektes *Klimaflexible Multi-Cropping Systeme* liegt dafür an der absolut untersten Grenze und ermöglicht nur die Einführung und erste Überprüfung von Anpassungsmaßnahmen. Die Arbeit in den Demonstrationsbetrieben, die bewusst unterschiedlich hinsichtlich des Standortes, der Betriebsform und der Betriebskompetenz ausgewählt wurden, führt zu dem Schluss, dass für eine Existenzsicherung des Landwirtschaftsbetriebes die Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel immer betriebsspezifisch und unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten auszuwählen und umzusetzen sind. Ausschlaggebend für eine erfolgreiche Anpassung an den Klimawandel sind all die Maßnahmen, die dazu dienen, den Boden als Hauptproduktionsmittel der Landwirtschaft und seine Fruchtbarkeit nachhaltig zu erhalten. Ein intakter Boden kann für das Pflanzenwachstum nachteilige Ereignisse deutlich besser abpuffern und helfen, eine Vielzahl aktueller pflanzenbauliche Probleme zu lösen, die aufgrund ökonomischer und marktgetriebener Rahmenbedingungen entstanden sind. Die heutzutage daraus begründeten, ökonomisch orientierten und viel zu engen Fruchtfolgen sollten auch im Sinne einer Klimaanpassung wieder erweitert werden, auch um neue Früchte. Damit kann nicht nur das Risiko klimaänderungsbedingt initiiert existenzbedrohender Ernteauffälle minimiert werden, sondern damit werden auch viele der existenten



phytosanitären Probleme lösbar. Bei einer klimaangepassten Fruchtfolgegestaltung sollten Zwischenfruchtgemenge und Untersaaten mit einbezogen werden. Nachgedacht werden sollte auch über Zweifruchtsysteme. Richtig gestaltete Fruchtfolgen führen zur Reduzierung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln und zum Aufbau von Humus im Boden. Eine damit verbesserte Bodenstruktur ist Basis für eine bessere Aufnahme von Starkniederschlägen, die in den nächsten Jahrzehnten vermehrt zu erwarten sind. Es kann auch mehr pflanzenverfügbares Bodenwasser gespeichert werden, um Trockenzeiten besser überbrücken zu können.

In Anpassung an den Klimawandel sollten auch gezielt neue Sorten zum Anbau kommen, die nicht nur eine größere Trockenheits- und Temperaturtoleranz besitzen, sondern mit denen sich auch Erntezeiträume strecken und damit staffeln lassen. So sind zum Beispiel begrannte Weizensorten trockenstresstoleranter als unbegrannte Sorten. Da sich durch die Klimaveränderung, die gegenwärtig schon spür- und nachweisbar ist, die Anbauregionen für die einzelnen landwirtschaftlichen Fruchtarten langsam aber kontinuierlich in Richtung Norden verschieben, können auch neue Fruchtarten und Sorten aus anderen Regionen in die erweiterten Fruchtfolgen eingebaut werden.

Auch veränderte Maßnahmen der Bodenbearbeitung sind Anpassungen an den Klimawandel. Eine reduzierte Bodenbearbeitung führt nicht nur zur Verbesserung der Bodenstruktur sondern auch zu einem effizienteren Bodenwasserregime. Zusätzlich verbunden ist damit auch eine höhere Schlagkraft, was besonders auch unter den Bedingungen der zunehmenden Extremwetterereignisse ein Vorteil sein kann. Dennoch können durch eine gelegentliche Erhöhung der Bearbeitungsintensität systembedingte Nachteile ausgeglichen werden. Selbst in der Direktsaat bewährte sich ein einmaliger, schlagbezogener Pflugeinsatz gegen Problemunkräuter. Die Bodenbearbeitung sollte als Anpassungsmaßnahme auch in der gesamtbetrieblichen Betrachtung immer den aktuellen Bedingungen angepasst werden. Hierfür sollten die Landwirte ihre Schläge und damit Böden gut kennen und regelmäßig eine Bodenansprache vornehmen. Die Erfahrungen, die von den Landwirten der Demonstrationsbetriebe vor und im Projekt mit der Direktsaat gemacht wurden, lassen darauf schließen, dass eine konsequente Direktsaat aktuell in Brandenburg nicht unbedingt zu empfehlen ist. Ein Grund kann sein, dass es noch nicht gelungen ist, eine entsprechend große Regenwurmpopulation aufzubauen, die die Bodenbearbeitungseffekte auf den zur Verdichtung neigenden Brandenburger Böden adäquat ersetzen. Dieses Problem der Verdichtungen zeigte sich besonders gut in den Direktsaatbetrieben Havellandhof Ribbeck und der Helm GbR auf den Rapsschlägen. Während in der Vergleichsvariante (Grubber) der Raps eine normale Pfahlwurzel ausbildete, kam es in der Direktsaatvariante gehäuft zur Beinigkeit oder zum Abknicken der Pfahlwurzel. Diesem Problem kann mit einer gelegentlichen Lockerung oder mit einer partiellen Lockerung (Streifensaat) entgegengewirkt werden.

Eine weitere effiziente, aber auch kostenintensive Anpassungsmaßnahme ist die Bewässerung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturen (s.a. Teilprojekt 18). Sie setzt größere Investitionen und die entsprechende Verfügbarkeit von Wasser voraus, das aus den Oberflächengewässern, aus dem Grundwasser oder zukünftig auch aus dem Reservoir Gereinigtes Abwasser kommen kann. Gegenwärtig lohnt eine Zusatzbewässerung bei Feldgemüse, Kartoffeln und Zuckerrüben. Auch Silomais und Futter können beregnet werden, um in Gemischtbetrieben den Futterbedarf abzusichern oder im vertraglichen Maisanbau für Biogasanlagen die Ertragsicherheit zu gewährleisten.

Über die hier näher betrachteten Anpassungsmaßnahmen landwirtschaftlicher Betriebe an den Klimawandel hinausgehend, sind auch noch eine Reihe weiterer Anpassungsmaßnahmen möglich. Tabelle 6.1 gibt eine Übersicht möglicher Anpassungsmaßnahmen landwirtschaftlicher Betriebe an den Klimawandel verbunden mit einer Einschätzung zur Anpassungswirkung, zum Umsetzungszeitraum und zu den notwendigen Aufwendungen.



Maßnahme-komplex	Realisierung der Anpassung	Anpassungs-wirkung*)	Umsetzungs-zeitraum*)	Aufwen-dungen*)
Aussaat	standortabhängige Aussaatzeiten und -mengen	1-2	1	1
	Etablierung dünnerer Bestände auf trockenen Standorten zur Vermeidung von Wasser Konkurrenz	1-2	1	1-2
Bewässerung	pflanzenbedarfsorientierte Zusatzbewässerung zur Ertragsstabilisierung bzw. –steigerung (besonders auf sandigen Standorten)	3	2	3
	Einsatz wassernutzungseffizienter Verfahren (Sprüh- und Abwehverluste vermeiden)	1-2	2	3
	Einsatz eines Boden und Pflanze berücksichtigenden, umweltschonenden operativen Steuerverfahrens unter Berücksichtigung der Wetterprognose	2-3	1	1
Bodenbearbeitung	an Standort und Schlagzustand angepasste Bearbeitung	1	1	1
	Reduzierung der Bearbeitungsintensität (konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaat)	1-2	1	1-2
	Minimierung der Bodenverdichtung	1	1	1-2
Düngung	optimale Grundnährstoffversorgung	2	1	2
	regelmäßige Bodenuntersuchung (eventuell über die gesetzlichen Bestimmungen hinaus)	1	1	1-2
	bedarfsgerechte Düngung (über N _{min} -Methode hinaus, Verfahren der Pflanzenanalyse, Französisches Modell, Yara N-Tester, N-Monitoring, Nitra Check ...)	1-2	1	1-2
	Zusammenspiel mit anderen Nährstoffen beachten	1-2	1	1
	teilschlagspezifische Düngung	1-2	1	2
	Anwendung moderner Applikationsverfahren (Injektions-/Flüssig-Düngung, Unterfußdüngung, Anwendung stabilisierter Dünger, ...)	1-2	1	1-2
	Bilanzierungsverfahren zur Absicherung der Humusreproduktion	2	1	1
	Vorverlegung der Spätdüngung bei Vorsommertrockenheit	1	1	1
Flurgestaltung	Schlagunterteilung	1-2	1-2	1-2
	Erosionsschutzstreifen	1-2	1-2	1-2
	Agro-Forestry	1-2	1-2	1-2
	Stilllegung von Kuppen	1-2	1-2	1-2
	begrünte Hangrinnen	1-2	1-2	1-2



Maßnahme-komplex	Realisierung der Anpassung	Anpassungs-wirkung*)	Umsetzungs-zeitraum*)	Aufwen-dungen*)
Fruchtfolge	weite Fruchtfolgen (Fruchtfolgeregeln beachten, Nutzung Fruchtfolgeeffekte,...)	2	1	1-2
	Nutzung von Zwischenfruchtgemenge und Untersaaten	2	1	1-2
	Etablierung von Zweifruchtsystemen	2	1	2
	standortoptimiertes Fruchtartenspektrums zur Sicherung des Ertragspotenzials	2	1	1-2
	Anbau von Wärme liebenden Arten mit hoher Wasser-Nutzungseffizienz zur Ertragsstabilisierung	2	1	1-2
	weitestgehend kontinuierliche Bodenbedeckung (Zwischenfrüchte, Untersaaten, Strohmulch ...)	1-2	1	2
	Nutzung von Dauerkulturen zur permanenten Bodenbedeckung und Reduzierung des Arbeitsaufwandes	1	1-2	1
Pflanzen-schutz	Einführung des integrierten Pflanzenschutzes	1	1	1
	Anwendung von Monitoringverfahren (Schadschwellensystem)	1	1	1
	Anpassung/Einsatz von witterungs-basierten Schaderregerprognosemodellen	1	1	1-2
	Anpassung des PSM-Spektrums und der Anwendungszeitpunkte	1	1	1-2
	Einsatz moderner Applikationstechnik	1	1-2	1-2
	Teilflächenspezifische Applikation	1	1	2
Sortenwahl	Anbau trocken-toleranter und hitze-verträglicher Sorten	1	1	1-2
	Anbau von in der Abreife gestaffelten Sortentypen	1	1	1

*) 1- niedrig, 2-mittel, 3-hoch

Tabelle 6.1: Potenzielle Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an die Klimaveränderungen im Land Brandenburg

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget für das Teilprojekt war ausreichend und wurde vollständig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Arbeiten des Teilprojektes waren notwendig, um Möglichkeiten der betriebsspezifischen Anpassung der Landwirtschaft an sich ändernde Klimabedingungen zu entwickeln sowie verallgemeinerbare Empfehlungen für mögliche Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaftsbetriebe abzuleiten. Die Einbindung der Landwirte in den Demonstrationsbetrieben war eine angemessene Vorgehensweise, um die Ergebnisse in der Landwirtschaft zu etablieren.



II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Ausgehend von den Erfahrungen in den Demonstrationsbetrieben sind die Projektergebnisse für die landwirtschaftlichen Betriebe im Land Brandenburg bei der betriebsspezifischen Anpassung an die Bedingungen des Klimawandels von großem Nutzen. Über den Landesbauernverband Brandenburg, der aktiv in die Projektarbeit involviert war, und über die Netzwerke, in denen die im Projekt integrierten Demonstrationsbetriebe verankert sind, werden die erzielten Ergebnisse schrittweise in der breiten Praxis wirksam und tragen unmittelbar zur mittel- bis langfristigen Anpassung der Agrarbetriebe an den Klimawandel bei. Damit ist ein Wissenstransfer aus der Wissenschaft in die Praxis und eine direkte Rückkopplung aus der Praxis gegeben. Die empfohlene Nachnutzung und betriebsspezifische Abwandlung von Anpassungsmaßnahmen führt in den Landwirtschaftsbetrieben zu einem Wissensvorsprung, der ihnen die Möglichkeit gibt, schneller und flexibler auf die sich ändernden Umweltbedingungen zu reagieren.

Die in den Demonstrationsbetrieben eingeführten Maßnahmen zur Anpassung an das sich verändernde Klima wurden betriebsseitig im Wesentlichen beibehalten. So wurden in der Agrargenossenschaft Forst e.G. die doch recht engen durch den Maisanbau geprägten Fruchtfolgen aufgeweitet. Damit wird gleichzeitig auch dem Vordringen des Maiswurzelbohrers entgegengewirkt. In der Agrargenossenschaft e.G. Wilsikow-Milow werden die vorgeschlagenen betriebsspezifischen Maßnahmen zu einer reduzierten Bodenbearbeitung weitergeführt.

Auch nach Abschluss des INKA BB Projektes halten die Demonstrationsbetriebe untereinander Kontakt und tauschen Erfahrungen aus. Viele von ihnen äußerten den Wunsch, dass auch weiterhin eine Unterstützung seitens des ZALF aufrechterhalten werden sollte. Es besteht Übereinstimmung, dass das Netzwerk zwischen den Demonstrationsbetrieben und dem ZALF auch nach Projektende weiter fortgeführt wird und immer die neuesten Erkenntnisse vermittelt werden.

Die tabellarisch zusammengefassten potenziellen Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an die Klimaveränderungen im Land Brandenburg werden über die Innovationsbörse Klimaanpassungsstrategie und über das Klimaportal Klima-Bob allen Landwirtschaftsbetrieben öffentlichkeitswirksam zur Verfügung gestellt.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Auf dem im Projekt bearbeiteten Gebiet gab es während der Vorhabensdurchführung keine Fortschritte und Projekte bei anderen Stellen.

II.6 Veröffentlichungen

SCHURIG, M.; JOSCHKO, M.; KUKA, K.; ILLERHAUS, B.; FRITSCH, G. (2015): Wenn Wissenschaftler auf Brandenburger Äckern „spielen“ gehen“. Bauernzeitung (im Druck)



Teilprojekt 7 - Anpassungstools für einen klimaplastischen Ökolandbau

Projektleitung: Prof. Dr. Anna Maria Häring, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde; Dr. Johann Bachinger, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels weist der Ökologische Landbau eine besondere Vulnerabilität auf. Grund hierfür ist, dass die Anbausysteme des Ökolandbaus weitgehend Stickstoff limitiert sind. Gerade auf den leichten Böden in Brandenburg kann sich die Stickstoffversorgung im Ökologischen Landbau durch die zu erwartenden klimatischen Veränderungen in Brandenburg (Trockenheit, ungünstigere Niederschlagsverteilung in der Hauptwachstumsphase, milde niederschlagsreiche Winter) deutlich verschlechtern. Einerseits wird durch Wassermangel die mikrobielle Stickstoffmineralisation reduziert, andererseits erhöhen milde niederschlagsreiche Winter auch die Gefahr von Nitratauswaschungsverlusten. Im Gegensatz zum Integrierten Landbau kann der Ökologische Landbau die zu erwartenden Ertragsdepressionen und -unsicherheiten weder durch kurzfristig reaktive Anpassung des off-farm Betriebsmitteleinsatzes (z.B. mineralische N-Düngemittel) noch durch den Einsatz von verdunstungsreduzierenden Mulchsaatsystemen mit obligatorischem Herbizideinsatz kompensieren. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass der Ökolandbau auf die Erzeugung betriebseigener sowie ökologisch erzeugter Futtermittel angewiesen ist. Ernteverluste durch Extremwetterereignisse (z.B. Trockenheit) können nur begrenzt durch Futtermittelzukaufe kompensiert werden. Engpässe bei der Futtermittelerzeugung (geringer Aufwuchs an Futterleguminosen) führen zu einem geringeren N-Input in den Stoffkreislauf, wodurch der Stickstoffmangel wiederum verschärft wird. Im Ökologischen Landbau sind deshalb Regulations- und Anpassungsmaßnahmen primär auf der strategisch langfristigen Planungsebene anzusetzen (klimaplastische Anpassung), da auf der operativ kurzfristigen Planungsebene nur sehr eingeschränkt (klimaflexibel) reagiert werden kann. Der Begriff „Klimaplastische Anpassung“ beschreibt somit einen Anpassungsprozess, der ausgehend von der strategischen Planungsebene langfristig zu einer erhöhten Klimarobustheit des Gesamtsystems führt.

Ziel des Projektes ist es, Strategien, Verfahren und Werkzeuge zu entwickeln, die Ökobetrieben (speziell in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald) eine optimale Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels ermöglichen. Das Projekt hat sich hierfür folgende Ziele gesteckt:

- Aufbau eines Betriebsnetzwerkes bestehend aus Praxisbetrieben, Anbauverbänden und Forschungseinrichtungen,
- Ausgehend von dem Erfahrungswissen der PraktikerInnen und dem aktuellen Ist-Zustand werden im Rahmen des Netzwerkes mittels On-Farm-Versuchen praxistaugliche regional- und betriebspezifische Anpassungsmaßnahmen für den Ackerbau entwickelt. Besonderes Augenmerk gilt hierbei den Bereichen: Klimaplastische Gestaltung von Anbauverfahren, Fruchtfolgen u. a. Erprobung von Zweikulturnutzungssystemen,
- Optimierung des Anbaus von Zwischenfrüchten,
- reduzierte Bodenbearbeitung, Modifikation des Saattermins sowie Erhöhung der Kulturartenvielfalt.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Das Thema „Klimawandel und Ökolandbau“ wurde in der Forschung bisher hauptsächlich aus der Perspektive des Klimaschutzes betrachtet. Im Vordergrund standen die Fragen der Emissi-



onsminderung und der CO₂-Fixierung. Demgegenüber wurde im Ökolandbau die komplexe Fragestellung der Anpassung an den Klimawandel und die Frage nach der systembedingten Vulnerabilität bisher kaum thematisiert. Ein vergleichbares Projekt war daher nicht bekannt. Die Neuheit des Lösungsansatzes ergab sich aus drei Punkten:

- Ganzheitlicher Ansatz der klimaplastischen Anpassung: Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel wurden in der Landwirtschaft bisher meist sektoral und ohne einen systemaren Ansatz diskutiert. Als Ergebnisse wurden monokausale Lösungsansätze präsentiert. Beispielsweise wird der Anbau trockenheitstoleranter und/oder gentechnisch veränderter Sorten als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel dargestellt, ohne das Erfahrungswissen der LandwirtInnen, Fruchtfolgeeffekte, den lokalen Wasserkreislauf oder die Landschaftsstruktur mit in den Lösungsansatz einzubeziehen. Der hingegen im Projekt verfolgte Ansatz einer partizipativen klimaplastischen Anpassung basiert auf der ganzheitlichen Betrachtungsweise des Ökolandbaus. Ziel ist es, das gesamte System Ökolandbau so zu modifizieren, dass eine ökonomisch erfolgreiche Anpassung an möglichst alle Auswirkungen des Klimawandels erfolgen kann (d.h. Anpassung an Starkregenereignisse sowie an Trockenperioden etc.). Dabei stehen systembedingt die langfristige strategische Planungsebene und die N-Versorgung im Vordergrund des Projektes. Wesentliche Grundlagen für den geplanten Fruchtfolgeplaner waren in Form des Modells ROTOR (BACHINGER und ZANDER 2007) gegeben.
- Produktentwicklung im Akteursverbund: Die Anpassungsleistungen und Produkte wurden in einem neuartigen transdisziplinären Aktionsforschungsansatz auf regionaler Ebene iterativ entwickelt. Dieser Verbund besteht aus Öko-Betrieben mit ihren Anbauverbänden (plus Beratung), der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde sowie dem Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
- Direkter Wissenstransfer: Ferner wurde ein anwendungsorientierter Aktionsforschungsansatz angewandt, der zur direkten Implementierung, Evaluierung und Weiterentwicklung der Anpassungsstrategien und Maßnahmen führte. Hierbei wurden explizit die spezifischen historisch gewachsenen Kommunikationswege und Organisationsstrukturen des Ökolandbaus genutzt.

I.4.1 Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Für die Durchführung der Praxisversuche wurde erstmalig in Brandenburg ein Ringschneider sowie eine Grubberdrille der Firma HEKO eingesetzt und praktisch auf Landwirtschaftsbetrieben erprobt (<http://www.heko-landmaschinen.de/index.php?l=180>).

I.4.2 Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Für das Projekt wurden für die Ertragsmodellierung Klimadaten des Regionalen Klimamodell STARS des Potsdamer Institutes für Klimafolgenforschung verwendet. Bei Recherchen wurde u.a. der Informationsdienst des Climate Service Center verwendet.

Ferner wurde das Ertragsprognosemodelle LEGRAY sowie der Fruchtfolgeplaner ROTOR verwendet:

BACHINGER J, REINING E (2009) An empirical statistical model for predicting the yield of herbage from legume-grass swards within organic crop rotations based on cumulative water balances. Grass Forage Sci 64:144–159

BACHINGER, J. and ZANDER, P. 2007. ROTOR: a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems. European Journal of Agronomy 26, 130-143.



I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Aufgrund der partizipativen und transdisziplinären Ausrichtung von INKA BB erfolgte im Projekt eine enge Zusammenarbeit mit zahlreichen Stellen und Partnern. Ferner wurde in Anbetracht der Projektziele das Netzwerk im Verlauf des Projektes stetig erweitert. Folgende Institutionen und PartnerInnen waren an den Aktivitäten des Projektes beteiligt:

- Bioland-Beratung Ostdeutschland
- Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel
- Naturlandberatung
- Arc-Beratungs-GbR
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- Landgut Pretschen
- Gut Wilmersdorf
- Ökodorf Brodowin
- Gut Temmen
- Beerfelder Hof
- Humboldt Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich Gärtnerische Fakultät, FG Acker- und Pflanzenbau und FG Beratung und Kommunikation
- Bioland Beratung Brandenburg
- Naturland Beratung
- Demeter Freie Ausbildung Brandenburg
- Fehrower Agrarbetriebs GmbH
- Demeterbetrieb Juchowo (Polen)
- Forschungsinstitut Biologischer Landbau (FiBL)
- Landesbauernverband Brandenburg
- Regionalstellen für Agrarbildung im Land Brandenburg
- Round Table on Organic Agriculture and Climate Change (RTOACC)
- Internationale Klimaschutzinitiative des BMU; Projekt Deutsch-Chinesische Klimapartnerschaft.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Im Folgenden werden die im Projekt erzielten Ergebnisse entsprechender der durchgeführten Arbeitspakete aufgeführt.

Das Projekt begann im Juni 2009 mit dem Arbeitspaket Netzwerk und Wissen. In der Initialphase wurde der Akteursverbund Betriebsnetzwerk Klimaplastischer Ökolandbau etabliert und eine entsprechende Arbeitsgruppe eingerichtet. Das Netzwerk konzentrierte sich hierbei auf die für Brandenburg typischen flächenstarken Betriebe. Der Verbund bestand aus Praxisbetrieben der Anbauverbände Bioland, Demeter, Naturland und der HNE Eberswalde mit dem InnoForum Ökolandbau Brandenburg sowie Ökolandbau-Experten vom ZALF (Institut für Landnutzungssysteme). Am 16.10.2009 wurde eine SWOT-Analyse zur Ausgangssituation durchgeführt (SWOT I). Die Ergebnisse der SWOT I wurden in einem Auswertungsbericht zusammengefasst.

Ausgehend von den Ergebnissen der SWOT-Analyse wurde im darauffolgenden für die Durchführung der geplanten Praxisversuche und -erhebungen (On-Farm-Research) in den Schwerpunktregionen Barnim-Uckermark und Spreewald-Lausitz geeignete Demonstrationsbetriebe ausgewählt und festgelegt. Entsprechender der betriebspezifischen Fragestellungen wurden mit zunächst drei Betrieben Durchführungsverträge zu mehrjährigen Anbausystemversuchen abgeschlossen. Ferner wurde zur Realisierung der Praxisversuche ein Ringschneider beschafft.

Im Versuchsmodul Demonstrationsbetriebe wurden bis zum Projektende 2014 auf insgesamt sechs Betrieben (Gut Temmen, Gut Wilmersdorf, Ökodorf Brodowin, Beerfelder Hof, Fehrower Agrargesellschaft, Landgut Pretschen) Praxisversuche und -erhebungen durchgeführt. Dabei



wurden auf drei Betrieben mehrjährige Anbausystemversuche angelegt. Ursprünglich waren laut Antragskizze vier Praxisversuche vorgesehen. Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs wurde die Anzahl der Praxisversuche jedoch ausgeweitet, da hierdurch ein zentrales Ziel von INKA BB erreicht wurde (Netzwerkerweiterung). Am 11.06.2010 wurde das erste „Demonstrationsmodul“ durchgeführt und in Form eines Feldtages für Öko-Landwirte angeboten (Demonstrationsvorhaben „Klimaangepasste Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau“). Dabei wurden auf der Versuchsstation Thyrow (HU) die INKA BB Anbausystemversuche präsentiert sowie die Bodenbearbeitung mit dem Ringschneider praktisch demonstriert. Die Durchführung erfolgte in Kooperation mit den Teilprojekten 3, 6 und 8. Folgende als Abbruchkriterien formulierten Teilziele wurden im ersten Projektjahr erreicht:

- Es existieren vier Demonstrationsbetriebe, mit denen Durchführungsverträge abgeschlossen wurden.
- Auf den Betrieben wurde eine Ist-Zustandsanalyse der bisherigen Anbausysteme durchgeführt
- Ein Anforderungsprofil zum Fruchtfolgeplaner liegt vor.

Die Fragestellungen und Projektergebnisse der betriebspezifischen Anbausystemversuche wurden als inhaltlich-didaktische Grundlage für die Erstellung von Ausbildungsmedien verwendet. Folgende Aktivitäten wurden zur Entwicklung und Erprobung der Ausbildungsmedien durchgeführt:

- Erstellung von Lehrmaterialien für die Ausbildung von Landwirten und Ökolandbau-Studenten (Power-Point Präsentationen: Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft; Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel)
- Mitarbeit am DBB-Filmprojekt zur Erstellung von Ausbildungsmedien gemeinsam mit dem Teilprojekt 3
- Anwendung der Ausbildungsmedien bei folgenden Veranstaltungen: Lehrinheit „Klimaplastischer Ökolandbau“ für Masterstudenten des Studiengang Global Change Management (Müncheberg, 21.05.2010); Sommerakademie 2010: Ökolandbau im Spannungsfeld des Klimawandels (Eberswalde, 30.06.2010); Lehrinheit: On-farm-Versuche zur Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen im Ökolandbau (Modul Versuchswesen, 5. Semester Ökolandbau und Vermarktung, Müncheberg 22.11.2010); Lehrinheit „Klimawandel und Landwirtschaft“ für Studierende der Studiengänge Ökolandbau und Vermarktung (5. und 3. Semester) sowie Landschaftsnutzung und Naturschutz (5. Semester) (Eberswalde, 24.11.2010 und 08.12.2010); Lehrinheit „Klimaplastischer Ökolandbau“ im Modul Bodenkunde und Standortlehre (1. Semester Ökolandbau und Vermarktung) (Eberswalde, 16.12.2010)

Die Demonstrationsmodule sowie die Ausbildungsmedien wurden durch den iterativen Projektverlauf (Wiederkehrende SWOT-Analysen) stetig überarbeitet und weiterentwickelt. Am 23.06.2011 erfolgte die Durchführung des zweiten überarbeiteten Demonstrationsmoduls im Rahmen eines Feldtages auf der Versuchsstation des ZALF in Müncheberg („Klimaangepasste Anbauverfahren für den Ökolandbau“ gemeinsam mit Bioland (23.06.2011; Müncheberg):

- Vorstellung der Exaktversuche des Teilprojekts; Teilnehmer ca. 30 Landwirte sowie Wissenschaftler und Berater aus der Region + Verbandsvertreter von Naturland und Demeter
- Durchführung des Feldtages „Innovationen zur Optimierung der Stickstoffversorgung im Ökologischen Ackerbau“ gemeinsam mit Bioland (Gut Wilmersdorf, 20.06.2012) Demonstration des Praxisversuches und Anwendung der Lehrmedien „Klimaangepasste Anbauverfahren für das Fruchtfolgeglied Klee-gras-Winterweizen-Winterroggen“. Teilnehmer: 7 Landwirte sowie 25 Studenten sowie Wissenschaftler und Bioland-Berater



- Ausgehend von Fragestellungen aus der Praxis (siehe SWOT I) wurden auf der Versuchstation in Müncheberg (Modellbetrieb Organischer Landbau) fünf Exaktversuche (jeweils mit reduzierter und wendender Bodenbearbeitung; Pflug / Ringschneider) angelegt (genesteter Versuchsaufbau). Auf den Versuchspartzen wurden ferner bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt.
- Weiterentwicklung des Ertragsprognosemodells LEGRAY zur Überprüfung von Annahmen aus der SWOT I (Überprüfung der Auswirkungen des Klimawandels in Brandenburg auf die Erträge von Futterleguminosengrasgemengen).
- Weiterentwicklung des Fruchtfolgeplaners ROTOR zu einer praxistauglichen Webversion

Aufgrund des Praxisbedarfs (siehe Bericht zur SWOT I) wurde die Weiterentwicklung des Ertragsprognosemodells LEGRAY gegenüber dem Fruchtfolgeplaner ROTOR im Projekt prioritär behandelt. Entsprechend des Arbeitsplanes wurde am 2010 eine Nutzeranalyse zum Fruchtfolgeplaner ROTOR durchgeführt, an der Ökolandbau- und Ackerbauberater teilnahmen. Im Rahmen der Analyse wurde anhand eines Prototypen ein Anforderungsprofil für ROTOR zur Weiterentwicklung als Beratungsinstrument erarbeitet (Abbildung klimaangepasster Anbauverfahren und Fruchtfolgen mittels des Fruchtfolgeplaners; geplante Bereitstellung des Planer als Webversion). Am 16.03.2011 erfolgt eine Zwischenpräsentation der Projektergebnisse im Rahmen eines Netzwerkworkshop auf der 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Schwerpunkt: Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxispartnern)

Um zu erfassen, inwieweit die Projektaktivitäten und Austauschprozesse die gewünschten Wirkungen erzielten, wurde im Arbeitspaket „Entwicklung Evaluationsrahmen“ ein Konzept zur Wirkungsabschätzung (Output-Result-Impact) entwickelt und installiert. Hierfür wurde ein Evaluationsrahmen zur Durchführung einer Fragebogenstudie entwickelt. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden in der Fachzeitschrift Ökologie & Landbau publiziert (s. u.) sowie im Rahmen einer Masterarbeit ausgewertet.

Im Arbeitspaket „Synthese und Justierung“ wurden die Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Betriebsnetzwerk erfasst und aufbereitet. Ferner erfolgt die Durchführung der zweiten SWOT-Analyse (Akteurstreffens am 06.12.2011) deren Ergebnisse in einem Bericht zusammengefasst wurden. Ferner wurden hierbei die Ergebnisse der Fragebogenstudie mit berücksichtigt.

Zur abschließenden Evaluation im Dezember 2013 erfolgte eine Fokusgruppendifkussion mit den Praxispartnern. In Anlehnung an die MEANS/Evalsed-Methodik der EU und dem ORGAPET (Organic Action Plan Evaluation Toolbox) (Lampkin et al., 2008) wurden die Wirkungen des Teilprojekts evaluiert. Dabei wurden vier Ebenen unterschieden: a) die Maßnahmen-Ebene (mit Ressourcen-Indikatoren): Finanz- und Personenmittel; b) die Ebene der Teilnehmer (mit Output-Indikatoren): projektbezogen, die Projektnehmer gelten als direkte Nutznießer; c) die Sektor-Ebene (mit Ergebnis-Indikatoren): indirekte Effekte im Ökosektor, z. B. bessere Anpassungskapazität; d) die gesellschaftliche Ebene (mit Impact-Indikatoren): z. B. Klimaadaptionsfähigkeit. Die Evaluation zeigte, dass ein Teil der erprobten Verfahren und Herangehensweisen in der Praxis umgesetzt, der Informationsfilm von einer breiten Öffentlichkeit gesehen und eine Reihe von wissenschaftlichen Abschlussarbeiten zum Thema Anpassungskapazität durchgeführt wurden. Ferner wurde neuartige Technik demonstriert und bereits seitens der Praxis beim Hersteller angefordert.

Zur weiteren Optimierung der Anpassungsmaßnahmen erfolgt bis zum Projektabschluss eine zweite Synthesephase, in der eine dritte SWOT-Analyse durchgeführt wurde. Die Durchführung der Analyse erfolgte im Rahmen eines Akteursworkshops, der am 04.12.13 an der HNE Eberswalde stattfand. An dem Workshop nahmen drei Landwirte, zwei Berater, zwei Verbandsvertreterinnen, fünf Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sowie zwei Technikerinnen und ein Student teil. Die Ergebnisse wurden in einem Auswertungsbericht zusammengefasst.

Im Jahr 2013 erfolgten die Fertigstellung der Endprodukte sowie deren Demonstration:



Durchführung des Demonstrationsvorhabens / Feldtag „Klimaangepasste Anbauverfahren für den Ökolandbau“ in Müncheberg am 19.06.2013. Gemeinsames Demonstrationsvorhaben von Bioland, Naturland, HNE und ZALF. Teilnehmer ca. 40 Landwirte sowie Wissenschaftler und Berater aus der Region + Verbandsvertreter von Naturland. Zeitgleiche Produktion eines Filmbeitrages durch den MDR für das Programm LexiTV und die Sendung Landwirtschaft im Wandel (26.06.2013): „Neue Herausforderungen für den Ökolandbau“ (Beitrag kann über die ARD Mediathek abgerufen werden);

Lehreinheit „Klimaplastischer Ökolandbau“ für Junglandwirte im Rahmen der Freien Ausbildung (Biologisch Dynamische Landwirtschaft) (Müncheberg; 17.06.2013 und 29.08.2013);

Veröffentlichung der Projektergebnisse als Buch BLOCH, R.; BACHINGER, J.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R. (Hg.) (2014): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. München: oekom verlag (KLIMZUG, 8), 397 S.;

Veröffentlichung einer praxistauglichen Version des Fruchtfolgeplaners (Webversion) unter <http://www.zalf.de/de/forschung/institute/lse/downloads/Seiten/default.aspx>;

Fertigstellung des Klima-Impact Modells LEGRAY für Futterleguminosengrasgemenge und Veröffentlichung der Ergebnisse in der Fachzeitschrift Regionale Environmental Change.

Ausgehend von den Ergebnissen der dritten SWOT-Analyse und den Evaluationsergebnissen wurden gemeinsam mit den Anbauverbänden konkrete Handlungsempfehlungen und Strategien für die Verstetigungsphase erarbeitet, im Rahmen einer Interessensbekundung für eine Europäischen Innovationspartnerschaft (EIP) als konkret Verstetigungsinitiative zusammengetragen und beim Landwirtschaftsministerium (MIL) des Landes Brandenburg eingereicht. Diese Form wurde bewusst gewählt, da hierdurch die Projektziele besser erreicht werden können, als mit einem eher theoretischen Strategiepapier. Zudem wurde eine Ergebnispräsentation auf der 13. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau durchgeführt.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das Projektbudget wurde entsprechend des Arbeitsplans zur Umsetzung der jeweiligen Arbeitspakete planmäßig eingesetzt. Aufgrund des partizipativen und iterativen Projektansatzes wurden die Mittel am entsprechenden Bedarf der Praxis ausgerichtet (z.B. Umwidmungsantrag zum Abschluss eines Mietkaufvertrages für den Ringschneider). Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs wurden zusätzliche Aktivitäten durchgeführt, die vorher nicht eingeplant waren (Anlage zusätzliche Praxisversuche) und aus Transfermitteln finanziell unterstützt (z.B. Mietkaufvertrag Grubberdrille)

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Projekt geleistete Arbeit war notwendig und angemessen. Aufgrund der Ausweitung der Praxisversuche waren zusätzliche Personalkapazitäten notwendig (Einstellung von Praktikanten zur technischen Hilfe, Aufstockung technische Mitarbeiterin).

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten:

Einige der erprobten Anbauverfahren waren vielversprechend und werden in der Praxis weiterhin angewandt (siehe Bloch, R.; Bachinger, J.; Fohrmann, R.; Pfriem, R. (Hg.) 2014.) Inwieweit sich hieraus für die Praxisbetriebe mittel- bis langfristig wirtschaftliche Erfolgsaussichten ergeben kann nicht abgeschätzt werden.

Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten:

Einige der erprobten Anbauverfahren waren vielversprechend und werden in der Praxis weiterhin angewandt und können daher als wissenschaftlich und technisch erfolgreich eingestuft werden (siehe BLOCH, R.; BACHINGER, J.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R. (Hg.) 2014)



Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit:

Um eine wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und eine optimale Verwertung der Projektergebnisse zu erzielen wurde im Rahmen des BMUB Förderprogramms für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ein Projektantrag eingereicht. Titel des Projektes: „Bildungseinheiten zur Stärkung experimenteller Kompetenzen in der Landwirtschaft (BeLa)“. Bewilligung des Vorhabens am 28.04.2015 FKZ:03DAS052

Integration der methodischen Ansätze, Ergebnisse und Erfahrungen aus INKA BB in das FACCE-JPI (ERA-net plus) Projekt „Climate Change Adaptability of cropping and Farming systems for Europe“

Erstellung einer EIP-Interessensbekundung auf Basis des INKA BB Netzwerks für den EIP-Wettbewerb des Landes Brandenburg

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Aufgrund der spezifischen Ausrichtung des Vorhabens (Ökolandbau in Brandenburg) gab es keinen vergleichbaren Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.

II.6 Veröffentlichungen

BACHINGER, J.; BLOCH, R.; RECKLING, M.; STEIN-BACHINGER, K. (2015): 20 Jahre Modellbetrieb für Ökolandbau in Müncheberg. Teilprojekt 1: Entwicklung von Humus- und Nährstoffgehalten. In: Anna Maria Häring, B. Hörning, R. Hoffmann-Bahnsen und H. Luley (Hg.): Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung. Berlin: Köster Berlin, S. 260-261.

BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2013): Entwicklung klimaangepasster Anbauverfahren im Ökolandbau mittels Methoden der Aktionsforschung. In: Daniel Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und Ulrich Köpke (Hg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. 1. Aufl. Berlin: Köster Berlin, S. 640-643

BLOCH, R.; BACHINGER, J.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R. (Hg.) (2014): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. München: oekom verlag (KLIMZUG, 8), 397 S.

BLOCH, R.; BACHINGER, J.; HÄRING, A. M. (2014): Praxisversuche zur Erhöhung der Anpassungskapazität im Ökolandbau. In: Bloch R.; Bachinger J.; Fohrmann R. und Pfriem R. (Hg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. München: oekom verlag (KLIMZUG, 8), S. 93-110.

BLOCH, R.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R.; TOUSSAINT, V.; BACHINGER, J. (2014): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Einführung in die Publikation. In: Bloch R.; Bachinger J.; Fohrmann R. und Pfriem R. (Hg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. München: oekom verlag (KLIMZUG, 8), S. 11-19.

BLOCH, R.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R.; TOUSSAINT, V.; BACHINGER, J. (2014): Erfolgsfaktoren für den Anpassungsprozess an den Klimawandel in der Land- und Ernährungswirtschaft. Fazit und Ausblick. In: Bloch R.; Bachinger J.; Fohrmann R. und Pfriem R. (Hg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. München: oekom verlag (KLIMZUG, 8), S. 374-380.

BLOCH, R.; HEß, J.; BACHINGER, J. (2015): Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge von Leguminosengrasgemengen im Land Brandenburg. In: Anna Maria Häring, B. Hörning, R. Hoffmann-Bahnsen und H. Luley (Hg.): Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung. Berlin: Köster Berlin, S. 3-6.

BLOCH, R.; WECHSUNG, F.; HEß, J.; BACHINGER, J. (2015): Climate change impacts of legume-grass swards: implications for organic farming in the Federal State of Brandenburg, Germany. In: Regional Environmental Change 15 (2), S. 405-414.

BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2013): Entwicklung klimaangepasster Anbauverfahren im Ökolandbau mittels Methoden der Aktionsforschung. In: Daniel Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und Ulrich Köpke (Hg.): Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. 1. Aufl. Berlin: Köster Berlin, S. 640-643.



- BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2014): Angepasstes Wirtschaften. Ergebnisse des Projektes INKA BB. In: Naturmagazin 28 (1), S. 14-15.
- BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2012): Klimawandel trifft Ökolandbau in Brandenburg. In: Forschungsreport spezial Ökologischer Landbau, H. 1, S. 22–23.
- BLOCH, R.; HÄRING, A. M.; BACHINGER, J.; ROLLE, E. (2012): Ist der Ökolandbau fit für die Zukunft? In: Ökologie & Landbau 163 (3), S. 49-51.
- BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2012): Entwicklung klimaangepasster Anbauverfahren für den Öko-Landbau. In: Naturland-Nachrichten, H. 1, S. 25-27
- BLOCH, R.; BACHINGER, J.; PALME, S. (2010): Anbauverfahren passend zum Klima. In: Bioland, H. 11, S. 10-11.
- BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2010): Anpassung an den Klimawandel im Praxistest. Innovationen im Ökologischen Landbau. In: Forschungsreport, H. 2, S. 18–21.
- BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2012): Assessing the Vulnerability of Organic Farming Systems - A Case Study from the Federal State of Brandenburg, Germany. In: Producing and Reproducing Farmings Systems: New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow. Book of Abstracts. 10th European IFSA Symposium. Aarhus, Denmark, 1.-4. Juli. IFSA Europe; Aarhus University; Swedish University of Agricultural Sciences, S. 53-54.
- MADSEN, GUDULA (2009): Blick in die Zukunft. Klimawandel und Ökolandbau / Anpassungsstrategien für die Praxis im Bereich Pflanzenbau und Pflanzenernährung. In: Bauernzeitung, Ausgabe 26. Woche, 2009, S. 24–25.
- RECKLING, M.; DÖRING, T. F.; BLOCH, R.; STEIN-BACHINGER, K.; BACHINGER, J. (2015): 20 Jahre Modellbetrieb für Ökolandbau in Müncheberg. Teil 2: Wie ertragslabil sind Körnerleguminosen? In: Anna Maria Häring, B. Hörning, R. Hoffmann-Bahnsen und H. Luley (Hg.): Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung. Berlin: Köster Berlin, S. 301-302.
- REYER, C.; BACHINGER, J.; BLOCH, R.; HATTERMANN, F. F.; IBISCH, P. L.; KREFT, S. et al. (2012): Climate change adaptation and sustainable regional development: a case study for the Federal State of Brandenburg, Germany. In: Regional Environmental Change 12 (3), S. 523-542.
- SIART, S.; KNIERIM, A.; BLOCH, R.; BACHINGER, J. (2012): Development of Agricultural Innovations in Organic Agriculture to adapt to Climate Change - Results from a Transdisciplinary R&D Project in North-Eastern Germany. In: Producing and Reproducing Farmings Systems: New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow. Book of Abstracts. 10th European IFSA Symposium. Aarhus, Denmark, 1.-4. Juli. IFSA Europe; Aarhus University; Swedish University of Agricultural Sciences, S. 55
- TOUSSAINT, V.; BLOCH, R.; KLEPATZKI, J. (2014): Landwirtschaft im Klimawandel. In: LandInForm (2), S. 38-40.

Im Rahmen des Projektes entstandene Abschlussarbeiten an der HNE Eberswalde

- ERIC ROLLE: „Anpassungskapazität von landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg an den Klimawandel – eine Fragebogenstudie (Masterarbeit, 01.08.2011)
- MARCO TITTEL: „Reduzierte Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau im Land Brandenburg“. (Bachelorarbeit; 21.11.2011)
- DANA KOCUR: „Vulnerabilitätsanalyse des Ökologischen Landbaus im Land Brandenburg gegenüber dem Klimawandel“. (Bachelorarbeit; 17.11.2011)
- HELLA V. DALLWITZ: Etablierung von Zwischenfrüchten unter veränderten Klimabedingungen - Anpassungsmaßnahmen für die ökologische Landwirtschaft“ (Bachelorarbeit, 08.05.2011)
- CHRISTAN WEIDER: „Stickstoff- und Kohlenstoffdynamik von unterschiedlichen Klee grasnutzungssystemen unter besonderer Berücksichtigung als Biogassubstrat“ (Bachelorarbeit, 12.01.2012)
- RICHARD STRELOW: „Optimierung der Stickstoffversorgung zur Erzeugung von Qualitätsweizen durch Fruchtfolgegestaltung und Applikation von Gärresten“ (Bachelorarbeit, 04.02.2012)
- ANDRÉ SCHENKE: „Entwicklung eines Luzerne-Klee gras Nutzungskonzeptes unter besonderer Beachtung des Klimawandels für den Partnerbetrieb Gut Schmerwitz“ (Bachelorarbeit; 27.02.2012)
- JENNIFER WEYKAMP: „Schwachstellenanalyse der Fruchtfolgepraxis im Ökolandbau im Raum Dahme-Spreewald vor dem Hintergrund des Klimawandels“ (Masterarbeit, 21.12.2013)
- JANETTE SENST: „Aufbau & Entwicklung der Ertragskomponenten ausgewählter Weizensorten unter dem Einfluss verschiedener Aussaatstärken im Ökologischen Landbau“ (Bachelorarbeit, 18.11.2013)



Teilprojekt 8 - Sortenstrategien bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. Frank. Ellmer, Humboldt-Universität zu Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Ziel im Teilprojekt 8 war es, Wissen zur regionalspezifischen Leistung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen in der Region Brandenburg–Berlin zu generieren. Um Empfehlungen für die künftige Sortenwahl ableiten zu können, sollten anhand von Sekundärauswertungen vorhandener Daten aus Landessortenversuchen sowie mit On-Farm- und Exaktversuchen die Anpassungsfähigkeit des Sortiments von Winterweizen, Winterroggen, Wintertraps und Silomais an Stresssituationen wie temporären Wassermangel oder Hitze evaluiert werden. Dafür war der Aufbau eines Netzwerkes erforderlich, in dem Vertreter der amtlichen Sortenprüfung, der Saatgutvermehrung, der landwirtschaftlichen Praxis und wissenschaftlicher Einrichtungen zusammenarbeiten. Damit sollte vorhandenes Wissen gebündelt und durch neu gewonnene Erkenntnisse ergänzt werden.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Neben herkömmlichen Zuchtzielen für neue Getreidesorten wie Kornertrag, innere und äußere Qualität steht die Toleranz gegenüber Stress im besonderen Fokus der Pflanzenzüchtung (MIEDANER 2007). In der amtlichen Sortenprüfung werden diese Eigenschaften regional ermittelt und die Ergebnisse zur Verfügung gestellt (BARTHELMES & KRÜGER 2007). Nach EREKUL et al. (2007) werden die bisherigen Bewertungen zur Leistungsfähigkeit und Standorteignung von Sorten landwirtschaftlicher Fruchtarten unter sich ändernden Bedingungen nicht oder nur noch eingeschränkt zutreffen. Brandenburg ist besonders durch leichte Diluvialböden gekennzeichnet. In Verbindung mit einer Häufung von Vorsommertrockenheit und anderen klimatisch bedingten Extremsituationen kann dies negative Auswirkungen auf den Pflanzenbau haben (MLUV 2007). Aus diesem Grund gewinnt die Anpassungsfähigkeit von Sorten gegenüber klimatisch bedingten Extremsituationen, vor allem Hitze und Wassermangel zunehmend an Bedeutung (WITTCHEN & CHMIELEWSKI 2005).

Vor diesem Hintergrund war die Entwicklung von Sortenstrategien notwendig, welche an die sich verändernden klimatischen Bedingungen besonders angepasst und dementsprechend für den jeweiligen Standort besonders geeignet sind. Mit dem Aufbau eines Netzwerkes und der Durchführung von On-Farm- und Exaktversuchen sollte so die regionale Leistungsprüfung von Sorten unterstützt und der Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis gestärkt werden. Den Landwirten sollte ein spezielles Beratungs- und Informationsangebot bezüglich Sortenwahl zur Verfügung gestellt werden.

Literatur

- BARTHELMES, G.; GRÜGER, F. 2007: Sortenratgeber 2007/2008, Winterroggen/Wintertriticale, Landesamt für Verbraucherschutz Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Referat Ackerbau und Grünland. Potsdam, Brandenburg.
- EREKUL, O.; ELLMER, F.; YAVAS, I.; ÖNCAN-SÜMER, F. 2007: Influence of variety and mineral N-fertilization on yield and brewing quality of spring barley (*Hordeum vulgare* L. in Western Turkey. Arch. Agron. Soil Science (53) 2-3, 273-286.
- MIEDANER, TH. 2007: Durch Züchtung zum Erfolg – Perspektiven der modernen Hybridroggenzüchtung. In: Roggen – Getreide mit Zukunft. DLG Verl. Frankfurt, 161-162.
- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (2007): Integriertes Klimaschutzmanagement (iKSM), Bericht an den Landtag Brandenburg.



1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Im Teilprojekt 8 wurde ein Netzwerk aus unterschiedlichen Akteuren im Agrarbereich aufgebaut. Folgende Abbildung zeigt die ursprünglich geplante Zusammenarbeit und Arbeitsteilung der Projektpartner.

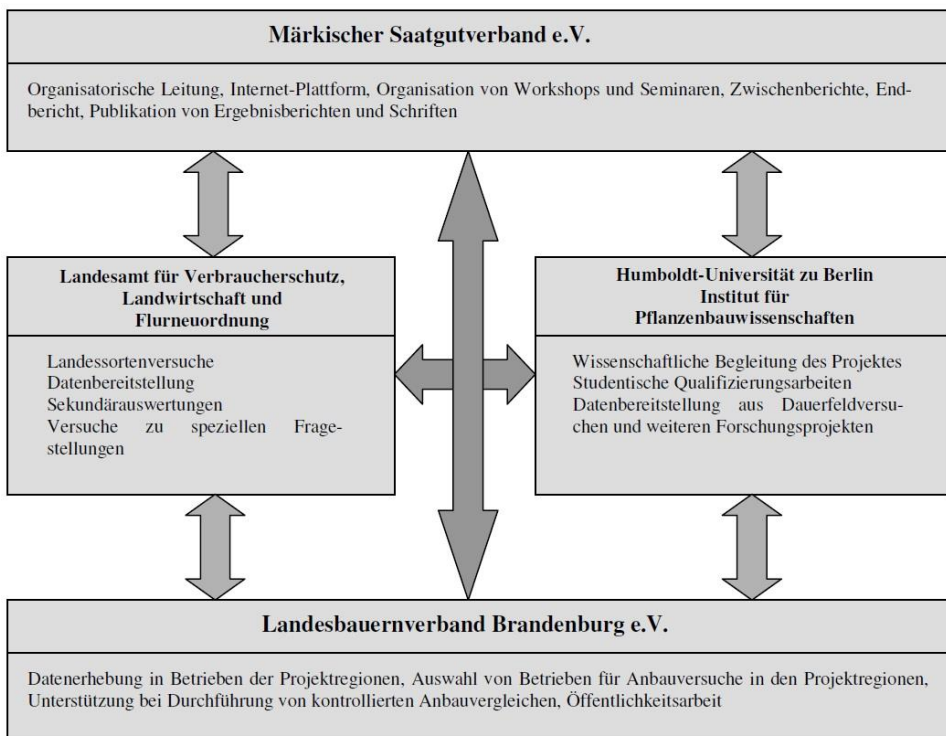


Abbildung 8.1: Kooperationspartner und geplante Arbeitsteilung zu Projektbeginn

Im Laufe des Projektes zeigte sich sehr schnell, dass auch die landwirtschaftlichen Unternehmen, auf deren Flächen die On-Farm-Versuche durchgeführt wurden, zu integrieren sind, woraus ein Netzwerk aus Projekt- und Praxispartnern entstand.

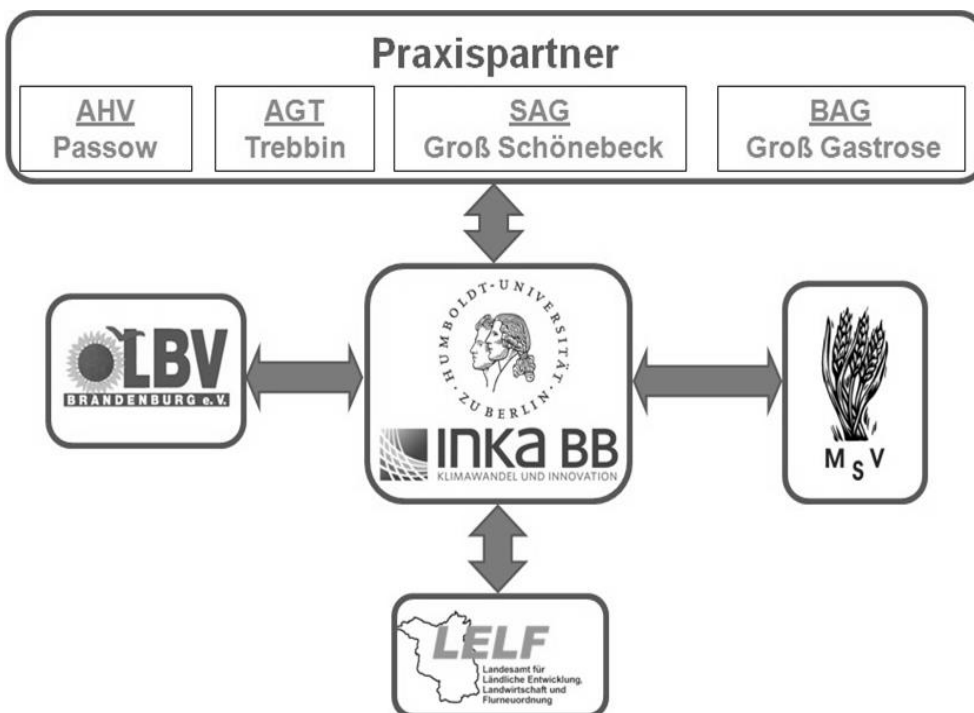


Abbildung 8.2: Netzwerk bestehend aus Projekt- und Praxispartnern



Besonders hervorzuheben ist die Zusammenarbeit mit den vier landwirtschaftlichen Unternehmen, welche die Basis der Sortenprüfung darstellten. Parallel zu den in den Landwirtschaftsbetrieben durchgeführten On-Farm Versuchen wurden durch das Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau dreijährige Exaktversuche in der Lehr- und Forschungsstation der Humboldt-Universität zu Berlin an den Standorten Berlin-Dahlem und Thyrow koordiniert. Jährlich wurden beim Landesbauernverband Brandenburg e.V. unter Teilnahme aller Projektpartner die Ergebnisse aus On-Farm- und Exaktversuchen diskutiert und evaluiert sowie das weitere Vorgehen besprochen. Neben den Partnern im etablierten Netzwerk konnten weitere Fachgebiete und Institutionen gewonnen werden, welche die Arbeit im Teilprojekt 8 unterstützen.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Wesentlicher Schwerpunkt zu Beginn des Projektes war der Aufbau und die Etablierung eines Netzwerkes. Mithilfe dieses Netzwerkes sollte ein schnellerer Wissenstransfer sowie ein Erfahrungsaustausch zwischen Projekt- und PraxispartnerInnen ermöglicht werden. Viele der Projekt- und PraxispartnerInnen kannten sich bereits vor Projektbeginn, was die Netzwerkbildung und den Dialog zwischen den AkteurInnen positiv beeinflusste. Zur Durchführung der On-Farm-Versuche konnten schnell vier landwirtschaftliche Unternehmen gefunden werden, die bereit waren, Sortenversuche innerhalb ihres Betriebes durchzuführen. In Gesprächen mit den Betriebsleitern vor Ort wurden Projektinhalte, Ziel der On-Farm-Versuche sowie die Methodik zur Durchführung der Versuche erläutert. Bei einem ersten Treffen aller Akteure wurden Ergebnisse aus einem Studienprojekt zur Sekundärauswertung der Landessortenversuche von 2003 bis 2009 für Winterroggen und Winterweizen präsentiert. Das verfügbare Datenmaterial wurde biostatistisch mit Blick auf klimatische Effekte für Winterweizen und Winterroggen ausgewertet. Hierbei wurden Ertragsparameter in Relation zu Witterungsdaten für die Jahre 2003 bis 2009 analysiert, um Genotyp-Umwelt-Interaktionen aufzuzeigen und Schlussfolgerungen für die praktische Sortenwahl zu ziehen. So konnte der Züchtungsfortschritt bei Winterroggen durch eine tendenziell positive Entwicklung des Ertragsniveaus bei guter Ertragsstabilität belegt werden. Mithilfe eines Sortenrankings ließen sich außerdem Sorten identifizieren, die sich unter besonderen klimatischen Einflüssen vom Referenzsortiment im Ertrag abhoben. Weiterhin zeigte sich, dass die Sorteneffekte bei Winterweizen und Winterroggen durch die Einflüsse von Standort und Jahreswitterung überlagert werden. Außerdem deutete sich an, dass frühreifende Winterweizen-Sorten in Trockenjahren Ertragsvorteile bieten können. Insgesamt konnte mit den Ergebnissen gezeigt werden, dass eine regionale Sortenprüfung vor dem Hintergrund des erwarteten Klimawandels von Bedeutung ist. Neben der Diskussion der Ergebnisse im Rahmen des Praxistreffens beim Landesbauernverband Brandenburg fanden zahlreiche Tagungen, Treffen, Experteninterviews, Praxisworkshops und Besprechungen mit den Projekt- und PraxispartnerInnen statt. Ein besonderes Highlight im Juni jeden Jahres war der Pflanzenbau-Feldtag (Praxisinformationstag Pflanzenbau) in Thyrow, welcher gemeinsam von der Facharbeitsgruppe Pflanzenbau organisiert und durchgeführt wurde. An der Veranstaltung beteiligten sich regelmäßig über 100 InteressentInnen aus der landwirtschaftlichen Praxis, Beratung und Verbänden sowie vor- und nachgelagerten Wirtschaftsbereichen. Gleichzeitig wurde der Feldtag als Plattform genutzt, um die aktuellen Ergebnisse aus dem Teilprojekt zum Thema „Sortenstrategien zur Anpassung an den Klimawandel“ dem breiten Fachpublikum zu präsentieren. Dieser Feldtag wurde über die Projektlaufzeit ein fester Bestandteil im Wissenschafts-Praxis-Dialog in der Region Brandenburg-Berlin geworden.

Die Homepage www.klimsort-bb.de wurde im weiteren Verlauf mit denen der Teilprojekte 6 und 7 fusioniert, um den Akteuren und interessierten Landwirten ein ackerbauliches Informationsportal anbieten zu können. Dabei handelte es sich um eine internetbasierte Informations- und Beratungsplattform, welche einen schnellen Wissenstransfer zwischen den Akteuren er-



mögliche. Ziel dieser Plattform war außerdem die Verstetigung über die Projektlaufzeit hinaus. Im Jahr 2013 wurde der Internetauftritt des Teilprojektes noch einmal grundlegend überarbeitet, da die Erreichbarkeit des Teilprojektes über die Seite www.klimabob.de bzw. klimsort-bb.de über die Projektlaufzeit nicht gewährleistet werden konnte. Aus diesem Grund wurde ein neuer Internetauftritt über die INKA BB Homepage gestaltet. Dort können Informationen über die Projektlaufzeit hinaus zum Thema „Sortenstrategien für Winterweizen, Winterroggen, Winterrips und Silomais zur Anpassung an den Klimawandel“ abgerufen werden. Auf der Startseite ist außerdem der im Teilprojekt entstandene Informationsfilm zum Teilprojekt zu sehen. Zusätzlich können über die Homepage die im Projekt entstandenen Publikationen, Pressemitteilungen und Fachvorträge heruntergeladen werden. Die eingerichtete Informationsplattform wird damit dem Aspekt des Wissenstransfers besonders gerecht.

Die Besonderheit im Projekt bestand darin, dass das ausgewählte Sortenspektrum sowohl in On-Farm-Versuchen vier brandenburgischer Landwirtschaftsbetriebe, als auch in Exaktversuchen an Standorten der Humboldt-Universität zu Berlin geprüft wurde. Neben den Ergebnissen existieren bereits Auswertungen und statistische Analysen aus den Exakt- und On-Farm-Versuchen. Die On-Farm-Versuche wurden unter verschiedenen Standortbedingungen für die in Brandenburg relevanten Fruchtarten Winterweizen, Winterroggen, Winterrips und Silomais in Kooperation mit vier landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt. Die regionale Lage der Betriebe in den Kreisen Uckermark, Barnim, Teltow-Fläming und Spree-Neiße repräsentiert die geoökologischen Bedingungen in Brandenburg (Standortgradient von Nord nach Süd: Boden, Klima, Witterung). Die Standorte Groß Schönebeck (Barnim) und Trebbin (Teltow-Fläming) sind durch sehr leichte Böden mit geringem Ertragspotenzial gekennzeichnet (im Mittel 27 Bodenpunkte), die Standorte Passow (Uckermark) und Groß Gastrose (Spree-Neiße) durch deutlich bessere Bonität (im Mittel 46 Bodenpunkte). Das für die On-Farm-Versuche ausgewählte Sortiment wurde zusätzlich für alle vier Fruchtarten in Exaktversuchen in der Lehr- und Forschungsstation der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin an den Standorten Berlin-Dahlem (im Mittel 35 Bodenpunkte) und Thyrow im Landkreis Teltow-Fläming, Brandenburg (im Mittel 25 Bodenpunkte) geprüft. Im April 2010 begann der mehrjährige Vergleichsanbau eines ausgewählten Silomais-Sortiments in den On-Farm-Versuchen, im August bzw. September folgten Winterrips sowie Winterroggen und Winterweizen. Die ausgewählten Sorten wurden in Streifenversuchen im Vergleich zu betriebsüblichen Sorten auf den Praxisflächen in den Erntejahren 2010 bis 2013 geprüft. Im orthogonalen Kern wurden für Silomais die Sorten Calvin (S 220), Lars/ LG 30.218 (S 220), Torres (S 250), Mazurka (S 240), Aabsolut (S 260) und Ingrid (S 260) angebaut. In den Winterroggen-Versuchen standen als orthogonale Sorten Brasetto (Hybridsorte) und Conduct (Populationssorte). Für die Winterweizen-Versuche wurden die Sorten Akteur (E), JB Asano (A), Discus (A), Julius (A) und Hyland (C, Hybridsorte) ausgewählt. Im Mittelpunkt der Rapsversuche standen die Sorten Adriana (Linienorte) sowie Visby bzw. Dimension (Hybridsorten). Zusätzlich wurden auf allen vier Praxisbetrieben mobile Wetterstationen eingerichtet, womit eine Auswertung der Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Klimaanpassungsfähigkeit der geprüften Sorten (Genotyp-Umwelt-Interaktion) ermöglicht wurde. Die verschiedenen Sorten in den On-Farm-Versuchen wurden auf Grundlage der länderübergreifenden, anbaugiebtsweisen Auswertung der Landessortenprüfungen (Anbaugiebt D-Süd) vom Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) ausgewählt. Für die vier Fruchtarten wurden jeweils dreijährige Ertragserhebungen, Untersuchungen zur Ertragsstruktur und Qualitätsanalysen von Ernteproben durchgeführt. Die vegetationsbegleitenden Bonituren und Erhebungen entsprachen den Richtlinien des Bundesortenamtes. Die inhaltsstoffliche Analyse der Ernteproben führte ein Labor des Landeskontrollverbandes Brandenburg e.V. durch. Für die Fruchtart Winterweizen liegen dreijährige Ergebnisse sowohl aus den Exakt- als auch aus den On-Farm-Versuchen vor. Eine klare, auf Daten



aller Standorte basierende Sortenempfehlung war dabei nicht möglich. Grund hierfür war die nicht orthogonale Datengrundlage, hervorgerufen durch Auswinterungsschäden an einigen On-Farm-Standorten. Insgesamt lag im geprüften Roggensortiment eine deutliche Ertragsvariabilität in Abhängigkeit von Standort und Jahr vor. Im Ergebnis war die Hybridsorte Brasetto an allen Standorten und in allen Erntejahren der Populationssorte Conduct im Kornertag überlegen. Die höhere Leistungsfähigkeit der Hybridsorte Brasetto zeigte sich in den On-Farm-Versuchen vor allem auf den sehr leichten Sandstandorten und in Jahren mit ausgeprägter Vorsommertrockenheit. Für die Fruchtart Winterroggen konnte außerdem die Ontogenese der Jahre und Standorte mithilfe des SIMONTO-Modells beim Julius Kühn-Institut mit den Niederschlagshöhen von April bis Juni in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden. Für das geprüfte Rapsortiment konnte keine über alle Standorte gültige Sortenempfehlung abgeleitet werden. Dies hatte zwei Ursachen. Einerseits traten insbesondere auf den sehr leichten Sandstandorten Schwierigkeiten auf, welche die Auswertbarkeit der Daten in Frage stellten. So konnten dort die durch Auswinterungen, Vorsommertrockenheit und Wildschäden stark reduzierten Winterapsbestände entweder nur teilweise oder gar nicht in die Auswertung einbezogen werden. Andererseits sorgten Probleme bei der Saatgutbeschaffung dafür, dass die Kontinuität im mehrjährigen Anbau der Sorten nicht gegeben war. Diese Sachlage führte im Weiteren dazu, dass auch innerhalb der einzelnen On-Farm-Versuche Sortenvergleiche nicht konsistent über die Jahre durchgeführt werden konnten. Die Integration der Versuche in die Betriebsabläufe, die Koordination der Sortenwahl, sowie der Schutz der Versuchspartzen vor nicht-repräsentativen Störungen stellen weitaus größere Herausforderungen dar, als sie in Exaktversuchen auftreten. Im Ergebnis der On-Farm-Versuche konnte für die Fruchtart Silomais keine Sorte besonders hervorgehoben werden. Vielmehr lag für jeden Standort ein spezifisches Sortenranking vor. Es fällt auf, dass in den On-Farm-Versuchen auf den leichten Sandstandorten ähnliche oder teilweise sogar höhere Silomaiserträge erreicht wurden, als auf den pflanzenbaulich günstigeren Standorten. Dieser Trend bestätigte sich auch in den Exaktversuchen. Auf Wunsch der Praxispartner wurden im Projekt zusätzliche Auswertungen der untersuchten Silomaisorten zum Einsatz in Biogasanlagen durchgeführt. Diese Auswertungen stehen den landwirtschaftlichen Unternehmen als zusätzliche Entscheidungsunterstützung zur Verfügung.

Aus den mehrjährigen Ergebnissen der Sortenversuche kann geschlussfolgert werden, dass auf der Basis von On-Farm-Versuchen neues Wissen zu Sortenleistungen und Standortanpassung im Pflanzenbau generiert werden kann. In den dreijährigen Versuchen konnten überzeugende Ergebnisse für die Fruchtarten Winterroggen und Silomais gewonnen werden. Problematisch war hingegen die Prüfung von Winterapsorten, die keine verwertbaren Ergebnisse erbrachte. Für die Praxispartner waren vor allem Sorten mit einer guten Anpassung an klimabedingte Extreme interessant. Im Mittelpunkt stand deshalb die Bewertung der Sortenleistung in Abhängigkeit vom Witterungseinfluss. In diesem Zusammenhang waren die mobilen Wetterstationen auf allen On-Farm-Standorten unverzichtbar, um insbesondere die sortenspezifische Reaktion auf Vorsommertrockenheit genauer beurteilen zu können.

Die über die gesamte Projektlaufzeit begleitenden SWOT-Analysen sowie Praxispartnerbefragungen ergaben die folgend dargestellten Erkenntnisse. Beim methodischen Vorgehen im Teilprojekt war von besonderer Bedeutung, über die Grenzen von Institutionen und einzelnen Fachkompetenzen hinaus zu agieren. Nur durch die Interaktion mit Projektpartnern, Teilprojekten in INKA BB und anderen Institutionen konnten die vorliegenden Methoden entwickelt bzw. weiterentwickelt werden. Die Auswertungen bauten also auf dem Dialog mit anderen Akteuren und der Bündelung von Fachwissen auf. Eine wesentliche Stärke des Projektes war das etablierte und sehr gut funktionierende Netzwerk im Teilprojekt. Die Bündelung der verschiedenen Akteure aus Praxis, Wissenschaft und landwirtschaftlichem Verbandswesen hat sich als überaus positiv herausgestellt. Das positive Feedback der durchgeführten Workshops und Feldtage be-



stätigen dies über das Netzwerk hinaus. Eine weitere Stärke war die Einbeziehung weiterer Fachgebiete und Institutionen, die nicht Bestandteil des etablierten Netzwerkes im Teilprojekt 8 waren. Mithilfe der Modellierung der Ontogenese von Winterweizen und Winterroggen beim Julius Kühn-Institut und der Modellierung der langjährigen Niederschläge durch die Professur für Agrarklimatologie an der Lebenswissenschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin konnten beispielsweise die Witterungsverläufe der On-Farm-Standorte mit den Wachstumsstadien der Pflanzenbestände in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden. Die alternative Bonitur der Pflanzenbestände in den Landwirtschaftsbetrieben wäre aufgrund der großen Entfernung zu den Betrieben nicht praktikabel gewesen. Es zeigte sich zudem, dass dieses methodische Vorgehen bei den teilnehmenden Landwirten auf großes Interesse stößt und folglich auch von hoher praktischer Relevanz war. Möglich wurde dieses Vorgehen nur durch die seit Projektbeginn betriebenen mobilen Wetterstationen an allen On-Farm-Standorten. Als große Stärke im Teilprojekt erwies sich außerdem die Auswahl der vier landwirtschaftlichen Praxispartner. Die Praxisbetriebe lagen in Brandenburg gut verteilt und bildeten ein großes Spektrum natürlicher Standortbedingungen im Hinblick auf Boden und Witterung ab. Zu erwähnen ist auch das große Engagement und die Eigeninitiative der Landwirte, die maßgeblich zur Funktion des Netzwerkes beitrugen. Die parallele und mit den Praxisversuchen koordinierte Durchführung von Sortenversuchen auf den Versuchstationen der Humboldt-Universität zu Berlin war ebenfalls eine der Stärken des Projektes. Durch diese Kombination war es möglich, direkte Vergleiche zwischen den Methoden von On-Farm- und Exaktversuchen anzustellen, Stärken und Schwächen zwischen beiden zielgerichtet zu identifizieren und methodische Schlussfolgerungen abzuleiten. Die Durchführung der On-Farm-Versuche war zusätzlich eine Möglichkeit, den Wissenschafts- und Praxisdialog zu befördern. Die Ergebnisse einer Praxispartnerbefragung im Teilprojekt 8 zeigten, dass sich einerseits der Wissensstand zu Klimaanpassungsstrategien bei den Praxispartnern maßgeblich verbessert hat (80 % der Befragten) und gleichzeitig die Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen PartnerInnen positiv bewertet wurde. Das durchgeführte Projekt stellte demnach eine gute Möglichkeit dar, aktiven Wissenstransfer und Wissensaustausch zu betreiben und wurde dem Aspekt Wissenschafts- und Praxisdialog in besonderem Maße gerecht. Eine weitere Stärke war die Einbeziehung von Studierenden in die Forschungsarbeit von INKA BB. Mithilfe von Abschluss- und Studienarbeiten konnte und kann die Auswertung zur Thematik der standortangepassten Sortenwahl unter den Standortbedingungen Berlins und Brandenburgs fundiert und umfangreich unterstützt werden. Die Einbeziehung junger zukünftiger WissenschaftlerInnen und PraktikerInnen sorgt außerdem für den notwendigen Informationstransfer und die Steigerung der Akzeptanz bei Praxis und Wissenschaft über das Netzwerk im Projekt hinaus. Die Auswertung der Praxispartnerbefragung zeigte weiterhin, dass die Fragen und Anliegen der Praxispartner zur Anpassung an den Klimawandel in das Projekt eingebracht werden konnten und zum überwiegenden Teil auch entsprechende Lösungen dazu erarbeitet wurden.

Naturgemäß unterliegen landwirtschaftliche Versuche, vor allem die On-Farm-Versuche, besonderen Schwankungen und Risiken. Dabei beeinträchtigen Witterungseinflüsse, vorhandene Bodenheterogenität und Wildschäden die angelegten Praxisversuche und haben in Einzelfällen den kompletten Ausfall von Versuchen bewirkt. Die Folgen sind reduzierte Datenmengen, eine erschwerte Auswertbarkeit bis hin zu einer mangelhaften statistischen Absicherung der Ergebnisse. Im Gegensatz zu den Exaktversuchen werden in den On-Farm-Versuchen die Sorten unter Praxisbedingungen geprüft. Die damit einhergehenden Probleme spiegeln also genau die Situation und Probleme wider, mit denen Landwirte umgehen müssen und lassen deshalb eine höhere Praxisrelevanz erkennen. Die On-Farm-Versuche berücksichtigen demnach genau die Einflussfaktoren, welche in der Praxis auch tatsächlich vorkommen.



Problematisch im Projekt war die Kontinuität in der Beschaffung von Versuchssaatgut für die durchgeführten On-Farm-Versuche. Die fehlende finanzielle Ausstattung für Versuchssaatgut führte zur Abhängigkeit von Saatguthändlern. Damit konnte die Konsistenz und die Orthogonalität für eine mehrjährige Sortenprüfung nicht immer gewährleistet werden. Dies birgt wiederum die Gefahr reduzierter Datenmengen und in der Konsequenz die erschwerte Auswertbarkeit der Ergebnisse aus Praxisversuchen.

Abschließend ist festzuhalten, dass im Teilprojekt 8 Wissen zur regionalspezifischen Sortenleistung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen generiert werden konnte. Zusätzlich haben die Ergebnisse im Teilprojekt gezeigt, dass On-Farm-Versuche in der Lage sind die regionale Sortenprüfung zu unterstützen.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Teilprojekt 8 wurde das im Projektantrag veranschlagte Budget konsequent eingehalten. Zusätzliche finanzielle Mittel wurden nicht verausgabt.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Bearbeitungsdauer und die Höhe der gewährten Zuwendungen im Teilprojekt waren mit Blick auf die erzielten Ergebnisse zweifellos notwendig und angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der Nutzen entspricht dem im Projektantrag als Zielstellung formulierten:

- Aufbau eines Netzwerkes zwischen amtlicher Sortenprüfung, Saatgutvermehrung, landwirtschaftlicher Praxis und wissenschaftlichen Einrichtungen
- Entwicklung von Sortenstrategien zur Anpassung an den Klimawandel für die Fruchtarten Winterweizen, Winterroggen, Winterraps und Silomais
- Bündelung von vorhandenem Wissen und Ergänzung durch neu gewonnene Erkenntnisse
- Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass On-Farm-Versuche dazu dienen können die regionale Sortenprüfung zu unterstützen

Die Verwertbarkeit ist gegeben für:

- Generierung von Wissen zur Durchführung von On-Farm-Versuchen in landwirtschaftlichen Unternehmen
- Wissenstransfer von der Wissenschaft in die landwirtschaftliche Praxis (Wissenschaft-Praxis-Dialog)
- Beratungs- und Informationsangebot zur Sortenwahl in landwirtschaftlichen Unternehmen

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Das Projekt hat mithilfe durchgeführter On-Farm-Versuche neue Erkenntnisse in Bezug auf die Entwicklung von Sortenstrategien zur Anpassung an den Klimawandel erzielt. Die Ergebnisse zeigen klar, dass On-Farm-Versuche in der Lage sind, die regionale Sortenprüfung zu unterstützen.

Neben intensiven Recherchen zum Forschungsstand am Anfang des Projektes wurden regelmäßige Nebenrecherchen im Teilprojekt 8 zur Thematik durchgeführt. Zusätzlich konnten im Projektzeitraum Publikationen zum Thema „Sortenstrategien zur Anpassung an den Klimawandel in der Region Berlin-Brandenburg“ realisiert werden.

Während der Durchführung des Projektvorhabens sind keine Fortschritte bei anderen Stellen bekannt geworden, die mit den eigenen Projektzielen identisch oder ähnlich gewesen wären. Aus diesem Grund bestand während der Projektdurchführung kein Anlass, die eigene Vorgehensweise anzupassen beziehungsweise eigene Untersuchungen zu verändern.



II.6 Veröffentlichungen

KLEPATZKI, J.; DÖRING, T.; MACHOLDT, J.; ELLMER, F. (2015): On-Farm-Versuche zur Sortenprüfung bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen in Brandenburg. In: Bachinger, J., Bloch, R., Fohrmann, R. Pfriem, R. (Hrsg.): Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Oekom Verlag, München.

TOUSSAINT, V.; BLOCH, R.; KLEPATZKI, J. (2014): Landwirtschaft im Klimawandel. In: LandInForm (2), S. 38-40.

KLEPATZKI, J.; DÖRING, T.; MACHOLDT, J.; ELLMER, F. (2014): Comparing the reliability of maize variety data from on-farm trials and experimental stations. In: Journal für Kulturpflanzen. 66 (11). 389-395.

KLEPATZKI, J.; DÖRING, T.; SAYER, J.; ELLMER, F. (2013): Ertragsvariabilität von Silomais in Brandenburg – Ergebnisse von On-Farm-Versuchen. In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 25. 335-336.

KLEPATZKI, J.; SAYER, J.; ELLMER, F. (2012): Sortenleistung ausgewählter landwirtschaftlicher Fruchtarten unter verschiedenen Standortbedingungen in Brandenburg 2010/2011. In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 24. 266-267.



Teilprojekt 9 - Anpassung von gärtnerischen Kulturen an den Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. Christian Ulrichs, Humboldt-Universität zu Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Das Teilprojekt 9 beschäftigt sich mit Anpassungsstrategien für den Gartenbau an Klimawandeleffekte in der Region. Untersucht wurden in diesem Zusammenhang exemplarisch Arten- und Sortenstrategien, Änderungen in der Produktqualität unter Trockenstress und Bewässerungsstrategien in den gärtnerischen Produktionsbereichen Gemüsebau und Baumschulwesen. Ziel des Projektes war die Selektion von Arten- und Sorten, welche an die zukünftigen Klimabedingungen angepasst sind, bzw. die Entwicklung von neuen Bewässerungsstrategien. Im Einzelnen setzte sich das Teilprojekt, in drei Arbeitspakete untergliedert, die folgenden Ziele:

- Arbeitspaket 1: Erarbeitung von praxiserprobten Verfahren und Kriterien für die Auswahl und Bewertung von Allee- und Obstgehölzen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an erwartete Klimaveränderungen.
- Arbeitspaket 2: Evaluierung von Interaktion und Auswirkungen der abiotisch ausgelösten Veränderungen des Primär- und Sekundärmetabolismus auf die Produktqualität und die Resistenz/Toleranz gegenüber ausgewählten Pathogenen (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Rhizoctonia solani*, *Lettuce mosaic virus* und *Cucumber mosaic virus*) bzw. auf spezialisierte Insektenschädlinge (*Phyllotreta* sp., *Phaedon cochleariae*) am Beispiel ausgewählter Lactuca-, Brassica-, Phaseolus-Gemüsearten zur Anleitung von Anbauempfehlungen.
- Arbeitspaket 3 Entwicklung eines wassereffizienten Bewässerungssystems bei gleichzeitiger Sicherung von Ertrag und Qualität im Spargelanbau.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Arbeitspaket 1: Erarbeitung von praxiserprobten Verfahren und Kriterien für die Auswahl und Bewertung von Allee- und Obstgehölzen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an erwartete Klimaveränderungen.

Gehölze sind langlebige, ortsfeste Pflanzen mit arten- und sortenspezifischen Ansprüchen an die Wasserversorgung. Veränderungen bezüglich des Wasserhaushaltes der Standorte, bedingt durch klimatische Veränderungen, führen unweigerlich zu veränderten Erträgen im Obstbau (KEHR 2007) bzw. einer Veränderung in der Arten- und Sortenzusammensetzung von Alleen (ZANDER & GRITNER 2003; ROHLOFF et al. 2007). Mit der richtigen Auswahl geeigneter Arten und Sorten, die eine große Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Standortbedingungen (primär der Wasserversorgung) haben, werden entsprechend hohe Ernteerträge gesichert, als auch die Weichen für die Langlebigkeit der Alleen der nächsten 60 bis 80 Jahre gestellt. Am Beispiel ausgewählter Arten/Sorten soll die Toleranz gegenüber Trockenstress (simuliert durch unterschiedliche Wasserversorgung) bei ausreichender Winterhärte untersucht werden. Berücksichtigt wird dabei auch, dass es durch Trockenstress nicht nur zu einem reduzierten Turgor kommt, sondern auch zu Änderungen des osmotischen Potentials verbunden mit einem möglichen Abbau von Speicherkohlenhydraten und somit einem Verlust wertgebender Inhaltsstoffe in Obstfrüchten. Aus diesem Grunde soll ermittelt werden, inwiefern Gehölze schon in den Baumschulen ohne Verwöhnung konditioniert werden können, so dass sie optimal auf die Bedingungen am Endstandort vorbereitet werden können. Durch sich verändernde Klimabedingungen erfolgt ebenso eine Veränderung bezüglich möglicher Pathogene an Gehölzen. In den vergangenen Jahren hielten vielfach Schädlinge in Regionen Einzug, in denen sie zuvor nicht auftraten,



so z.B. die Massaria-Krankheit an den Platanen (seit 2003), das Stigmina-Triebsterben der Linde (seit 2006) und Rußrindenkrankheit des Ahorns (seit 2005). Viel Insektenarten reagieren auf Trockenheit und Wärme mit erhöhter Aktivität, so z.B. Eichenprozessionsspinner und -splintkäfer, Prachtkäfer und Schwammspinner. Im Zuge des immer wichtiger werdenden schonenden Umgangs mit der immer knapper werdenden Ressource Wasser sind die angestrebten Untersuchungen für die Baumschulen von großer Wichtigkeit.

- KEHR, R. 2007. Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Baumphysiologie und Krankheiten. Pro Baum 4:2-10
- ROLOFF, A.; THIEL, D.; WEIß, H. 2007. Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege. Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt/Contributions to Forest Sciences. Heft 6.
- ZANDER, M.; GRITNER, I. (2003): Effect of drought-stress on morphologic, phenologic and physiologic parameter of ornamental shrubs in urban areas. Second International Symposium on Plant Health in Urban Horticulture. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 394.

Arbeitspaket 2: Evaluierung von Interaktion und Auswirkungen der abiotisch ausgelösten Veränderungen des Primär- und Sekundärmetabolismus auf die Produktqualität und die Resistenz/Toleranz gegenüber ausgewählten Pathogenen bzw. auf spezialisierte Insektenschädlinge am Beispiel ausgewählter Lactuca-, Brassica-, Phaseolus-Gemüsearten zur Anleitung von Anbauempfehlungen

Die ökophysiologische Reaktionsbandbreite auf eine verminderte Wasserversorgung kann genotypisch sehr unterschiedlich ausfallen, so das eine geeignete Arten- und Sortenwahl einen effizienten Umgang mit der knapper werdenden Ressource Wasser unterstützt (u.a. SCHONHOF et al. 1999; ZHANG et al. 2005). In einem neuen interdisziplinären Ansatz soll unter biochemischen und pflanzenphysiologischen Aspekten zum einen die ernährungsphysiologische Qualität und zum anderen pflanzenphysiologische Resistenzfaktoren unter sich ändernden klimatischen Bedingungen am Beispiel der knapper werdenden Ressource Wasser untersucht werden. In ersten Vorversuchen mit Tomaten konnte eine durch Wasserstress signifikant verringerte Aufnahme von Stickstoff, Natrium, Kalium, Schwefel, Kalzium und Magnesium nachgewiesen werden. Dagegen gab es signifikante Zunahmen bei den Gehalten von Glukose, Fruktose und Saccharose in den Früchten und von Prolin im Blatt. Durch die stressbedingte Zunahme von Zucker und organischen Säuren (Ascorbin-, Apfel- und Zitronensäure) in den Früchten ergab sich eine Verbesserung der Qualität. Für andere Produkte wie z.B. *Brassica chinensis* konnten infolge von Wasserstress hingegen Änderungen im Glucosinolatprofil nachgewiesen werden. Diese Änderungen haben nicht nur Auswirkungen auf die Qualität - Glucosinolate sind nur zum Teil gesundheitsförderlich - sondern auch auf die Toleranz gegenüber Schadorganismen. Diese Untersuchungen werden aufgrund des großen Interesses des Vereins zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen (VERN) in Brandenburg sowie der Erfahrungen der beteiligten Forschungseinrichtungen am Beispiel von Lactuca-, Brassica-, Phaseolus-Gemüsearten durchgeführt.

- SCHONHOF, I., A. KRUMBEIN, M. SCHREINER and B. GUTEZEIT 1999. Bioactive substances in cruciferous products. In: Agri-Food II - Quality management of fruits and vegetables. The Royal Society of Chemistry Cambridge UK. Special publication 229, 222-226.
- ZHANG, H. Y., M. SCHREINER, I. SCHONHOF, A. KRUMBEIN, L. LI and H. STÜTZEL. 2005. Effect of water supply and harvest date on yield and glucosinolates content of turnip (*Brassica. rapa* L.). In: Li CJ, Zhang FS, Dobermann A, Hinsinger P, Lambers H, Li XL, Marschner P, Maene L, McGrath S, Oenema O, Peng SB, Rengel Z, Shen QS, Welch R, von Wirén N, Yan XL, Zhu YG, eds. Plant Nutrition for Food Security, Human Health and Environmental Protection. Beijing: Tsinghua University Press, 592-593.



Arbeitspaket 3: Entwicklung eines wassereffizienten Bewässerungssystems bei gleichzeitiger Sicherung von Ertrag und Qualität im Spargelanbau

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Bewässerung von Pflanzenbeständen, also das „wann“ und „wie viel“, zu steuern. Die Anforderungen sind je nach Kultur, Standort, Bewässerungsmethode und gewünschter Automatisierung unterschiedlich. Grundsätzlich kann zwischen der Steuerung mittels Bodenfeuchtesensoren, mittels Klimamodellen oder mittels Pflanzensensoren unterschieden werden. Besonders bei der Tropfbewässerung empfiehlt sich zu Kontrollzwecken der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren.

Sensorgestützte Steuerungsverfahren

Sensorgestützte Bewässerungssysteme im Feldbau wie auch im Gewächshaus können in zwei Kategorien unterteilt werden, Steuerung und Regelung. Die Bewässerungssteuerung arbeitet mit einer offenen Signalkette und verwendet auf den Wasserumsatz wirkende physikalische Summengrößen, um die Bewässerung auszulösen (Zeit, Licht, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte, Temperatur, Dampfdruckdefizite).

Regelungsverfahren für die Bewässerung arbeiten dagegen mit Signlrückführung. Es werden in der Regel bodenphysikalische Eigenschaften sensorisch erfasst, die den Wasserzustand des Bodens ermitteln und bei Unterversorgung des Bodens einen Bewässerungsimpuls anfordern.

Bei beiden Systemen kann der Zugriff auf die Bewässerung online (durch Sensor-Controller-Aktor-Kopplung) oder offline (Aktoren vom Anbauer ausgelöst) erfolgen.

Derzeitige Verfahren der Festlegung von Bewässerungszeitpunkten und Bewässerungsmengen im Freilandanbau beziehen sich im Kontinuum Boden – Pflanze – Atmosphäre auf eine dieser drei Ansatzstellen. Sensorisch kann der Steuerwert dabei mit verschiedenen Messmethoden erfasst werden (siehe Abschnitt Sensoren).

Steuermodelle

Die Alternative zur sensorgestützten Steuerung der Bewässerung, ist die Steuerung nach Verdunstungs- oder Transpirationsmodellen. Der Wasserbedarf kann durch die Messung von potentieller Evapotranspiration und empirisch ermittelter CropFactors, die den Blattflächenindex repräsentieren, geschätzt werden. Eine fortgeschrittene Form davon sind Modelle, die das Pflanzenwachstum und die Evapotranspiration mittels Boden- und Klimadaten ermitteln (STIRZAKER 2003). In Deutschland verbreitete Modelle sind beispielsweise „Irrigama“ oder das „Geisenheimer Modell“. Steuermodelle bieten eine Reihe von Vorteilen:

- Verzicht auf lokale Messungen im Boden oder an der Pflanze (kein Installations-, Pflege- oder Wartungsaufwand).
- Bessere Bewertung des Wasserumsatzes größerer Anbauflächen möglich, sofern Klimadaten lokal vorhanden sind (Globalstrahlung, Temperatur, Feuchte und Windgeschwindigkeiten können regional auf größere Flächen bezogen werden und beschreiben die Triebkräfte der pflanzlichen Transpiration).
- Sehr exakte Aussagen zum Wasserumsatz möglich, sofern kulturspezifisches Wissen verfügbar ist.
- Vorhersagefähigkeit ist über die Integration von Wettervorhersagen der Wetterdienste möglich (z.B. Verringerung der Bewässerungsintensität an Tagen mit bevorstehenden Niederschlägen).

Die Nachteile von Steuermodellen sind:

- Die kulturspezifischen Anteile der Modelle müssen in Versuchen angepasst, validiert und verifiziert werden.
- Klimamesstechnik ist am Standort erforderlich.



- Zusätzliche laufende Kosten (für Beratung, Softwarepflege, Datenübermittlung Wetterdienste).
- Restunsicherheit bleibt bei Unkenntnis der Bodenverhältnisse.
- Durchwurzelungstiefe muss manuell erfasst werden. Auch diese sind standort-, saison- und kulturabhängig, jedoch für die notwendige Wassermenge bestimmend.
- Informationen über die Wasserspeicherfähigkeit der Böden müssen vorliegen. Bei der Tropfbewässerung kommt die Unkenntnis der Wasserausbreitung um die Tropfstellen hinzu.

Steuermodelle werden intensiv an den deutschen Lehr- und Versuchsanstalten entwickelt und erprobt. Nicht nur für den gartenbaulichen Intensivanbau sondern für fast alle landwirtschaftlichen Kulturen werden zukünftig derartige Modelle verfügbar sein.

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Die Vernetzung mit anderen Kooperationspartnern des Teilprojekts ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

Partner	Arbeitsschritt
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)	Auswahl der Pflanzen, Datenaustausch
TU Dresden, Lehrstuhl für Forstbotanik in Tharandt	Auswahl von Pflanzen
Landeskompetenzzentrum Forst in Eberswalde	Phänologische Messungen, Datenaustausch, Auswahl von Pflanzen
Zentrum für Gartenbau und Technik	Informationsaustausch
Bundforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei	Informationsaustausch
Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg	Auswahl von Pflanzen
Corvinus University Budapest, Dept. Floriculture and Dendrology	Auswahl und Beschaffung von Pflanzen
Gartenbauzentrum Münster-Wollbeck	Informationsaustausch
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Gartenbau	Auswahl der Pflanzen, Datenaustausch
Bundessortenamt	Informationsaustausch
Gartenamtsleiterkonferenz, Arbeitskreis Stadtbäume	Informationsaustausch
Bund deutscher Baumschulen	Informationsaustausch
Leibniz Universität Hannover	Auswahl der Pflanzen, Datenaustausch
Baumschule Lorenz von Ehren, Hamburg	Auswahl und Beschaffung von Pflanzen
Baumschule Ley, Meckenheim	Auswahl und Beschaffung von Pflanzen
Baumschule Lappen, Nettetal	Auswahl und Beschaffung von Pflanzen
Hydrotec GmbH	Bereitstellung von wasserspeichernden Substraten
Werkgemeinschaft für Berlin Brandenburg, Sozialtherapeutische Werkstätten	Wissenstransfer



Partner	Arbeitsschritt
Berliner Kleigartenverein	Wissenstransfer
Schul-Umwelt-Zentrum, Berlin Mitte	Informationsverbreitung
Nomadisch Grün GmbH	Informationsverbreitung, Mustergärten
Terra Made GmbH	Bereitstellung von wassersparenden Substraten
Landesverband Gartenbau, Brandenburg	Informationsverbreitung
Pflanzenschutzamt Berlin	Datenabgleich, Informationsverbreitung
Leibnitz Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Grp0beeren, Erfurt e.V.	Gemeinsame Forschungen
Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen e.V.	Gemeinsame Forschungen, Dissemination von Ergebnissen
Buschmann & Winkelmann GbR	Praxisversuche

Tabelle 9.1: Partner des Teilprojekts im Rahmen des Verbundnetzwerkes INKA BB

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Arbeitspaket 1: Anpassungsstrategien für Allee- und Obstbäume

Vegetationslängen 2011 bis 2014

Der Wechsel zwischen Vegetations- und Ruheperiode ist maßgeblich durch die jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen sowie die jahreszeitlich schwankenden, für den Stoffwechsel geeigneten Temperaturen bedingt. So führen insbesondere hohe Temperaturen zu vermehrter Verdunstung und tiefe Temperaturen zum Gefrieren des für den Stoffwechsel der Pflanzen zur Verfügung stehenden Wassers und damit zu der Notwendigkeit, in diesen Situationen das Wachstum zu reduzieren.

Vorwegzunehmen ist, dass die Sorte *Quercus hispanica* 'Wageningen' halbwintergrün ist, welche weder ihr Laub färbt noch verliert. Im Jahr 2011 hat *Gleditsia triacantos* 'Skyline' mit 141 Tagen die kürzeste Vegetationsperiode und neben *Quercus hispanica* 'Wageningen' mit 245 Tagen, *Cercidiphyllum japonicum* mit 205 und *Alnus cordata* mit 206 Tagen die längste. Im Jahr 2012 ist die kürzeste Vegetationsperiode mit nur 134 Tagen für *Cladastris kentukea* zu sehen und die längste wieder für *Alnus cordata* mit 204 Tagen sowie *Quercus hispanica* 'Wageningen' mit 243 Tagen. Die kürzeste Vegetationsperiode für 2013 ist bei *Juglans nigra* mit 127 Tagen und die längste, neben *Quercus hispanica* 'Wageningen' mit 245 Tagen, wieder bei *Alnus cordata* mit 228 Tagen. Im Jahr 2014 hat *Zelkova serrata* mit 130 Tagen die kürzeste Vegetationsperiode und *Alnus cordata* mit 236, neben *Quercus hispanica* 'Wageningen' mit 249 Tagen, wieder die längste.

Somit weist *Alnus cordata* neben *Quercus hispanica* 'Wageningen' immer die längste Vegetationsperiode in den Jahren von 2011 bis 2014 auf. Zu bemerken ist auch, dass *Zelkova serrata* auch im Jahr 2013 nur eine Vegetationsperiode von 134 Tagen hatte. In allen anderen Jahren lag sie aber im Durchschnitt.

Stammzuwachs 2010 bis 2014

Die Abbildung .1 zeigt den Stammzuwachs der Bäume, welche im Jahr 2010 gepflanzt wurden, über den Zeitraum von 2010 bis 2014 am Standort Berlin. Die Zuwächse der einzelnen Jahre sind verschieden farbig dargestellt. Vorweg zu nehmen ist, dass für *Quercus dendata* 'Sir Hillerie' und *Tilia* 'Szent Istvan' im Pflanzjahr keine Messungen vorliegen. Sie wurden erstmalig im Jahr 2011 gemessen.

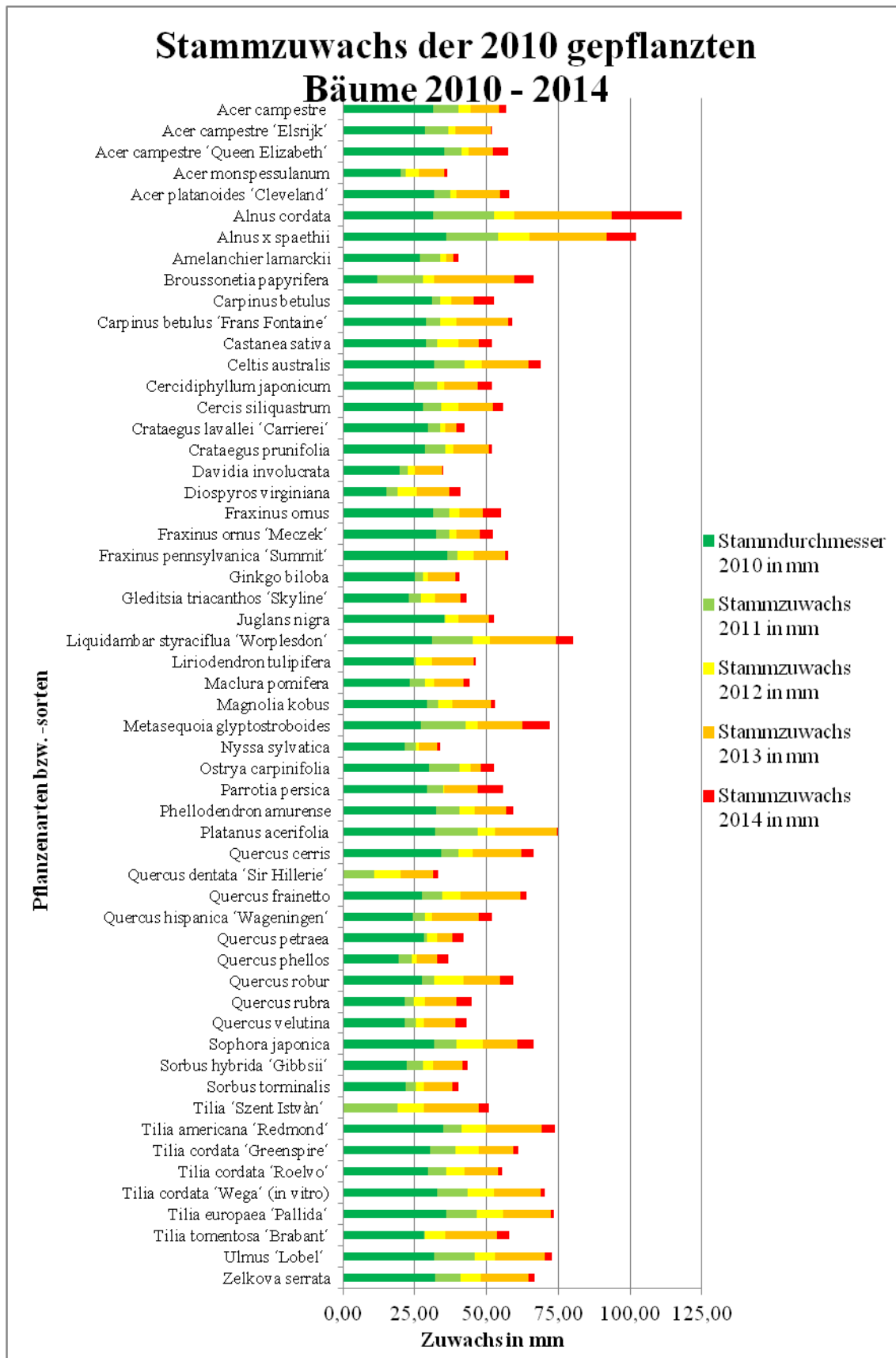


Abbildung 9.1: Stammzuwachs der 2010 gepflanzten Bäume in den Jahren 2010 – 2014

Für die Berechnung des Stammzuwachses wurde jeweils der Stammdurchmesser der verschiedenen Arten gemittelt und die Differenz zum Vorjahr berechnet. Besonders auffällig ist der enorme Zuwachs der beiden Erlen, *Alnus cordata* und *Alnus x spaethii*. Obwohl sie im Pflanzjahr



einen Stammdurchmesser von ca. 35 mm hatten, haben sie im Jahr 2014 bereits einen Stammdurchmesser von ca. 100 bzw. 120 mm. Die beiden Feldahorne zeigten im Pflanzjahr zwar einen ähnlichen Stammdurchmesser von ca. 30 mm, im Jahr 2014 jedoch lediglich ca. 55 mm. Die Erlen haben damit also einen doppelt so großen Stammzuwachs, wie die beiden Feldahorne.

Einen besonders geringen Stammzuwachs zeigen in aufsteigender Reihenfolge *Quercus dendata* 'Sir Hillerie', *Nyssa sylvatica*, *Davidia involucrata* und *Acer monspessulanum*, welche bis zum Jahr 2014 nicht einmal einen Stammdurchmesser von 40 mm erreicht haben.

Von seinem 11 mm Stammdurchmesser im Jahr 2011 bis zu seinem Stammdurchmesser von 33 mm im Jahr 2014 hat *Quercus dendata* 'Sir Hillerie' damit einen Stammzuwachs von 200 % erfahren. Den größten Zuwachs nach vier Standjahren hat *Broussonetia papyrifera* mit 463 % im Vergleich zum Pflanzjahr, gefolgt von *Alnus cordata* mit 275 %, *Quercus dentata* 'Sir Hillerie' mit 201 % und *Alnus x spaethii* mit 182 % im Jahr 2014. Den geringsten Zuwachs im Vergleich zum Pflanzjahr hat *Crataegus lavalleyi* 'Carrierei' mit 43 % gefolgt von *Juglans nigra* mit 48 % und *Amelanchier lamarckii* und *Quercus petraea* mit jeweils 49 % im Jahr 2014.

Es zeigte sich hier, dass die beiden Ulmen, *Ulmus* 'Rebona' und *Ulmus* 'New Horizon' sowie *Platanus* 'Vallis Clausa', und *Larix decidua* den größten Stammumfang aufzeigen. Den größten Stammzuwachs hatten *Quercus pubescens* mit 164 %, gefolgt von *Ulmus* 'Rebona' mit 76 % und *Thuja plicata* 'Excelsa' mit 59 %. Ein besonders geringes Stammwachstum zeigten *Cladrastis kentukea* mit 31 %, *Acer triflorum* mit 24 % und *Sophora japonica* 'Regent' mit nur 19 % innerhalb von zwei Jahren.

Pflanzenschutz

Die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen wurde in zwei separaten Untersuchungen aufgenommen. Es wurden „pilzliche Gehölzkrankheiten an Alleebäumen, besonders an Rinde und Stamm, sowie Blatt- und Welkeerkrankungen“ im Rahmen einer Bachelorarbeit untersucht. In einer weiteren Bachelorarbeit wurde ein Monitoring zum *Verticillium*- und *Fusarium*-Inokulumpotential in der Rhizosphäre von Gehölzen auf einer ehemaligen Ackerbaufläche durchgeführt.

In der Vegetationsperiode 2011 wurden pilzliche Erreger an den Gehölzen erfasst. Bei Spitz-Ahorn (*Acer platanoides* 'Cleveland'), Feld-Ahorn (*Acer campestre* 'Elsrijk', *Acer campestre* 'Queen Elizabeth' und *Acer campestre*) war ein starker Befall des auf die Gattung *Acer* spezialisierten Echten Mehltapilzes (*Uncinula bicornis*) zu beobachten. Dagen zeigten der Burgen-Ahorn (*Acer monspessulanum*), der Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) und der Dreiblütige Ahorn (*Acer triflorum*) keinen Befall. Der Echte Mehltau (*Microsphaera alphitoides*) bei Eichen zeigte gleichfalls eine sehr unterschiedliche Intensität bei den Eichenarten. Trauben-Eiche (*Quercus petraea*), Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und Japanische Kaiser-Eiche (*Quercus dentata* 'Sir Hillerie') waren stark anfällig, Ungarische Eiche (*Quercus frainetto*), Färber-Eiche (*Quercus velutina*), Weiden-Eiche (*Quercus phellos*), Spanische Eiche (*Quercus hispanica* 'Wageningen') und Zerr-Eiche (*Quercus cerris*) hatten keinen Befall. Von der Blattfleckenkrankheit beim Ahorn waren die Feld-Ahorn-Sorten (*Acer campestre* 'Elsrijk', *Acer campestre* 'Queen Elizabeth') und die Spitz-Ahorn-Sorte *Acer platanoides* 'Cleveland' befallen. Die Wildart des Feld-Ahorns (*Acer campestre*), der Burgen-Ahorn (*Acer monspessulanum*), der Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) und der Dreiblütige Ahorn (*Acer triflorum*) waren befallsfrei.

Bewertung der Winterhärte und Spätfröstsgefährdung

Die meisten der im Frühjahr 2010 gepflanzten Bäume wuchsen sehr gut an. Durch den zeitigen Beginn des ersten Winters waren die Triebe einiger Bäume noch nicht ausreichend verholzt, was Winterfrostschäden, z. B. bei der Weiden-Eiche (*Quercus phellos*) und dem Zürgelbaum (*Celtis australis*) bewirkte. Durch die warme Witterung im Frühjahr 2011 trieben die Bäume sehr zeitig aus, was wiederum die Spätfröstsgefahr erhöhte. Bei den Spätfrösten Anfang Mai



zeigten beispielsweise die Manna-Esche (*Fraxinus ornus*), der Taschentuchbaum (*Davidia involucrata*) oder der Papiermaulbeerbaum (*Broussonetia papyrifera*) starke Schäden, wogegen die als kritisch eingeschätzten wärmeliebenden Arten Kobushi-Magnolie (*Magnolia kobus*), Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) oder Spanische Eiche (*Quercus hispanica* 'Wageningen') keine Spätfrostschäden zeigten.

Bei einer zusätzlichen Bonitur der Arten mit starken Blatt- und Triebsschäden durch den Spätfrost konnte Anfang Juli ein gutes bis vollständiges Kompensieren des Spätfrostschadens festgestellt werden. Insbesondere die Manna-Esche (*Fraxinus ornus*), der Ginkgo (*Ginkgo biloba*) und die Edelkastanie (*Castanea sativa*) hatten diesen Schaden vollständig überwachsen.

sehr gut	gut	nicht geeignet (unter Beobachtung)
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	<i>Acer monspessulanum</i>	<i>Acer campestre</i> 'Queen Elizabeth'
<i>Alnus x spaethii</i>	<i>Acer rubrum</i>	<i>Acer cappadocicum</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Acer triflorum</i>	<i>Acer platanoides</i> 'Cleveland'
<i>Carpinus betulus</i> 'Frans Fontaine'	<i>Alnus cordata</i>	<i>Broussonetia papyrifera</i>
<i>Castanea sativa</i> (SF)	<i>Amelanchier lamarckii</i>	(<i>Cercis siliquastrum</i>)
<i>Crataegus x persimilis</i> 'Prunifolia'	<i>Celtis australis</i>	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>
<i>Fraxinus ornus</i> 'Meczek' (SF)	<i>Cercis canadensis</i>	<i>Davidia involucrata</i>
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Crataegus x lavalleyi</i> 'Carrierei'	(<i>Diospyros virginiana</i>)
<i>Ginkgo biloba</i> (SF)	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	<i>Liriodendron tulipifera</i>
<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'	<i>Juglans nigra</i>	(<i>Maclura pomifera</i>)
<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Larix decidua</i>	<i>Mespilus germanica</i>
<i>Magnolia kobus</i>	<i>Parrotia persica</i>	<i>Nyssa sylvatica</i>
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	<i>Quercus dentata</i>	(<i>Ostrya carpinifolia</i>)
<i>Phellodendron amurense</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Quercus x hispanica</i> 'Wageningen'	<i>Quercus rubra</i>	<i>Quercus phellos</i>
<i>Quercus cerris</i>	<i>Quercus velutina</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Quercus frainetto</i>	<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire'	
<i>Sophora japonica</i>	<i>Tilia cordata</i> 'Roelvo'	
<i>Sorbus hybrida</i> 'Gipsii'	<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	
<i>Tilia americana</i> 'Redmond'	<i>Tilia europaea</i> 'Pallida'	
<i>Tilia</i> 'St. Istvan'	<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'	
<i>Thuja plicata</i> 'Exelsa'	<i>Tilia tomentosa</i> 'Szeleste'	
<i>Ulmus</i> 'Lobel'	<i>Sorbus torminalis</i>	
	<i>Ulmus</i> 'Rebona'	
	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	
	<i>Zelkova serrata</i>	

Tabelle 9.2: Vorläufige Bewertung der Arten und Sorten (SF = spätfrostgefährdet)



Empfehlungen für zukunftssträchtige Stadtbäume

Basierend auf den im Beobachtungszeitraum gewonnenen Ergebnissen werden nachfolgend Empfehlungen für zukunftssträchtige Baumarten für den urbanen Raum abgeleitet (Tabelle 9.2). Es sei an dieser Stelle noch einmal angemerkt, dass es zum jetzigen Zeitpunkt keine exakten Projektionen für das künftige Klima gibt und es sich auch auf Grund der gegebenen Rahmenbedingungen, insbesondere der für baumschulische Versuche kurzen Versuchsdauer, um eine vorläufige Bewertung handelt, die in keinem Fall Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Nach dem Vorbild der Bundesgehölzsichtung erfolgte eine vorläufige Einstufung der untersuchten Arten und Sorten nach einem Bewertungskatalog auf Grundlage eines erarbeiteten Punktesystems. Bewertungskriterien sind u. a. der Gesamteindruck, Vitalität, Trockentoleranz, Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen, Kronenaufbau, Wirtschaftlichkeit (Stammzuwachs, Höhe, Kronendurchmesser), Winterhärte, Spätfrostgefährdung. Einige dieser Parameter können durch die Kürze des Versuches noch nicht endgültig bewertet werden.

Untersuchungen auf Trockenstresstoleranz in definierten witterungsunabhängigen Umgebungen

Nach den Untersuchungen von verschiedenen Gehölzen auf ihre Trockenstresstoleranz im Jahre 2010 wurden die Trockenstressuntersuchungen in den Jahren 2011 bis 2013 auf der Ebene der innerartlichen Variabilität durchgeführt. Hierzu wurden 17 Klone der Art *Salix daphnoides* untersucht. Die Klone, die ursprünglich aus Sammlungen an Naturstandorten im Ostsee- und im Alpenraum stammten, wurden anhand ihrer Wüchsigkeit und Vitalität ausgewählt. Als Vergleich wurde im ersten Versuchsjahr *Salix repens* ssp. *arenaria* 'Böschungsprinzessin' mit in den Versuch aufgenommen, von der eine gute Trockenstress-Toleranz bekannt ist. Das Versuchsmaterial wurde im März 2013 bei niedrigen Temperaturen im Doppelfolienzelt in ausreichender Menge vermehrt, um für die vorgesehenen 3 Bewässerungsvarianten im Versuch je eine Wiederholungsanzahl von 5 Pflanzen zu gewährleisten. Der Trockenstresssimulationsversuch wurde zum Schutz vor Regen und starker Sonneneinstrahlung unter einem Folientunnel mit Schattennetz auf den Versuchsflächen des Fachgebiets Urbane Ökophysiologie in Berlin-Dahlem angelegt. Zur Durchführung des Trockenstressversuchs wurden drei Bewässerungsvarianten installiert, eine Kontrollvariante mit optimaler Bewässerung und zwei abgestufte Trockenstressvarianten mit leichtem und starkem Trockenstress.

Um die Ergebnisse zusammenzufassen und den Vergleich zu vereinfachen, wurden diese, bis auf das Wasserpotential und die Blattanzahl, miteinander in einer Indexberechnung pro Bewässerungsvariante verrechnet und die Klone in einem Ranking in eine Rangfolge gebracht. Anhand der Ergebnisse des Rankings wurden die 9 besten Klone ausgewählt, wobei v. a. die Leistung unter akutem Trockenstress ausschlaggebend war. Sie können als trockenheitstoleranter eingestuft werden. Die Leistungen der Klone wurden auch auf Zusammenhänge mit ihrer Herkunft untersucht, was jedoch keine eindeutigen Ergebnisse ergab. Die einzigen beiden Gebirgsvorkommen aus dem Versuch befanden sich aber unter den besten 9 Klonen

Auswahl und Etablierung klimaplastischer Modelarten und Sorten

Im Projektverlauf konnten insgesamt 83 Allee- und Obstbaumarten und -sorten in einem Versuch etabliert werden. Wie nicht anders zu erwarten, konnten unterschiedliche Eignungen der ausgewählten Alleebaumarten und -sorten im Baumschulbestand festgestellt werden. Neben den phänologischen, morphologischen und physiologischen Eigenschaften der Arten und Sorten wurde auch der Zierwert der Bäume erfasst. Nicht alle konnten den ästhetischen und technologischen Anforderungen eines Straßenbaums gerecht werden. Zur Verstetigung des Projektes wurden Baumarten und -sorten an ausgewählten Endstandorten in Brandenburg und Berlin gepflanzt und werden dort von der Humboldt-Universität zu Berlin und dem länderspezifischen Pflanzenschutzamt weiter betreut.



Klimatisierende Bewässerung an Obstkulturen

Zur Einschätzung des Einflusses der Unterlagen auf die Trockentoleranz von Obstsorten wurden unterschiedliche Obstsorten auf unterschiedlichen Unterlagen von Äpfeln und Süßkirschen gepflanzt. Jeweils fünf Versuchspflanzen jeder Variante wurden einer differenzierten Bewässerung unterzogen. Aufgrund der feuchten Witterung in den Vegetationsperioden der Projektlaufzeit konnten keine Einflüsse der Unterlagen auf die Baumeigenschaften festgestellt werden. Eine temperaturregulierende Bewässerung der Obstgehölze wurde in der Baumschule aus Kostengründen nicht realisiert.

Auswahl und Untersuchung zu geeigneten Biomarkern als Selektionskriterium

Der aufgrund der feuchten Witterung ausbleibende Trockenstress am Versuchsstandort führte zur Etablierung eines Trockenstressversuches an der Humboldt-Universität zu Berlin unter definierten Bedingungen eines Pflanzentztes. Dort wurden biologische und abiotische Faktoren in der Vegetationszeit der Pflanzen erfasst und ausgewertet. In Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Forst des Landes Brandenburg in Eberswalde wurden die physiologischen Veränderungen der Pflanzen zum Teil bis zum Absterben dokumentiert. Auch wurden am Beispiel unterschiedlicher Lindensorte erfolgreiche Schnelltest auf Trocken und Salztoleranz entwickelt. Diese haben sich in wesentlichen auch in der Praxis bestätigt.

Arbeitspaket 2: Evaluierung von Interaktion und Auswirkungen der abiotisch ausgelösten Veränderungen des Primär- und Sekundärmetabolismus auf die Produktqualität und die Resistenz/Toleranz gegenüber ausgewählten Pathogenen bzw. auf spezialisierte Insektenschädlinge am Beispiel ausgewählter *Lactuca*-, *Brassica*-, *Phaseolus*-Gemüsearten zur Anleitung von Anbauempfehlungen

Ausgewählte Gemüsearten und –sorten (*Lactuca* spp., *Brassica* spp.) wurden auf ihre Trocken/Wasserstresseignung unter kontrollierten Gewächshausbedingungen und unter Freilandbedingungen untersucht.

Gewächshausversuche

Salat

Die Versuche wurden in dem Gewächshaus der Versuchsstation in Berlin-Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt. Die Versuche fanden zeitlich parallel zu den Freilandversuchen statt. Es wurden jeweils drei verschiedene Salatsorten (*Lactuca sativa* L.): zwei Hybridsorten der Firma Ryk Zwaan („Wiske“; „Teodore“) sowie eine alte Sorten („Winter Altenburger“) in einer randomisierten Versuchsanlage gepflanzt und in drei Behandlungsvarianten auf Unterschiede hinsichtlich Trocken- und Wasserstresstoleranz geprüft.

Aufgrund der hohen Befallsrate mit pilzlichen und bakteriellen Erregern an „Winter Altenburger“ wurde auf die Analyse des Inhaltsstoffprofils verzichtet. Die geringe Widerstandsfähigkeit gegen Pathogene und die hohe Schossneigung von „Winter Altenburger“ lassen die Schlussfolgerung zu, dass sich diese Sorte für den Gewächshausanbau nicht eignet.

Die erhobenen Daten zeigten signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und zwischen den Behandlungsvarianten. Die Sorte „Teodore“, eine rotblättrige Hybride zeigte im Versuch die höchste Resistenz gegenüber Pathogenbefall und wies hinsichtlich der Inhaltsstoffanalysen (Flavonoide/Gesamtphenole) die höchsten Gehalte auf.

Für die unterschiedlichen Behandlungsvarianten zeigte sich, dass die Pflanzen unter Trockenstress ein geringeres Ernte- und Vermarktungsgewicht im Vergleich zu den anderen Varianten aufwiesen. Die Analyse der Pigmentgehalte ergab nur für „Teodore“ Signifikanzen. Trockenstress kann laut Literatur die Gehalte an Carotinoiden, v.a. an Lutein, β -Carotin und Neoxanthin reduzieren. Dies konnte in dieser Studie allerdings nur für Lutein nachgewiesen werden. Die Ursache hierfür könnte in der hohen Schossneigung der Salate begründet sein, hervorgerufen



durch die hohen Temperaturen in der Versuchszeit. Durch die vorgezogene Blütenbildung kommt es innerhalb der Pflanze zu einer Änderung der Inhaltsstoffkomponenten, da sich die sink-source Beziehungen ändern. Für die Gesamtphenolanalyse konnte kein Einfluss durch die Behandlungsvarianten nachgewiesen werden. Dagegen wurde im Hinblick auf das Flavonoidprofil für „Teodore“ festgestellt, dass sowohl Trockenheit als auch ein erhöhtes Wasserangebot zu höheren Quercetingehalten führen.

Hinsichtlich der Gehalte an Zellwandbestandteilen (Hemicellulose, Cellulose, Lignin) wurden nur für Cellulose bei der Sorte „Wiske“ Signifikanzen erfasst. Damit ließ sich der Trend nachweisen, dass eine geringe Bewässerung zu einer Verminderung an Cellulose führt, welche laut Literatur durch die Erhöhung von Hemicellulose verursacht wird. Trockenheit führt zu einer Zellwandstärkung, welche durch eine Vielzahl von komplexen Prozessen realisiert wird.

Bei dem Vergleich der Behandlungen wird deutlich, dass sich die ermittelten Ergebnisse im Versuchsjahr zuvor hinsichtlich Pflanzengewicht, Vermarktungsgewicht und Trockensubstanz mit denen des Vorjahres deckten. Trockenstress verursachte hier eine Verringerung des Pflanzen- und Vermarktungsgewichtes sowie einen Anstieg der Trockensubstanzgehalte. Auch bezüglich der Gerüstkohlenhydrate (Ballaststoffe) konnten gleiche Trends ermittelt werden. Hier wurde 2010 erhöhte Gehalte an Hemicellulose und geringere Gehalte an Cellulose ermittelt. Im Jahr 2011 wurden nur Signifikanzen für Cellulose mit geringeren Gehalten in der Trockenstressvariante erfasst. Unterschiede gab es allerdings in der Auswertung der Pigment- und Phenolgehalte. Trends vom Vorjahr konnten nur teilweise bestätigt werden. Als Ursache hierfür werden wiederum die unterschiedlichen Klimabedingungen und die dadurch veränderte Blühneigung der Salate angesehen. Bei den Flavonoiden (Quercetin) wurden im Jahr 2011 in der Variante „Trockenstress“ und der Variante „normale Bewässerung“ ähnliche Ergebnisse wie in 2010 erzielt (erhöhte Gehalte im der Trockenstressvariante im Vergleich zu der normalen Bewässerung). In der Variante mit erhöhtem Wasserangebot konnten jedoch in 2011 ebenfalls signifikant höhere Gehalte wie in der Trockenstressvariante ermittelt werden. Im Jahr zuvor wurden hier Gehalte ähnlich der Variante mit normaler Bewässerung gemessen. Eine Optimierung der Kulturführung zur Varianteneinstellung in 2011 kann als Ursache dieses Ergebnisses angesehen werden.

Brassica spp.

Pak Choi (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* cv. Black Behi): Die Gewächshausversuche wurden in dem Gewächshaus der Versuchsstation in Berlin-Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt. Die Versuche fanden zeitlich parallel zu den Freilandversuchen statt. Die Pak Choi Sorte „Black Behi“ wurde in einer randomisierten Versuchsanlage angebaut und in drei Bewässerungsvarianten im Hinblick auf die Trocken/Wasserstresstoleranz geprüft. Während der Versuchsdurchführung wurden die Pflanzen bezüglich ihrer Entwicklung und ihrem phytosanitären Zustand und Erntegewicht bonitiert, und Pflanzen auf folgende Inhaltsstoffe analysiert: Trockensubstanzgehalt, Gesamtphenole, Flavonoide, Glucosinolate und Gerüstsubstanzen (Cellulose, Hemicellulose, Lignin).

Für die unterschiedlichen Behandlungsvarianten zeigte sich bei Pak Choi, dass die Pflanzen unter Trockenstress ein geringeres Erntegewicht und eine geringere Blattanzahl im Vergleich zu den anderen Varianten aufwiesen. Der Trockensubstanzgehalt der Blätter war in der Trockenstressvariante erhöht. Obwohl eine Akkumulation von phenolischen Verbindungen unter Trockenstress erwartet wurde, konnten in dieser Variante nur verringerte Gesamtphenolgehalte festgestellt werden. Die Gehalte an Quercetin, Kämpferol und Isorhamnetin wurden hingegen nicht durch die Bewässerung beeinflusst. In der Analyse der Gesamtglucosinolate zeigten sich zwar keine signifikanten Unterschiede, dennoch wurden für Gluconasturtiin in der Trockenstressvariante deutlich geringere Gehalte im Vergleich zur Variante mit erhöhtem Wasserangebot gemessen. Da die Bildung von Glucosinolaten u.a. von der Nährstoffversorgung, insbeson-



dere von der Bereitstellung Schwefel- und Stickstoffionen abhängig ist, kann Trockenstress die Zufuhr dieser und damit die Biosynthese von Glucosinolaten vermindern. Hinsichtlich der Gerüstsubstanzen konnten nur für Hemicellulose statistisch abgesicherten Unterschiede erfasst werden. Für die Pflanzen der Trockenstressvariante wurden hier erhöhte Gehalte ermittelt. Hemicellulose wird als „Osmoprotectant“ angesehen, da sie den osmotischen Zustand der Zelle positiv beeinflussen kann. Weiterhin wären ein verminderter Anteil an Cellulose und ein erhöhter Anteil an Lignin in der Trockenstressvariante zu erwarten gewesen.

Bei der Gegenüberstellung der Behandlungsvarianten beider Versuchsjahre wird deutlich, dass sich die Ergebnisse, welche im Jahr 2010 erfasst wurden, im Jahr 2011 überwiegend bestätigt wurden. Trockenstress verursachte hier eine Verringerung des Pflanzengewichtes sowie einen Anstieg der Trockensubstanzgehalte. Allerdings konnten für die Gesamtglucosinolaten im Jahr 2011 hinsichtlich der verschiedenen Bewässerungsstufen keine Signifikanzen ermittelt werden, dennoch zeigte sich hier der gleiche Trend zu geringeren Gehalten unter Trockenstress wie im Jahr 2010. Der Hemicellulosegehalt zeigte Signifikanzen bezüglich der Bewässerungsvarianten (höhere Gehalte unter Trockenstress). Die signifikant höheren Gehalte an Lignin unter Trockenstress, die im Jahr 2010 ermittelt wurden, konnten im Jahr 2011 nicht bestätigt werden, da sich hier die Daten nicht signifikant voneinander unterschieden.

Weiterhin wurden in beiden Jahren erhöhte Gesamtphenolgehalte in der Variante mit erhöhtem Wasserangebot ermittelt. Dies entspricht nicht den Angaben in der Literatur, wo unter Trockenstress höhere Gehalte an Polyphenolen angegeben werden. Als Ursache für dieses gegenläufige Ergebnis wird die Analyse der Gesamtphenole angesehen, welche den Gehalt an allen reduzierenden Substanzen erfasst. Störend können hier hohe Gehalte an stickhaltigen Verbindungen, wie z.B. an Glucosinolaten wirken und das Ergebnis verfälschen. Bezüglich des Flavonoidprofils konnten sie signifikant erhöhte Gehalte an Kämpferol in der Variante mit optimaler Bewässerung des Jahres 2010 im Folgejahr nicht bestätigt werden. In 2011 wurden hier keine Signifikanzen ermittelt.

Grünkohl (*Brassica oleracea* convar. *acephala* var. *sabellica*): Die Versuche wurden in dem Gewächshaus der Versuchsstation in Berlin-Dahlem der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt. Die Versuche fanden zeitlich parallel zu den Freilandversuchen statt. Es wurden drei verschiedene Grünkohlsorten in einer randomisierten Versuchsanlage gepflanzt und in drei Behandlungsvarianten auf Unterschiede hinsichtlich Trocken/Wasserstresstoleranz geprüft. Für den Versuch wurden eine Hybridsorten („Redbor F1“ [Saatgut der Fa. Kiepenkerl]), eine aktuelle Zuchtsorte („Winterbor“ [Saatgut der Fa. enzazaden]) sowie eine alte Sorte („Lerchenzunge“, [Saatgut der Fa. Sperli]) gewählt.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten zeigte signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und zwischen den Behandlungsvarianten. Hinsichtlich der Trockensubstanz wurden Sortenunterschiede festgestellt, jedoch nicht anhand des Inhaltsstoffprofils. Dennoch zeigte die Sorte „Redbor“ hinsichtlich der Carotinoide und Phenole tendenziell höhere Gehalte im Vergleich zu der Sorte „Winterbor“. Trockenstress verursacht eine verminderte Pflanzenentwicklung (Blattanzahl, Blattlänge und -breite) und demzufolge einen reduzierten Ertrag. Obwohl in der Variante mit geringer Wasserkapazität ein höherer Trockensubstanzgehalt gemessen wurde, konnten bezüglich des Carotinoid-, Gesamtphenol- sowie des Chlorophyllgehaltes keine Signifikanzen erfasst werden. Dennoch wurden in der Analyse der Flavonoide signifikante Unterschiede festgestellt, wobei sich das hier ermittelte Quercetin anders als das Kämpferol verhielt. Während die Gehalte an Quercetin in Stresssituationen wie Trockenheit oder Wasserüberschuss im Vergleich zur normalen Bewässerung anstiegen, wurde für Kämpferol ein Anstieg mit Zunahme der Wasserkapazität ermittelt. Weiterhin wurden in der Glucosinolatanalyse bei Wasserüberschuss signifikant höhere Gehalte an Glucosinolaten (bei der Sorte „Winterbor“) im Vergleich zu den anderen Varianten gemessen. Da diese schwefel-



und stickstoffhaltige chemische Verbindungen sind, ist deren Bildung auf eine optimale Nährstoffversorgung aus dem Boden angewiesen. Daher wäre ein Anstieg in Trockenstressvariante zu erwarten gewesen.

Hinsichtlich der Gerüstsubstanzen wurden erhöhte Hemicellulosegehalte in der Variante mit geringer Wasserversorgung festgestellt. Da diese wasserspeichernde Eigenschaften in der Zellwand besitzen, ist deren Mobilisierung als Anpassungsstrategie der Pflanzen an Trockenstress zu sehen.

Freilandversuche

Salat

Der Versuch wurde 2010 und 2011 vom VERN e.V. auf dem Versuchsgelände der Humboldt-Universität zu Berlin in Berlin-Dahlem bzw. am VERN durchgeführt.

Die Versuche fanden zeitnah zu den Gewächshausversuchen in Berlin-Dahlem statt. Für die Versuche wurden zwei aktuelle Zuchtsorten, „Gisela“ und „Skyphos“ der Firma Rijk Zwaan, die für den Freilandanbau geeignet sind, sowie zwei alte Sorten, „Winter Altenburger“ und „Struwelpeter“, ausgewählt. Diese wurden in einer randomisierten Blockanlage angebaut und in zwei Behandlungsvarianten geprüft. Die Variante ohne Trockenstress wurde nach Bedarf gewässert, so dass der Boden kontinuierlich feucht blieb. Die Variante mit Trockenstress wurde 10 Tage vor der Ernte mit einer reduzierten Wassermenge (50 %) gegossen.

Die reduzierte Bewässerung führte bei allen Sorten zu einem geringeren Ernte- und Marktgewicht. Die Pflanzengröße (Durchmesser) wurde nicht beeinflusst. Die Sorte „Struwelpeter“ und weniger deutlich die Sorte „Skyphos“ wiesen mehr Trockensubstanz bei Trockenstress auf.

Die Sorte „Skyphos“ reagierte auf den Trockenstress mit reversiblen Welken der Umblätter und Anfälligkeit gegen Blattläuse. Die Sorte „Winter Altenburger“ neigte unter Trockenstress verstärkt zu Innenrandnekrosen. Die Sorten „Gisela“ und „Struwelpeter“ zeigten bis auf das geringere Erntegewicht keine weiteren Reaktionen auf den Trockenstress. Bei allen Sorten traten bei bedarfsgemäßer Bewässerung einzelne Pflanzen mit Fäulnis an den untersten Blättern auf. Dieser Effekt war bei „Gisela“ am stärksten ausgeprägt.

Brassica spp.

(Pak Choi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* cv. Black Behi): Die Freilandversuche wurden vom VERN e.V. auf dem Versuchsgelände der Humboldt-Universität zu Berlin in Berlin Dahlem durchgeführt. Die Versuche wurden ca. drei Wochen später als der Gewächshausversuch mit Pak Choi an der HU in Berlin-Dahlem durchgeführt, da Pak Choi wärmebedürftig ist. Pak Choi wurde in einer randomisierten Blockanlage angebaut und in zwei Behandlungsvarianten geprüft. Die Variante ohne Trockenstress wurde bis zur Ernte nach Bedarf gewässert. Die Variante mit Trockenstress erhielt in der Woche vor der Ernte ein Fünftel der Wassermenge, die der ersten Variante gegeben wurde.

Pak Choi entwickelte im Freiland sehr heterogene Bestände. Der Wuchs war gedrungener als im Gewächshausversuch, da die Blattstiele relativ kurz blieben. Es gab wenig Ausfälle und geringe Belastung durch Schädlinge. Das Erntegewicht der Variante ohne Trockenstress lag nur tendenziell höher im Vergleich zu der Variante mit Trockenstress; der Gewichtsunterschied war statistisch jedoch nicht signifikant.

Grünkohl (*Brassica oleracea* convar. *acephala* var. *sabellica*): Die Freilandversuche wurden vom VERN e.V. auf dem Versuchsgelände Eichwerder (2010) als auch auf dem Versuchsgelände der Humboldt-Universität zu Berlin in Berlin-Dahlem (2011) durchgeführt. Die Versuche fanden zeitnah zu den Gewächshausversuchen an der HU in Berlin-Dahlem statt. Dieselben Sorten wie im Gewächshausversuch wurden in einer randomisierten Blockanlage angebaut und in zwei Behandlungsvarianten geprüft. Dazu wurden vier Wochen vor der Ernte die Beete mit Folientunneln überdacht und so vor Niederschlag geschützt. Die Variante mit Trockenstress wurde



dann bis zur Ernte nicht bewässert. Die zweite Variante (ohne Trockenstress) wurde nach Bedarf bewässert, so dass der Boden kontinuierlich feucht blieb.

Im Hinblick auf die Bewässerungsvarianten gab es keine Sortenunterschiede. Die reduzierte Bewässerung vier Wochen vor der Ernte beeinflusste die Entwicklung der drei Sorten signifikant und führte bei allen Sorten zu geringerem Erntegewicht und niedrigerem Pflanzenwuchs. Alle Sorten wiesen bei reduzierter Bewässerung signifikant mehr Trockenmasse auf als in der bewässerten Variante. Auf die Blattzahl und die Blattgröße hatte die Behandlung keinen Einfluss.

Arbeitspaket 3 Entwicklung eines wassereffizienten Bewässerungssystems bei gleichzeitiger Sicherung von Ertrag und Qualität im Spargelanbau

Freiland-Versuche beim Praxispartner

Beim Partnerbetrieb Buschmann & Winkelmann GbR wurde im Frühjahr 2010 eine Spargelneuanlage von ca. 90 ha am Standort Beelitz-Schönefeld gepflanzt. Hier konnten unter Praxisbedingungen die Bewässerungsvarianten Schlauchtrommelberegnung, oberirdisch verlegte Tropfbewässerung und unterirdisch verlegte Tropfbewässerung verglichen werden.

Im Bewässerungszeitraum wurden bei den oberirdisch und unterirdisch tropfbewässerten Sämlingspflanzen zu drei Terminen Pflanzenbonituren durchgeführt. Dabei wurde bei 50 Pflanzen je Variante die größte Trieblänge sowie die Anzahl fünf verschiedener Triebklassen ermittelt: Keimlingstriebe, austreibende Knospen, neue, frische und alte Triebe wurden erfasst. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewässerungsvarianten.

Neben Pflanzenbonituren wurden in den Jahren 2011/2012 Bodenfeuchtemessungen durchgeführt. Bei jeder der drei Bewässerungsvarianten wurden an je zwei Messstellen in je drei Tiefen (50, 75 und 100 cm unter Dammhöhe) die Saugspannungen gemessen. Als Sensoren wurden Tensiometer verwendet, die mit Datenloggern ausgestattet waren.

In Kooperation mit der Arbeitspaket 1 (Anpassungsstrategien für Allee- und Obstbäume) wurde bei der Baumschule Lorberg eine Anlage zum Monitoring der Bodenfeuchte mittels Schichten-tensiometrie aufgebaut. Die Erfassung der Messwerte erfolgt mit der am Fachgebiet entwickelten Software. Mittels dieser Daten und weiterführender Vorort-Versuche in der Anlage in Berlin Dahlem wurde der Algorithmus der Identifikation des Zeitverhaltens der Wasserbewegung entwickelt (siehe nächster Abschnitt).

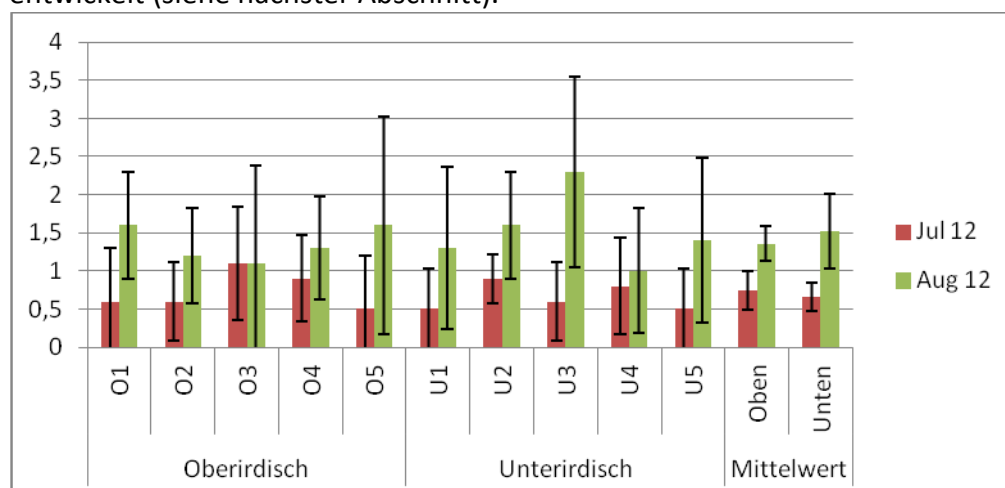


Abbildung 9.2: Anzahl der Spargeltriebe bei oberirdisch aufgelegter und unterirdisch eingebrachter Tröpfchenbewässerung

Freiland-Versuche in Berlin-Dahlem

Mit identischen Jungpflanzen, vergleichbarer Kulturführung, gleichen Boniturterminen und identischer Bewässerungstechnik wurde eine Freiland-Versuchsanlage am Standort Dahlem eingerichtet. Auf vier Reihen wurden jeweils 50 Sämlingspflanzen gesetzt, zwei Reihen wurden mit oberirdischer und zwei mit unterirdischer Tropfbewässerung ausgestattet. Der Bewässe-



rungszeitraum lag in den Monaten Mai bis September. Hier wurde eine eigene automatisiert arbeitende Messtechnik entwickelt und erprobt. An je vier Messstellen wurde in vier Tiefen der Verlauf der Saugspannung gemessen. Die Datenübertragung erfolgte drahtlos per Funk. Die Bewässerung nach Saugspannungsverläufen konnte über die entwickelte Software automatisiert werden und die dynamischen Zeitparameter wie Totzeit, Ausgleichzeit und Beruhigungszeit der Saugspannungsänderung nach Auslösung eines Bewässerungsimpulses wurde erfasst. Die Veränderung der Zeitdauer der Bewässerung erfolgt nach repetierender Bewertung der Zeitkonstanten-Verhältnisse der zurückliegenden Bewässerungstakte.

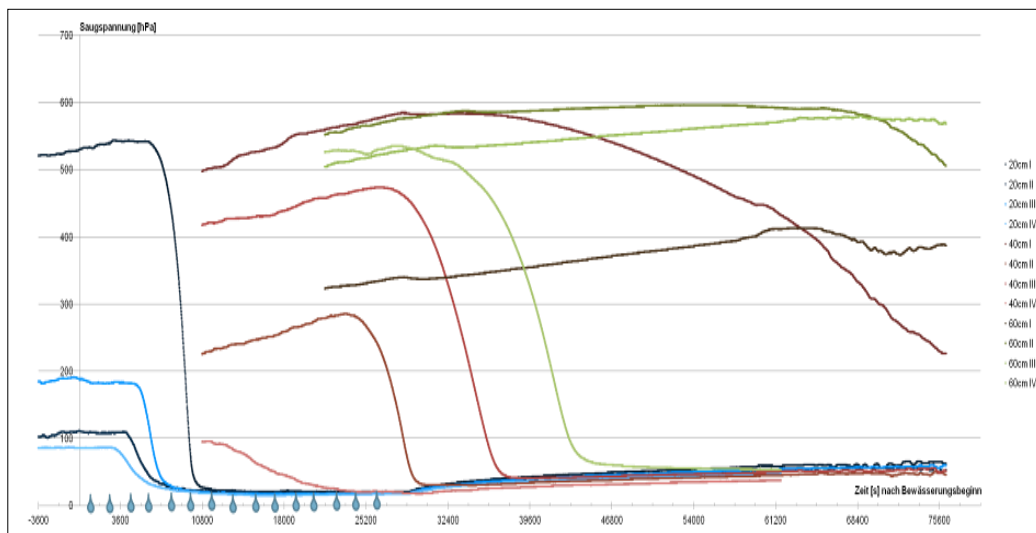


Abbildung 9.3: Saugspannungsverlauf in drei Tiefen – Vergleich von vier Bewässerungsereignissen

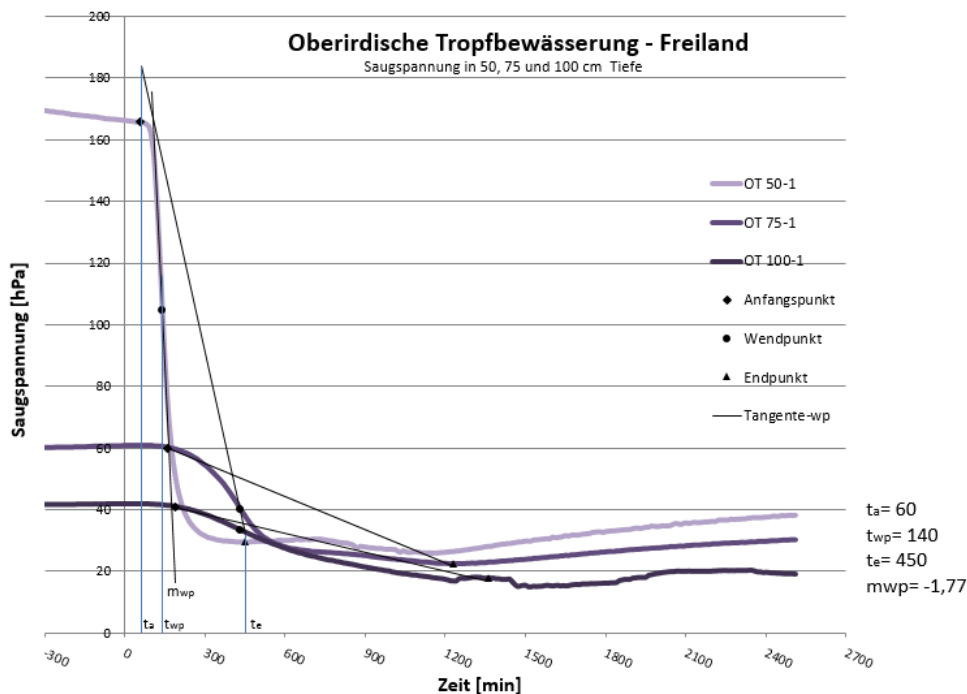


Abbildung 9.4: Bestimmung der Zeitkonstanten zur Bewertung der Versickerungsgeschwindigkeit

Gewächshaus-Versuche in Berlin-Dahlem

Im Dahlemer Forschungsgewächshaus wurden im Jahr 2011 in einem 0,5 m³ fassenden, mit Zierspargel bepflanzen Container weiterführende Exaktversuche zur Feuchtdynamik im Boden bei Tropfbewässerung durchgeführt. Dabei maßen 16 Tensiometer den Verlauf der Saugspannung in verschiedenen Tiefen und Radien.

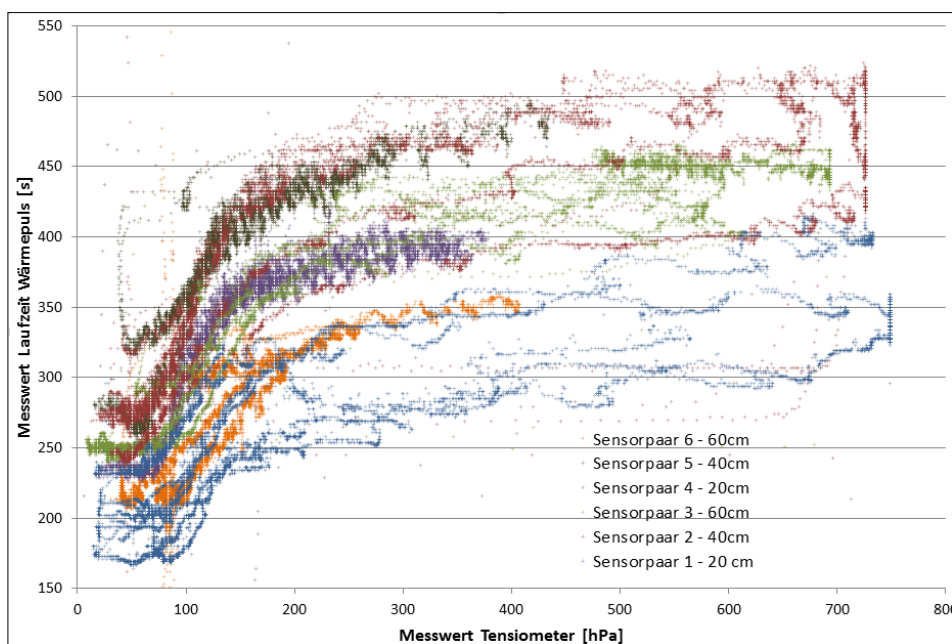


Abbildung 9.5: Vergleich der Messmethoden zur Bodenfeuchtemessung (Wärmeleitfähigkeitssensor vs. Analogtensiometer)

Für die Zeit außerhalb der Freiland-Spargelsaison wurden im Forschungsgewächshaus fünf Großgefäße (V=330 l) mit Boden vom Standort des Partnerbetriebes befüllt. Davon sind zwei Großgefäße mit Sand abgereichert worden, um auch weniger ertragreiche Böden zu simulieren. Diese wurden mit adulten Spargelpflanzen bepflanzt und zum Austrieb gebracht. Auch hier wurde die Feuchtedynamik im Boden erfasst. Dabei kam neben Tensiometern parallel ein neuer, auf Wärmekapazität basierender Sensor zum Einsatz (Fa. Plantcare).

Wie im Diagramm in Abbildung .5 deutlich wird, können annäherungsweise lineare Zusammenhänge zwischen den beiden Messmethoden nur in einem engen Bereich zwischen 80 und 120 hPa Tensiometersaugspannung hergestellt werden. Der Zusammenhang ist tiefenabhängig und oberhalb von 200 hPa zeigt der PlantCare-Sensor keine weiteren Anstiege aber starke Schwankungen bei steigender Tensiometer-Saugspannung. Insbesondere in trockenen Sandböden, typisch für den Spargelanbau, herrschen jedoch Saugspannungen von bis zu 500 hPa. Damit ist der PlantCare-Sensor für den Einsatz zu Dauermessungen in trockenen Böden ungeeignet.

Technische Entwicklungsarbeit

Die technische Entwicklungsarbeit beinhaltete die Erarbeitung der Kommunikations-, Sensor- und Steuertechnik in Kooperation mit der Firma AgrarSystem GmbH. Im Bereich der Datenfernübertragung wurde ein verbesserter Prototyp für die Messwerterfassung, Nahfunk- und GPRS-Übertragung fertiggestellt. Dessen Stromverbrauch ist gegenüber der ursprünglichen Planung deutlich verringert. Softwareseitig wurde ein Berechnungsmanagement-Programm (IrriManager) erarbeitet, der aufgrund einer automatisierten Abfrage der Tensiometerwerte eine Bewässerungsempfehlung gibt. Gegenüber vorhandenen Systemen ist hier eine automatisierte Fernsteuerung ganzer Bewässerungsanlagen möglich.

Insbesondere die Anbindung an das GPRS Mobilnetz wird als sehr vorteilhaft angesehen, da hier tatsächlich auch weit von der Infrastruktur entfernte Anbauflächen in das betriebliche Bewässerungsautomatisierungskonzept integriert werden können. Um nicht nur Bodenfeuchtedaten erfassen zu können, sondern die Bewässerung vollautomatisch zu betreiben, ist weitere Infrastruktur vor Ort erforderlich. Mit dem entwickelten System können elektrische Schaltvorgänge ausgelöst werden, die dann Pumpen und Ventilgruppen ansteuern.



Entwicklung einer Datenbank und eines Entscheidungs-Unterstützungs-Systems (EUS)

Zur Auswertung und zur Vergleichbarkeit der Pflanzen in den Versuchen des Arbeitspakets 1 wurden die Daten der einzelnen Arbeitspakete standardisiert und in die Datenbank eingepflegt. Nach der Auswertung wurden die Daten der Allee- und Obstbäume um Informationen aus der Literatur ergänzt und zu Steckbriefen zusammengefasst. In diesen Steckbriefen werden neben den Pflanzen beschreibenden Eigenschaften auch die nach Einschätzung der Projektgruppe klimatoleranten Fähigkeiten der Bäume dargestellt. Diese Steckbriefe sind einer Datenbank gespeichert und werden über das Internet allen Interessierten präsentiert. Aus den Erfahrungen aus dem Projekt und den Erfahrungen der im Kooperationsverbund beteiligten Einrichtungen werden neue Versuche mit jungen Sämlingen der selektierten Baumarten weitergeführt. Diese anfallenden Daten werden in die vorhandene Datenbank eingepflegt und die Sammlung an Steckbriefen erweitert. Die Datenbank ist auf der Webseite der Humboldt-Universität zu Berlin veröffentlicht. Eine Abfrage führt zu einem PDF-File mit entsprechenden Informationen zu Art- und Sorte.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Arbeitspaket 1:

Mit dem zur Verfügung stehenden Budget konnten die geplanten Ziele erreicht werden. Aufgrund der Tatsache, dass Versuche mit Bäumen langfristig angelegt werden müssen, ist die Laufzeit für die Versuche für eine endgültige Bewertung zu kurz gewesen.

Arbeitspaket 2:

Das veranschlagte Budget hat für die geplanten Versuche ausgereicht und ist planmäßig verwendet worden.

Arbeitspaket 3:

Im Zuge der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass das Teilprojekt deutlich unterfinanziert war für Prototypenentwicklung, Bau und Erprobung. Durch hohes Engagement des Industriepartners und den Beitrag zur Entwicklung in Form von kostenfrei zur Verfügung gestellter Arbeitszeit des Systementwicklers, Material und zusätzliche Messmittel konnte die Prototypenentwicklung in einer Zeit abgeschlossen werden, die den Systemtest und kleinere Versuche am Campus Berlin-Dahlem ermöglichten. Die Versuche zur Testung der Methode der dynamischen Anpassung erfolgten mit drahtgebundener Datenübertragung unter Nutzung von Ressourcen des Fachgebietes Biosystemtechnik und weiterer Partner.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Arbeitspaket 1:

In Deutschland ist mit dem weiter fortschreitenden Klimawandel eine deutliche Verschlechterung der Lebensbedingungen von Allee- und Straßenbäumen bis hin zum Verlust von „städtischem Grün“ zu erwarten. Dabei sind die Standortbedingungen der Straßenbäume im urbanen Bereich schon jetzt überwiegend ungünstig. Bäume wachsen unter urbanen Bedingungen überwiegend auf physiologischen Extremstandorten. Es zeichnet sich ab, dass eine Reihe bisher verwendeter Baumarten und Sorten den sich künftig weiter verschlechternden Standortanforderungen nicht mehr gewachsen sein werden. Im Zuge des Klimawandels besteht die Nachfrage nach stabilen Straßenbaumarten und -sorten, um langfristige Pflanzungen vornehmen zu können. Da die Produktion von qualitativ hochwertigen Alleebäumen je nach Baumart und Stammumfang jedoch 8-15 Jahre oder länger dauert, müssen die Baumschulen bereits jetzt Entscheidungen fällen, welche Baumartensortimente für die Zukunft produziert werden sollen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, Baumarten und -sorten aus anderen Klimaregionen hinsichtlich



ihrer Anbaueignung und ihrer Funktionsfähigkeit als möglicher zukünftiger Stadtbaum zu testen. Neben fremdländischen Baumarten müssen von bisher verwendeten Straßenbaumarten bestimmte Genotypen ausgewählt werden, welche die angesprochenen Stressfaktoren besser tolerieren können. Das Teilprojekt hat einen ersten wichtigen Schritt zur Erweiterung des Arten- und Sortenspektrums für Alleebäume geleistet. Die Arbeiten werden über das Projektende hinaus weitergeführt, um verlässliche Aussagen für die Eignung der Bäume treffen zu können.

Arbeitspaket 2:

Auf Wassermangelsituationen kann im Gemüsebau aus gärtnerischer Sicht mit wassersparenden Bewässerungsstrategien, angepassten Arten und Sorten, veränderten Pflegemaßnahmen und einer Aufwertung der Böden reagiert werden. Da sich Wasserbedarfs- und Temperaturoptima von Wachstums- und Entwicklungsprozessen erheblich zwischen unterschiedlichen Arten und Sorten unterscheiden, stellt auch die Suche nach Kulturen mit sehr guter Wassernutzungseffizienz eine weitere mögliche Anpassung an sich verändernde Klimabedingungen dar. Ausgewählte Gemüsearten und -sorten (*Lactuca* spp., *Brassica* spp.) wurden auf ihre Trocken- und Wasserstresseignung sowohl unter kontrollierten Gewächshausbedingungen als auch unter Freilandbedingungen untersucht. Es zeigte sich, dass nicht nur die ernährungsphysiologische Qualität der Kulturen beeinflusst war, sondern auch die Empfindlichkeit gegenüber Herbivoren, was am Beispiel von Blattläusen gut gezeigt werden konnte. Für den Gemüseanbau genutzte Flächen in Deutschland können bereits heute zum größten Teil bewässert werden. Dabei spielt eine wichtige Rolle, Probleme mit Schaderregern oder Qualitätseinbußen durch metabolische Anpassungen der Pflanzen an Trockenstress zu vermeiden. Die Konkurrenz um Wassernutzungsrechte sowie die mit der Bewässerung verbundenen Kosten werden zu weiteren Anpassungsstrategien infolge des Klimawandels führen. Zahlreiche technische Lösungen sind in Ländern wie Israel und Spanien bereits erprobt, in Deutschland hingegen noch nicht weit verbreitet. Neben den genannten technischen Lösungen wird sich auch das Sortenspektrum verändern und werden vermehrt trockenstresstolerante Sorten in den Anbau kommen.

Arbeitspaket 3:

Seit Jahrzehnten wird nach funktionalen, unter Praxisbedingungen handhabbaren und im Aufwand vertretbaren Methoden der Steuerung von Bewässerungssystemen gesucht. Selbst in technologisch hochentwickelten, gleichzeitig aber unter Wasserversorgungsdruck leidenden Regionen wie Israel oder USA sind keine Steuerverfahren bekannt, die mit hoher Sicherheit eine exakte Wasserversorgung von Pflanzenbeständen im Freiland realisieren können. Es ist deshalb weiterführende Forschung und Entwicklung zur Kombination bekannter Methoden notwendig, um diese Versorgungssicherheit bei Minimierung von Wasserverlusten zu gewährleisten. Insgesamt ist festzustellen, dass Projektzeiträume von 3 Jahren für Systementwicklung, Prototypenbau und Vor-Ort-Test unter den Bedingungen unsicherer Witterungsbedingungen und Schwierigkeiten bei on farm-Versuchen zu gering sind.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Arbeitspaket 1:

Das Anpassungsprojekt für Allee- und Obstbäume stellt die wesentliche Grundlage für die Selektion von klimaangepassten Straßenbäumen dar. Anders als bei anderen gärtnerischen Kulturen muss sich die Eignung von Stadt- und Alleebäumen über einen, verglichen mit Gemüsekulturen, langen Zeitraum von 10-15 Jahren erweisen. Eine große Anzahl von Wetterereignissen in den Standzeiten der Bäume muss deren Eignung beweisen. Auch die gute und sachverständige Pflege der Bäume in den Baumschulen verfälscht das Ergebnis in dieser Studie. Erst das Wachstum und das Überleben der Bäume am Endstandort wird letztlich die Eignung beweisen. Im Projekt ermittelte Methoden zur Früherkennung von Salz- und Trockentoleranz geben den



Züchtern und Einrichtungen Möglichkeiten diese Selektionskriterien frühzeitig anzuwenden. Auch die in Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, welche ähnliche oder gleiche Forschungsprojekte haben, entwickelten standardisierten Boniturbögen machen eine Vergleichbarkeit bei der Einschätzung der Bäume in den verschiedenen Regionen Deutschlands möglich. Des Weiteren wurde im Projektverlauf festgestellt, dass Baumarten, meist veredelt auf Sämlingsunterlagen, unterschiedlich auf Stress reagieren. Diese unterschiedlichen Reaktionen sind auf die genetisch unterschiedlichen Unterlagen zurückzuführen. Auch kommt es, wie im Versuchsglied der *Quercus hispanica* 'Wageningen', nach Jahren des normalen Wachstums zu Abstoßungserscheinungen zwischen Unterlage und dem genannten Edelreis. Um Alleebäume mit definierten homogenen Eigenschaften zu erhalten müssen neue Wege der Vermehrung als wurzelechte Pflanzen gefunden werden. Neue Vermehrungsmethoden müssen für die Baumarten individuell entwickelt werden. Angeregt durch INKA BB hat sich in Deutschland ein Verbund von vier Partnern entwickelt, die mit ähnlichen Baumarten die Fragen zur Klimatoleranz weiter untersuchen. Zwar gibt es zwischen den Partnern Unterschiede im Artenspektrum, jedoch wurde sich auf eine Gruppe geeinigt, die an allen Standorten aufgepflanzt sind. Eine Harmonisierung der Untersuchungsmethoden findet momentan statt.

Von den ersten Projekttagen war das mediale Interesse an den neuen Alleebäumen enorm. Nicht nur das regionale Fernsehen sondern auch eine Sendung im Rahmen der populärwissenschaftlichen Sendung „X:enius“ interessierten sich für den Versuch. Regelmäßig wurden unterschiedlichen Sendern Radiointerviews gegeben. Auch Print – und Onlinemedien berichteten über das Projekt.

Arbeitspaket 2:

Der Nutzen der Arbeiten ist aus wissenschaftlicher Sicht sehr hoch durch den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn über Anpassungsmechanismen gartenbaulicher Kulturen an den Klimawandel. Darüber hinaus erfolgte eine Vermittlung der Ergebnisse und der Wissenstransfer an vom Klimawandel betroffene Produzenten und gartenbauliche Unternehmen. Weiterer Nutzen ergibt sich durch die Integration der Forschungsergebnisse in das universitäre Lehrangebot.

Arbeitspaket 3:

Seit Jahrzehnten wird nach funktionalen, unter Praxisbedingungen handhabbaren und im Aufwand vertretbaren Methoden der Steuerung von Bewässerungssystemen gesucht. Selbst in technologisch hochentwickelten, gleichzeitig aber unter Wasserversorgungsdruck leidenden Regionen wie Israel oder derzeit USA sind keine Steuerverfahren bekannt, die mit hoher Sicherheit eine exakte Wasserversorgung von Pflanzenbeständen im Freiland realisieren können. Es ist deshalb weiterführende Forschung und Entwicklung zur Kombination bekannter Methoden notwendig, um diese Versorgungssicherheit bei Minimierung von Wasserverlusten zu gewährleisten. Insgesamt ist festzustellen, dass Projektzeiträume von drei Jahren für Systementwicklung, Prototypenbau und Vor-Ort-Test unter den Bedingungen unsicherer Witterungsbedingungen und Schwierigkeiten bei on farm-Versuchen zu gering sind.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Arbeitspaket 1:

In der Projektlaufzeit ist es den Akteuren gelungen, eine Arbeitsgemeinschaft verschiedener Institutionen zu bilden, welche sich mit derselben Problematik beschäftigen. Diese Projektgruppe hat bewusst eine Schnittmenge gleicher Baumarten und -sorten in die Versuchsanstellung gewählt.



Arbeitspaket 2:

Auch wenn international zahlreiche andere Gruppen an den Auswirkungen von Trockenstress auf die ernährungsphysiologische Qualität von gärtnerischen Kulturen arbeiten, so sind doch keine Erkenntnisse publiziert worden welche die eigenen Arbeiten beeinflusst hätten.

Arbeitspaket 3:

Mit Projektbeginn wurden die Entwicklungen der Firma PlantCare Sensortechnik bekannt. In dieser Zeit wurde von PlantCare das Patent zur Steuerung von Bewässerungen nach dem dynamischen Verlauf der Bodenfeuchte angemeldet, gemessen mit einem auf thermischer Leitfähigkeit beruhendem Sensor. Diese Erfindung kommt der für das Projekt geplanten Strategie der Auswertung des dynamischen Verlaufes einer Schichtentensimetrie-Messeinrichtung nahe. Der Unterschied ergibt sich aus dem Vorschlag, mehrere Bodenfeuchtesensoren in differenten Tiefen einzusetzen, um die Sickerbewegung des Wassers anhand der Zeitkonstanten zu beschreiben und damit die Bodeneigenschaften bezüglich der Bodenwasserdynamik zu identifizieren.

II.6 Veröffentlichungen

Um die hier erzielten Erkenntnisse allen Interessenten zugänglich zu machen, wurde im Rahmen des Projektes eine umfangreiche Pressearbeit (ca. 10 Radiointerviews, 20 Zeitungsartikel, Fachpublikationen, 1 Imagefilm) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden auf der Grünen Woche und in regionaler Zusammenarbeit mit den Kreuzberger Prinzessinnengärten und diversen Schulgärten präsentiert. Darüber hinaus wurden zahlreiche öffentlichkeitswirksame Aktivitäten durchgeführt (u. a. Messeauftritte, Tagungen, Workshops, Teilnahme an der Langen Nacht der Wissenschaften). Um eine Verbreitung der Ergebnisse auch in der nicht produktionsorientierten Praxis zu gewährleisten, wurde mit den Kleingärtnern in Berlin (Gartenfreunde Berlin e.V.) vereinbart, in der Mitgliederzeitschrift des Verbandes Berlin ab dem Jahr 2013 eine Rubrik „aus der Wissenschaft“ einzurichten. Aus INKA BB sind hier zwei Artikel entstanden:

Forschen im Zeichen des Klimawandels – Witterungstolerante Bäume für die Stadt.

Forschen im Zeichen des Klimawandels – Geschmackvolles und gesundes Gemüse.

BEHRENDT, D., ZANDER, M., SCHAARSCHMIDT, S. & ULRICHS, CH. 2014: Use of microorganisms to improve plant growth and Verticillium dahlia tolerance of Acer sp. 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung. Book of Abstracts, BHGL - Schriftenreihe Band 30: S. 76.

EICHHOLZ, I., FÖRSTER, N., ULRICHS, CH., SCHREINER, M. & HUYSKENS-KEIL, S. 2014: Survey of bioactive metabolites in selected cultivars and varieties of *Lactuca sativa* L. under water stress. Journal of Applied Botany and Food Quality 87, 265-273, DOI: 10.5073/JABFQ.2014.087.00X.

EICHHOLZ, I., ULRICHS, CH. & HUYSKENS-KEIL, S. 2011: Gemüsebau unter dem Zeichen des Klimawandels. Berlin-Brandenburgische Gartenbau Mitteilungen (BBGM) 22 (4): 12.

Fellhölter, G., Schreiner, M., Zander, M., Ulrichs, Ch. 2015: Stresstest an Straßenbäumen in Berlin-Neukölln. Pro Baum2: 22-24.

JACOB, J., ROCKSCH, T., SCHMIDT, U. 2012: Innovatives Bewässerungsmanagement für gärtnerische Kulturen – angepasste Tropfbewässerung beim Spargelanbau in der Region Berlin/Brandenburg. In: Grünewald et al. (Hrsg.): Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel, Schweitzerbart Science Publishers, Stuttgart, S.266-271.

Khan, M.A.M., Mewis, I. & Ulrichs, Ch. 2012: Drought stress fosters aphid infestation in *Brassica* crops. In: Jenkins, O.P. (Ed.) Advances in Zoology Research, Novapublishers 4, 223-234. ISBN: 978-1-62081-131-3.

KHAN, M.A.M., ULRICHS, CH. & MEWIS, I. 2011: Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italic*. Plenck). Journal of Applied Botany and Food Quality. 84 (2) 178-183.



- GOßMANN, M., PAULSEN, H., WUNDER, S., JÄCKEL, B., ZANDER, M., ULRICHS, CH. & BÜTTNER, C. 2013: Auftreten von pilzlichen Krankheitserregern an Laubgehölzen einer Anlage in Brandenburg. 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung. Book of Abstracts, BHGL - Schriftenreihe Band 30: 177.
- HENKELÜDEKE, L., EICHHOLZ, I., ULRICHS, CH., HUYSKENS-KEIL, S. 2012: Does a reduced water supply influence health-promoting compounds in kale? 2nd Symposium on horticulture in Europe, Angers, France, 1st-5th July, book of abstracts 109-110.
- HUYSKENS-KEIL S., E. RAJABBEIGI, N. BEESK, S. ROHN, CH. ULRICHS, L.W. KROH, I. EICHHOLZ 2011: Interactive effects of drought stress and UV-B radiation on plant responses and secondary metabolites in lettuce (*Lactuca sativa* L.). (Vortrag). Cost Action UV4growth conference MetabolUV -Interactive effects of UV-B radiation with abiotic and biotic factors-. 23-24 November Cork, Ireland
- KHAN, M.A.M., ULRICHS, CH. & MEWIS, I. 2011: Water stress alters aphid-induced glucosinolate response in *Brassica oleracea* var. *italica* differently. *Chemoecology* 21 (4) 235-242. DOI 10.1007/s00049-011-0084-4.
- KHAN, M. A. M., MEWIS, I. ULRICHS, CH. 2010. Drought stress - impact on glucosinolate profile and performance of phloem feeding cruciferous insects. International Horticultural Conference – Science and Horticulture for People. Lisbon, Aug. 22-27. Book of Abstracts Vol I, p. 215.
- KHAN, M.A.M. 2011: Induced biochemical changes and gene expression in *Brassica oleracea* and *Arabidopsis thaliana* by drought stress and its consequences on resistance to aphids. In: Ulrichs, Ch. & Büttner, C. (Hrsg.) Berliner ökophysiologische und phytomedizinische Schriften. Bd. 20. 129 S., Der Andere Verlag, Tönning, ISBN 978- 3-86247-203-1.
- KHAN, M.A.M., MEWIS, I., FÖRSTER, N. & ULRICHS, CH. 2010: *Brassica italica* grown under water stress – plant response affected by phloem feeding aphids. Tropentag, Sept. 14-16, Zürich, Switzerland, Book of Abstracts p. 297.
- KÖHLER, A., ZANDER, M., ULRICHS, CH. & ZASPEL, I. 2013: Untersuchungen zur Trockenstresstoleranz ausgewählter Weiden-Klone. 48. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Gesellschaft, 27.2.-2.3.2013 Bonn, BHGL – Schriftenreihe Band 29, S. 87.
- MEWIS, I., KHAN, M.A.M., GLAWISCHNIG, E., SCHREINER, M. & ULRICHS, CH. (2012) Water stress and aphid feeding differentially influence metabolite composition in *Arabidopsis thaliana* (L.). *PLoS ONE* 7(11): e48661. doi:10.1371/journal.pone.0048661.
- MEWIS, I.; GLAWISCHNIG, E.; SCHREINER, M.; ULRICHS, CH. & ZRENNER, R. 2013: Eco-physiological consequences of UV-B on Brassicaceae - Impact on the co-evolutionary arms race between plants and their enemies. International Chemical Ecology Conference 19. -23. August 2013, Melbourne, Australia, Book of abstracts: p. 116.
- RAJABBEIGE, E., EICHHOLZ, I., BEESK, N., ULRICHS, CH., KROH, L.W., ROHN, S., HUYSKENS-KEIL, S. 2013: Interaction of drought stress and UV radiation - impact on biomass production and flavonoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J Appl Bot and Food Qual* 86: 190-197. DOI: 10.5073/JABFQ.2013.086.026
- SCHAARSCHMIDT, S., HOFFMANN, A. & ULRICHS, CH. 2014: Effect of salt and temperature stress on (mycorrhizal) sweet corn plants. 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung. Book of Abstracts, BHGL - Schriftenreihe Band 30: S. 154
- ULRICHS, CH., KHAN, M.A.M. & MEWIS, I. 2011: Drought stress - impact on glucosinolate profile and performance of phloem feeding cruciferous insects. *Acta Hort.* 917: 111-117.
- ULRICHS, C., HUYSKENS-KEIL, S. & MEWIS, I. 2014: Klimawandel und Auswirkungen auf den Produktionsgartenbau. In: Bloch, R., Bachinger J., Rohrman, R., Pfriem, R. (Hrsg.). Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. KLIMZUG Bd. 8, oekom Verlag 211-222, 397. ISBN 978-3-86581-702-0
- ULRICHS, CH. 2011: Straßenbäume müssen mit dem Klimawandel leben. *Berlin-Brandenburgische Gartenbau Mitteilungen (BBGM)* 22 (7/8): 14.
- TICHY, M., EICHHOLZ, I., ULRICHS, CH., HUYSKENS-KEIL, S. 2012: The effect of drought stress on secondary and health-promoting plant compounds in lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.). 2nd Symposium on horticulture in Europe, Angers, France, 1st-5th July, book of abstracts 309
- ZANDER, M. & ULRICHS, C. 2014: Alleebäume unter Klimastress – neue Sortimente für die Zukunft. In: Bloch, R., Bachinger J., Rohrman, R., Pfriem, R. (Hrsg.). Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. KLIMZUG Bd. 8, oekom Verlag 201-209, 397. ISBN 978-3-86581-702-0



ZANDER, M., BEHRENDT, D., GLOGER, J. & ULRICHS, CH. 2014: Straßen- und Alleebäume unter Klimastress – neue Baumsortimente für die Zukunft. 49. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung. Book of Abstracts, BHGL - Schriftenreihe Band 30: S. 77

Filme

INKA BB/Urbane Ökophysiologie der Pflanzen und Klimaanpassung.

Online: https://www.youtube.com/watch?v=ZJa_yJ7_ojGA

Im Rahmen der universitären Ausbildung wurden folgende Belegarbeiten durch Studierende erfolgreich erstellt:

Bachelorarbeiten

FREDERIK, PAUL: Gewinnung, ernährungsphysiologische Bedeutung und Einsatzgebiete von pflanzlichen Proteinen in Lebensmitteln – Vergleichende Betrachtung von Leguminosen, Getreide und Ölpflanzenproteinen

HELLVOIGT, TIM: In-vitro-Vermehrung in Fest- und Flüssigkultur der potentiell stadtklimatoleranten Alleebaumarten *Diospyros virginiana* und *Cladrastis kentukea*

KLAGES, NILS: Identifikation von isolatspezifischen Befallsreaktionen mit *Verticilium longisporum* in einer spaltenden Population von *Brassica rapa*

MEYER, NICOLAS: Morphologische und phänologische Untersuchung verschiedener Alleebaumarten und -sorten auf dem Standort der Baumschule Lorberg in Kleinziethen

OEFF, PAULINE: Molekulare Untersuchungen zu Auswirkungen selektiver Lichtapplikationen auf den Glukosinolat-Stoffwechsel bei Brokkoli

SEIFERLING, FABIAN: Charakterisierung von Weiden-Kreuzungsnachkommenschaften im Jungpflanzenstadium

Masterarbeiten

BRÜNING, MAREN ALINE: Sortimentsbewertung und -gliederung der Humboldt'schen Gehölzkultivarsammlung am Beispiel der Familien Pinaceae und Rosaceae

MAYER, JULIA: Ernährungsphysiologische Bedeutung neuer Leguminosen-sorten am Beispiel der Erbse (*Pisum sativum* L.) für die Verwendung biofunktioneller Lebensmittel

NICOLE SCHNEIDER: Vitalitätsbewertung von zwei Trauben-Eichenbeständen (*Quercus petraea*) in Brandenburg anhand von stressphysiologischen Parametern

ELISA MARKULA: Phenological and morphological analyses of climate tolerant trees at several locations in Germany

SEBASTIAN WUNDER: Unterscheidung von Weidenrostpilzen der Gattung *Melampsora* an Weiden zur Biomasseproduktion im Nordosten Deutschlands



Teilprojekt 10 - Bewertung der landnutzungsabhängigen Feinstaubemissionen

Projektleitung: Dr. Roger Funk, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabe des Teilprojektes „Bewertung der landnutzungsabhängigen Feinstaubemissionen“ war, Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, die im Zusammenhang mit Feinstaubemissionen von landwirtschaftlichen Nutzflächen unter sich wandelnden klimatischen Bedingungen stehen. Dabei sollten bodenbedingte Emissionspotenziale sowie deren räumlich-zeitliche Variabilität berücksichtigt werden. Ziel war es, mögliche Staubquellen von landwirtschaftlich genutzten Böden zu identifizieren und Maßnahmen zur Reduzierung potenzieller Emissionsraten zu entwickeln und zu prüfen. Eine Reduzierung der Feinstaubemissionen während der Bodenbearbeitung würde zum einen helfen, die Verarmung der Böden durch Nährstoffverluste zu mildern. Zum anderen kann hier ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität von Ballungsgebieten durch die Reduzierung gesundheitsschädlichen Feinstaubes geleistet werden.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Winderosion und Staubemissionen durch landwirtschaftliche Aktivitäten sind anerkannte Auslöser für Bodendegradierung bzw. der Reduzierung der Bodenfruchtbarkeit (OLDEMANN et al. 1990, EEA 2003, GOOSSENS 2004). Charakteristisch für Winderosionsereignisse ist, dass innerhalb von Minuten oder Stunden sehr große Mengen Staub freigesetzt werden können. Voraussetzungen sind eine anfällige Bodenoberfläche (trocken, fehlende Oberflächenverkrustung und Vegetation) und Windgeschwindigkeiten oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes. In Nordostdeutschland findet Winderosion fast ausschließlich in den Frühjahrsmonate auf Flächen statt, auf denen kurz zuvor das Saatbett für Sommerfruchtarten bereitet wurde. Von Winderosion sind demzufolge nur einzelne Schläge betroffen und nur dann, wenn geringe Niederschläge und starke Winde zu gleichen Zeiten auftreten.

Demgegenüber zeigt die Bodenbearbeitung eine deutlich geringere Prozessintensität. Da aber in Brandenburg nahezu alle Ackerflächen mehrmals im Jahr bearbeitet werden und Verkrustungen und Windgeschwindigkeiten bei der Staubfreisetzung keine Rolle spielen, übertreffen die mittleren jährlichen Staubemissionen durch Bodenbearbeitung die durch Winderosion im Verhältnis 8:1 (FUNK, 2007). Auch für Niedersachsen wurde gezeigt, dass der Anteil an Staubemissionen durch Bodenbearbeitung bis zu sechs Mal höher ist als der durch Winderosion (GOOSSENS et al. 2001).

Bei der Betrachtung von länger anhaltenden PM₁₀-Episoden in Deutschland zeigte sich, dass sich in den Frühjahrs- und Sommermonaten wiederholt erhöhte Feinstaubwerte einstellen, die zeitlich mit den Maßnahmen der Frühjahrsbestellung bzw. der Getreideernte zusammenfallen (UBA 2003). Insbesondere Phasen mit geringen Niederschlägen und austauscharmer Wetterlage wurden hier identifiziert.

Dem Anteil der Bodenbearbeitung an der Freisetzung von Staub wurde im europäischen Raum in den vergangenen Jahrzehnten nur wenig Beachtung geschenkt (LENSCHOW et al. 2001). In den USA ist hingegen seit längerem bekannt, dass die regionale PM₁₀-Belastung (dust background) durch landwirtschaftliche Tätigkeiten bestimmt werden kann (CLAUSNITZER & SINGER 1996, CASSEL et al. 2003).

Auch Modelle unterschätzten die PM₁₀-Freisetzung von Bodenoberflächen, vor allem dann, wenn Grenzwerte für atmosphärischen Feinstaub überschritten werden. Dieses Phänomen wurde einerseits durch ungenügende Abbildung der meteorologischen Prozesse und anderer-



seits durch ungenügende Erfassung aller Emissionsquellen erklärt (Stern 2008). Vor allem der Anteil Staub, der von landwirtschaftlich genutzten Böden emittiert, findet in den verschiedenen Feinstaubmodellen nur wenig oder keine Berücksichtigung.

Literatur

- CASSEL, T., TRZEPLA-NABAGLO, K., FLOCCHINI, R., 2003. PM10 emission factors for harvest and tillage of row crops. International Emission Inventory Conference 'Emission Inventories – Applying New Technologies, San Diego, 29 April to 1 May. <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei12/>.
- EEA 2003: Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M. and Kosmas, C. 2003: Assessment and reporting on soil erosion. European Environment Agency, Technical Report 94, 103 pp.
- FUNK, R., W. ENGEL, C. HOFFMANN, REUTER H.I. 2007: Influence of soil type and soil moisture on PM emissions from soils during tillage. Landbauforschung Völkenrode, Special Issue 308, 157-163.
- GOOSSENS, D., GROSS, J., SPAAN, W. 2001: Aeolian dust dynamics in agricultural land areas in Lower Saxony, Germany. Earth Surface Processes and Landforms 26, 701-720.
- GOOSSENS, D. 2004: Wind erosion and tillage as a dust production mechanism on North European farmland. In: Wind erosion and Dust Dynamics: Observations, Simulations, Modelling (Eds. D. Goossens and M. Riksen) ESW Publications, Wageningen, 15-40
- OLDEMANN, L.R., HAKKELING, R.T.A. AND SOMBROEK, W.G. 1990: World map of human-induced soil degradation: an explanatory note, Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC and United Nations Environment Program (UNEP), FAO-ITC, 27 pp
- LENSCHOW, P., ABRAHAM, H.J., KUTZNER, K., LUTZ, M., PREUSS, J.D., REICHENBACHER, W., 2001: Some ideas about the sources of PM10. Atmos. Environ. 35, S23-S33.
- STERN, R., BUILTJES, P., SCHAAP, M., TIMMERMANS, R., VAUTARD, R., HODZIC, A., MEMMESHEIMER, M., FELDMANN, H., RENNER, E., WOLKE, R., KERSCHBAUMER, A. 2008: A model inter-comparison study focussing on episodes with elevated PM10 concentrations. Atmospheric Environment 42(19), 4567-4588
- UBA 2003: Episodenhafte PM10-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 2000 bis 2003. Umweltbundesamt, Berlin, 2003.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Im Rahmen des INKA BB kooperierte das vor allem mit WissenschaftlerInnen aus den Teilprojekten 6 und 5. Zusammen mit dem Teilprojekt „Klimaflexibler Integrierter Landbau“ wurden Möglichkeiten diskutiert, landwirtschaftlich bedingte Feinstaubemissionen durch eine verbesserte Landtechnik oder eine angepasste Vegetationsbedeckung zu reduzieren. Neben technischen Lösungen wurden auch strategische Möglichkeiten diskutiert, wie beispielsweise die Umsetzbarkeit der zeitlichen Verlegung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen oder das Anbauen erosionsmindernder Feldfrüchte.

Zusammen mit KollegInnen aus dem Teilprojekt „Interventionssystem für Gesundheitsvorsorge und Krankheitsmanagement“ wurde die Bedeutung von erhöhten Feinstaubwerten für Risikopatienten im Stadtgebiet Berlins herausgearbeitet. Insbesondere Phasen mit hohen Temperaturen spielen eine große Rolle für die Mortalität in urbanen Gebieten. Diese Gefährdung wird in Zeiten erhöhter Staubeinträge von ländlichen Regionen in die Städte noch verschärft. Auf die notwendige Einbeziehung solcher Feinstaubphasen in die Entwicklung von Frühwarnsystemen im Gesundheitssektor Berlins wurde durch uns hingewiesen.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Identifizierung lokaler Phasen mit erhöhtem Bodenstaub

Im Gegensatz zu regionalen und überregionalen Staubereignissen ist lokal freigesetzter Feinstaub durch eine plötzliche starke Erhöhung der Messwerte gekennzeichnet, die auch schnell wieder abklingt. Regionale und überregionale Ereignisse hingegen zeigen meist einen langsamen Anstieg und eine über mehrere Stunden bis Tage anhaltende Erhöhung der Staubkonzentration, meistens verbunden mit einem Austausch kontinentaler und atlantischer Luftmassen.



Die Identifizierung der lokalen Quellen erfolgte über die Stundenwerte der PM₁₀-Konzentrationen an den Messstellen des UBA sowie des LUGV in Brandenburg. Eine erste Selektion erfolgte durch die Festsetzung relevanter Zeiträume. Mitte März bis Mai sowie Mitte Juli bis Oktober können als relevant für bodenbürtigen Staub angesehen werden, da in dieser Zeit Ackerböden großflächig offen liegen, es oft längere Trockenperioden gibt und die Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfinden. Außerdem können andere Quellen, wie sie z.B. in der Heizperiode auftreten, ausgeschlossen werden. Auch feuchte Perioden mit höheren Niederschlagsraten als potentieller Verdunstung im 7-Tage-Mittel und Nachtzeiten zwischen 21 Uhr und 5 Uhr wurden für die Identifizierung von Feinstaubphasen nicht beachtet. An Messstationen, die sich in landwirtschaftlich geprägten Gebieten befinden, wurden zahlreiche kurzzeitige Datensprünge identifiziert. Diese Sprünge gehen über die natürlichen und anthropogen bedingten, regionalen Schwankungen hinaus und stellen eindeutig lokale Staubereignisse dar. Ein Beispiel für einen solchen Sprung, der an der Station Hasenholz gemessen wurde zeigt Abbildung 10.1. Die Station ist von Ackerflächen und Wald umgeben. Der abgebildete Tag war gekennzeichnet mit einer mittleren PM₁₀-Belastung um 10 µg je m³ Luft. Eine Einzelstunde mit lokalem Feinstaubereignis von 60 µg m⁻³ sorgte lediglich dafür, dass das Tagesmittel auf 12 µg m⁻³ stieg. Im nahegelegenen Stadtrand Berlins ist nur die leichte typische regional geprägte Erhöhung ab 16 Uhr zu erkennen.

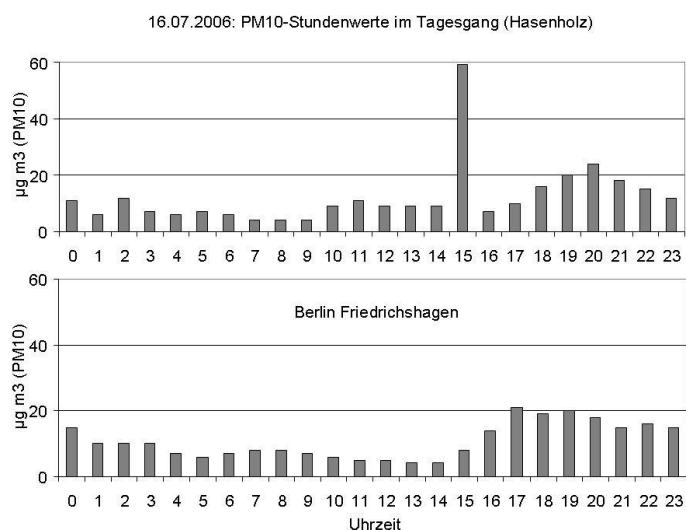


Abbildung 10.1: Lokales Feinstaubereignis (PM₁₀) an der Station im landwirtschaftlich geprägt Hasenholz. Zum Vergleich der PM₁₀-Tagesgang in Berlin-Friedrichshagen. Gezeigt ist ein Tag mit geringer Windgeschwindigkeit

Winderosion und Bodenbearbeitung sind typisch für solche lokalen Ereignisse und verursachen über einen kurzen Zeitraum einen deutlichen Anstieg der lokalen PM₁₀-Konzentration. Langfristige Erhöhungen über mehrere Stunden oder gar Tage, wie sie durch das Auftreten bestimmter Großwetterlagen regelmäßig auftreten, sind durch Agrarstaub nicht oder nur bei sehr lang anhaltender trocken-windiger Witterung zu erwarten. Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich Agrarstaubereignisse zeitlich, räumlich und quantitativ im Gesamtstaub zahlreichen anderen Quellen unterordnen. In den Jahren 2003 bis 2010 wurden für den ländlichen Raum zwischen 20 und 30 lokale Feinstaubereignisse pro Jahr festgestellt. Diese verursachten in der Regel Anstiege zwischen 20 und 200 µg m⁻³. Im Stadtgebiet Berlin fanden sich auch in trockenen Jahren nur sehr selten vergleichbare Feinstaubereignisse aus lokalen Quellen. Verkehrsbedingte Anstiege an Hauptverkehrsstraßen lassen sich durch ihre Regelmäßigkeit identifizieren. Der Staub in städtischen Gebieten ist geprägt durch eine Mischung aus vielseitigen lokalen und regionalen Quellen.

Überregionale Staubereignisse lassen sich hingegen sowohl in der Berliner Innenstadt als auch im Umland nachweisen. Diese sind gekennzeichnet durch einen meist langsamen, Anstieg und



einer Dauer von mehreren Stunden. Bei regionalen Ereignissen können Verdünnungs- und Überlagerungseffekte von Staubemissionen von Böden enthalten sein, ohne dass diese im Stundengang oder in den Tageswerten eindeutig identifizierbar sind.

Die Datensichtung ergab, dass mit einer Erhöhung im Tagesmittel zwischen einem und in Extremfällen etwa $15 \mu\text{g m}^{-3}$ an bis zu 30 Tagen im Jahr auftreten. Auf das Jahr verteilt entspricht dieses in trockenen Jahren bis zu 3 % des städtischen Gesamtstaubs. Da diese sich auf die Monate März bis Mai und August bis Oktober beschränken, liegt an einigen Tagen und zu einigen Stunden der Feinstaubanteil aus ländlichen Regionen zum Teil deutlich über diesem Wert. Bei der Auswertung der Daten wurde die Diskrepanz der Messmethoden deutlich: Bodenstaub wurde in Berlin an weniger als 10 % der Tage im Jahr in nennenswertem Umfang wahrgenommen. An diesen Tagen kann er aber einen beträchtlichen Teil des Gesamtstaubs ausmachen und zu Grenzwertüberschreitungen führen. Sowohl in den klassischen Datensätzen und Grenzwerten, die sich auf Jahres- und Tagesmittel beschränken, wird Bodenstaub hingegen „herausgemittelt“. Lokale Ereignisse lassen sich allenfalls in Stundenauflösung identifizieren.

Wegen der beschriebenen räumlichen Verdünnungs- und Überlagerungsprozessen lokaler und regionaler Staubereignisse, die im Stadtgebiet gemessen werden, lassen sich dort Quellen und Quellstärken nach der gängigen Messmethode nicht quantifizieren. Hier wäre eine qualitative Bewertung des Staubs in höherer zeitlicher Auflösung notwendig und wird dringend empfohlen. Gerade die Tatsache, dass es in bestimmten, vor allem trockenen Phasen sehr hohe bodenbürtige Feinstaubanteile in der Berliner Stadtluft geben kann, empfehlen wir die Aufnahme der landwirtschaftlichen Feinstäube in das geplante Hitzefrühwarnsystem, das vom Teilprojekt 5 im Netzwerk entwickelt wird.

Feinstaubphasen

Zur Identifizierung der Staubquellen wurden mehrtägige Phasen mit erhöhter Feinstaubkonzentration zu sogenannten 'Feinstaubphasen' für den Zeitraum 2000 bis 2010 zusammengetragen. Vor allem in den Wintermonaten wurden sowohl im ländlichen als auch im urbanen Gebiet die Grenzwerte für die PM_{10} -Konzentration an zahlreichen Messstellen überschritten. Die Anzahl der Überschreitungstage in der Berliner Innenstadt liegt etwa doppelt so hoch wie in rein landwirtschaftlich geprägten Gebieten. Während der Grenzwert von $50 \mu\text{g PM}_{10}$ je m^3 Luft in den Monaten Mai bis Juli praktisch nie überschritten wird, liegt die Anzahl der Überschreitungstage zwischen Oktober und März im Mittel zwischen sieben und zwölf Tage je Monat (Abbildung 10.2). Neben einem Überschreitungsmaximum in den Wintermonaten, ausgelöst durch das Zusammenspiel von Verkehr und Heizungsanlagen sowie Witterungseffekten wie Inversionswetterlagen oder Ostwindwetterlage, gibt es im Jahresgang zwei Abweichungen nach oben in den Monaten März und Oktober (Abb. 10.2, schwarze Pfeile).

Auffallend ist ein ähnlicher Verlauf der Überschreitungstage und der erosiven Winde, ausgedrückt als Windwirkungsintegral (WWI, das Quadrat der Summe aller Winde über einer empirisch bestimmten Erosion auslösenden Schwellenwindgeschwindigkeit). Während die windstärksten Monate im Winterhalbjahr liegen, gibt es in den Sommermonate sehr selten starke und andauernde Winde. Auch hier finden sich zwei aus dem Trend des Jahresgangs fallende Ausreißer im Oktober und März. Windstärke und Feinstaubkonzentration nehmen zwischen Januar und Juni konstant ab mit Ausnahme des März. Hier kommt es zu einem kurzen Anstieg, vor allem bei den Feinstaubphasen im ländlichen Gebiet. Zwischen Juli und Januar nehmen Wind und Feinstaubüberschreitungstage kontinuierlich zu. Auch hier gibt es im Oktober einen Ausreißer nach oben.

Da die beiden Monate März und Oktober in der Landwirtschaft durch oftmals brach liegende oder frisch bearbeitete Ackerflächen gekennzeichnet sind, liegt die Vermutung nahe, dass in Zeiten mit unterdurchschnittlichen bzw. ausbleibenden Niederschlägen ein messbarer Teil des Feinstaubs bodenbürtig ist, also durch Winderosion oder Bodenbearbeitung abgetragen wird.



Die Auswertung der Feinstaubdaten in Stundenauflösung ergab, dass während Trockenphasen in Monaten in denen Bodenbearbeitung stattfindet (März bis Mai und Juli bis Oktober), lokale Staubereignisse signifikant häufiger stattfinden als in feuchten Phasen.

Mit Hilfe von Rückwärtstrajektorien während einzelner Staubphasen und -ereignisse wurden gegenwärtigen Quellregionen in ackerbaulich geprägten Gebieten identifiziert. Die Erkenntnisse der Datenauswertungen, Messungen und Modellierungen floss in andere Teilprojekte des Netzwerks ein und eröffnete Alternativen bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien zur Minderung der Feinstaubemissionen unter veränderten Klimabedingungen.

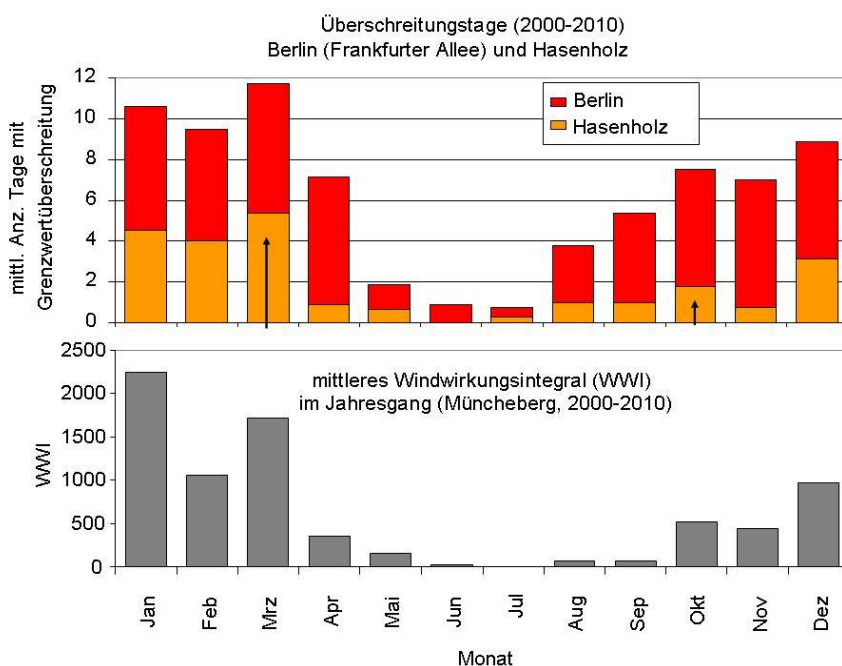


Abbildung 10.2: Feinstaubüberschreitungstage und das Windwirkungsintegral im Jahresgang

Zur Identifizierung agrarischer Feinstaubquellen für das Ballungsgebiet Berlin wurden die zeitlichen Verläufe der PM_{10} -konzentrationen verschiedener Messstationen in der Region untersucht. Die übliche zeitliche Auflösung der PM_{10} -Werte als Tagesmittel erwies sich als zu gering, um lokale Ereignisse in der Landwirtschaft abzubilden. Kurzfristige Änderungen in den Staubkonzentrationen über einen Zeitraum von ein bis drei Stunden deuten auf lokale Ereignisse hin. Um diese zu finden wurden daher Messdaten in Stundenauflösung für die Jahre 2005 bis 2010 von unserem Projektpartner des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin (Arbeitsgruppe Troposphärische Umweltforschung) bereitgestellt.

Quellbestimmung mit Hilfe von Trajektorienanalysen

Die Partner erstellten zudem Rückwärtstrajektorien für verschiedene Positionen in der Berliner Innenstadt (=relevantes Immissionsgebiet) für den Zeitraum 2001 bis 2010. Diese Daten ermöglichten Abschätzungen über die möglichen Emissionsgebiete.

Für lokale Staubereignisse wurde untersucht, in welcher Region die potenziellen Quellflächen des Feinstaubes liegen. Für das lokale Ereignis in Abbildung 10.1 fand eine leichte nördliche bis nordöstliche Strömung statt. Die Luftmassen überstreiften in den Stunden zuvor zahlreiche Ackerflächen im Landkreis Märkisch-Oderland und im nördlichen Oderbruch. Da nur zu einer Stunde der Messwert erhöht war, ist davon auszugehen, dass sich die Quellen in wenigen Kilometern Entfernung zur Messstelle befanden. Es erscheint als wahrscheinlich, dass die Ernte oder Bodenbearbeitung auf einer der zahlreichen Ackerflächen nördlich von Hasenholz der Aus-



löser für den kurzzeitigen Sprung war. Im Jahr 2011 waren die Monate März und April durch sehr geringe Niederschlagsraten gekennzeichnet.

Abschätzung der Anteile Agrarstaubs in der Berliner Stadtluft (Situation 2010 und 2011)

Da im Jahr 2010 die Schneeschmelze im Frühjahr sehr spät einsetzte und der Spätsommer und Herbst von überdurchschnittlich hohen Niederschlagsraten gekennzeichnet waren, konnten in dem Jahr keine nennenswerten Staubemissionen durch die Bodenbearbeitung durch die direkte Feldmessung erfasst werden. Die einzige mehrwöchige Trockenphase fiel in den Zeitraum zwischen Juni und Juli, der jedoch durch einen nahezu flächendeckenden Bewuchs der Ackerflächen gekennzeichnet ist. Zudem findet in diesen Wochen kaum Bodenbearbeitung statt.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass im Jahr 2010 landwirtschaftlich freigesetzter Mineralstaub nur einen äußerst geringen und nicht nachweisbaren Anteil am Gesamtstaub im relevanten Immissionsgebiet der Innenstadt von Berlin gehabt hatte.

Die Staubbelastung war im Jahr 2010 trotz der witterungsbedingten ausgebliebenen landwirtschaftlichen Staubemissionen höher als in den Jahren zuvor. An insgesamt sechs Stationen in Brandenburg und sieben Stationen in Berlin kam es an mehr als 35 Tagen zu Grenzwertüberschreitungen. Dies war vor allem begründet durch das lang anhaltende Winterwetter mit ausgeprägtem Ostwindeinfluss in den ersten Monaten des Jahres.

Im Jahr 2011 gab es sogar 15 Stationen in Brandenburg mit Grenzwertüberschreitungen. Diese Zunahme an Grenzwertüberschreitungen war vor allem einer länger anhaltenden Südostströmung im Oktober und November geschuldet. Hinzu kamen aber auch regionale Winderosionsereignisse im Frühjahr die ebenfalls zu erhöhten Feinstaubkonzentrationen an einigen Stationen beitrugen.

Ein lokales Erosionsereignis im April 2011 mit verheerenden Folgen

Im April 2011 kam es zu einigen starken regionalen und überregionalen Sturmereignissen in Nordostdeutschland. Herauszuheben sind die Tage zwischen dem 8. und 12. April, in denen starke Winderosionsereignisse stattfanden. Vor allem in der Nähe von Straßen sorgten Abwehungen zu Einschränkungen, Sichtbehinderungen und Unfällen. Am 8. April kam es auf der A14 südlich von Rostock zu einer Massenkarambolage mit Todesfolgen ausgelöst durch ein lokales Winderosionsereignis von einer benachbarten Ackerfläche. Demzufolge zeigte das Messnetz zur Überwachung der Feinstaubkonzentrationen im April zahlreiche Überschreitungstage bei den PM₁₀-Konzentrationen - vor allem in ländlichen Regionen.

Die Ereignisse des trockenen Frühjahrs 2011 geben durchaus einen Einblick, welche Folgen veränderte Klimabedingungen für die Landwirtschaft, die Infrastruktur und Feinstaubfreisetzung von Staub von Ackerflächen haben können.

Feldmessungen

In den Jahren 2010 und 2011 wurden Messungen zur Feinstaubemission auf den betriebseigenen Ackerflächen am ZALF während Bodenbearbeitungsmaßnahmen durchgeführt. Zusätzlich wurden Staubfallen vom Typ MWAC im Herbst 2010 und Frühjahr 2011 auf verschiedenen Ackerflächen in Brandenburg installiert um die Staubtransportraten über einen mehrwöchigen Zeitraum zu messen:

Sandiger Ackerschlag bei Jänickendorf (Landkreis Teltow-Fläming)

Drei Staubfallen wurden als Wiederholungen an einem Feldrand aufgestellt um die Abtragsraten durch Winderosion zu quantifizieren. Das Feld war rechteckig und hatte eine Größe von ca. 14 Hektar und Mais als Anbaugeschleife. Dieses wurde auf dem Schlag in Streifen entlang der Hauptwindrichtung (Nordwest) angelegt.



Der Anteil der Flächen, auf denen Mais als Energiepflanze angebaut werden, erhöht sich seit einigen Jahren in Brandenburg. In Jahren mit geringen Niederschlägen zwischen März und Juni sind auf Maisanbauflächen die Winderosionsgefahr und damit die Freisetzung von Feinstaub erhöht. Die gemessenen und berechneten Abtragsraten für das Frühjahr 2011 betragen zwischen 76 und 92 kg je Hektar. Dies entspricht einem relativ geringen, für den Landwirt kaum wahrnehmbaren, Bodenverlust.

Lehmiger Ackerschlag bei Holzendorf (Uckermark)

Bei Holzendorf wurden insgesamt sieben Staubfallen vor Beginn der Vegetationsperioden in den Jahren 2010 und 2011 aufgestellt. Ziel war es, windgetragene Stoffe zu quantifizieren und bei ausreichendem Material qualitative Analysen durchzuführen. Auf den Flächen wurde Mais angebaut und sie waren in den Frühjahrsmonaten lange Zeit frei von Vegetation.

Im feuchten Jahr 2010 wurde kein mineralischer Staub aufgefangen. Im Frühjahr 2011 war die Masse des Staubs gering. Somit konnte keine größere Winderosion oder Staubbefreiung durch lokale Bodenbearbeitung zugewiesen werden. Das Material spiegelte vielmehr den verdünnten regionalen bzw. überregionalen Staubtransport wider. Die Staubtransportraten lagen bodennah zwischen 13 und 56 Gramm je Quadratmeter. Eine zeitliche Zuordnung ist nicht möglich. Reduziert man aber die Mengen auf das Starkereignis am 8. April, das nur wenige Stunden andauerte, läge der maximale Staubfluss zwischen 600 bis 2400 $\mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Diese Werte wären durchaus vergleichbar mit einem kurzzeitigen leichten Staubsturm wie er in ariden Gebieten der Erde regelmäßig vorkommt.



Abbildung 10.3: Ackerbrache mit Winderosionsspuren zwischen zwei Gehölzstreifen am Tagebau Welzow-Süd

Tagebau Welzow-Süd

Auf wieder hergestellten, geschütteten Flächen im Tagebau Welzow-Süd sollte der Einfluss von Gehölzstreifen eines Agroforstsystems (Alley-Cropping) auf die Winderosion untersucht werden. Die Flächen werden durch das Teilprojekt 14 von INKA BB betrieben. Auf ihnen waren im Frühjahr deutliche Farbunterschiede der Bodenoberfläche sichtbar (Abb. 10.3) was den Verdacht nahelegte, dass es zu Winderosion zwischen den Gehölzstreifen kommt. Zwischen zwei Gehölzstreifen, die entgegen der Hauptwindrichtung von Nord nach Süd ausgerichtet waren und somit einen Schutz vor Winderosion bieten, wurden zwei Staubfallen zur Messung von Winderosion aufgestellt. Zum Vergleich wurden zwei weitere Fallen an einem benachbarten Ackerrand ohne Gehölzstreifen aufgestellt. Ziel war es zu bestimmen, ob die Flächen generell erosionsanfällig sind und ob die Gehölzstreifen einen Einfluss auf die äolischen Transportprozesse haben. Trotz insgesamt trockener Witterung wurde im Frühjahr 2011 kein Staubtransport gemessen. Das stark bindige Substrat war offenbar in der Lage, auch längere Trockenperioden ohne Staubbefreiung durch Winderosion zu überstehen.



Messungen der PM₁₀-Emissionspotenziale von Böden im Windkanal

In einer Studie zur Abschätzung potenzieller Feinstaubemissionsraten der unterschiedlichen Böden im „Staubeinzugsgebiet“ der Stadt Berlin wurde eine Region mit einem Radius von 150 Kilometer um das Stadtgebiet definiert. Bei der Abschätzung aktueller und zukünftiger PM₁₀-Emissionen von landwirtschaftlich genutzten Böden wurden veränderte Bedingungen durch den Klimawandel besondere Bedeutung beigemessen. Die aktuellen, regionalen Klimamodelle projizieren trockenere Sommermonate und höhere maximale Windgeschwindigkeiten in den kommenden Jahrzehnten.

In diesem Kontext wurden die PM₁₀-Freisetzungspotenziale verschiedener Bodentypen unter sehr trockenen und heißen Sommerbedingungen in einem Windkanal mit definierten klimatischen Bedingungen bestimmt. Messungen am Windkanal lassen sich unabhängig von längeren feuchten Witterungsphasen durchführen und verschiedene Parameter des projizierten Klimawandels (Trockenheit, Windstärke) simulieren.

Insgesamt 15 Proben Oberbodenmaterial wurden im Frühjahr 2010 von ausgewählten Ackerflächen genommen. Darunter waren zwei Lössbodenproben von den Praxispartnern der Wimex Agrargesellschaft Wulfen (Sachsen-Anhalt). Die Auswahl der Proben folgte in etwa der Verteilung der Bodentypen im Untersuchungsgebiet.

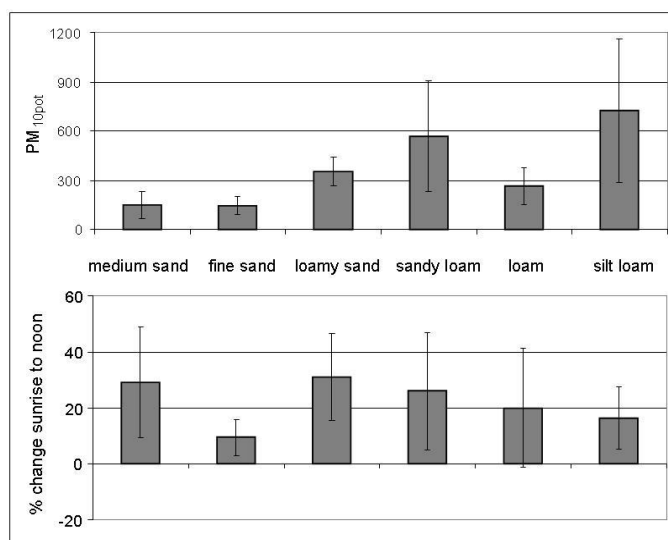


Abbildung 10.4: Feinstaubemissionspotenzial verschiedener Böden (oben) und Änderung im Tagesgang (unten)

Der Gesamtfeinstaub, der von den verschiedenen Bodenproben potenziell freigesetzt werden kann, wurde ermittelt. Bei den Messungen wurden auch das Potenzial der verschiedenen Böden bestimmt, nächtlichen Tau als Feuchtigkeit aufzunehmen sowie die minimale Restfeuchte, die sie um zur Mittagszeit im Hochsommer noch besitzen. Es wurde festgestellt, dass nahezu alle Böden in den Morgenstunden weniger Staub freisetzen als zu späteren Tageszeiten. Im Laufe des Vormittags stieg das Freisetzungspotenzial bei den meisten Proben deutlich an und erreichte bereits vormittags Werte nahe ihrem maximalen Feinstaubfreisetzungspotenzial. Während der Mittagshitze blieb das Maximum unverändert. Erst in den späten Abendstunden verringert sich die Staubfreisetzung geringfügig.

Die Messungen zeigten, dass Böden mit hohen Sandanteilen (> 70 %) ein mittleres Emissionspotenzial von weniger als 400 µg PM₁₀ je g Boden besitzen. Mit zunehmenden Anteilen an Schluff bzw. Partikeln kleiner als 10 µm steigen sowohl das Emissionspotenzial als auch die Variabilität der Feinstaubemissionen (Abb. 10.4). Daraus lässt sich schließen, dass mit zunehmendem Feinanteil andere physikalische oder chemische Einflussgrößen relevant werden.

Löss und sickerwasserbestimmte (=anhydromorphe) Böden besitzen während sommerlicher Trockenphasen die höchsten Feinstaubemissionspotenziale. Diese liegen zwischen 500 und



1200 µg je g Boden. Abgesehen von Lössböden und Böden mit hohem Feinsandanteil kann eine Verlegung der Bodenbearbeitung in die frühen Morgenstunden zu einer Reduktion der Feinstaubemission zwischen 10 und 50% führen.

Dunkle Auenböden mit hohen Anteilen organischen Materials heizen sich am Tag am stärksten auf (Abb. 10.5). Zur Mittagszeit wurden auf ihnen Oberflächentemperaturen bis zu 60°C gemessen. Diese Böden neigen auch am ehesten dazu, morgendlichen Tau zu binden. Und Feinstaubemissionspotenziale sind bei diesen Böden in den frühen Morgenstunden am geringsten (< 100µg PM₁₀ je g Boden).

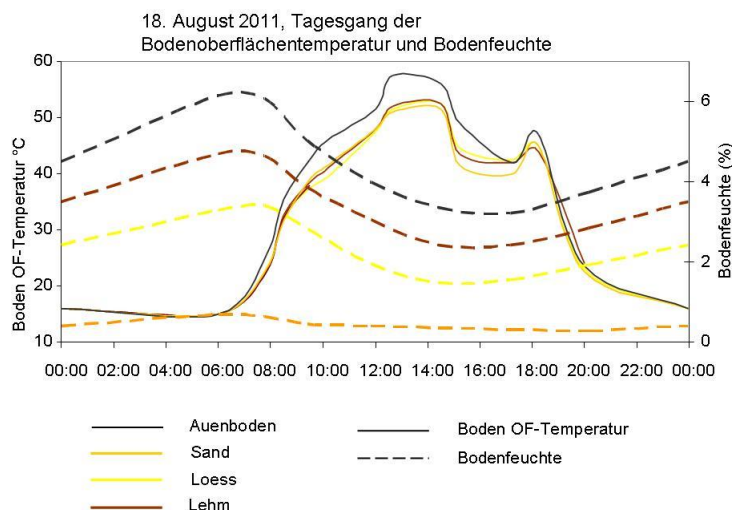


Abbildung 10.5: Änderung der Oberflächenfeuchte und -temperatur verschiedener Böden im Tagesgang

Die gemessenen Emissionspotenziale der 15 beprobten Böden wurden statistisch ausgewertet. Dabei wurden folgende Kennwerte für jeden Boden aufgenommen: Textur (inklusive Anteil Partikel < 10 µm und gewogener mittlerer Korndurchmesser, GMD), organischer Kohlenstoffgehalt und die minimale Restfeuchte der Probe während eines heißen Sommertags. Mithilfe multipler Regressionsanalysen wurden folgende Formel eine zum PM₁₀-Emissionspotenzials (PM_{10POT}) erstellt:

$$PM_{10POT} = 36,8mU + 52,6C_{org} - 251F_{min} + 200,5$$

wobei mU und C_{org} die Gehalte an Mittelschluff und organischen Kohlenstoffs sind und F_{min} die minimale Restfeuchte zur Mittagszeit.

Durch Verwendung der Mittelmaßstäbigen Standortkartierung (MMK) wurden potenzielle Gefährdungsgebiete für die Feinstaubfreisetzung für Ackerflächen abgeleitet. In den ersten 50 Kilometern um das Berliner Zentrum (innerster Ring, Abb. 10.6) gibt es vergleichsweise wenige Quellflächen. Zwischen 50 und 100 Kilometer (mittlerer Ring) befinden sich vor allem östlich im Oderbruch und südwestlich Berlins im Fläming potenzielle Quellregionen.

Mit zunehmender Entfernung zu Berlin nimmt zwar distanzbedingt der Einfluss auf das Stadtgebiet ab, der Anteil der potenziellen Quellgebiete aber deutlich zu. Hier ist vor allem der Südwesten mit stark ackerbaulich genutzten Lössgebieten in Sachsen- Anhalt zu nennen. Auch 100 bis 150 km nördlich und nordöstlich von Berlin, in den Regionen Uckermark und Vorpommern, befinden sich größere emissionsgefährdete Ackerflächen. Der gesamte Sektor südöstlich von Berlin (Dahme-Spreewald, Lausitz) gilt als gering staubemissionsgefährdet da sich hier vergleichsweise wenige und überwiegend grundwasserbestimmte Böden befinden. Da aus dieser Richtung zudem auch selten Wind in die Stadt einströmt, kann der Einfluss von Bodenstaub aus diesem Sektor vernachlässigt werden.



Fine dust emission potential

Sector hazard class

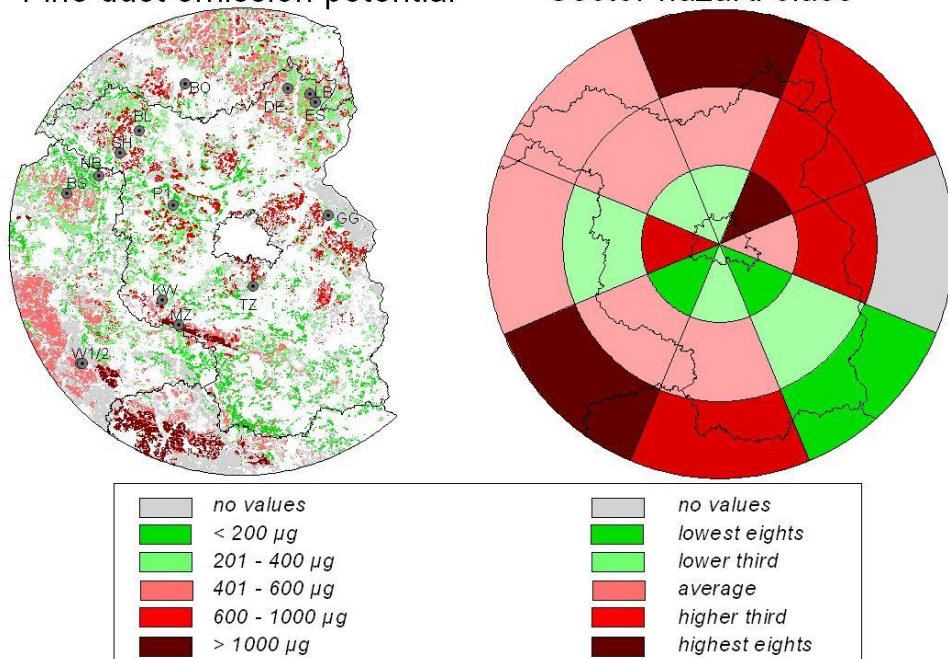


Abbildung 10.6: Gefährdungspotenzial zur PM₁₀-Freisetzung (je Flächeneinheit) im Staubeinzugsgebiet für Berlin. Grün = Geringe Gefährdung, Rot= hohe Gefährdung (aus Hoffmann et al., Aeolian Research, 2015)

Klimawandel und die Folgen

Die aktuellen Klimamodelle projizieren vor allem für die Sommermonate abnehmende Niederschlagssummen. Besonders betroffen sind hier Gebiete nördlich und südöstlich von Berlin (Abb. 10.7). Die mittlere Windgeschwindigkeit soll sich in den kritischen Monaten kaum ändern und im Südwesten Brandenburgs etwas abnehmen. Windspitzen nehmen vor allem nördlich von Berlin zu.

Klimadaten: Vergleich 2031-2060 zu 1961-1990, STAR 2.0K-Projektion

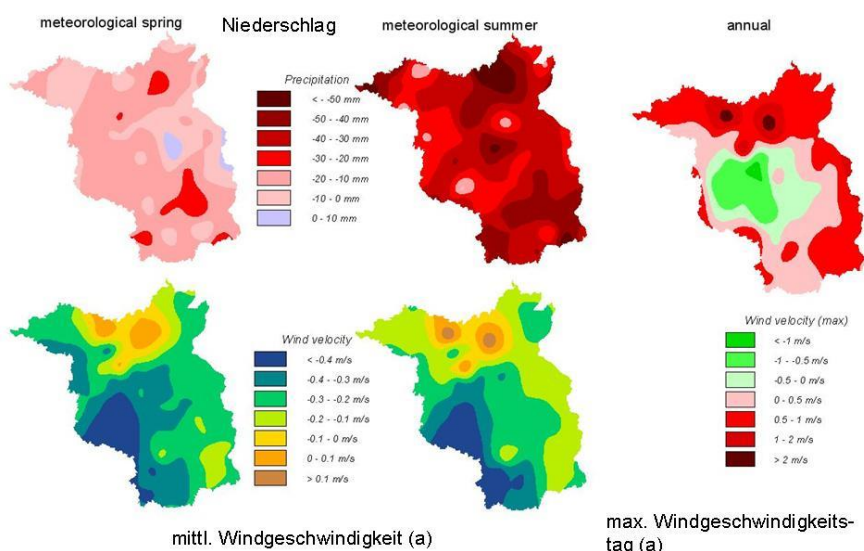


Abbildung 10.7: Projizierte Änderungen des Niederschlags und der Windgeschwindigkeiten zwischen 2031 und 2060 im Vergleich zu 1961 und 1990 (STAR-2K Szenario, Realisierung 50, erstellt durch F. Wechsung 2011, PIK Potsdam).

Sollte dieses Szenario eintreten, kann man davon ausgehen, dass die PM₁₀-Emissionen bis zur Mitte des Jahrhunderts deutlich zunehmen und bei nördlichen und südwestlichen Anströmungen der Anteil Agrarstaubs im Stadtgebiet Berlin an Relevanz gewinnen wird. Da sich die Wind-



bedingungen nur leicht ändern, wird vor allem die Staubemission während der Bodenbearbeitung an Bedeutung zunehmen.

Anders als die mittlere Windgeschwindigkeit sollen die Windspitzen nach dem Klimamodell leicht zunehmen (Abb. 10.7, rechte Karte). Eine Zunahme der Starkwinde um lediglich 0,15% bedeutet dabei eine Erhöhung der relativen Transportkapazität des Windes um 5 %. Bei der Änderung von Starkwinden können unter zunehmend trockenen Bedingungen also bereits sehr geringe Anstiege der Windgeschwindigkeiten eine deutliche Zunahme des Bodenabtrags durch Wind und Anreicherung der Atmosphäre durch Feinstaub bedeuten.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das für Teilprojekt 10 eingeplante Budget erwies sich als ausreichend für die Durchführung der vielschichtigen Aufgaben und wurde auch der Planung entsprechend ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Für die Arbeiten des Teilprojektes war wie dargestellt eine enge Kooperation zwischen anderen Teilprojekten (vor allem Teilprojekt 5, 6 und 14) und Kooperationspartnern (u.a. FU Berlin, Landesumweltämter) notwendig. Die Ergebnisse der Windkanalstudie erschien in einem hochrangigen, internationalen Fachmagazin (Aeolian Research). Die geleisteten Arbeiten wurden auch von Fachkollegen auf Tagungen als notwendig und angemessen angesehen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse helfen zum einen, den Anteil bodenbürtiger Staubquellen besser abzuschätzen und zu quantifizieren. Zum anderen zeigte sich, dass Landwirte als AkteurInnen direkt Einfluss nehmen können, um in Phasen erhöhter Gefahr Feinstaubemissionen von Ackerflächen zu reduzieren. Die erstellte Karte zum Gefährdungspotenzial könnte zukünftig als Grundlage für Feinstaub-Frühwarnsysteme in Berlin genutzt werden.

Auf internationaler Ebene stellen die Ergebnisse wertvolle Eingangsdaten für Feinstaubmodelle auf verschiedenen Skalen (von regional bis global) dar.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Das Teilprojekt hatte eine Laufzeit von 2,5 Jahren und war im Dezember 2011 beendet. In dieser für wissenschaftliche Studien recht kurzen Zeit sind neben ähnlichen Untersuchungen in anderen Regionen der Welt keine weiteren hier nennenswerten Fortschritte und Erkenntnisse an anderen Stellen bekannt geworden.

II.6 Veröffentlichungen

Die Arbeiten und Ergebnisse aus dem Teilprojekt wurden auf verschiedenen nationalen und internationalen Tagungen vorgestellt.

Publikationen

FUNK, R., HOFFMANN, C. (2010) Boden in der Luft: Brandenburger Äcker - eine Quelle für Feinstaub in Berlin? In: Boden des Jahres 2010 - Stadtböden: Berlin und seine Böden. Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, 106-110.

HOFFMANN, C., FUNK, R. 2015: Diurnal changes of PM₁₀-emission from arable soils in NE-Germany. Aeolian Research 17. 117-127.



Teilprojekt 11 - Versicherungen als Anpassungsstrategie an Wetterrisiken

Projektleitung: Prof. Dr. Martin Odening; Dr. Günther Filler, Humboldt-Universität zu Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Das Teilprojekt setzte zum Thema Anpassung an den Klimawandel auf den Risikotransfer, die Schadenskompensation über Versicherungen an. Die analytische Zielkomponente bestand in der Analyse von Stärken und Schwächen von Versicherungslösungen hinsichtlich ihres Potenziales zur Reduktion wetter- und insbesondere wasserbedingter Produktionsrisiken. In einer gestaltenden Komponente sollten den EntscheiderInnen einerseits praktisch anwendbare Hilfen, z.B. in Form online-basierter Kalkulationsformulare zur Verfügung gestellt werden; weil im Jahr 2010 private Versicherer (Celsius Pro AG) begonnen hatten, ihren KundInnen Indexversicherungen auf der Grundlage online-basierte Kalkulationsformulare zu offerieren, wurde dieses Teilziel obsolet. Andererseits sollte der Kenntnisstand der KundInnen zur Wirkungsweise und den Möglichkeiten dieser Risikomanagementinstrumente verbessert werden, indem die wissenschaftlichen Grundlagen der Berechnungen untersucht und online bereitgestellt werden.

Kurzfristig sollte die Produktpalette der Versicherer um trockenheitsbezogene Versicherungslösungen ergänzt werden. Mittel- und langfristig ging es um die Erweiterung der Management-Optionen für Unternehmen und Politik in Extremsituationen; die Verbesserung der Aufteilung zwischen staatlicher und unternehmerischer Risikoabsicherung; die Einkommensstabilisierung in Brandenburger Agrarunternehmen; die Verbesserung des Kenntnisstandes zur Wirkungsweise von Versicherungsinstrumenten als Risikoreduktions-Instrument.

Die Neuheit des Lösungsansatzes bestand darin, den Folgen des Klimawandels nicht durch direkte Produktions- bzw. Landnutzungsanpassungen, sondern durch praktikable Versicherungen (indirekte Maßnahmen) zu begegnen. Mit der erwarteten Zunahme in Anzahl und Amplitude außergewöhnlicher Trocken-/Nass-Perioden wurde in Versicherungslösungen ein geeigneter Ansatz gesehen, der zunehmenden Volatilität der Extremwetterbedingungen zu begegnen.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Die gebräuchlichen marktorientierten Versicherungssysteme unterscheiden sich international in Art und Anzahl der versicherbaren Risiken. Auch der Einfluss der staatlichen Beteiligung an den Versicherungsprodukten in Form einer Rückversicherung variiert auf internationaler Ebene. In Deutschland z.B. erfolgt keine Prämiensubvention. Die Ausgestaltung der Versicherungsverträge ist unterschiedlich konzipiert, die Versicherungsmodelle ließen sich nach diversen Ansätzen systematisieren (z.B. nach der Anzahl beinhalteter Risiken in Ein-, Mehr- oder Allgefahrenversicherungen oder nach der Auszahlungsstrategie in Ertragsgarantieversicherungen, Ertragsverlustversicherungen und indexbasierte Wetterversicherungen). Indexbasierte Wetterversicherungen wurden zum Antragszeitpunkt als besonders erfolversprechende Alternative angesehen. Doch die potentiellen AnwenderInnen zögerten hinsichtlich der praktischen Nutzung dieser Produkte. Als Ursachen für diese Zurückhaltung wurden systemische Aspekte von Wetterrisiken sowie das mit der Nutzung von indexbasierten Produkten verbundene Basisrisiko adressiert. Diese Aspekte diktierten zunehmend die Zielstellung und nahmen Einfluss auf die wissenschaftlichen Untersuchungen zur Gestaltung und Modellierung derivativer Risikomanagementinstrumente.



I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Innerhalb des Netzwerkes gestaltet sich die Zusammenarbeit auf folgenden fünf Ebenen:

1. Auf der Ebene des Teilprojektes erfolgte eine konstruktive Kooperation des Fachgebietes Allgemeine Betriebslehre des Landbaus mit dem Landesbauernverband Brandenburg (LBV) sowie der Vereinigten Hagel Versicherung (VH). Von beiden Projektpartnern gingen wesentliche Impulse für die inhaltliche und organisatorische Ausrichtung der wissenschaftlichen Arbeiten im Teilprojekt aus.
2. Auf der Ebene der Humboldt-Universität (HU) profitierte das Teilprojekt von der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit dem SFB 649 „Ökonomisches Risiko“. Die drei Fachkolloquien, die Pflanzenbau-Feldtage/Praxisinformationstage sowie die Lange Nacht der Wissenschaften boten eine hervorragende Basis für die Präsentation und die Diskussion der Teilergebnisse mit den Netzwerkpartnern und Interessengruppen.
3. Das INKA BB Netzwerk lieferte die Basis für die Bestimmung des Projektstatus, die Rekapitulation und Anpassung gemeinsamer Projektziele, die Diskussion offener Fragen sowie den Ausblick auf die jeweils weitere Vorgehensweise. Als Element der Selbstevaluation wurden regelmäßige SWOT-Analysen durchgeführt. Die teilprojektspezifischen SWOT-Analysen bei der Darstellung der Stärken und Schwächen, sowie der Chancen und Risiken waren für das Teilprojekt ein nützliches Werkzeug waren.
4. Auf nationaler Ebene wurden wissenschaftliche Aspekte des Risikomanagements im Klimawandel u.a. mit dem Climate Service Center Hamburg diskutiert.
5. Die Präsentation der Ergebnisse stand im Fokus der internationalen Aktivitäten. Darüber hinaus erfolgte Wissenstransfer nach Ecuador während eines Praktikums im Rahmen des GIZ-Fortbildungsprogrammes „ILT Management von agrarmeteorologischen Informationsdiensten hinsichtlich des Klimawandels“.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten mit dem Fokus auf indexbasierten Versicherungsansätze lassen sich in analytische und gestaltende Komponenten separieren.

Zu den analytischen Bestandteilen zählen (a) die Skizzierung von Rahmenbedingungen zur Nutzung von Versicherungen zur Reduktion wetterbedingter Risiken sowie (b) die Charakterisierung von Chancen und Risiken indexbasierter Versicherungen. Außerdem ist in diesem Zusammenhang zu untersuchen, ob (c) tatsächlich eine Assoziation von Klimawandel und Zunahme extremer Wetterereignisse vorliegt, was die Entwicklung von Versicherungslösungen schwieriger machen würde.

Gestalterische Aspekte beziehen sich insbesondere auf (i) das systemische Risiko und (ii) das Basisrisiko indexbasierter Lösungen als Anpassungsstrategie an Wetterrisiken. Wetterrisiken weisen einen systemischen Charakter auf und stellen damit ein potenzielles Hindernis für die Bildung von privaten (nichtsubventionierten) Ernteversicherungen dar. Ursachen für ein hohes Basisrisiko sind die Entfernung des Produktionsstandortes von der Referenzwetterstation (geographisches Basisrisiko) sowie ein unklarer Zusammenhang des Wetterindex (selbst am Ort der Produktion) mit dem Produktionserfolg (Produktionsbasisrisiko).

(a) Rahmenbedingungen zur Nutzung von Versicherungen zur Reduktion wetterbedingter Risiken:

- Versicherungen sind nicht isoliert, sondern im Kontext des gesamten Portfolios zur Risikoreduktion zu behandeln. Die Anreize, sich durch Versicherungen gegen Wetterrisiken zu schützen, sind aufgrund alternativ wirkender Möglichkeiten (Prämienregelungen) nur begrenzt ausgeprägt.
- Die deutsche Agrarversicherungswirtschaft bietet Mehrgefahrenversicherungen für eine Reihe versicherbare Gefahren an. Die Bemessung der individuellen Versicherungsprämie



erfolgt anhand einer individuellen Risikoeinschätzung von Standort und Fruchtart. Das Angebot indexbasierter Produkte ist sehr gering.

- Anders als in anderen wichtigen Erzeugerländern gibt es in Deutschland für Vorsorgelösungen durch Versicherungen keine staatliche finanzielle Unterstützung und daher nur eine geringe zahlungsfähige Nachfrage.

(b) Chancen/Risiken indexbasierter Versicherungen aus der Sicht von Angebot und Nachfrage

Aus der Sicht von	Chancen/Risiken
Nachfrage	Risikoanfälligkeit der Betriebe Hedging-Effektivität der Maßnahmen Risikobereitschaft der EntscheidungsträgerInnen Existenz alternativer Maßnahmen zur Risikoreduktion Transparenz von Versicherungsprodukten
Angebot	Kosten der Versicherung Entwicklungs- und Vertriebskosten Kosten für die Regulierung der Negativauswahl, Moral-Hazard-Kosten Risikoprämie Marktpotenzial und -volumen Gesetzliche Rahmenbedingungen Systemisches Risiko Basisrisiko

Wissenschaftliche Arbeiten einschließlich der eigenen Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei diesen Versicherungsansätzen über das systemische Risiko und das Basisrisiko die Gefahren über die Chancen dominieren und somit das Potenzial bisheriger indexbasierter Lösungen als Anpassungsstrategie an Wetterrisiken stärker als erwartet reduziert ist.

INKA BB KLIMAWANDEL UND INNOVATION		Teilprojekt 11
Zur Häufigkeit extremer Wetterereignisse		
Ereignis	Index	Tempelhof (1950-2010)
Frost	Frost Days Index (FDI): Anzahl der Tage $\leq 0^{\circ}\text{C}$ im März/April	Keine signifikante Veränderung
Starkregen	Potential Flood Indicator (PFI): Niederschlagssumme der 5 nassesten Tage im Jahr	Keine signifikante Veränderung
Hitze	Growing Degree Days (GDD): Summe mittlerer Temperaturen von Tagen mit $\geq 5^{\circ}\text{C}$ vom 1.3. bis 31.10.	Signifikante Erhöhung
Trockenheit	Cumulative Rainfall Index (CRI): Niederschlagssumme im Mai	Mittelwert signifikant gestiegen, Wahrscheinlichkeit trockener Tage gestiegen (Niederschlagsverteilung geändert)

Abbildung 11.1: Zur Häufigkeit extremer Wetterereignisse (Beispiel Berlin-Tempelhof)

(c) Zunahme extremer Wetterereignisse

Klimawandel wird häufig mit der Zunahme extremer Wetterereignisse assoziiert, was die Entwicklung von Versicherungslösungen schwieriger macht. Im Teilprojekt wurden ab dem Jahr 2011 Untersuchungen zur Veränderung der Häufigkeit des Auftretens von Frost, Starkregen, Hitze und Trockenheit u.a. für Berlin-Tempelhof (Abbildung 11.1) mit Hilfe statistischer Methoden durchgeführt. Die Wetterereignisse wurden durch die folgenden Indizes abgebildet:



- Frost Days Index (FDI): Anzahl der Tage mit Temperaturen $\leq 0^{\circ}\text{C}$ vom 31.10. bis 1.3.
- Potential Flood Indicator (PFI): Niederschlagssumme der 5 nassesten Tage des Jahres
- Growing Degree Days (GDD): Summe der mittleren Tagestemperaturen von Tagen mit $\geq 5^{\circ}\text{C}$ im Zeitraum 1.3. bis 31.10.
- Cumulative Rainfall Index (CRI): Niederschlagssumme in einer definierten Periode

Pauschalierende Aussagen, dass die Häufigkeit extremer Wetterereignisse zugenommen hat, sind unzulässig. In der beobachteten Periode von 1950 bis 2010 konnten in der Region Berlin keine signifikanten Veränderungen der Frost- und Extremniederschlagsereignisse nachgewiesen werden. Die Zahl der Tage, an denen Pflanzen wachsen, hat zugenommen. Dies wäre ein positiver Effekt der Folgen des Klimawandels. Zwar hat es in der Hauptwachstumsperiode Mai mehr geregnet, allerdings kam es zu einer geänderten Niederschlagsverteilung. Es gibt mehr trockene Tage bzw. Tage, an denen es möglicherweise zu viel regnet.

(i) Systemisches Risiko

In der Versicherungsliteratur wird der Begriff systemisches Risiko in der Regel als der gemeinsame Teil der zugrunde liegenden Risiken verstanden, d.h. wenn Schäden bei den verschiedenen Versicherungsunternehmen positiv und räumlich korreliert sind. Generell werden für ertragsbasierte Indexversicherungen zumindest zwei Wege vorgeschlagen, das systemische Risiko zu reduzieren:

- regionale Diversifizierung (Vergrößerung des Handelsgebietes der Produkte);
- Risikotransfer zum Kapitalmarkt mittels Verbriefung (z.B. Bonds).

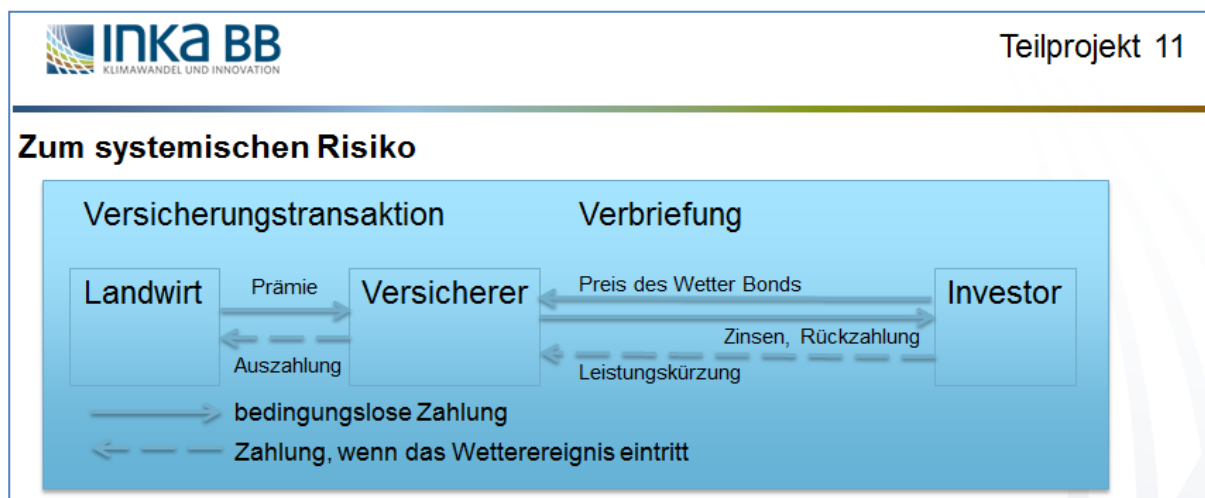


Abbildung 11.2: Bonds als Werkzeug im Umgang mit systemischem Risiko

Die regionale Diversifizierung ist bei bestimmten Risiken nicht oder nur eingeschränkt möglich. Die eigenen Arbeiten zeigen, dass es in Deutschland aufgrund der engen Korrelation des Auftretens trockenheitsbedingter Schäden in verschiedenen Regionen schwierig ist, durch die Vergrößerung des Handelsgebietes von Produkten zur Absicherung gegen zu wenig Regen das systemische Risiko zu senken. Auch wie auch immer geartete fondsgebundene Lösungsansätze werden mit diesem Problem konfrontiert sein. In Abbildung 11.2 ist in stark vereinfachter Form das Funktionsprinzip des Risikotransfers bei Bonds dargestellt. Dieses Prinzip kommt bei finanziellen Schäden in Zusammenhang mit Naturkatastrophen zur Anwendung (CAT-Bonds). In den eigenen Arbeiten werden beide Ansätze kombiniert: In einem Gleichgewichtspreismodell zwischen Angebot und Nachfrage für eine ertragsbasierte Indexversicherung werden die Potentiale zur Verringerung des systemischen Risikos durch multiregionale Betrachtungen sowie CAT-Bonds verglichen. Letzterer Ansatz, d.h. die Anleihe, erscheint geeigneter (im Fall positiver Korrelation von Wetterereignissen an unterschiedlichen Orten), hängt aber auch von der individuellen Risikoeinstellung der Investoren ab.




Diese Möglichkeiten zur Reduktion des systemischen Risikos (Diversifikation, Risikotransfer zum Kapitalmarkt mittels Verbriefung) dienen der Unterstützung von Versicherungen bei der Entwicklung praktikabler bzw. sachgerechter Produkte.

Ein weiterer Ansatz besteht in der Einbeziehung von ExpertInnenwissen bei Abschätzungen zum systemischen Risiko (siehe SHEN, ODENING UND OKHRIN 2013). Dies gilt insbesondere unter Bedingungen größerer Unsicherheit in den zur Verfügung stehenden Daten. Diese im Projektzeitraum begonnenen Untersuchungen werden über die Projektlaufzeit hinaus (unter anderen Finanzierungsbedingungen) fortgesetzt.

(ii) Geografisches Basisrisiko

Bei der Nutzung von Wetterderivaten verbleibt beim Landwirt ein Restrisiko, das darin besteht, dass Ertragsschwankungen nicht genau durch entsprechende Rückflüsse des Wetterderivats kompensiert werden. Ursächlich für das Basisrisiko ist zum einen, dass individuelle Ertragsschwankungen im Allgemeinen nicht perfekt mit der relevanten Wettervariable korreliert sind (Basisrisiko der Produktion). Beispielsweise könnte sich das Wetterderivat auf die Gesamtniederschlagsmenge am Ort der Produktion im Mai beziehen, obgleich z.B. auch die Niederschläge in anderen Perioden, der zeitliche Anfall der Niederschläge und die Temperatur den Ertrag in der Pflanzenproduktion beeinflussen. Außerdem besteht ein geografisches Basisrisiko. Damit ist das nicht versicherbare Risiko gemeint, das sich aus der Differenz des Wettergeschehens am Referenzpunkt des Derivats und dem Ort der landwirtschaftlichen Produktion ergibt.


Teilprojekt 11

Zum geografischen Basisrisiko (gR)

- Private Unternehmen haben begonnen, indexbasierte Versicherungsprodukte zu vermarkten (CelsiusPro). Lässt sich das gR durch die Kombination mehrerer der an unterschiedlichen Referenzstationen angebotenen Derivate senken?

Ort	Entfernung (km)
Koßdorf (blauer Punkt)	0
Cottbus	81
Lindenberg, Potsdam	99
Berlin-Tegel	119
(Weitere Stationen in Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt ...)	(56 ... 126)

- Beispiel: Die hypothetische Auszahlung einer Put-Option auf Regen im Mai (Koßdorf) wird kalkuliert und mit der Auszahlung einer Kombination verfügbarer Derivate an Nachbarorten verglichen.
- Ein Portfolio mit wenigen gewichteten Derivaten kann ausreichen, das geografische Basisrisiko zu senken.

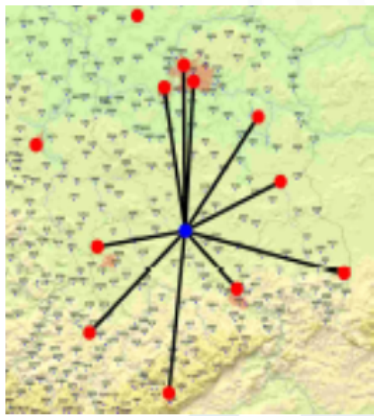


Abbildung 11.3: Ansatz zum Umgang mit dem geografischen Basisrisiko

Ungeachtet der Fortschritte bei den Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Einschränkungen In Abbildung 11.3 werden in stark vereinfachter Form die Problemstellung, die Vorgehensweise sowie mögliche Schlussfolgerungen im Zusammenhang mit den eigenen Arbeiten zur Untersuchung des geografischen Basisrisikos dargestellt. Der Landwirt (hier aus Koßdorf im südlichen Brandenburg) hätte die Möglichkeit, sich gegen Trockenheit im Mai zu versichern, indem er ein entsprechendes Wetterderivat von einer CelsiusPro-Referenzstation kauft. Je geringer die Distanz zwischen Betrieb und Wetterstation ist, desto geringer ist in der Regel das angesprochene



geografische Basisrisiko. Die Frage ist, ob es besser wäre, durch eine Kombination mehrerer, an unterschiedlichen Referenzstationen angebotener Derivate das Basisrisiko zu senken. Aus methodischer Sicht wird die hypothetische Auszahlung einer Put-Option kalkuliert und mit der hypothetischen Auszahlung einer Kombination verfügbarer Derivate verglichen.

Die Untersuchungen zeigen, dass ein Portfolio mit wenigen gewichteten Derivaten ausreichen kann, das geografische Basisrisiko zu senken. Voraussetzung ist, dass die LandwirtInnen keine Transaktionskosten beim Kauf mehrerer Derivate haben. Demzufolge richten sich die Ergebnisse dieser Untersuchungen neben den LandwirtInnen besonders auch an die AnbieterInnen dieser Derivate.

gen von Versicherungen als Anpassungsinstrument an wetterbedingte Risiken im Klimawandel bleibt eine Reihe von Fragen hinsichtlich des Basisrisikos und des systemisches Risiko ungelöst. Sowohl aus den Voraussetzungen, den Ansprüchen aus Kundensicht, dem Kenntnisstand bei der Schadenmodellierung sowie den Defiziten hinsichtlich des Basisrisikos und des systemischen Risikos leitet der Kooperationspartner ebenso wie der Projektbearbeiter einen nach wie vor erheblichen Forschungsbedarf ab. Hauptrichtungen bestehen in der Suche nach kombinierten Versicherungssystemen (Wetterindizes, Ertragsverlustversicherung) und in der Einbindung neuer Technologien wie z.B. Fernerkundung sowie verbesserter Ertragsmodellierung. Unter diesen Bedingungen wird das Angebot privater Versicherungen gegen Wetterrisiken, welche systemischen und/oder Basischarakter tragen, auch zukünftig moderat bleiben. LandwirtInnen als Nachfrager wiederum sind in nur geringem Maße bereit bzw. in der Lage, höhere Prämien für Versicherungen zu akzeptieren. In Kombination mit gering ausgeprägter Bereitschaft zu öffentlicher Förderung oder schwierig auf freiwilliger Basis zu entwickelnder Solidaritätskonzepte (wie vom Kooperationspartner LBV zwischenzeitlich gewünscht) führt dies dazu, dass Versicherungen gegen Wetterrisiken bisher nicht ihr Potential ausschöpfen konnten. Dies zwingt zu weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen der Gestaltung dieser Instrumente über den Projektzeitraum von INKA BB hinaus. Die notwendigen Schritte hat der Projektverantwortliche (HU) eingeleitet. Es werden auch nach Ende dieses Projektes Untersuchungen zu Versicherungen als Anpassungsalternative an wetterbedingte Risiken fortgeführt.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das veranschlagte Budget hat ausgereicht und ist planmäßig verwendet worden.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels sind alle Arbeiten zur Anpassung an die damit verbundenen, teils gravierenden, Folgen für die landwirtschaftlichen Unternehmen sowie die Gesellschaft willkommen. Die Arbeit war unbedingt notwendig und angemessen.

II.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Der Nutzen der Arbeiten ist aus wissenschaftlicher Sicht besonders hoch. Bezüglich des geografischen Basisrisikos von indexbasierten Versicherungsprodukten gegen Wetterrisiken sind es vor allem neue statistische Methoden zur dessen Quantifizierung, welche den Versicherern als Hauptzielgruppe des Teilprojektes zur Verfügung gestellt werden konnten. Wetterrisiken weisen einen systemischen Charakter auf und stellen damit ein potenzielles Hindernis für die Bildung von privaten (nichtsubventionierten) Ernteversicherungen dar. Zwei der im Projektzeitraum untersuchten Möglichkeiten zur Reduktion des systemischen Risikos (Diversifikation, Risikotransfer zum Kapitalmarkt mittels Verbriefung) dienen der Unterstützung von Versicherern bei der Entwicklung praktikabler Produkte.

Weiterer Nutzen ergibt sich durch die Integration der Forschungsergebnisse in das universitäre Lehrangebot. Methodische und inhaltliche Kenntnisse können so an die zukünftigen Stakeholder bzw. vom Klimawandel betroffene AkteurInnen weitergegeben werden. Dies ist ein nach-



haltiger und tragfähiger Ansatz, denn zukünftige LandwirtInnen, BeraterInnen, in der Versicherung Beschäftigte, WissenschaftlerInnen etc. haben von Beginn an das Wissen um die Möglichkeiten und Einschränkungen von Versicherungen als Bestandteil des Managements von Wetterrisiken.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Während des Berichtszeitraumes hatten private Unternehmen begonnen, aktiv indexbasierte Versicherungsprodukte zu vermarkten. Dies hatte zur Folge, dass einerseits eine der zu Projektbeginn definierten Zielstellungen zu revidieren war und andererseits neue Forschungsfragestellungen sowie methodische Untersuchungsansätze abgeleitet werden konnten. Dies traf insbesondere auf Untersuchungen zum geografischen Basisrisiko zu.

II.6 Veröffentlichungen

MUßHOFF, O., ODENING, M., XU, W. (2011): Management of Climate Risks in Agriculture - Will Weather Derivatives Permeate? *Applied Economics* 43(9): 1067-1077

SHEN, Z., ODENING, M. (2013): Coping with Systemic Risk in Index-based Crop Insurance. *Agricultural Economics* 44(1):1–13. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-0862.2012.00625.x>.

SHEN, Z., ODENING, M., OKHRIN, O. (2013): Can expert knowledge compensate for data scarcity in crop insurance pricing? Selected paper AAEA Annual Meeting 2013, Washington D.C. <http://purl.umn.edu/149431>

ODENING, M., SHEN, Z. (2014): Challenges of Insuring Weather Risk in Agriculture. *Agricultural Finance Review* 74(2):188-199. DOI: 10.1108/AFR-11-2013-0039

RITTER, M., MUßHOFF, O., ODENING, M. (2014): Minimizing Geographical Basis Risk of Weather Derivatives Using A Multi-Site Rainfall Model. *Computational Economics* 44(1):67–86. <http://dx.doi.org/10.1007/s10614-013-9410-y>

Diese Publikationen beruhen nicht ausschließlich auf Ressourcen des Teilprojekts, erwähnt sei als Kooperationspartner der SFB 649 „Ökonomisches Risiko“ der HU. Darüber hinaus wurden die Forschungsergebnisse netzwerkintern sowie auf nationalen und internationalen Tagungen (u.a. 123. EAAE Seminar 2012 in Dublin, AAEA Jahrestagung 2013 in Washington sowie „Insurance Risk and Finance Research“ Konferenz 2013 in Singapur) präsentiert.



Teilprojekt 12 - Anpassungsstrategien für Weidenutzungssysteme an den Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. Otto Kaufmann, Humboldt-Universität zu Berlin; Dr. Andreas Fischer, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Aufgabenstellung des Teilprojektes „Netzwerk für Forschung und Wissenstransfer zur Anpassung von Weidenutzungssystemen für Rinder und Schafe an den Klimawandel“ war es, aus dem bekannten und durch On Farm-Versuche neu generierten Wissen Anpassungsstrategien für Weidenutzungssysteme regionstypischer Grünlandstandorte in Brandenburg zu entwickeln. Dabei wurde berücksichtigt, dass durch erwartete Verknappung der Ressource Grünland die Ansprüche an die Nutzungsintensität von Grünland zukünftig wachsen könnten. Eine höhere Intensität erfordert aber gleichzeitig eine differenzierte standortbezogene Bewirtschaftung. Bei der gegenwärtig weit verbreiteten extensiven Weidenutzung wird dies kaum berücksichtigt. Deshalb bestand das Hauptziel des Teilprojektes darin, vorhandenes Wissen und im Prozess der Projektbearbeitung hinzukommende Erkenntnisse dafür zu nutzen, der landwirtschaftlichen Praxis, Dienstleistungsunternehmen für die Landwirtschaft, Unternehmen im vor- und nachgelagerten Bereich, berufsständischen Verbänden sowie politischen Institutionen Grundlageninformationen für Anpassungsoptionen von weidebasierten Tierhaltungssystemen regionstypischer Grünlandstandorte zur Verfügung zu stellen. Die notwendige interdisziplinäre Zusammenarbeit wurde dabei im Rahmen des Projekts weiterentwickelt.

Mit dem Klimawandel einher geht sowohl die Zunahme der Mitteltemperatur als auch extremer Wetterereignisse und damit z.B. von Hitzewellen. Höhere Umgebungstemperaturen werden bei Wiederkäuern mit Verringerung der Futteraufnahme und den daraus folgenden Konsequenzen für Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit in Verbindung gebracht. Deshalb wurde ein Schwerpunkt der praktischen Untersuchungen im Teilprojekt auf die Analyse der Auswirkungen von Hitzelast auf Weidetiere und Grünlandbewuchs gelegt.

Darüber hinaus werden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben anhand gemeinsam identifizierter Wissenslücken priorisiert. Der Wissenstransfer fand durch Feldtage auf Demonstrationsbetrieben statt und förderte die Verstetigung des Netzwerkes zur kontinuierlichen Anpassung von Weidenutzungssystemen an den Klimawandel.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

NARDONE et al. (2010) bezeichnen Hitzestress als eine der Hauptursachen für Produktionsausfälle in der Milch- und Fleischindustrie und warnen gleichzeitig vor steigenden Verlusten aufgrund des Klimawandels in der Zukunft. ST-PIERRE et al. (2003) schätzen die durch Hitzeeinwirkung bedingten jährlichen Verluste der tierhaltenden Betriebe in den USA zwischen 1,69 und 2,36 Milliarden US Dollar, wobei 58% davon in der Milchviehhaltung und 20% in der Fleischrinderhaltung (15% in der Schweinehaltung, 7% in der Geflügelindustrie) auftraten.

In gemäßigttem Klima (England) dagegen, führt momentan eine mit dem Klimawandel einhergehende Verlängerung der Weidesaison durch höhere Temperaturen in den Übergangsjahreszeiten bei Schafen und Rindern zu einer Ersparnis bei den Winterfutterkosten (TROPPEL 2010).

Viele Studien untersuchten Auswirkungen von Hitzestress auf die Tierleistungen und Reproduktionsleistungen. Diese können einen minimalen oder keinen Effekt bei kurzer Hitzeeinwirkung haben, aber bei extremer Hitze auch bis zum (vorzeitigen) Tod führen (HAHN 1999; ST-PIERRE et al. 2003).



Die Temperaturkomfortzone bei erwachsenen Rindern liegt laut HAHN (1999) zwischen 5 und 15°C, wobei es zwischen 5 und 25°C zu keiner signifikanten Änderung des Futterraufnahmeverhaltens oder anderer physiologischer Prozesse kommt (MCDOWELL 1972).

Die Veränderungen unter Hitzestress, wie weniger Futterraufnahme, Wandlung des Hormonstatus und eine niedrigere Stoffwechselrate, können die metabolische Wärmeproduktion des Körpers senken (YOUSEF 1987) und sind vermutlich verantwortlich für Änderungen in der Leberfunktion sowie im Energie-, Fett-, Protein- und Mineralstoffwechsel (NARDONE et al. 1997; RONCHI et al. 1999, MOORE et al. 2005;). Die geringere Glukoseverfügbarkeit ist mitverantwortlich für den Rückgang der Milchleistung unter Hitzestress (BAUMGARD et al., 2007). Veränderungen im Glukose- und Fettstoffwechsel sowie der Leberfunktion und dem oxidativen Status könnten der Grund für die erhöhte Empfindlichkeit von Hitze-gestressten Tieren für Stoffwechselerkrankungen sein.

Ein suboptimal arbeitender Stoffwechsel wiederum kann weitere negative Auswirkungen haben, z.B. auf die Fruchtbarkeit oder die Widerstandskraft gegen Infektionen (NARDONE et al. 2010). AMUNDSON et al. (2005) berichten vom Rückgang der Trächtigkeitsraten bei taurinen Rindern bei Temperaturen über 23,4°C. Während heißer Witterung wurden höhere Mastitisraten bei Milchkühen beobachtet (CHIRICO et al., 1997; GIESECKE, 1985; HOGAN et al., 1989). Mögliche Ursachen bzw. Ursachenkombinationen für Letzteres sind neben den negativen Auswirkungen des Hitzestresses auf die Abwehrmechanismen im Tierkörper (GIESECKE, 1985) vermutlich auch die besseren Überlebens- und Vermehrungsraten von Krankheitserregern (HOGAN et al., 1989) und/oder deren Vektoren (CHIRICO et al., 1997) unter heißen Temperaturbedingungen.

Wenn Kühe heißem Sommerwetter ausgesetzt sind, werden neben den physiologischen Auswirkungen auch Effekte auf das Verhalten sichtbar. Ohne die Möglichkeit, Schatten aufzusuchen, werden die Tiere unter dem Einfluss von hoher Sonneneinstrahlung bzw. Hitze weniger Zeit mit Liegen (OVERTON et al., 2002; ZÄHNER et al., 2004) und Grasens (TUCKER et al., 2008) verbringen und sich vermehrt in der Nähe der Tränke aufhalten (WIDOWSKI, 2001). Die Tiere versuchen durch erhöhte Wasseraufnahme den Hitzeeinfluss abzufedern (SCHÜTZ et al. 2010). Bietet sich Kühen die Möglichkeit, an sonnigen, heißen Tagen Schatten aufzusuchen, nutzen sie das gerne und können durch diese Verhaltensreaktion auch die physischen Auswirkungen heißer Witterung reduzieren (VALTORTA et al., 1997).

KENDALL et al. (2006) berichten, dass Kühe bei heißer Witterung mehr Fresszeit in der Nacht verbringen, um sich am Tag im Schatten aufzuhalten. Im Gegensatz dazu fanden TUCKER et al. (2008) keinerlei Auswirkungen von Hitze auf die Verhaltensweisen Stehen, Liegen oder Grasens, auch wenn Schatten zur Verfügung stand. Dieser Widerspruch könnte mit unterschiedlicher Nährstoffqualität der Untersuchungsstandorte zusammenhängen. Bei den Untersuchungen von TUCKER et al. (2008) stand hochqualitatives Futter ad libitum zur Verfügung. Die Tiere waren somit in der Lage, ihren Bedarf in den Morgen- und Abendgrasezeiten zu decken. Dies könnte bei qualitativ minderwertigerem Aufwuchs u.U. nicht mehr möglich sein, so dass die Tiere dann auch nachts grasen müssen, wenn sie Fressaktivität zu heißen Tageszeiten vermeiden wollen (TUCKER et al., 2008). Bei Temperaturen zwischen 21 und 27°C wurden durch eine Schattennutzung der Tiere allerdings keine Unterschiede in der Körpertemperatur zu den, der Sonne ausgesetzten Tieren, festgestellt (MITLÖHNER et al., 2001).

Studien von ROMAN-PONCE et al. (1981) zeigten höhere Milchleistungen und niedrigere Plasma-corticosteroid-Konzentrationen (Nebennierenrindenhormon, welches z.B. im Zusammenhang mit Stressreaktion und Immunantwort eine wichtige Rolle spielt), wenn die Rinder in natürlicher Umgebung die Möglichkeit hatten, Schatten aufzusuchen (im Vergleich zu keinem Schattenangebot). Der Milchleistungsabfall durch Hitzeeinwirkung ohne Schattenangebot ist zudem ausgeprägter bei Schwarzen als bei weißen Kühen (HANSEN, 1990).



Da zum Tageszeitpunkt höchster Sonneneinstrahlung die Schattennutzung durch die Tiere am höchsten ist (TUCKER et al. 2008). ist es wichtig, dass allen Kühen einer Herde Schattenplätze zur Verfügung stehen, um sie gemeinsam zur selben Zeit nutzen zu können. SCHÜTZ et al. (2010) fanden in einer experimentellen Untersuchung zum Verhalten unter drei verschiedenen "Schattenbedingungen" über 5 Tage (Zugang zu 2,4 m² oder 9,6 m² Schattenplatz pro Kuh, Schatten schirmte 99% der Sonneneinstrahlung ab, 4 Gruppen pro Behandlung, 10 Tiere pro Gruppe), dass die Tiere mehr als doppelt so lange im „Größeren Schattenangebot“ verbrachten (24 % der beobachteten Zeit in 2,4 m² vs. 50 % in 9,6 m²). Bei mehr Schattenplatzangebot wurden auch weniger Auseinandersetzungen zwischen den Tieren beobachtet (10,7 agonistische Interaktionen/m² in 2,4 m² vs. 3,2 agonistische Interaktionen/m² in 9,6 m²). Wenn nur wenig Schatten zu Verfügung stand, verbrachten die Tiere mehr Zeit an der Tränke (11,5 % der Beobachtungszeit im Umkreis der Tränke bei 2,4 m² vs. 2 % der Beobachtungszeit bei 9,6 m² Schattenplatz pro Kuh). Bei Kühen, die weniger Schatten zur Verfügung hatten, war die Atemfrequenz höher. Andere Studien empfehlen zwischen 3,5 und 5,6 m² Schattenplatz pro Kuh für Milchvieh (COLLIER et al., 2006)

Literatur

- AMUNDSON, J.L., MADER, T.L., RASBY, R.J., HU, Q.S., 2005. Temperature and temperature–humidity index effects on pregnancy rate in beef cattle. In: Proceedings of 17th International Congress on Biometeorology. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Germany.
- BAUMGARD, L.H., WHEELOCK, J.B., O'BRIEN, M., SHWARTZ, G., ZIMBELMAN, R.B., SANDERS, S.R., VANBAALE, M.J., COLLIER, R.J., RHOADS, M.L., RHOADS, R.P., 2007. The differential effects of heat stress vs. underfeeding on production and post-absorptive nutrient partitioning. Proc. of the Southwest Nutrition and Management Conference, The University of Arizona, Tucson, February 23rd.
- CHIRICO, J., JONSSON, P., KJELLBERG, S., THOMAS, G., 1997. Summer mastitis experimentally induced by *Hydrotaea irritans* exposed to bacteria. *Med. Vet. Entomol.* 11, 187–192.
- COLLIER, R. J., G. E. DAHL, AND M. J. VANBAALE. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244–1253.
- GIESECKE, H.W., 1985. The effect of stress on udder health of dairy cows. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 52, 175–193.
- HAHN, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 77:10–20.
- HANSEN, P.J., 1990. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology* 68S, S242–S249.
- HOGAN, J.S., SMITH, K.L., HOBLET, K.H., SCHOENBERGER, P.S., TODHUNTER, D.A., HUESTON, W.D., PRITCHARD, D.E., BOWMAN, G.L., HEIDER, L.E., BROCKETT, B.L., 1989. Field survey of clinical mastitis in low somatic cell count herds. *J. Dairy Sci.* 72, 1547–1556.
- KENDALL, P. E., P. P. NIELSEN, J. R. WEBSTER, G. A. VERKERK, R. P. LITTLEJOHN, AND L. R. MATTHEWS. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livest. Sci.* 103:148–157.
- MCDOWELL, R.E., 1972. *Improvement of Livestock Production in Warm Climates.* Freeman, San Francisco, California. p. 711.
- MITLOEHNER, F.M., MORROW, J.L., DAILEY, J.W., WILSON, S.C., GALYEAN, M.L., MILLER, M.F., MCGLONE, J.J., 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79, 2327–2335.
- MOORE, C.E., KAY, J.K., VANBAALE, M.J., COLLIER, R.J., BAUMGARD, L.H., 2005. Effect of conjugated linoleic acid on heat stressed Brown Swiss and Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 88, 1732–1740.
- NARDONE, A., LACETERA, N., BERNABUCCI, U., RONCHI, B., 1997. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 80, 838–844.
- NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI, M.S., BERNABUCCI, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems.
- VERTON, M. W., W. M. SISCHO, G. D. TEMPLE, AND D. A. MOORE. 2002. Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behavior in a free-stall barn. *J. Dairy Sci.* 85:2407–2413.



- Roman-Ponce, H., Thatcher, W.W., Buffington, D.E., Wilcox, C.J. and van Horn, H.H., 1981. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *J. Dairy Sci.*, 60, 424-430.
- RONCHI, B., BERNABUCCI, U., LACETERA, N., VERINI SUPPLIZI, A., NARDONE, A., 1999. Distinct and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status in Holstein heifers. *Zoot. Nutriz. Anim.* 25, 71–80.
- SCHÜTZ, K. E., ROGERS, A. R., POULOUIN, Y. A., COX, N. R., TUCKER, C. B. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* Vol. 93 No. 1,
- ST-PIERRE, N.R., COBANOV, B., SCHNITKEY, G., 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86, E52–E57.
- TROPP C.F.E., WREFORD A., TOLKAMP B.J., WU L., MORAN D. 2010. Impacts of climate change on the grazing period, and the conserved feeding costs of grazing systems in the UK. *Grassland in a changing world*, Book of Abstracts, 23th General Meeting of the European Grassland Federation Kiel, Germany, August 29th- September 2nd 2010
- TUCKER, C. B., A. R. ROGERS, AND K. E. SCHÜTZ. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109:141–154
- VALTORTA, S. E., P. E. LEVA, AND M. R. GALLARDO. 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *Int. J. Biometeorol.* 41:65–67.
- WIDOWSKI, T. 2001. Shade-seeking behavior of rotationally grazed cows and calves in a moderate climate. Pages 632–639 in *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium*, Louisville, KY. R. R. Stowell, R. Bucklin, and R. W. Bottcher, ed. ASAE Publication Number 701P0201. ASAE, St. Joseph, MI. (zitiert von Schütz et al. 2010)
- Yousef, M.K., 1987. Principles of Bioclimatology. In: Yousef, M.K. (Ed.), *Bioclimatology and Adaptation of Livestock*. Elsev. Sci. Publ., Amsterdam, pp. 17–29.
- ZÄHNER, M., L. SCHRADER, R. HAUSER, M. KECK, W. LANGHANS, AND B. WECHSLER. 2004. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Anim. Sci.* 78:139–147.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Im Teilprojekt arbeiteten acht Partner aus Wissenschaft, Praxis und landwirtschaftlichen Fachverbänden zusammen. Dieses Netzwerk, welches im September 2009 gegründet wurde, bildete die Grundlage für einen einheitlichen Wissens- und Informationsstand aller beteiligten AkteureInnen. Die Beteiligten waren die Fachgebiete Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik sowie Acker- und Pflanzenbau, Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau von der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, das Institut für Landnutzungssysteme vom Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF), der Landesbauernverband Brandenburg e.V., das Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVLF) bzw. als dessen Referenzbetrieb, die Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung e.V. Groß Kreutz (LVAT), die Rinderproduktion Berlin-Brandenburg GmbH (RBB), der Schafzuchtverband Berlin-Brandenburg e.V. (SVBB) sowie der Deutsche Grünlandverband e.V. (DGV).

Innerhalb des Verbundprojektes wirkte das Teilprojekt in der Facharbeitsgruppe „Anpassung an den Klimawandel und landschaftliche Multifunktionalität“.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Nach Gründung des Netzwerkes und einer Ist – Stand-Analyse der Weidesysteme wurden die Versuchsflächen auf den einzelnen Kooperationsbetrieben für die Forschungsarbeiten ausgewählt. Die Auswahl der Kooperationsbetriebe war im April 2010 abgeschlossen. Basierend auf dem erwarteten Klimawandel wurden problemorientierte Fragestellungen zur adäquaten Nutzung von Grünland durch Weidetiere bearbeitet. Schwerpunkt der Untersuchung war neben den Auswirkungen von zunehmender Hitzelast die Aufdeckung von Interaktionen zwischen den Ansprüchen der Tiere und klimabedingten Änderungen der Nutzungseigenschaften des Grün-



landes. Unterstützt wurde das Projekt maßgeblich durch das Engagement des Landesbauernverbandes bei der Beschaffung der Gesamtbrandenburger Mutterkuhdaten (HIT-Daten). Über den Landeskontrollverband wurden wichtige Brandenburger Mutterkuhdaten technisch zur Verfügung gestellt. Über die Vereinigten Informationssysteme Tierhaltung e.V. Verden konnten Datensätze für die Forschungsarbeiten abgerufen werden. Die Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung leistete in der Bereitstellung von betriebsbezogenen Schafdaten und der Koordinierung der Partnerbetriebe einen wertvollen Beitrag. Benötigte Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes wurden durch das PIK (Teilprojekt 2) bereitgestellt.

Im Rahmen der Implementierungsphase wurden die durch den Klimawandel zu erwartenden Wirkungen auf Weidenutzungssysteme identifiziert. Dabei wurde der Fokus zu gleichen Teilen auf die Futtergrundlage (den Grünlandaufwuchs auf Weiden und Mähweiden) und die darauf weidenden Nutztiere gelegt.

Vor Beginn der Arbeiten auf den Versuchsbetrieben wurde auf Basis eines ExpertInnenworkshops das Arbeitsprogramm zusammengestellt. Ab März 2011 wurden Daten in fünf Praxisbetrieben aufgenommen (siehe Tabelle).

Untersuchung	Anzahl Betriebe	Erfasste Parameter	Häufigkeit in der Versuchsperiode 2011
Bonituren	5	9-12 Dauerquadrate pro Betrieb	1
TM-Bestimmung auf den Versuchsflächen	5	1 (insg. 66 Schnitte für 22 Proben)	1
Laboranalytische Nähr- und Mineralstoffbestimmung der Grünlandproben	5	20 (insg. 22 Proben)	1
Gewichtserhebung der Herden	5	1	2-5
Laboranalytische Untersuchung der Blutproben	5	11 (insg. 100 Proben)	2
Aktivitätsmessung über die Pedometer	1	4 (10 Pedometer)	Durchgängig über 4 Mon., 10 Termine zum Auslesen
Räumliche Erfassung der Aktivität (GPS)	1	2 (4 GPS-Halsbänder)	Durchgängig über 4 Mon.

Tab. 12.1: Zusammenfassung der Arbeiten auf den Demonstrationsbetrieben

Die Ergebnisse wurden auf einer internen Kommunikationsplattform dargestellt und in einem Workshop präsentiert. In einer Synthesephase wurden bei der weiteren Planung der Arbeiten die Schwächen der Datenerhebungen berücksichtigt. Zudem wurden weitere Arbeiten auf dem Versuchsbetrieb Groß Kreuz durchgeführt. Diese zielten hauptsächlich auf die Adaptationsfähigkeit von Weidetieren an Hitzelast, da eine Zunahme von sommerlichen Extremtemperaturen ein Hauptcharakteristikum für die Entwicklung des Klimas in der Region ist.

Die Ergebnisse spiegeln eine gewisse Schwankungsbreite der Erträge auf den Mähflächen zwischen 13-44dt TS/ha/a, wobei die potentiellen Erträge der untersuchten Grünlandflächen bei 40-80dt TS/ha/a liegen könnten.

Die untersuchten Standorte waren alle auf hydromorphen Böden angesiedelt, die durch eine geringe bis mittlere Futterqualität gekennzeichnet sind, aber dafür in Trockenperioden relative Ertragssicherheit bieten, jedoch bei Extremniederschlägen Probleme mit der Trittfestigkeit der Narbe bekommen können (Verschlammung).

Die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände bot ein sehr heterogenes Bild, jedoch wurde auf allen untersuchten Flächen ein Gräseranteil zwischen 80% und 90% gefunden (ansonsten Kräuter und Leguminosen).



Der ermittelten Energie- und Proteingehalte des Aufwuchses wurde in Beziehung zum Bedarf der darauf weidenden Tiere gesetzt. Der Energieversorgungsgrad wurde von ausreichend (Spreevald-Lausitz) bis zu unzureichend (Uckermark-Barnim) charakterisiert. Eine schlechte Futterqualität in Bezug auf den Energiegehalt wurde offensichtlich von den Tieren durch selektives Fressen gut kompensiert, da an den Tieren kein Mangel festzustellen war. Die Proteinversorgung auf den Weideflächen stellte sich überall als ausreichend dar, teilweise sogar im Bereich der Überversorgung (erhöhte Harnstoffwerte).

Die Mineralstoffgehalte im Grünlandaufwuchs waren rechnerisch bei P, K, Mg, Ca, Fe und Se ausreichend, um den Bedarf laut Bedarfsempfehlungen für Mutterkühe decken zu können. Betrachtet man allein die Inhaltsstoffe des Grünlandaufwuchses, war die Versorgungslage in Bezug auf Na-, Cu-, und Zn potentiell mangelhaft. Die Blutproben der Mutterkühe belegten, dass ein Cu Mangel vorlag (z.B. wichtig für eine gesunde Gliedmaßenentwicklung der Jungtiere), jedoch konnte bei keinem der Tiere ein äußerliches Symptom für Kupfermangel beobachtet werden (Kupferbrille). Ebenso wurde eine Unterversorgung mit Selen und Mangan anhand der Blutwerte festgestellt. Die Mineralstoffunterversorgungen sind insofern erstaunlich, da alle Tiere konstant mit Mineralstoff-Supplementen versorgt waren.

Die Tierwägungen ergaben, dass die Gewichte der Tiere über die Weidesaison in etwa konstant gehalten werden konnten. Die Versorgung des Nachwuchses fand also unter den gegebenen Standort- und Klimabedingungen des Untersuchungszeitraums ohne den Abbau von Körperreserven der Tiere statt.

Bei den im Versuchszeitraum vorherrschenden (sehr moderaten) Temperaturen und unter den spezifischen Bedingungen auf den Versuchsbetrieben war keine Einschränkung der Aktivität der Weidetiere durch Hitzestress während heißer Witterungsphasen feststellbar. Die in der Literatur beschriebenen Negativfolgen von Hitzestress konnten an den untersuchten Tieren somit nicht festgestellt werden, da die laut Literatur dafür nötigen Temperaturen nicht über längere Phasen erreicht wurden.

Die Aktivität bei den untersuchten Herden wurde hauptsächlich durch den Tag-Nachtrhythmus und die Entfernung der aktuell benutzten Weide zur Tränke bestimmt – bei wärmeren Temperaturen wurde die Tränke vermehrt aufgesucht, was eine erhöhte Aktivität der Tiere bei höheren Temperaturen zur Folge hatte.

Interpretation der Ergebnisse

Klimawandel und dessen Auswirkung auf ein Produktionssystem ist ein langfristiger, dynamischer Prozess, den eine Datenerfassung über den Zeitraum von zwei Jahren nur schlecht wiedergeben kann. Die beiden Jahre, in denen die Grünlanddaten und die Verhaltensdaten der Tiere aufgenommen wurden, spiegelten in Bezug auf das Wettergeschehen zudem nicht das im Zusammenhang mit dem Klimawandel erwartete Szenario wieder. Die Auswirkungen von z.B. länger andauernden Hitzeperioden im Sommer konnte unter den gegebenen Wetterbedingungen nur unzureichend analysiert werden.

Der Schwerpunkt lag auf der Frage, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Weidetierhaltung im weitesten Sinn überhaupt haben kann und wie dem potentiell im Tier- und Betriebsmanagement begegnet werden kann. Mit den vorliegenden Untersuchungen wurde eine gute Grundlage für die weitere Untersuchung von geeigneten Maßnahmen bzw. angepasstem Management an geänderte Klimabedingungen gelegt. Für weitere Untersuchungen wird empfohlen, einen größeren Stichprobenumfang zu planen, damit eine statische Auswertung durchgeführt werden kann.

Um eine ausreichende Futterversorgung auch in Jahren mit Extremwetterereignissen (Binnenhochwasser, längere Trockenperioden) sicherzustellen, muss Dauergrünland in ausreichendem Umfang erhalten bleiben, um neben dem Weidegang Futterreserven anzulegen. Die momentan positive Entwicklung im Bereich Bioenergie birgt das Risiko, dass die Weidenutzung durch Tiere



nur noch an marginalen bzw. in Bezug auf den Ertrag eher unsicheren Standorten möglich sein wird (Pachtpreise für Land sind ab einer gewissen Höhe mit der Weidetierhaltung nicht mehr zu erwirtschaften). Da aber marginale Standorte (z.B. Flussauen) mitunter von extremen Wetterereignissen (z.B. starken Niederschläge) besonders betroffen sind, besteht dann vermehrt das Risiko, dass die ohnehin schon vergleichsweise geringere Wirtschaftlichkeit von Weidetierhaltungen sich weiterhin negativ entwickelt. Es müssten aber zu den ohnehin nötigen Flächen auch Ausweichflächen bereitgehalten werden für den Fall, dass Flächen durch zu hohen Grundwasserstand oder lange Trockenheit keinen ausreichenden Ertrag mehr liefern bzw. nicht mehr zu beweiden/zu befahren sind. Dies würde insgesamt eine geringere Besatzdichte bedeuten. Geringere Besatzdichten pro Fläche oder die Nutzung von besseren (auch ackerfähigen) Standorten wirken sich jedoch ebenso potentiell negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus. Mögliche Chancen, schlechten Erträgen auf marginalen Standorten zu begegnen, wären regulative Eingriffe und/oder erhöhter Managementaufwand. All diese Maßnahmen, die Weidetierhaltung auf bestimmten Standorten überhaupt erst zu ermöglichen, verschlechtern die Wirtschaftlichkeit/Konkurrenzfähigkeit der Mutterkuhhaltung in Vergleich zu besseren/ertragsstärkeren Standorten. Zudem ist ein Charakteristikum der Mutterkuhhaltung wie auch der Schafhaltung ein extensives Management, welches nicht nur im Sinne der Wirtschaftlichkeit, sondern gerade auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel bzw. dem Ziel dessen Fortschreiten durch möglichst energie- und umweltschonende Produktionsabläufe zu vermindern, beibehalten werden sollte (z.B. möglichst wenig Überfahrten zu Pflegezwecken, keine Trockenlegung von staunassen Bereichen).

Ein weiteres Risiko ist die Unsicherheit bezüglich der Entwicklung des Wettergeschehens. So wurde lange Zeit mit dem Thema Klimawandel hauptsächlich die Problematik heißer und trockener Sommer verbunden. Die letzten Jahre haben aber gezeigt, dass Anpassungsstrategien ebenso auf (zu) hohe Sommerniederschläge (extrem kurzes Zeitfenster zur Futterbergung, verringerte Belastungsfähigkeit der Böden), sehr lange, kalte Wintern (mehr Winterfutterbedarf bei kürzerer Vegetationsperiode) und trockene Frühjahre reagieren müssen. Ein in diesem Zusammenhang bisher ebenfalls wenig betrachtetes Risiko sind auch die mit den veränderten Bedingungen eventuell verstärkt bzw. neu auftretenden Ekto- und Endoparasiten, bis dato in dieser Region exotische Viren und Bakterien sowie die eventuell damit verbundenen neuen Risiken für die Tiergesundheit (z.B. Schmalenberg, Blauzunge).

Um flexibel auf die momentan noch nicht genau absehbaren Auswirkungen des Klimawandels reagieren zu können und ein Produktionssystem gegebenenfalls anpassen zu können bzw. auf Probleme auch spontan reagieren zu können, ist eine wichtige Grundvoraussetzung, dass der entsprechende Produktionszweig dies wirtschaftlich abfedern kann. Es wird keine Anpassung an den Klimawandel geben können, wenn dies gleichzeitig das betroffene Produktionssegment unwirtschaftlich macht (z.B. durch einen massiv gesteigerten Management-/Energieaufwand). Daher sollte bei der Entwicklung von geeigneten Maßnahmen in der Praxis zukünftig auch immer der ökonomische Aspekt betrachtet werden.

Um den Auswirkungen des Klimawandels entgegen zu treten, wäre eine langfristige Zusammenarbeit einer Forschungseinrichtung mit einer großen Betriebszahl zur Dokumentation des Einflusses eines geänderten Wettergeschehens auf die landwirtschaftliche Praxis der Tierhaltung insgesamt (z.B. das vermehrte Auftreten von Krankheiten, Leistungsdepressionen, Futterengpässen usw.) sinnvoll. Dies würde ermöglichen, schon beim ersten Auftreten von Problemen gemeinsam nach Lösungsansätzen zu suchen, diese in der Praxis umzusetzen und dabei wissenschaftlich zu begleiten bzw. die Ergebnisse und Erfahrungen dann auch zeitnah anderen (eventuell noch nicht betroffenen) Betrieben zugänglich zu machen. Dies könnte es dem Einzelbetrieb sehr erleichtern, sich flexibel und schnell auf mögliche Änderungen der Rahmenbedingungen durch den Klimawandel einzustellen und somit großflächigen Schaden vermeiden.



II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget war ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um die vielfältigen Einflussparameter, die in Zukunft mit zunehmendem Klimawandel die Praxis von weidebasierten Tierhaltungssystemen verstärkt beeinflussen werden, besser in ihrer Bedeutung für die praktischen Betriebsabläufe einordnen zu können.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Brandenburg ist das Bundesland mit der größten Anzahl an Mutterkühen in Deutschland (91.400). Außerdem werden im Land 162.000 Milchkühe und die dazugehörige Nachzucht (diese auch noch teilweise in Weidehaltung) sowie 130.000 Schafe gehalten. Eine wichtige Grundlage für die Ernährung dieser Wiederkäuer bildet das Grünland, das in Brandenburg 22% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (300.000 ha) einnimmt. In Brandenburg gibt es ca. 1.800 Unternehmen mit Mutterkuhhaltung und 700 Betriebe mit Schafhaltung, die auf Basis von Grünlandbewirtschaftung arbeiten. Gleichzeitig ist das Grünland Habitat für Pflanzen und Tiere und spielt somit für Natur- und Umweltschutz sowie die touristische Attraktivität einer Landschaft eine wichtige Rolle. Der relativ hohe Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Land sowie die ausgedehnte Haltung von Mutterkühen sind ein spezielles Merkmal der brandenburgischen Landwirtschaft und eine wichtige wirtschaftliche Säule. Deshalb besteht sowohl von Seiten der Landwirtschaft als auch von Seiten der Politik und der Verbände ein besonderes Interesse an einer nachhaltigen Entwicklung auf diesem Gebiet, vor allem auch unter den Bedingungen des Klimawandels. Der Klimawandel und die damit (mutmaßlich) einhergehende weltweite Verknappung von für die Produktion von Lebensmitteln zur Verfügung stehender Landfläche (bei steigender Weltbevölkerung), wird weidebasierte (extensive) Produktionssysteme in Zukunft vor wachsende Probleme stellen, im Konkurrenzkampf gegen intensive Produktionssysteme bestehen zu können.

Da sich im Verlauf der Untersuchungen eine Vielzahl an weiteren Einflussfaktoren auf die Tiergesundheit herauskristallisiert hat, sollten u.a. die räumliche und zeitliche Erfassung von Parasiten und auftretenden Krankheiten bei Weidetieren untersucht werden. In Bezug auf konkrete Anpassungsmaßnahmen an durch den Klimawandel geänderte Rahmenbedingungen ist in Hinblick auf die Nutzung und den Erhalt der vorhandenen Biodiversität zudem eine tiefergehende Erforschung von spezifischen Eigenschaften von Tierrassen notwendig. Bestimmte Eigenschaften, wie z.B. eine geringere Anfälligkeit gegenüber bestimmten Krankheiten, Parasiten/ vermehrte Toleranz gegenüber Klimaeinflüssen könnten ein wichtiges Instrument in der Anpassung von Weideviehhaltungen an den Klimawandel sein. Doch es fehlen bisher genaue Kenntnisse über solche spezifischen Eigenschaften bzw. deren Vererbung in Kreuzungszuchten.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Nach Recherchen in nationalen und internationalen Datenbanken sind uns zurzeit keine weiteren aktuellen Forschungsvorhaben zu dieser Thematik bekannt. Informationsrecherchen werden bezüglich der Sonnenscheindauer und des Temperatur- und Luftfeuchtigkeitseinflusses auf das Verhalten, die Reproduktion und Eigenleistung von auf der Weide gehaltenen Nutztieren durchgeführt.

II.6 Veröffentlichungen

Da die Ausrichtung der Projektarbeit praxisorientiert war, erfolgten die Veröffentlichungen der Ergebnisse immer in einem Rahmen, der die Praxispartner direkt erreichen konnte. Deshalb lag der Schwerpunkt auf Vorträgen innerhalb des Netzwerkes und Postern.



Teilprojekt 13 - HYDBOS – Ein Beratungstool für die Nutzung und den Schutz hydromorpher Böden unter geänderten Klimabedingungen

Projektleitung: Prof. Dr. Jutta Zeitz, Humboldt-Universität zu Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Hydromorphe Böden, das sind alle durch Grundwasser geprägten Standorte (Gleye, Anmoore, Nassgleye, Moorgleye und Moore). Sie sind durch eine besondere Vulnerabilität gegenüber Landnutzungswandel und Klimaveränderung charakterisiert (IPCC 2007) und bedürfen spezieller Anpassungsstrategien für künftige Nutzungen. Diese empfindlichen Böden sind in Brandenburg typisch und nehmen 44 % der Landesfläche ein (BÜK 300). Unter den deutschen Bundesländern weist Brandenburg eine vergleichsweise sehr hohe Vulnerabilität auf (Integriertes Klimaschutzmanagement 2007). Neueste Ergebnisse von Moorbodenkartierungen zeigten einen Verlust dieser Flächen infolge von Landnutzungsintensivierung und Klimawandel von ausgangs 210.000 ha auf ca. 165.000 ha (BAURIEGEL 2014; FELL et al. 2015). Durch den künftig zu erwartenden extremen Wechsel der Bodenfeuchtigkeit werden die in organischen Substraten zu beobachtenden Umsetzungs- und Mineralisierungsprozesse noch beschleunigt. Dadurch können die Böden ihre Funktionen als Speicher und Puffer für Wasser und Nährstoffe nicht mehr ausreichend erfüllen und letztlich verschlechtert sich auch die Produktionsfunktion; Pflanzenerträge sinken und werden unsicher (WALLOR et al. 2014; ZEITZ 2014). Die Verringerung der organischen Substanz infolge der durch Klimaänderungen forciertes Mineralisierungen widerspricht den nationalen und internationalen Forderungen nach dem Erhalt des standorttypischen Humusgehaltes (Cross Compliance; Boden- und Naturschutzgesetzgebung; Materialien zur Agrarreform 2015). Infolge der Bodenfeuchtwechsel und einer Temperaturerhöhung können verstärkt klimarelevante Gase emittieren. Nutzungsauffassungen der Flächen, freie Sukzession sowie Wiedervernässungen können nur in ausgewählten Gebieten erfolgen; der flächenmäßig größte Teil der hydromorphen Standorte wird in Brandenburg und Deutschland auch in Zukunft weiter landwirtschaftlich genutzt werden müssen. Diese neuen Anforderungen an eine nachhaltige Nutzung hydromorpher Standorte unter veränderten Klimabedingungen erfordern neuartige Anpassungsstrategien, welche mit dem zu erarbeitenden Beratungstool HYDBOS unterstützt werden können. Daher war es das Ziel der dreijährigen Forschungsarbeiten im Teilprojekt 13, durch ein modulbasiertes Untersuchungsdesign von Praxisversuchen, Modellprüfungen, Szenariorechnungen und Nutzung von Expertenwissen verschiedene Landnutzungen unter veränderten Klimaverhältnissen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Umweltgüter (Wasser, klimarelevante Gase, Bodenfunktionen) und ökonomische Kennwerte zu bewerten. Durch einen interaktiven und iterativen Prozess der Wissensgenerierung wurden darauf aufbauend Empfehlungen für die Abwägung zwischen dem Erhalt und Schutz der Qualität der hydromorphen Böden als Produktionsgrundlage für die Landwirtschaft und einer ökonomisch tragfähigen agrarischen Produktion erarbeitet. Bei den Landnutzungen waren sowohl eher traditionelle Ansätze der Grünlandnutzung als auch der Anbau nachwachsender Rohstoffe (Erle, Weide, Schilf, Rohrglanzgras) zu prüfen. Alle Ergebnisse wurden vor dem Hintergrund der sich verändernden Klimabedingungen diskutiert. Für diese Forschungsarbeiten wurde ein enges Netzwerk aus Stakeholdern etabliert. Sämtliche Prozesse fanden nach dem Prinzip der Partizipation aller AkteurrInnen statt, so dass dadurch die Kommunikation, der Wissenstransfer und die Multiplikation von Teilergebnissen zielführend gestaltet werden konnte. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf vergleichbare Betriebs- und Standortbedingungen anderer Regionen in Deutschland sollte



unter Nutzung der verfügbaren Daten- und Kartengrundlagen möglich sein. Am Ende des Vorhabens wurden folgende Produkte übergeben:

- das webbasiertes interaktive und frei zugängliche Beratungstool HYDBOS mit auf die verschiedenen hydromorphen Böden angepassten Landnutzungsempfehlungen
- webbasierte Bildungs- bzw. Weiterbildungsmodule.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Bisherige Veröffentlichungen zur Belastung der agrarischen Produktion auf hydromorphen Standorten sind widersprüchlich und bedürfen einer Versachlichung (HÖPER 2007; Klimareport 2007; von WITZKE et al. 2007; Bundesregierung der BRD 2008). Insbesondere die Freisetzung von klimarelevanten Gasen hängt von der Nutzung der hydromorphen Böden, dem Grundwasseranagement, aber auch von standortkundlichen Eigenschaften ab. So zeigten jüngste Ergebnisse von HÖPER et al. 2014 und DRÖSLER et al. 2011, dass auch aus intensiv genutzten Anmooren, Gleyen oder Moorfolgeböden erhebliche Gasfreisetzungen möglich sind.

Eingriffe in das Wassermanagement bedürfen einer Abstimmung innerhalb des Einzugsgebietes, zusätzlicher technischer Lösungen, einer aufwändigeren Kontrolle und eines verbesserten Fachwissens, was letztlich erhöhte Kosten verursachen kann. Anpassungen durch die Betriebe bedürfen einer Langfristigkeit in der Planung und erfordern neuartige förderpolitische Instrumente. Es bestehen nachfolgende Konfliktfelder:

Klima/Wasser:

Der Klimawandel wird zu Einschränkungen in der Wasserversorgung führen; dabei besteht vor allem das Problem der Sommertrockenheit (IPCC 2007). Durch die Sommertrockenheit kommt es gleichzeitig zu stärkerer Erwärmung des Bodens, welche zur verstärkten Mineralisierung der organischen Substanz führt (KUKA 2005). Andererseits werden Extremereignisse (Starkregengüsse) zunehmen, so dass nicht nur Retentionsflächen notwendig werden, sondern auch Anbausysteme mit Kulturen, die derartige Extreme der Wasserbereitstellung tolerieren.

Klima/Wasser/Boden:

Durch den Wechsel von feuchten und trockneren und insbesondere wärmeren Bodenbedingungen wird Bodenkohlenstoff verstärkt freigesetzt und es kommt somit zur Verringerung der Organischen Bodensubstanz (OBS) im Boden. Von allen Böden haben hydromorphe Böden diesbezüglich die höchste Vulnerabilität, da sie einerseits besonders viel Kohlenstoff enthalten und andererseits ihr Gehalt an Organischer Bodensubstanz besonders stark durch Austrocknung verringert werden kann (ECKELMANN et al. 2006; HÖPER 2007).

Klima/Wasser/Boden/Pflanzenenertrag:

Verringerungen der Organischen Bodensubstanz führen nachweislich zur Verringerungen der Wasserspeicherfähigkeit und Speicherfähigkeit für Nährstoffe. Dies hat unmittelbaren Einfluss auf die Ertragshöhe und -qualität (KÄDING et al. 2003; KÄDING et al. 2006; GIEBELHAUSEN et al. 2007). Durch Bodendegradierung verschlechtert sich die Wasserleitfähigkeit, so dass Wasser aus dem Grundwasser verringert kapillar an die Pflanzenwurzeln geleitet werden kann und andererseits bei Überstau nach Extremniederschlägen eine Infiltration eingeschränkt ist. Letzteres führt zum Ausfaulen der Grasnarbe und zu Ertragsminderungen (ZEITZ et al. 2002).

Klima/Wasser/Boden/Bodenschutz:

Die Verringerungen der Organischen Bodensubstanz führen zur Verschlechterung von Bodenfunktionen (ZEITZ et al. 2002); dies widerspricht dem deutschem Bodenschutzgesetz - §1 und 2 generell und §17 bezogen auf die gute fachliche Praxis, und international der derzeit vor der Verabschiedung stehenden EU-Bodenschutzstrategie, die als eine von fünf „threats“ definiert:



„soil organic matter decline“. Entsprechend dieses EU-Papiers soll jedes Land künftig solche gefährdeten Flächen als „risk area“ ausweisen. Cross Compliance (CC) fordert ebenfalls den Erhalt der „standorttypischen Organischen Bodensubstanz“, wobei der Fokus auf Mineralböden liegt und daher eine Abschätzung z.B. auch mittels C_{org} -Messungen und Tongehalt vorgeschlagen wird. Ackerfüttererzeugung z.B. mit Mais auf hydromorphen Böden führt bei Umbruch und Belüftung ebenfalls zum Abbau eines – schwer zu definierenden – standorttypischen Humusgehaltes; dies wird aber nicht explizit benannt.

Klima/Wasser/Boden/Wasserschutz:

Die verstärkte Mineralisierung der hydromorphen Böden forciert die Freisetzung bzw. den Austrag von Nitrat; dies ist ein Widerspruch zur nationalen und internationalen Gesetzgebung (WRRL). Durch den Austrag von Nährstoffen werden angrenzende Ökosysteme eutrophiert, was besonders für angrenzende Schutzgebiete (FFH; NSG o.a.) problematisch ist und somit auch der Naturschutzgesetzgebung widerspricht.

Klima/Wasser/Böden/Naturschutz:

Durch Austrocknung und Mineralisierung wird die Ausstattung an Flora und nachfolgend der Fauna von geschützten Feuchtgebieten durch innere Eutrophierung (Auteutrophierung) beeinflusst, ebenso angrenzende zu schützende Ökosysteme (z.B. angrenzende Gewässer).

Die Ursache-Wirkungskette wirkt letztendlich als zurück, da Austrocknungen und stärkere Erwärmung zur Freisetzung klimarelevanter Gase führen (BYRNE et al. 2004; HÖPER 2007).

Literatur

AD-HOC AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., Hannover.

Bundesregierung der BRD (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Beschluss vom 17. Dezember 2008.

BYRNE, K. A., CHOJNICKI, B., CHRISTENSEN, T. R., DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., FRIBORG, T., FROLKING, S., LINDROTH, A., MAILHAMMER, J., MALMER, N., SELIN, P., TURUNEN, J., VALENTINI, R., ZETTERBERG, L. (2004): EU Peatlands: Current Carbon Stocks and Trace Gas Fluxes. Christensen, R. T., Friborg, T. (Hrsg.) Carboeurope-GHG. Viterbo, Italy, University of Tuscia. Bericht.

DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., ADELMANN, W. et al. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis, Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010, vTI-Arbeitsberichte 4/2011.

ECKELMANN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRE, F., HOUSKOVA, B., JONES, R., KIBBLEWHITE, M., KOZAK, J., LE BAS, C., TOH, G., TOH, T., VARALLYAY, G., YLI HALLA, M., M. ZUPAN (2006): Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau, Res. Rep. No. 20, 94 pp.

GIEBELHAUSEN, H., PRIEBE, R., LEPETIT, D., RICHTER, K. (2007): Untersuchungen zur Entwicklung der Pflanzenbestände sowie der Lebendmasse von Kälbern auf Mutterkuhweiden. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 8; 237-241.

HANFF ET AL. (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg Ackerbau/ Grünlandwirtschaft/Tierproduktion.

HÖPER, H., SCHÄFER, W. (2014): Die Bedeutung der organischen Substanz für den Klimaschutz. Hauskolloquium Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, 28.01.2014.

HÖPER, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus Deutschen Mooren. Telma 37.

Integriertes Klimaschutzmanagement (2007): Integriertes Klimaschutzmanagement – Bericht an den Landtag Brandenburg; pp 30; www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2320/klima07.pdf

IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J. P., van der Linden P. J. and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, p 7-22.



KÄDING, H., WERNER, A., G. SCHALITZ (2003): Auswirkungen langjähriger N-Düngung auf Standorteigenschaften, Erträge, Stoffgehalte und Vegetationszusammensetzung des Niedermoorgrünlandes. Pflanzenbauwissenschaften 7 (1); 13-20.

KÄDING, H., G. PETRICH (2006): Jährliche Schwankungen der Grünlanderträge. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 7 (2. Aufl.); 50-53.

Klimareport (2007): Klimareport der Land- und Forstwirtschaft. Deutscher Bauernverband; 23 pp.

KUKA, K. (2005): Modellierung des Kohlenstoffhaushaltes in Ackerböden auf der Grundlage bodenstrukturabhängiger Umsatzprozesse. UFZ Leipzig-Halle GmbH, 18/2005; 109 pp.

VON WITZKE, H., S. NOLEPPA (2007): Methan und Lachgas – Die vergessenen Klimagase. WWF-Studie; 68 pp.; www.wwf.de/downloads/publikationsdatenbank/ddd/25966/

ZEITZ, J., S. VELTY (2002): Soil properties of drained and rewetted fen soils. J. Plant Nutr. Soil Sci., 165; 618-626.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Durch die stark auf Wissenstransfer und interdisziplinären Dialog ausgerichteten Ziele von Teilprojekt 13 wurden im Laufe des Vorhabens neben den acht Kooperationspartnern und den zehn Partnerbetrieben weitere Einrichtungen konsultiert. Nachfolgend werden die wichtigsten sowie der Bestandteil der Kooperation genannt:

- Stiftung Naturschutzfonds Brandenburg: Bereitstellung von Informationen bezüglich der FFH-Managementplanung für das Randow-Bruch,
- Biosphärenreservat Spreewald: Flächenauswahl und Unterstützung bei ersten Gesprächen mit kooperativen Landwirtschaftsbetrieben im Oberspreewald,
- Zweckverband Gewässerrandstreifenprojekt Spreewald: Datenbereitstellung Grundwasserläufe für die Gebietskulisse im Oberspreewald,
- Landesbauernverband Brandenburg: Organisation der INKA BB-Vortragsreihe, Seddin,
- Ingenieurbüro Ellmann & Schulz: Bereitstellung des Gewässerentwicklungskonzeptes Randow,
- Nationalpark Unteres Odertal: Datenbereitstellung Grundwasserläufe für die Gebietskulisse Uckermark (Gartzer Bruch).

Innerhalb des INKA BB Verbundprojektes hat das Teilprojekt 13 in der Facharbeitsgruppe „Anpassung an den Klimawandel und landschaftliche Multifunktionalität“ mitgewirkt.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Das Vorhaben gliederte sich in zwei wesentliche Ansätze: einerseits die umfangreiche Untersuchungen in Exaktflächen und andererseits die zeitgleichen Recherchen und Entwicklung des Beratungstools HYDBOS, in welches dann die Ergebnisse von den Feld- und Laborergebnissen eingepflegt wurden.

Für die exakten Versuche war die Auswahl geeigneter Untersuchungsflächen eine besondere Herausforderung. Zum einen stand die wissenschaftliche Frage nach den Zusammenhängen im Wirkungskomplex Boden, Wasser und Vegetation im Vordergrund. Nach guter wissenschaftlicher Praxis wäre demnach eine systematische Versuchsanordnung mit verschiedenen Faktorkombinationen erforderlich gewesen. Zum anderen war die Untersuchung der Standorte unter Praxisbedingungen von übergeordnetem Interesse – also Forschung unter Berücksichtigung der landschaftlichen Gegebenheiten. Um die Ergebnisse unter Beachtung der räumlichen Einflüsse und landnutzungsgeschichtlichen Besonderheiten einordnen zu können, wurden folgende Anforderungen an die Flächenauswahl gestellt: Es waren Flächen zu finden, welche

1. der Definition von „hydromorphen Böden“ entsprechen,
2. seit mindestens 20 Jahren gleich genutzt werden,
3. insgesamt einen Gradienten der Nutzungsintensität aufweisen,
4. insgesamt einen Gradienten des organischen Kohlenstoffgehalts zeigen,



5. unter gegenwärtiger Nutzung regelmäßig Bewirtschaftungsprobleme bzw. Ertragseinbußen verursachen und
6. durch einen mit dem HYDOBS-Projekt kooperierenden Landwirtschaftsbetrieb bewirtschaftet werden.

In der übergeordneten Raumkulisse Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald sind die größten Niederungsgebiete im Norden das Gartzter Bruch inklusive der Polderflächen westlich der Oder sowie das Randow-Welse Bruch. Diese Niederungen sind größtenteils mit Niedermoorböden ausgestattet. In der südlichen Planungsregion wurde aufgrund landschaftsgenetischer Besonderheiten des Oberspreewaldes ebenfalls eine von Niedermooren dominierte Gebietskulisse ausgewählt. Das Untersuchungsgebiet im Landkreis Barnim ist durch Anmoorgleye und Moorgleye gekennzeichnet. Daher liegen umfangreiche Ergebnisse vor allem für Grünlandstandorte auf Niedermoor- und Niedermoorfolgeböden vor. Als Niedermoorfolgeböden können Gleye und Anmoore bezeichnet werden, die nachweislich durch sekundäre Bodenbildung infolge anthropogener Einflüsse entstanden und derzeit keine Moore im Sinne der bodenkundlichen Definition (AD-HOC AG BODEN 2005) sind. Für die Auswahl geeigneter Flächen im HYDBOS-Projekt dienten hauptsächlich Altunterlagen aus der Moorbodenkartierung während der Meliorationsprojektierung der 1960er und 1970er Jahre. Alle Untersuchungen wurden entlang eines an die jeweilige Fläche angepassten Transekts durchgeführt. Die Anzahl der Bohrungen, Vegetationskartierungen und Planquadrate für die Probemahme richtete sich nach der Flächengröße. Je Fläche wurde mindestens ein Bodenleitprofil untersucht, ausführlich beschrieben und horizontweise Bodenproben genommen. Auf insgesamt fünf Flächen wurden Grundwasserrohre entlang eines Transekts installiert und die Grundwasserstände während der Vegetationsperiode von April bis Oktober alle zwei bis drei Wochen manuell abgelesen. Die Datenlogger für die elektronische Erfassung der Grundwasserstände wurden innerhalb der Projektlaufzeit immer im Zentrum der jeweiligen Fläche installiert, um potenzielle Randwirkungen auszuschließen. Die Datenaufzeichnung auf Basis dieser Logger betrug je Untersuchungsfläche mindestens ein Jahr. Für alle anderen Untersuchungsflächen konnten Grundwassermessungen recherchiert werden, die entweder repräsentativ für die sekundäre Bodenbildung der Standorte gewesen sind oder die Etablierung der gegenwärtigen Vegetation bedingen. Die Exaktversuche zeigten, dass die Steigerung der Nutzungshäufigkeit einen Rückgang des organischen Kohlenstoffs und eine Zunahme der Trockenrohdichte im Oberboden zur Folge hat. Die Spannweite für einzelne Parameter ist sehr groß; das liegt zum Teil an den Bodentypen, die bereits entstehungsgeschichtlich bedingt durch ein breites Spektrum an C_{org} -Gehalten gekennzeichnet sind. Des Weiteren sind einzelne Flächen darunter, welche aufgrund der 100-jährigen Landnutzungsgeschichte auf Niedermoorböden des nordostdeutschen Raumes stark anthropogen überprägt sind und hohe Sand- bzw. geringe Kohlenstoffgehalte im Oberboden aufweisen. Auffällig ist, dass eine drei- bis viermalige Nutzung pro Jahr eher auf Niedermoor- und Niedermoorfolgeböden stattfindet, welche größtenteils eine Moormächtigkeit von weniger als 1,20 m aufweisen. Altunterlagen aus der Moorbodenkartierung bestätigen für die entsprechenden Flächen, dass bereits zu Beginn der Komplexmelioration vergleichsweise geringmächtige Niedermoore für eine intensive Landnutzung ausgewählt wurden. Die Kartierunterlagen von damals bezeugen außerdem, dass bereits zum damaligen Zeitpunkt sekundäre Bodenentwicklungsprozesse zu einer Veränderung des ursprünglichen Zustands geführt haben. Die einmalige Nutzung pro Jahr ist nicht zwangsläufig an Flächen mit einer hohen Moormächtigkeit gekoppelt. Vielmehr ist hier die Grundwasserdynamik ausschlaggebend für die Nutzungshäufigkeit. Eine hohe Nutzungshäufigkeit wirkt sich positiv auf den Deckungsgrad der Süßgräser aus, wohingegen sich die Sauergräser eher bei hohen mittleren Sommergrundwasserständen etablieren. Der Anteil kartierter Kräuter je Fläche nimmt mit zunehmender Nutzungshäufigkeit ebenfalls zu. Für diese Entwicklung ist in der Regel der Nutzungstyp entscheidend. Bei den Flächen, die drei Mal pro Jahr genutzt werden, handelt



es sich weitestgehend um Weideflächen, welche zweimal beweidet und einmal für die Heuproduktion gemäht werden. Durch den selektiven Verbiss des Weideviehs wird der Besatz mit Kräutern gefördert. Eine reine Schnittnutzung hingegen dämmt die Etablierung ertragsmindernder Kräuter ein. Auffällig ist daher der hohe Deckungsgrad der Kräuter bei einer viermaligen Nutzung. Die dazugehörigen Flächen werden fast ausschließlich als Mähwiesen bewirtschaftet und nur selten beweidet. Zu den kartierten Kräutern zählen hier vor allem nitrophile Arten wie z.B. die Große Brennnessel (*Urtica dioica*), welche auf ein erhöhtes Stickstoffangebot infolge von Mineralisierungsprozessen auf diesen Flächen hinweisen. Da vor allem bei einer zweimaligen Nutzung pro Jahr eine hohe Spannweite für die Deckungsgrade der Süß- und Sauergräser existiert – ähnlich wie bei den Bodenparametern – wurde hinsichtlich des Nutzungstyps, des Bodentyps und der Wasserverhältnisse der untersuchten Standorte weiter differenziert. Als Resultat liegt ein erweitertes Klassifikationssystem grundwasserbeeinflusster Grünlandstandorte Brandenburgs vor.

Basierend auf den Ergebnissen der Vegetationskartierung wurden die Flächen nach dem mathematisch-statistischen Verfahren von VAN DER MAAREL (1979) klassifiziert. Anschließend wurden den Klassen der Nutzungstyp, der Bodentyp und die Wasserstufe zugeordnet. Bei Übereinstimmung aller drei Faktoren wurden diese in sogenannte Standort-Nutzungsgruppen sortiert. Im Beratungsinstrument HYDBOS selbst werden die entsprechenden Abstufungen ausführlich definiert. Beispielsweise wurden zur Charakterisierung der Wasserverhältnisse der einzelnen Standort-Nutzungsgruppen die auftretenden Wasserstufen zu Spannen zusammengefasst. So liegen die Standorte der Feuchtweiden bei zwei- bis dreimaliger Nutzung pro Jahr im Bereich von „mäßig feucht“ bis „feucht“, werden aber insgesamt als „Feuchtweiden“ bezeichnet. Die Feuchtwiesen und die ein- bis zweimalig genutzten Feuchtweiden können teilweise sogar als „sehr feucht“ bezeichnet werden. Diese Vereinfachung dient der Übersichtlichkeit in der Ergebnisdarstellung und wird durch die vorliegenden Grundwasser- und Vegetationsdaten gestützt. Die gruppenspezifische Ergebnisauswertung bietet anschließend die Möglichkeit, Standortpotenziale festzustellen und darauf basierend praxisrelevante Handlungsoptionen zu definieren. Dieser Vorgang kann anhand einer Gegenüberstellung der ermittelten Jahreserträge sowie der analysierten Energiegehalte verdeutlicht werden. Vergleicht man die Jahreserträge in der Hauptgruppe Intensivgrünland mit den standortabhängigen Ertragsklassen des Grünlandes aus der entsprechenden Datensammlung für das Land Brandenburg (HANFF ET AL. 2010) wird deutlich, dass die Erträge des intensiv genutzten Grünlands auf Niedermoorfolgeböden stark standortabhängig sind und nur vereinzelt das in der Literatur angegebene Ertragsniveau erreichen. Bei vergleichbaren Standortbedingungen und übereinstimmender Stickstoffdüngung werden Jahreserträge zwischen 60 und 80 dt/a für die Ertragsklasse II genannt. Die im HYDBOS-Projekt ermittelten Werte der entsprechenden Standort-Nutzungsgruppe „Intensivgrünland auf tiefem Niedermoor“ aus dem Erntejahr 2011 sind mit durchschnittlich 58,5 dt/a etwas geringer. Für die Standort-Nutzungsgruppe „Intensivgrünland auf flachem Niedermoor“ liegen die Ertragswerte noch niedriger und erreichen im Durchschnitt nicht die untere Grenze der entsprechenden Ertragsklasse III (40–60 dt/a). Die in der Literatur angegebene Abhängigkeit der Erträge von den standörtlichen Bedingungen wird durch die HYDBOS-Ergebnisse bestätigt: Auf tiefgründigen, homogenen Niedermoorstandorten liegen die Erträge höher als auf flachgründigen und deutlich degradierten Niedermooren. Außerdem sinken die Erträge, wenn die Grundwasserstände dauerhaft zu tief liegen. Diese Dynamik lässt sich durch die fortschreitende sekundäre Bodenbildung auf Niedermoorstandorten erklären. Auch wenn die Energiegehalte auf intensiv genutztem Grünland derzeit immer noch für die Milchproduktion geeignet sind und hochwertiges Futter erzeugt werden kann, muss hier eine Entscheidung zu Gunsten der Erhaltung der Standorte getroffen werden, da bei gleichbleibender Bewirtschaftung die sekundäre Bodenbildung zu einer zunehmenden Degradierung der Standorte führen wird. Letztendlich ist ein wei-



terer Rückgang der Produktivität unvermeidbar. Die wichtigste Handlungsoption, die sich daraus ableiten lässt, ist ein Anheben der Grundwasserstände auf ein konstantes Niveau mit der Möglichkeit einer beidseitigen Wasserregulierung. Das ist nur über eine Erneuerung der entsprechenden Bauwerke zur Steuerung des Wasserhaushalts in den Niederungen zu realisieren. Generell sollten die standörtlichen Bedingungen bei der Wahl des Nutzungstyps eine stärkere Rolle spielen. Die im Projekt untersuchten intensiv genutzten Flächen sind insgesamt von dem Risiko einer Ertragsminderung betroffen: entweder kurzfristig durch potenzielle Starkniederschläge in den Sommermonaten, welche aufgrund der Degradierung der Böden nicht abgeleitet werden können, oder langfristig durch die inselartige Etablierung unproduktiver Pflanzengesellschaften (*Urtica dioica*, *Agropyron repens*, *Cirsium arvense*). Die Gruppe der Feuchtwiesen auf Niedermoor zeigt deutlich, dass sich vergleichsweise hohe Erträge auch unter der Bedingung höherer mittlerer Sommergrundwasserstände und einer geringeren Nutzungsintensität produzieren lassen. Das liegt daran, dass sich bei wechselfeuchten Verhältnissen und Grundwasserständen zwischen 20–60 cm unter Flur während der Vegetationsperiode das zu den Röhrichten gehörende Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) etabliert. Die Energiegehalte der daraus resultierenden Aufwüchse sind vergleichsweise hoch und können bei rechtzeitiger Ernte sechs MJ NEL/kg/TM erreichen. Die Ergebnisse der anderen Standort-Nutzungsgruppen lassen sich ebenfalls sehr gut anhand der Standorteigenschaften in Kombination mit dem Nutzungstyp erklären. Weiterführende Informationen sind im Beratungsinstrument HYDBOS abrufbar (www.hydbos.de).

Die Forschungsarbeit im Projekt HYDBOS basierte auf einer engen Zusammenarbeit mit den betroffenen AkteurInnen aus der Praxis. Dazu gehörten vor allem die landwirtschaftlichen Betriebe selbst, aber auch Verbände wie die regionalen Wasser- und Bodenverbände und der Landesbauernverband, verschiedene Referate des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) und des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) sowie das Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE e. V.). Diese Kooperationen haben auf unterschiedliche Weise dazu beigetragen, dass eine Sensibilisierung für das Thema Landnutzung auf hydromorphen Böden stattgefunden hat und dass der gesamte Wirkungskomplex der Grünlandnutzung auf diesen Böden untersucht werden konnte, von den Standorteigenschaften bis hin zur betrieblichen Wertschöpfung. Die ökonomischen Berechnungen wurden in permanenter Abstimmung mit HYDBOS durch das Institut DUENE e. V. durchgeführt. Dafür hatten vier landwirtschaftliche Betriebe ihre Betriebsdaten zur Verfügung gestellt und die resultierenden Ergebnisse wurden kontinuierlich in bilateralen Gesprächen geprüft. Die Anwendung dieses ganzheitlichen Ansatzes auf dem Themengebiet ist neu. Zum ersten Mal konnte die Flächenleistung des Grünlands unter Praxisbedingungen in einen Zusammenhang mit den Einflussfaktoren Boden, Wasser und Vegetation gestellt werden und ihr innerbetrieblicher Stellenwert ökonomisch bewertet werden. Das ermöglicht den Landnutzern langfristig eine standortangepasste Ausrichtung ihrer Produktionszweige auf Niedermoorgrünland. Für einen kontinuierlichen Transfer der Projektergebnisse und einen stetigen Austausch mit den landwirtschaftlichen Praxispartnern waren vor allem die kooperierenden Verbände von Bedeutung. Unter Mitwirkung des Wasser- und Bodenverbandes Welse fanden beispielsweise zwei erfolgreiche Veranstaltungen statt. Im Mai 2011 untersuchten 15 LandwirtInnen der nördlichen Planungsregion auf dem HYDBOS-Feldtag gemeinsam mit behördlichen VertreterInnen und WissenschaftlerInnen die Besonderheiten der Niedermoorböden im Randow-Bruch. Im Dezember 2013 wurde auf der Abschlussveranstaltung des Projekts ein erster Entwurf der Website vorgestellt; sieben Landwirte äußerten in einer offenen Diskussion Vorschläge und Ideen zu Inhalt und Struktur der Informationsplattform, die für die abschließende Erarbeitung des Internetauftritts wichtig und nützlich waren.



Die Ergebnisse des HYDBOS-Projektes sind seit Januar 2014 frei verfügbar und im gleichnamigen Beratungsinstrument auf www.hydbos.de veröffentlicht. Gleichzeitig erschien in Zusammenarbeit mit dem LELF Brandenburg die Broschüre „HYDBOS – Nutzung und Schutz hydromorpher Böden unter geänderten Klimabedingungen“ (WALLOR et al. 2014).

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget war für Personal und Sachmittel ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben; Änderungen innerhalb der Positionen wurden rechtzeitig dem Zuwendungsgeber kommuniziert. Alle Ausgaben befolgten die Vorgaben der Sparsamkeit und verantwortlichen Handhabung von Ressourcen.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um die Ziele des Teilprojektes zu erreichen und die Ergebnisse erfolgreich zu implementieren. Das Bearbeitungsteam hat gemeinsam die Meilensteine erfüllt. Bei allen Arbeiten wurden die Anforderungen der DFG an das wissenschaftliche Arbeiten beachtet sowie auch die Anforderungen aus den Nebenbestimmungen des BMBF zum haushälterischen Umgang mit Fördermitteln.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der Nutzen ergibt sich aus den vom Teilprojekt 13 formulierten Zielen:

- Aufbau eines Netzwerkes zwischen AkteurInnen und Stakeholdern in Landschaften mit Grünlandnutzung auf hydromorphen Böden,
- Entwicklung eines webbasiertes interaktiven und freizugänglichen Beratungstools HYDBOS mit auf die verschiedenen hydromorphen Böden angepassten Landnutzungsempfehlungen,
- Erarbeitung von webbasierten Bildungs- bzw. Weiterbildungsmodulen.

Die Verwertbarkeit ist gegeben für die Generierung von Wissen über eine nachhaltige Nutzung von Grünland auf hydromorphen Böden mit einer weiten Spanne an Nutzungsmöglichkeiten, den Wissenstransfer von der Wissenschaft in die Praxis („Wissenschaft-Praxis-Dialog“) und letztendlich für ein Beratungsangebot auf Basis einer modernen Internetplattform. Ergänzend dazu fließen die Ergebnisse durch die Teilprojektleiterin in die Lehre der Universität Leipzig ein.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Das Projekt ELaN „Entwicklung eines integrierten Landmanagements durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in Nordostdeutschland“ (<http://www.elan-bb.de>) knüpft mit seinem Teilprojekt 5 „Nachhaltige Moornutzung“ (<http://www.elan-bb.de/index.php?idcatside=46>) direkt an HYDBOS an, es zeigt Nutzungsalternativen für sehr feuchte bis nasse Flächen bzw. für Flächen, die nicht melioriert werden oder werden können.

II.6 Veröffentlichungen

Die Veröffentlichungen beinhalten die eigentlichen Texte/Grafiken auf der Webseite sowie in der HYDBOS-Broschüre. Das Projekt mit seinen wesentlichen Ergebnissen wurde umfangreich in zwei Fachbüchern in deutscher Sprache vorgestellt.

WALLOR, E., ZEITZ, J. (2015): The Effects of Drainage and Grassland Use on Secondary Soil Development of Fen Soils and its Impact on Productivity. Landscape Research (In progress).

WALLOR, E., DZIALEK, J., PRIEBE, R., ZEITZ, J. (2014): Nutzung und Schutz grundwasserbeeinflusster Böden Brandenburgs. Ratgeber für die Grünlandbewirtschaftung. Landesamt für ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (Hrsg.).

WALLOR, E., DZIALEK, J., ZEITZ, J. (2014): Dicht am Wasser wird gebaut. Wie können Niedermoorböden mit maximalem Ertrag und doch im Sinne des Klimaschutzes bewirtschaftet werden? Ein Forschungsprojekt



in Brandenburg hat Möglichkeiten und Grenzen aufgezeigt. Bauernzeitung Nordostdeutschland, 15. Woche 2014.

WALLOR E., DZIALEK J., ZEITZ J. (2012): HYDBOS: A guidance tool for sustainable utilization of hydromorphic soils under changing climate conditions: Part I – Soil and Hydrology. The Book of Abstracts, 14th International Peat Congress, Stockholm, June 3-8 2012.

DZIALEK J., WALLOR E., ZEITZ J. (2012): HYDBOS: A guidance tool for sustainable utilization of hydromorphic soils under changing climate conditions: Part II – Grassland vegetation and Yield quality. The Book of Abstracts, 14th International Peat Congress, Stockholm, June 3-8 2012.

WALLOR, E., DZIALEK, J., ZEITZ, J. (2014a): Ein Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis die Entwicklung des Beratungsinstruments HYDBOS für die Nutzung und den Schutz hydromorpher Böden in Brandenburg. In: Moore in Brandenburg und Berlin. Zeitz, J. und Luthardt, V. (Hrsg.), Verlag Natur + Text.

WALLOR, E., DZIALEK, J., ZEITZ, J. (2014b): Grünlandbewirtschaftung grundwasser-beeinflusster Böden Brandenburgs – Möglichkeiten und Grenzen. In: Klimaanpassung in der Land- und Ernährungswirtschaft. Bloch, R., Bachinger, J., Fohrmann, R., Pfriem, R. (Hrsg.), oekom Verlag München.



Teilprojekt 14 - Agroforstsysteme als eine an zunehmende Trockenheit angepasste Form der Landnutzung

Projektleitung: Prof. Dr. Dirk Freese, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

I.1 Aufgabenstellung

Klimaprojektionen erwarten für Brandenburg einen Rückgang der Sommerniederschläge bei gleichzeitiger Zunahme von Hitze- und Trockenphasen. Es ist absehbar, dass hiermit einhergehende Wasserdefizite während der Vegetationsperiode großen Einfluss auf die landwirtschaftliche Ertragsstabilität haben werden. Die Entwicklung von Anpassungsstrategien zur effizienteren Ausnutzung vorhandener Wasserkapazitäten, aber auch zur Sicherstellung ökologischer und ökonomischer Stabilität der landwirtschaftlichen Produktion ist daher erforderlich. In diesem Zusammenhang sind die zur Gruppe der Agroforstsysteme gehörenden Energieholz-Alley-Cropping-Systeme (ACS) vielversprechend. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass solche Systeme bei fachgerechter Anlage das Bestandesklima nachhaltig verbessern können, indem sie Niederschläge puffern, Temperaturextreme abmildern und durch Beschattungs- sowie Windschutzwirkung während längerer Trockenperioden u.a. der Austrocknung des Bodens entgegenwirken.

Ziel der Arbeiten im Teilprojekt war die Untersuchung von ACS und die Abschätzung, inwieweit diese Systeme geeignete Landnutzungsoptionen für eine an die erwarteten Folgen des Klimawandels angepasste Form der Landwirtschaft in Brandenburg darstellen. Zur Optimierung von ACS hinsichtlich klimatischer, ökologischer und ökonomischer Vorteilswirkungen war die Untersuchung und Bewertung klimasensitiver und für den Ertrag relevanter Interaktionen zwischen perennierenden, holzartigen Pflanzen und annualen Ackerkulturen hinsichtlich Biomasseproduktion, Klima- und Bodeneigenschaften vorgesehen. Schwerpunkte wurden auf die Wassernutzungseffizienz (Mikro- und Mesoskala) sowie die Ertragsentwicklung der Einzelkulturen gelegt. Zudem wurden für die Baumart Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.), einer für die regionalen Wuchsbedingungen gut geeigneten Pionierart, Grundlagen für die weitere züchterische Bearbeitung geschaffen. Zur Realisierung der Ziele wurden sowohl bestehende als auch neu begründete Agroforstsysteme in den Untersuchungsregionen von INKA BB genutzt. Dazu wurde in enger Kooperation mit Landwirten aus der Region gearbeitet.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Agroforstsysteme sind Landnutzungs-Formen, bei denen Acker und Bäume und/oder Tierhaltung auf einer Fläche integriert sind. Diese Systeme sind in Europa seit langer Zeit integrale Bestandteile der Agrarlandschaft, auch wenn ihre Verbreitung in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen ist (EICHHORN et al., 2006). Seit kurzem werden Agroforstsysteme als klimaflexible Landnutzungssysteme wieder attraktiv, da sie eine ökologisch und ökonomisch multifunktionale Landnutzungsform darstellen, mit dem Potenzial, den unterschiedlichen an eine moderne Kulturlandschaft gestellten Anforderungen unter den Vorzeichen des Klimawandels gerecht zu werden. Besonders hervorzuheben sind hierbei Vorteilswirkungen für den Wasserhaushalt, das Mikroklima, die Lebewelt-Interaktion und Biodiversität (SCHROTH et al., 2004) sowie die Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere der Schutz vor Wind- und Wassererosion, die variable räumliche Struktur, die Vielfalt einsetzbarer Kultur- und Futterpflanzen, die generelle Stabilität gegenüber Schadwirkungen, positive Wirkungen auf den Aufbau und die Stabilisierung organischer Bodensubstanz (SCHROTH 1994) sowie auf die Nährstoffkreisläufe und -verfügbarkeit



(SWAMY et al., 2006) wirken sich vorteilhaft auf die Entwicklung des Gesamtertrags und der Bodenfunktionen aus. Die genaue Ausprägung der Interaktionen hängt neben den Standort- und Klimafaktoren insbesondere von den angebauten Pflanzenarten ab. Die Robinie eignet sich hierbei als robuste Pionierpflanze für eine große Amplitude an Standorten, weist sich durch eine moderate Frost-, Schädlings- und Krankheitsanfälligkeit aus, toleriert einen weiten pH-Bereich und ist als N-fixierende Pflanze insbesondere für leichte, nährstoffarme Grenzertragsböden prädestiniert (KERESZTESI, 1980; HANOVER und MEBRAHTU, 1991; HANOVER, 1990; BUJTAS, 1992). Dies konnte bei der Erprobung von Robinie auf Kippenstandorten der Lausitzer Bergbaufolgelandschaft und auf brandenburgischen Ackerstandorten bestätigt werden (GRÜNEWALD et al., 2005; PETERS et al., 2007). Vor dem Hintergrund der aktuellen und künftigen brandenburgischen Standortbedingungen wird der Robinie daher ein bedeutendes Potenzial zugesprochen.

Literatur:

- BUJTÁS, Z. (1992): Seed and root propagation of black locust. In: Hanover, J. W.; Miller, K.; Plesko, S.; Proceedings International Conference on Black locust: Biology, culture and utilization. Michigan State University, East Lansing, Michigan, U.S.A.: 49-53.
- EICHHORN, M.; PARIS, P.; HERZOG, F.; INCOLL, L.; LIAGRE, F.; MANTZANAS, K.; MAYUS, M.; MORENO, G.; PAPANASTASIS, V.; PILBEAM, D.; PISANELLI, A.; DUPRAZ, C. (2006): Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects Agroforestry Systems, 67: 29-50.
- GRÜNEWALD, H. (2005): Anbau schnellwachsender Gehölze für die energetische Verwertung in einem Alley-Cropping-System auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 28.
- HANOVER, J.W. (1990): Physiological genetics of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.): a model multipurpose tree species. Proceedings: Conference on fast growing and nitrogen fixing trees. Universität Marburg.
- HANOVER, J.W. UND MEBRAHTU, T. (1991): *Robinia pseudoacacia*: Temperate Legume Tree with Worldwide Potential, NFT Highlights, NFTA 91-03.
- KERESZTESI, B. (1980): The black locust. *Unasylyva* 32: 23-33.
- PETERS, K.; BILKE, G.; STROHBACH, B. (2007): Ertragsleistung sechsjähriger Robinien (*Robinia pseudoacacia*) auf vier ehemaligen Ackerstandorten unterschiedlicher Bodengüte in Brandenburg. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 1/2007: 26-28.
- SCHROTH, G. (1994): Above- and below-ground interactions in alley cropping with *Gliricidia sepium* as compared to conventional and mulched sole cropping on a high base status soil in the West African rainforest zone. *Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung (BITÖK)* 37, 1-175.
- SCHROTH, G.; DA FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. M. N. (2004): *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington, 522 p.
- SWAMY S. L.; MISHRA A.; PURI S. (2006): Comparison of growth, biomass and nutrient distribution in five promising clones of *Populus deltoides* under an agrisilviculture system. *Bioresource Technology* 97, 57-68.

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Um die Eignung von ACS für unterschiedliche Standortbedingungen zu prüfen, wurde die Abdeckung eines möglichst breiten Spektrums an Versuchsansätzen und -standorten angestrebt. Hierzu wurde die Bildung eines themenbezogenen Netzwerkes mit Forschungs- und Praxispartnern vorangetrieben. Der Praxisbezug des Forschungsvorhabens sowie die breite Fächerung der Forschungsinhalte wurden durch Einbeziehung von Praxispartnern verschiedener Branchen sichergestellt.

Die Netzwerkbildung verlief weitestgehend erfolgreich. Mit folgenden Praxispartnern wurden projektbezogene FE-Verträge abgeschlossen: DLC Dr. Littmann Consulting, Agrargenossenschaft Forst e.G., Forstbaumschulen "Fürst Pückler" Zeischa GmbH, Landesbauernverband Brandenburg e.V., Landwirte GmbH Terpe-Proschim. Darüber hinaus wurden für die Arbeiten in INKA BB



bestehende Verbindungen zu verschiedenen Partnern genutzt, mit denen Kooperationsvereinbarungen oder gleichwertige Regelungen z. T. im Rahmen anderer Forschungsprojekte bestehen. Zu nennen sind hier insbesondere die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV), die Vattenfall Europe Mining sowie die Vattenfall New Energy GmbH, die Pro Arkades Nächst-Neuendorf, die Gütegemeinschaft Kompost BBS e.V., die Deutsche Bahn AG sowie die CEBra GmbH Cottbus. Innerhalb des Forschungsvorhabens INKA BB wurden des Weiteren verschiedene Handlungsstrategien fallweise in Kooperation mit tangierenden Teilprojekten entwickelt und zur Umsetzung vorangetrieben.

Im Rahmen der Projektlaufzeit ergaben sich im Netzwerk verschiedene Änderungen. So wurde anstelle der LTS Groß Luja die Agrargenossenschaft Forst e.G. in das Netzwerk aufgenommen. Zudem schied die Landwirte GmbH Terpe-Proschim als Partner aus und entgegen den ursprünglichen Planungen gelang es nicht, Praxispartner aus der Region Uckermark-Barnim zu gewinnen.

Als erfolgreiche Netzwerkaktivitäten sind zu nennen (Auswahl):

1. Kooperation mit TU München (TUM): Agroforstsystem Scheyern
2. Internationale Graduiertenschule zum Thema Landnutzung/Agroforst (Beginn 01/2010) in Kooperation mit der University of Alberta/Kanada
3. Wiederholte Ausrichtung des Brandenburger Feldtags in Bloisdorf/ Lausitz
4. Einbindung von eigenständigen Lehrveranstaltungen zu Agroforst in verschiedene Studiengänge der BTU Cottbus-Senftenberg und der TU München und Wissensvermittlung im Rahmen der Hochschulbildung und stetiger Austausch mit Praxispartner insbesondere über praxisrelevante Fragen (z.B. Flächenbewirtschaftung)
5. Durchführung des Workshop on Agroforestry vom 15.–17. Juni 2011 (Cottbus, Deutschland)
6. Unterstützung bei der Durchführung der Konferenz “3. Forum Agroforst” vom 6.-7.Juni 2012 (Cottbus, Deutschland)

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Zur Realisierung der Ziele von Teilprojekt 14 war sowohl die Nutzung bestehender als auch die Begründung neuer ACS in den Untersuchungsregionen von INKA BB in enger Kooperation mit Landwirten aus der Region ein wichtiges Ziel. Ein Fokus der Arbeiten lag auf der Analyse entstehender Interaktionen zwischen Gehölzstreifen und Ackerfrüchten hinsichtlich der Auswirkungen auf das Bestandes-Mikroklima, die Erträge und die Bodenfruchtbarkeit. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten wurde auf die züchterische Bearbeitung von Robinien mit dem Ziel einer höheren Trockenstresstoleranz und Biomasseproduktion gelegt. Die Arbeitsergebnisse wurden im Anschluss in einer sozioökonomisch-ökonomischen Analyse bewertet, mit dem Ziel, die Attraktivität von ACS für Landwirte zu beurteilen. Im folgenden Text wird eine Auswahl der wesentlichen Ergebnisse vorgestellt.

Beschreibung der untersuchten Alley-Cropping-Systeme

ACS sind Agroforstsysteme, in denen mehrere parallel zueinander angelegte Gehölzstreifen schnellwachsender Baumarten wie Pappeln, Weiden oder Robinien mit annuellen Ackerkulturen auf einer Fläche kombiniert werden (Abb. 14.1). Zur Gewährleistung eines größtmöglichen Windschutzes werden die Gehölzstreifen dabei üblicherweise quer zur Hauptwindrichtung angelegt. Die Ackerstreifenbreite ist variabel und orientiert sich zumeist an Vielfachen der Arbeitsbreite der verwendeten Landtechnik. Während die maximale Breite der Ackerstreifen insbesondere durch das Nachlassen des Windschutzeffektes auf etwa das 12-fache der Heckenhöhe (etwa 100 m) begrenzt ist, nehmen bei sehr geringen Abständen (1–2-fache der Heckenhöhe, ca. 10 m) negative Wirkungen (z.B. Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe) zwischen Ge-



hölz- und Ackerkulturen unverhältnismäßig zu. Die Gehölze werden als Kurzumtriebsplantagen bewirtschaftet und in Rotation von 3–6 Jahren maschinell zur Gewinnung von Hackschnitzeln beerntet. Die Breite des Gehölzstreifens variiert dabei je nach Baumart, vorgesehener Umtriebszeit und Spurbreite der Erntetechnik. Aufgrund ihrer Fähigkeit zum Stockausschlag können die eingesetzten Gehölze bis zum Nachlassen ihrer Wuchskraft etwa 20–30 Jahre ohne Neupflanzung genutzt werden. Durch Variation der Abstände, Ausrichtung, Aufbau und Bewirtschaftung der Gehölzstreifen können ACS flexibel an die jeweiligen standörtlichen Verhältnisse angepasst werden. Die Felduntersuchungen erfolgte auf den Versuchsflächen *ACS Welzow-Süd* und *ACS Forst* (Abb. 14.1). Während das *ACS Welzow-Süd* im Jahr 2007 im Rekultivierungsbereich des Tagebaus Welzow-Süd mit Robinie und konstanten Ackerstreifenbreiten von 24 m etabliert wurde, kamen im auf Ackerland nahe der Stadt Forst angelegten *ACS Forst* neben Robinie auch mehrerer Pappelklone zum Einsatz. Die nördliche Schlaghälfte des *ACS Forst* wurde im Jahr 2010 mit variierenden Ackerstreifenbreiten (96 m, 48 m und 24 m) etabliert, die südliche Hälfte im Jahr 2014.

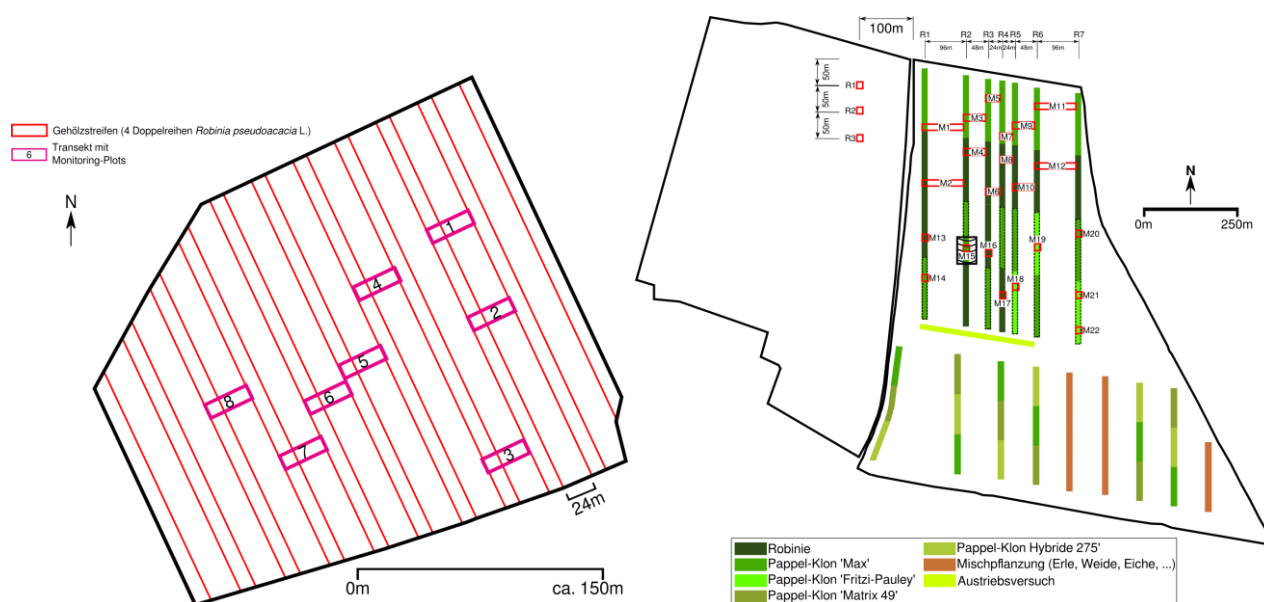


Abbildung 14.1: Schematische Darstellung der Versuchsflächen *ACS Welzow-Süd* (links) und *ACS Forst* (rechts) mit Gehölzstreifen und eingemessenen Monitoring-Transsekten.

Untersuchung von Interaktionen zwischen Acker- und Gehölzstreifen

Bestandes-Mikroklima und Windfeld-Modellierung

Anhand der kontinuierlichen Messung von Windgeschwindigkeit, Temperatur (Luft/Boden), Einstrahlung, Niederschlag und Bodenfeuchte mit Wetterstationen wurde das Bestandesmikroklima auf den Versuchsflächen intensiv untersucht. Als wichtigster Steuerparameter stellte sich hierbei die Windschutzfunktion der Gehölzstreifen heraus.

Die erhobenen Messdaten wurden u.a. verwendet, um mittels des Simulationsprogrammes WASP nach dem Europäischen Windatlasverfahren für das *ACS Welzow-Süd* ein Windfeldmodell zu erstellen, zu kalibrieren und die Beeinflussung des lokalen bodennahen Windfeldes durch die Gehölzstreifen zu modellieren. Als Basis für die mikroskalige Auflösung des Windfeldmodells wurden drei Transektmessungen in den Positionen Lee (windabgewandte Ostseite des Gehölzstreifens), Mitte (Mitte des Ackerstreifens) sowie Luv (windzugewandten Seite des Gehölzstreifens) ausgewertet. Zusätzlich wurden diese Messdaten mit einer Referenzmessung auf freiem Feld verglichen (Abb. 14.2).

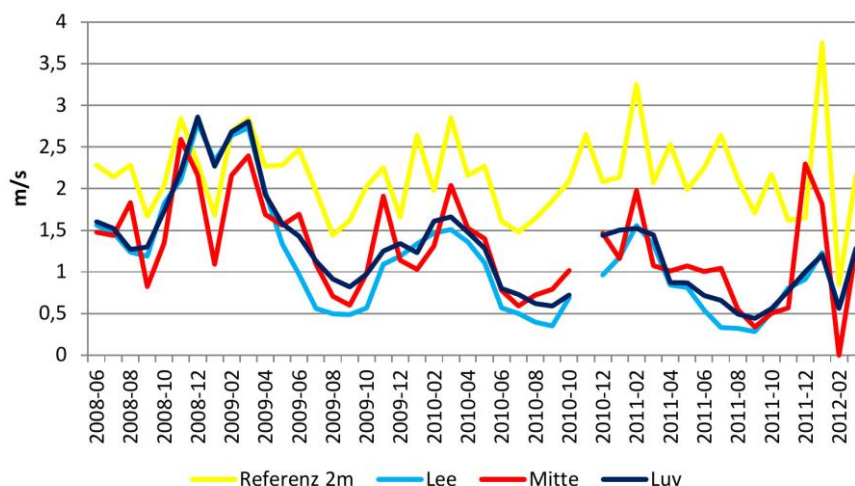


Abbildung 14.2: Zeitreihen der Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit (langzeit-korrigierte Werte).

Der zeitliche Verlauf der Windgeschwindigkeit in 1m Höhe zeigt, dass die Referenzmessung auf freiem Feld über den gesamten Zeitraum ein etwa gleichbleibendes Niveau der Windgeschwindigkeit (Mittel $2,08 \text{ m s}^{-1}$) mit deutlich erkennbarem Jahrgang beibehält, während die Geschwindigkeiten im ACS im ersten Messjahr vergleichbare Werte zeigten, dann aber aufgrund des zunehmenden Windschutzes durch die aufwachsenden Gehölze deutlich abnahm (Abb. 14.2). Dies bestätigt einen deutlichen Windschatteneffekt der Gehölzstreifen in einer Größenordnung von etwa der 3–4fachen Höhe der Gehölzstreifen. Die mittleren Windgeschwindigkeiten im Gesamtzeitraum bis September 2012 betragen $1,09 \text{ m s}^{-1}$ (Lee), $1,25 \text{ m s}^{-1}$ (Mitte) und $1,28 \text{ m s}^{-1}$ (Luv), was einer generellen Reduktion der Windgeschwindigkeit im Vergleich der Referenzmessung in 2 m Höhe von 38,5% (Luv), 40 % (Mitte) und 60 % (Lee) entspricht. Bei der Dateninterpretation ist allerdings die geringe zeitliche Auflösung zu bedenken.

Die Modellierungsergebnisse korrelierten mit den Felderhebungen und zeigten darüber hinaus, dass mit zunehmender Gehölz-Wuchshöhe die bodennahen Windgeschwindigkeiten entlang des Messtransekts sichtbar abnahmen. Zudem zeigte sich, dass zur Sicherstellung eines dauerhaften Windschutzes, die Gehölzstreifen entweder abwechselnd oder halbseitig beerntet werden sollten. Die zweite, verbliebene Hälfte der Gehölzstreifen sollte zudem erst dann geerntet werden, wenn die zuvor genutzte Hälfte wieder eine Wuchshöhe von mindestens 3 m erreicht hat. Grundsätzlich waren die bodennahen Windgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet aber vergleichsweise gering, so dass auch bei intensiver Nutzung der Gehölzstreifen von keiner Erhöhung des Winderosionsrisikos ausgegangen werden musste. Dies konnte durch ergänzende Erosionsmessungen bestätigt werden, die für den Messzeitraum im Jahr 2011 auf dem Versuchsstandort keinerlei Winderosion nachwiesen.

Charakterisierung des Bestandes-Wasserhaushalts

Zur nicht-invasiven Messung und Charakterisierung des Wasserhaushaltes bzgl. Interaktionen zwischen Gehölz- und Ackerstreifen wurden im ACS *Welzow-Süd* während einer trockenen Wetterperiode relative Wassergehaltsunterschiede mittels ERT (Electrical Resistance Tomography) sichtbar gemacht (Abb. 14.3). Es wurden dafür drei Transekte mit je einer Messwiederholung in verschiedenen Bereichen des ACS festgelegt und vermessen. Die drei Standorte unterschieden sich in ihrer Bodentextur und -struktur und wiesen damit auch eine unterschiedliche Wasserdynamik auf.

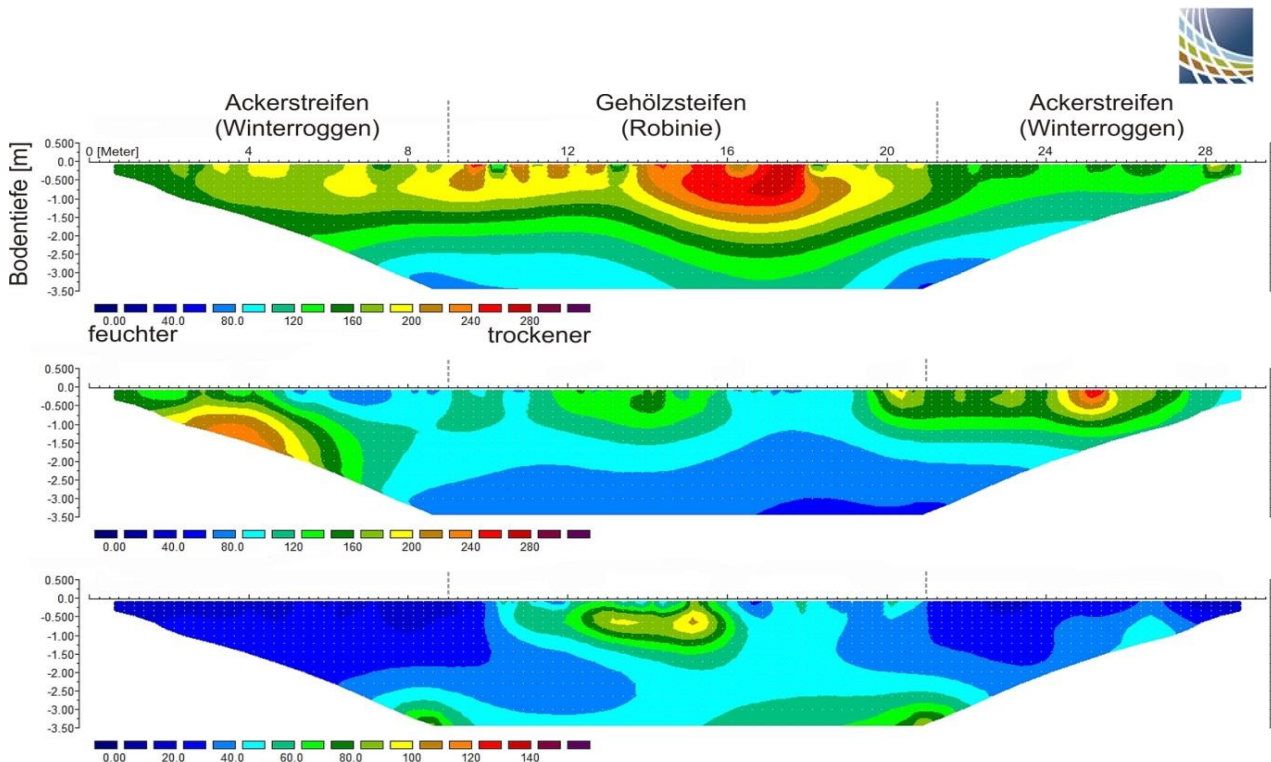


Abbildung 14.3: Tomogramme des elektrischen Widerstands durch einen Gehölzstreifen an drei Orten mit den Bodentexturen mittel lehmiger Sand (oben), schwach lehmiger Sand (mitte) und sandig-lehmiger Ton (unten).

Die Ergebnisse zeigen, dass die elektrischen Widerstände im Gehölzstreifen über denen im Ackerstreifen liegen, was auf einen geringeren Wassergehalt schließen lässt. Besonders ausgeprägt ist dies bei den feiner texturierten Böden mit mittel-lehmigem Sand und sandig-lehmigem Ton. Eine Erklärung könnte die stärkere Durchwurzelung des Gehölzstreifens bei gleichzeitig höherem Wasserbedarf der Robinien sein, die im Vergleich auch eine höhere Biomasse entwickelt hatten.

Bestandesentwicklung Gehölzstreifen

Die Entwicklung der Gehölze wurde in angelegten Plots (Abb. 14.1) innerhalb des laufenden Monitorings durch Erhebung des Ausfalls, des Wurzelhalsdurchmessers sowie der Höhe kontinuierlich verfolgt. Die erhobenen Ertragsparameter dienen u.a. zur Abschätzung der Ertragsentwicklung mit dem Prozessmodell YieldSafe. Für die Fläche ACS Forst konnten Ende 2013 durchschnittliche Zuwachsraten von 7,3, 4,3 sowie 1,3 $t_{atro} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für Robinie, sowie die Pappel-Klone Max 1 bzw. Fritzi Pauley ermittelt werden. Die erste Beerntung im ACS Forst ist für den Winter 2014/2015 vorgesehen und liegt damit außerhalb des Projektzeitraumes. In Welzow-Süd lagen die Trockenmasse-Zuwächse der Robinie erwartungsgemäß niedriger und beliefen sich nach der ersten 3-jährigen Rotation auf etwa 3–4 $t_{atro} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Ertragsermittlung Ackerkulturen

Bestimmung der oberirdischen Biomasse von Kartoffelpflanzen:

Im Mai 2013 wurde im ACS Forst die oberirdische Biomasse von Kartoffeln bestimmt. Hierzu wurden 3 Transekte (100 m voneinander entfernt) durch die verschiedenen breiten Ackerstreifen gelegt. Auf den Transekten wurden in regelmäßigen Abständen (Abb. 14.4) die oberirdischen Triebe von jeweils 6 Pflanzen geerntet und anschließend im Labor das Trockengewicht der Triebe bestimmt. Die Untersuchungen ergaben deutliche Unterschiede der Biomassen in unterschiedlichen Abständen zum Gehölzstreifen, jedoch war kein einheitlicher Trend erkennbar (Abb. 14.4).

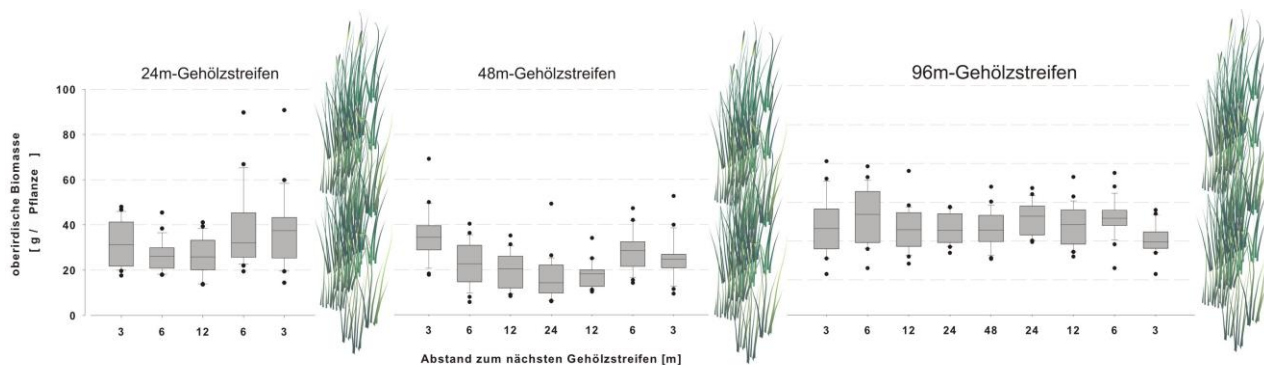


Abbildung 14.4: Darstellung der oberirdischen Biomasse von Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit vom Abstand zu den Gehölzstreifen für den 24 m-, den 48 m- und den 96 m-breiten Ackerstreifen (n=18 pro Box).

Bestimmung der Erträge von Winterweizen:

Im August 2014 wurde mittels eines Parzellenmähdreschers eine Intensiv-Berntung von Winterweizen im ACS Forst und auf der angrenzenden Referenz-Fläche durchgeführt (Abb. 14.1). Auf insgesamt 229 Plots wurde hierbei Getreide auf einer jeweiligen Grundfläche von 15 m² abgeerntet. Zur Untersuchung weiterer möglicher Einflussfaktoren auf die Ertragshöhe wurden zudem händisch Getreideproben sowie Bodenproben genommen. Für die Getreide-Proben wurde anschließend im Labor das Trockengewicht, sowie die Gehalte an C, N, S, P, K, Ca, Mg bestimmt. Für die Bodenproben wurden die pH-Werte, die Feinerdeanteile, sowie die Gehalte an P, K, NO₃-N, NH₄-N und N_{min} ermittelt.

Die resultierenden, mittleren Weizenerträge lagen im ACS bei 86,59±10,35 dz·ha⁻¹. Im Vergleich hierzu lagen die mit dem Parzellenmähdrescher gemessenen Erträge auf der Referenzfläche mit 49,46±5,59 dz·ha⁻¹ signifikant tiefer (p<0,05). Die mittels Handbeprobung ermittelten Erträge auf der Referenzfläche lagen mit 104,59±15,93 dz·ha⁻¹ signifikant höher (p<0,05). Dieser Unterschied für die Referenzfläche ist auf die unterschiedliche Beprobungsmethodik zurückzuführen. Weiterhin zeigte sich während der Auswertung, dass die Referenz-Plots in einem vergleichsweise sandigen Bereich mit niedrigeren Erträgen lagen, so dass die Ergebnisse den Referenzstandort nur eingeschränkt repräsentieren wodurch der Vergleich der Referenz- mit den ACS-Erträgen nur eingeschränkt möglich ist.

Innerhalb des ACS ergab die Beprobung einen Durchschnittsertrag von 85,91±9,20 dz·ha⁻¹ für den 96 m-breiten Streifen (Abb. 14.5). Die höchsten Erträge wurden für den 48 m-breiten Streifen mit 92,17±10,85 dz·ha⁻¹ gemessen und für den 24 m-breiten Ackerstreifen wurde ein Ertrag von 78,12±6,34 dz·ha⁻¹ ermittelt.

Die Untersuchung der Abhängigkeit der Erträge vom Abstand zum Gehölzstreifen ergab signifikante Zusammenhänge (p<0.05). Die Erträge im 96 m-Streifen wiesen für den Pappel- und etwas weniger ausgeprägt auch für den Robinien-Bereich einen "M"-förmigen Verlauf auf (Abb. 14.5), mit niedrigeren Erträgen im Nahbereich der Gehölzstreifen, zur Ackermittle hin ansteigenden Erträgen und schließlich wieder deutlich niedrigeren Erträgen in der eigentlichen Ackerstreifenmitte. Für die 48 m- und 24 m-breiten Streifen konnte ein so ausgeprägter Verlauf nicht bestätigt werden, jedoch wurden auch bei diesen Streifenbreiten niedrigere Erträge am Ackerstreifenrand im Vergleich zu höheren Erträgen in der Ackerstreifenmitte festgestellt. Die Untersuchung weiterer potentieller Einflussfaktoren auf die Getreideerträge (Boden-Feinerdeanteil, Nährstoff-Gehalte im Boden und im Getreide) ergab keine weiterführenden, signifikanten Zusammenhänge.

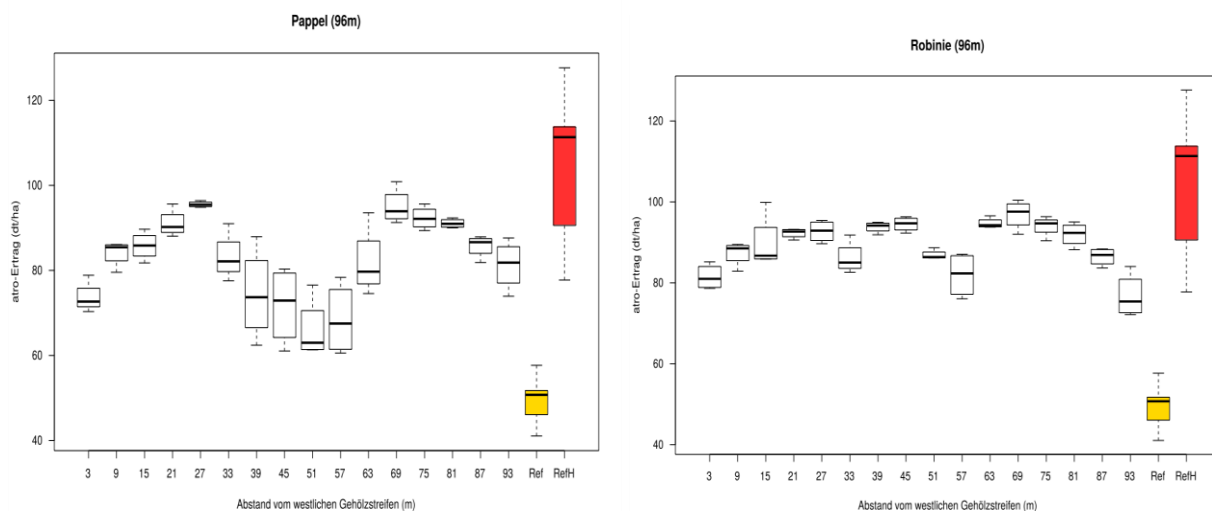


Abbildung 14.5: Erträge im 96 m breiten Ackerstreifen des ACS Forst im Vergleich zu den mit dem Parzellenmähdrescher erhobenen Erträgen (Methode 1, Ref) und den händisch genommenen Proben (Methode 2, RefH) von der Referenzfläche.

Bodennährstoffe

Im Rahmen des Flächenmonitorings wurden turnusmäßig Bodenproben in den eingemessenen Transekten genommen (Abb. 14.1) und auf Gehalte an (u.a.) C, N, P, K hin untersucht. Die gemessenen Gehalte in den Baumstreifen, am Ackerstreifenrand und der Ackerstreifenmitte lagen dabei in für vergleichbare Ackerböden zu erwartenden Schwankungsbereichen. Diese Ergebnisse zeigten damit auch im zweiten Jahr nach Bestandesbegründung nur geringe und nicht signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Abstände der Probenahmepunkte (Gehölzstreifen, Ackermitte und -westrand) zu den Gehölzstreifen. Eine leichte relative Erhöhung der N-Gehalte, die sich in der Ackermitte andeutete, wurde auf die turnusmäßige Düngung zurückgeführt, die der Landwirt auf der Ackerfläche, aber nicht im Gehölzstreifen durchführte. Bei den C-Gehalten zeigte sich in den Oberböden ein leichter Trend zu höheren Gehalten unter bzw. in der Nähe der Gehölzstreifen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch eine Intensivbeprobung, die im Jahr 2014 im Zusammenhang mit der Parzellenernte (s.o.) durchgeführt wurde. Die Nährstoffgehalte lagen ebenfalls in unauffälligen Bereichen. Bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Abstände der Bodenprobenahmepunkte von den westlich (luvwärts) gelegenen Gehölzstreifen zeigten sich zwar für die P-, K-, NO₃⁻, NH₄⁻ und die N_{min}-Gehalte signifikante Unterschiede ($p < 0,05$), ein eindeutiger Einfluss der Gehölzstreifen war jedoch nicht feststellbar.

Insgesamt deuteten die Bodennährstoff-Untersuchungen auf ACS-induzierte Veränderungen in der räumlichen Verteilung der Nährstoffe an (z.B. Kohlenstoff), aber der Effekt wurde teilweise durch die konventionelle Bewirtschaftung (Düngung) überlagert. Da es sich bei den untersuchten ACS um vergleichsweise junge Flächen handelt, bleibt abzuwarten, inwieweit sich die gefundenen Trends mit zunehmendem Alter der ACS verfestigen.

Zusammenfassung der Untersuchungen zu Interaktionen

Die Untersuchung des Bestandesmikroklimas zeigte deutliche Einflüsse der Gehölzstreifen, wobei die Reduktion der Windgeschwindigkeit im Vergleich zu Referenzflächen der wesentliche ACS-Einflussfaktor war. Insgesamt belegten die Messungen, dass sich im ACS mit den aufwachsenden Gehölzen ein zunehmend ausgeglicheneres, für die Ackerkulturen vorteilhaftes Mikroklima in Hinblick auf Feuchtigkeitsbedingungen und Reduzierung von Temperaturextremen einstellte. Da auch Konkurrenzeffekte zwischen Gehölzen und Ackerkulturen deutlich wurden, z.B. durch Beschattung und Konkurrenz um Bodenwasser, unterstreichen die Untersuchungsergebnisse die Notwendigkeit, das Design von ACS den jeweiligen lokalen Gegebenheiten anzupas-



sen. Ziel dabei sollte die Minimierung negativer bei gleichzeitiger Maximierung positiver Wechselwirkungen sein.

Einflüsse der Bäume auf Bodenparameter waren in Ansätzen erkennbar (z.B. C-Sequestrierung in den Gehölzstreifen), aber aufgrund des geringen Alters der untersuchten ACS sowie der Überdeckung von Effekten durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (wie z.B. Düngung) nicht statistisch abzusichern. Ob sich die erkennbaren Trends mit der Zeit verfestigen, bleibt daher abzuwarten.

Die Ertragserhebungen ergaben, dass die Flächenerträge im *ACS Forst* gleich hoch oder höher als die Erträge waren, die auf der Referenzfläche gemessen wurden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Referenz-Plots ungünstig lokalisiert und daher nur eingeschränkt repräsentativ für die Referenz-Fläche waren. Im ACS wurden die höchsten Erträge in den 48 m-breiten Ackerstreifen gemessen. Es zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Ertragshöhe zum Gehölzstreifenabstand, wobei andere Einflussfaktoren wie Nährstoffe oder Feinerdeanteil im Boden nicht eindeutig mit der Ertragshöhe korrelierten. Hieraus ergeben sich Hinweise, dass die Systeminteraktionen in ACS die Getreide-Erträge potentiell positiv beeinflussten. Da bei Verwendung alternativer Beprobungsmethoden oder bei der Untersuchung weiterer Ackerkulturen der Gehölzstreifen-Einfluss auf die Erträge jedoch weniger deutlich war, sind weitere Erhebungen in ACS zur besseren statistischen Absicherung der Resultate notwendig.

Die zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse legt nahe, dass von den untersuchten Varianten die 48 m-breiten Ackerstreifen für die Landwirte den besten Kompromiss zwischen negativen und positiven ACS-Wirkungen darstellen und damit auch ökonomisch sinnvoll sind. Die Ergebnisse deuten jedoch auch auf eine große Spannweite der verschiedenen Effekte hin, so dass die Streifenbreiten den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden sollten.

Züchterische Bearbeitung von Robinie

Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) ist eine vergleichsweise trockenheitstolerante, für Kurzumtriebsplantagen geeignete Art, die sich auch auf trockenheitsexponierten Standorten durch ein gutes Ertragspotenzial auszeichnet. Da Robinie bisher nur wenig züchterisch bearbeitet wurde, wird hierin ein erhebliches Potenzial zur Steigerung von Ertrag und Resistenzen gegen Trockenheit und Krankheiten gesehen. Der Verfügbarkeit regional angepassten, leistungsfähigen Pflanzmaterials kommt hierbei für die Anlage von ACS eine Schlüsselrolle zu. Im Teilprojekt sollten daher durch Anlage von Samenplantagen Grundlagen für die langfristige genetische Selektion und Züchtung von Robinien hinsichtlich verschiedener Merkmale geschaffen werden.

Zu diesem Zweck wurden in einer Robinien-Kurzumtriebsplantage im Rekultivierungsbereich des Tagebaus Welzow-Süd Plusbäume für die Gewinnung von Wurzelrislingen und Pfropfreisern selektiert, wobei das Hauptselektionskriterium die Biomasseproduktion war. Die aus diesem Material durch den Projektpartner "Forstbaumschule Fürst Pückler Zeischa GmbH" herangezogenen Pflanzen wurden zur Etablierung einer Samenplantage angepflanzt.

Des Weiteren wurden international in verschiedenen Herkunfts-Regionen durch den Projektpartner vom Thünen-Institut (TI) Saatgutproben gesammelt. Die hiermit herangezogenen Robinien wurden in Vergleichsversuchen selektiert und danach ebenfalls ausgepflanzt. Das Saatgut wurde dabei unter Berücksichtigung der verschiedenen Herkünfte ausgewertet. Insgesamt wurden im ersten Jahr 45 europäische (Herkunftsländer: Rumänien, Griechenland, Deutschland, Bulgarien, Slowakei, Ungarn und Italien) und im darauf folgenden Jahr 10 weitere Herkünfte aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet in den USA sowie eine indische Herkunft in die Untersuchungen einbezogen. Die Pflanzen wurden jeweils nach der ersten Vegetationsperiode auf Wüchsigkeit unter optimalen (Gewächshaus) und natürlichen Wuchsbedingungen (Freiland) sowie auf Trockenstresstoleranz während einer 3-wöchigen Trockenphase mittels Chlorophyllfluoreszenzmessung untersucht. Auf Basis dieser Daten wurden Einzelpflanzen mit einem hohen Biomasseertrag bei gleichzeitig hoher Trockenstresstoleranz selektiert. Hierdurch wurde



eine Eingrenzung auf eine Auswahl von Herkünften möglich, in welchen eine intensivere Selektion geeigneter Pluspflanzen stattfinden soll.

Genotypen nahezu jeder Herkunft, welche eine sehr gute Ertragsleistung unter Freilandbedingungen aufwiesen, können nun nach Anlage der Samenplantagen über einen längeren Zeitraum beobachtet und vegetativ vermehrt werden. An den gewonnenen Klonen soll mit metabolischen/isotopischen und genetischen Methoden eine umfangreichere Charakterisierung erfolgen. Damit wird das Ziel angestrebt, geeignetes Robinien-Pflanzmaterial für den Energieholzanbau auf trockenen Standorten in Deutschland bereitzustellen.

Sozioökonomische Aspekte

Durch den Projektpartner ATB wurde eine Analyse der institutionellen Rahmenbedingungen des Agrarholzanbaus in Brandenburg durchgeführt. Hierzu wurden Daten zur Identifizierung der Hemmnisse und Motivationslage bei der Entscheidungsfindung von LandwirtInnen bezüglich Agrarholzanbau mittels Befragungen von Stakeholdern (u.a. AkteurInnen der Landwirtschaft, Beratungseinrichtungen, WissenschaftlerInnen, Dienstleister, Vertragsanbieter, Behörden, PolitikvertreterInnen) erhoben und hinsichtlich der wirkenden Faktoren sowie der vorhandenen und gewünschten Anreizstrukturen für den Anbau von Agrarholz ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigten, dass das ökonomische Risiko für die GehölzproduzentInnen das Haupthindernis für die AkteurInnen darstellt. Als bedeutender negativer Faktor bei der ökonomischen Betrachtung wurde der nicht hinreichend entwickelte Markt für Energieholz identifiziert. Die fehlende Transparenz bezüglich der Existenz von Handelspartnern v.a. für die Abnahme der Gehölzprodukte und die schwer kalkulierbare Preisentwicklung wurden explizit genannt. Unsicherheiten über die Höhe der tatsächlichen Erntemenge kamen hinzu, da belastbare Ertragsprognosen aufgrund der Neuheit der Kultur fehlen. Ein anderes wichtiges Hemmnis betrifft die Verfügbarkeit von geeignetem Land. Konditionen von Pachtverträgen schließen eine langfristige Nutzung mit Dauerkulturen zumeist aus, so dass in vielen Fällen nur eigenes Land in Frage kommt. Auch die notwendigen Anfangsinvestitionen und Unklarheiten über die Verfügbarkeit von Spezialmaschinen besonders für die Ernte beeinflussen Entscheidungsprozesse negativ.

Als problematisch erwies sich die Verknüpfung der Themen Klimawandel und Agrarholz. Die landwirtschaftlichen AkteurInnen nehmen Veränderungen im Klima zwar wahr, schreiben diese aber nicht eindeutig einem fortschreitenden Klimawandel zu. Deshalb wurde in vielen Fällen der erwartete Klimawandel als Entscheidungsgrund für den Anbau von Agrarholz verneint.

Positive Aspekte wie die Eignung von Agroforstsystemen und Kurzumtriebsplantagen für ertragsschwache Standorte und die Diversifizierung des Einkommens sprechen für diese neue Art der Landnutzung. Im Zusammenhang mit vermehrt zu beobachtenden Extremwetterereignissen wurde den Gehölzen im Vergleich zu annuellen Kulturen eine höhere Widerstandsfähigkeit bescheinigt. Entgegen den Erwartungen wurden staatliche Förderprogramme und gesetzliche Rahmenbedingungen nicht als ausschlaggebend für die Entscheidungsfindung angeführt.

Die Bewertung der einzelnen Entscheidungsfaktoren unterscheidet sich grundlegend je nach Organisationsstruktur des Anbaus: "selbstständig" oder "vertraglich gebunden". Auf der einen Seite können umfassende Kooperationsverträge z.B. mit Energieversorgern wirtschaftliche, handels- und maschinenbezogene Hemmnisse abbauen. Sie bieten eine langfristige Einkommenssicherheit und ermöglichen eine Erhöhung der Kreditwürdigkeit. Vertragslösungen sind deshalb attraktiv für ProduzentInnen und tragen zu einer Ausweitung der Anbaufläche bei. Auf der anderen Seite wirkt der Vertragsanbau der Entwicklung eines funktionierenden Marktes entgegen, da die Ernteprodukte direkt an den Vertragspartner verkauft werden, ohne dass sie Teil des freien Handels werden. Der Markt benötigt aber für eine gute Funktionsweise ein gewisses Handelsvolumen. Hinzu kommt eine gewisse Verstärkung von Machtasymmetrien zwischen den AkteurInnen durch die Verträge. Insgesamt beeinflussen beide Faktoren die Ent-



scheidungsprozesse selbstständiger ProduzentInnen negativ, da ein entwickelter Markt essenziell für ihr erfolgreiches Wirtschaften mit Gehölzen ist.

Ökonomische Bewertung von Agroforstsystemen

Ziel der Arbeiten war es, wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener Systemkonfigurationen darzustellen. Da es sich bei ACS um eine vergleichsweise neue und komplexe Form der Bewirtschaftung handelt, fehlen jedoch langjährige, belastbare Praxisdaten, die eine umfassende betriebswirtschaftliche Bewertung zulassen würden. Deshalb wurde für die Projektarbeiten durch die Partner vom ZALF auf Modellrechnungen zurückgegriffen.

Für den Gehölz-Anteil des Agroforstsystems standen hierzu Modell-Module für Pappel, Weide und Robinie und unterschiedliche Rotationszyklen zur Verfügung. Der Anteil der Ackerfläche wurde als Einfluss verschiedener Abstände der Gehölzstreifen und durch eine Aufteilung in Zonen unterschiedlicher Entfernung zum Streifen auf den Acker modelliert. Als Grundlage für das Modell wurden verschiedene ACS-Systeme mit Hilfe der Annuitätenrechnung zu Ausgaben und Einnahmen einer 20-jährigen ACS-Aufwuchsperiode simuliert, verglichen und die erfolgreichsten in das Agroforstmodell überführt. Entsprechend der aus Literatur und Praxis abgeleiteten Annahmen zu Kosten, Leistungen und ökonomischen Parametern wurden die Amortisationszeiträume unterschiedlicher Systeme modelliert und einander gegenübergestellt (Abb. 14.6).

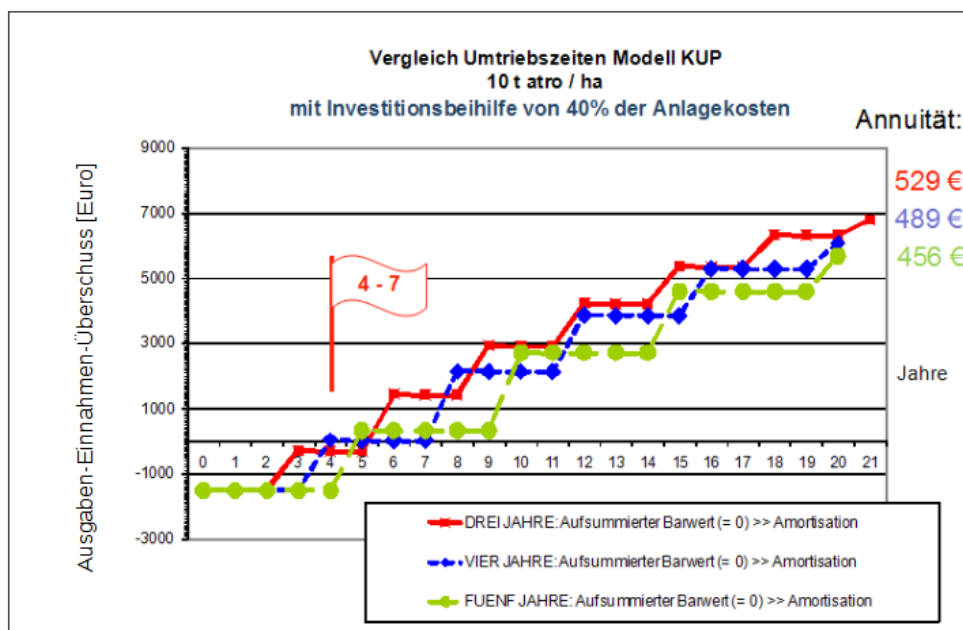


Abbildung 14.6: Amortisationszeiträume (Fähnchen) verschiedener Umtriebszeiten von KUP unter Berücksichtigung der Investitionsbeihilfe in Brandenburg in Höhe von 40 %.

Die Auswirkungen von Gehölzen auf die Ackerkulturen einer Fruchtfolge wurden dabei als prozentuale Zu- bzw. Abschläge abgeschätzt. Neben dem Ziel eines optimalen Masseaufwuchses im Gehölzstreifen musste hierbei berücksichtigt werden, dass verschiedene Faktoren einen Einfluss auf die Ertragskraft der nebenstehenden Ackerkulturen haben. So beeinflusst beispielsweise der Pflanzverband einerseits das Wachstverhalten durch Konkurrenz der Gehölze untereinander, und andererseits die umliegenden Kulturen durch Beeinflussung des Bestandesmikroklimas. Zur Abbildung dieser Zusammenhänge, die auch durch Ergebnisse der Netzwerkpartner bestätigt werden konnte, wurde die Wuchshöhe der Gehölze in Abhängigkeit des Aufwuchsalters und der Rotation als Parameter in die Modellierungen einbezogen. Es zeigte sich, dass der Abstand der Gehölzstreifen zueinander für die Lage und Ausprägung möglicher Einflussbereiche (Wirkungs-Zonen) und dafür, ob und wie lange es innerhalb der Streifen auch unbeeinflusste Bereiche gibt, von Bedeutung ist. Eine kürzere Länge der Heckenstreifen erfordert dabei eine größere Breite der Streifen, um die Förderfähigkeit des Einzelschlages von mindestens 0,3 ha zu



erreichen. Desweiteren sind die Umtriebszeiten eine weitere wichtige zu berücksichtigende ökonomische Einflussgröße.

Die Optimierung der landwirtschaftlichen Produktion führte in den Modelldurchläufen insgesamt zu Agroforstsystemen mit weiteren Abständen bei kurzen Umtriebszeiten. Hierdurch werden jedoch auch mögliche Synergieeffekte/Vorteilswirkungen im ACS minimiert. Größere mögliche Synergieeffekte und ökologischen Vorteilswirkungen treten in ACS mit deutlich längeren Umtriebszeiten/Rotationen von 5–10 Jahren auf; wobei die Verlängerung der Umtriebszeiten mit einer Wertholzproduktion gekoppelt werden kann. Zusätzliche Randstreifen oder die alternierende Ernte von Längshälften der Gehölz-Streifen könnten dabei u.a. den Erosionsschutz, den Biotopverbund oder die Habitatqualität verbessern.

Gesamtergebnis

Durch die gezielte Integration von Heckenstreifen in die Agrarlandschaft kommt es in ACS zu einer Vielzahl von oft vorteilhaften Wechselwirkungen zwischen den mehrjährigen Gehölzen und den zumeist annualen Ackerpflanzen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass diese ökologischen und ökonomischen Vorteilswirkungen zu einer nachhaltig höheren Gesamtproduktivität der landwirtschaftlichen Nutzfläche führen können. Beispiele für solche Vorteilswirkungen sind der Windschutz durch die Heckenstreifen, wodurch ein günstigeres Bestandes-Mikroklima (bessere Wasserverfügbarkeit) entstehen kann, Verminderung von Bodenerosion, Entstehung stärker geschlossener Nährstoffkreisläufe (verminderte Nährstoffauswaschung), Erhöhung des Humusgehaltes (C-Speicherung) insbesondere durch die Baumkomponenten, Möglichkeit zur zusätzlichen Bioenergie-Produktion und zur Teil-Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion (Kostensenkung).

Inwieweit die positiven Vorteilswirkungen und der ökonomische Nutzen von ACS auch unter sich verändernden Klimabedingungen überwiegen, hängt hierbei insbesondere vom Flächendesign, den verwendeten Arten/Klonen und der Bewirtschaftung ab. Von den untersuchten Systemausprägungen scheinen Streifenbreiten von 48 m und kurze Umtriebszeiten von etwa 3–4 Jahren vorteilhaft für die Gesamtökonomie von ACS zu sein. Bei einer teilweisen Beerntung der Gehölzstreifen könnte zudem einer Abnahme der Windschutzwirkung nach einer Ernte entgegengewirkt werden. Eine langfristige Rotation von Gehölz- und Ackerfläche würde zudem eine durch Gehölze bewirkte Bodenverbesserung (z.B. Humusakkumulation) der konventionellen Bewirtschaftung zugänglich machen. Dennoch sollten für einen größtmöglichen Nutzen die Grundparameter von ACS immer an die jeweiligen Bewirtschaftungsansprüche und Flächenanforderungen angepasst werden. Die große Flexibilität von ACS macht dies in einem gewissen Rahmen möglich.

Zusammengefasst bestätigen die Untersuchungsergebnisse durchweg die potentiell gute Eignung von ACS zur Förderung einer zunehmend ressourceneffizienten, diversifizierten, nachhaltigen und klimawandelstabilen Landwirtschaft.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das im Rahmen der Projektplanung beantragte Budget für die Arbeiten im Teilprojekt ermöglichte die Durchführung der vorgesehenen Arbeiten und wurde vollumfänglich sowie planmäßig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Teilprojekt durchgeführten Arbeiten lieferten neue und weiterführende Erkenntnisse im Bereich Agroforstwirtschaft und für eine Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an erwartete Folgen des Klimawandels. Sie waren für den Wissensfortschritt in diesem Bereich notwendig und im Umfang angemessen.



II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Projektergebnisse dienen dazu, der landwirtschaftlichen Praxis, der Verwaltung, beratenden Stellen und anderen Interessengruppen Ergebnisse für die betriebswirtschaftliche Optimierung von ACS in Kombination mit konventionellem Landbau zur Verfügung zu stellen und das Bewusstsein für notwendige Veränderungen zu stärken. Die Ergebnisse umfassen u.a. Anlagekonzepte für an edaphische und klimatische Faktoren angepasste, zukunftssichere ACS, hinsichtlich Abmessung und Ausrichtung von Acker- und Feldstreifen standörtlich optimierte Anlagedesigns, sowie abgeleitete Bewirtschaftungsempfehlungen aus logistisch-technologischer, ökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht.

Die angestrebte Fortsetzung einer engen Zusammenarbeit gewährleistet auch zukünftig den Informationsaustausch mit den Unternehmen. Durch beratende Tätigkeiten des Lehrstuhls, die aktive Information von Interessengruppen und die Publikation der Forschungsergebnisse wird eine Multiplikatorwirkung erwartet, deren Effekt sich in der fortschreitenden und nachhaltigen Anlage von Agroforstsystemen in Betrieben der Regionen und darüber hinaus niederschlägt. Zahlreiche Aktivitäten zur Weiterentwicklung und Anerkennung von Agroforst auf europäischer Ebene führten darüber hinaus u.a. zur Initiierung und Mitgründung der *European Agroforestry Federation* (EURAF). EURAF war insbesondere im Vorfeld der EU-GAP-Reform sehr aktiv und war schließlich erfolgreich, die Berücksichtigung von Agroforst in der reformierten GAP zu erreichen. Leider ließen sich diese Erfolge auf die Ausgestaltung der deutschen Agrarreform nicht ausreichend übertragen.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Die gemeinsamen Aktivitäten mit internationalen Partnern im Bereich Agroforstwirtschaft führten nicht nur im europäischen Maßstab zu Erfolgen, sondern darüber hinaus zu weiterführenden Kooperationen mit Partnern in Nordamerika und Südafrika. Mit europäischen Partnern konnten darüber hinaus gemeinsame Fortschritte erzielt werden, die in neuen Kooperationsprojekten (AGForward - FP7, MFC4Clima – Climate KIC) weitere Umsetzung fanden.

II.6 Veröffentlichungen

BADORRECK, A., UCKERT, G., KEUTMANN, S., GUSE, T., QUINKENSTEIN, A., BÖHM, C. & FREESE, D. (2014): Agroforstsysteme als eine an zunehmende Trockenheit angepasste Form der Landnutzung, in: Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen, Bloch, R., Bachinger, J., Fohrmann, R. & Pfriem, R. (ed.), Oekom, Vol. 8, pp. 125–135.

BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2011): Yield prediction of young black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations for woody biomass production using allometric relations, *Annals of Forest Research*, Vol. 54, No. 2, pp. 215–227.

BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2011): Chancen und Risiken der Agrarholzproduktion für den Gewässerschutz, *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, Vol. 4, No. 12, pp. 667–673.

BÖHM, C., KANZLER, M. & FREESE, D. (2014): Auswirkungen agroforstlicher Kurzumtriebswirtschaft auf das Bodenerosionspotential und den Kohlenstoffhaushalt südbrandenburgischer Ackerstandorte, in: *Technik der Pflanzenproduktion – Tagungsband der 57. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. vom 16. bis 18. September in Wien, Österreich*, Pekrun, C., Wachendorf, M. & Francke-Weltmann, L. (ed.), Vol. 26, pp. 180–181.

BÖHM, C., KANZLER, M. & FREESE, D. (2014): Impact of black locust hedgerows on wind velocity and wind erosion in Eastern Germany, in: *Book of abstracts of the 2nd European Agroforestry Conference: integrating science & policy to promote agroforestry practice held from 04.–06. June 2014 in Cottbus, Germany*, Palma, J. & Chalmin, A. (ed.), ISBN: 978-972-97874-4-7, pp. 267–268.

BÖHM, C., KANZLER, M. & FREESE, D. (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany, *Agroforestry Systems*, Vol. 88, pp. 579–591.

BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2013): Ökonomische Bewertung des Energieholzanbaus in Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen im Rekultivierungsbereich des Braunkohletagebaus Welzow-



Süd, in: Energieholzproduktion und bodenphysikalische Untersuchungen auf Rekultivierungsflächen des Niederlausitzer Braunkohlereviere, Krümmelbein, J., Raab, T. & Hüttl, R. F. (ed.), Chapter 5, Forschungszentrum für Landschaftsentwicklung und Bergbaufolgelandschaften, Vol. 11, pp. 77–102.

FREESE, D., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A., SCHNEIDER, B.U. & HÜTTL, R.F. (2010): Agroforst – flächenschonende Alternative für die Bioenergieproduktion: Feld und Wald auf einem Schlag, Neue Landwirtschaft, Vol. 9, pp. 76–78.

FREESE, D., BÖHM, C., KWAŚNICKA, K., QUINKENSTEIN, A. & UCKERT, G. (2011): Ökonomie und rechtlicher Rahmen für Agroforstsysteme, Neue Landwirtschaft, Vol. 1, pp. 91–94.

BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2012): Vergleichende Betrachtung des Agrarholz- und Energiemaisanbaus aus Sicht des Bodenschutzes, Bodenschutz, Vol. 2, pp. 36–43.

FREESE, D., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & HÜTTL, R.F. (2010): The contribution of agroforestry systems to ecosystem services, in: Book of Abstracts of the XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering held in Québec-City Canada June 13–17, Savoie, P., Ville-neuve, J. & Morissette, R. (ed.), International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, ISBN: 978-2-9811062-1-6, pp. 378–378.

GRÜNEWALD, H.; BÖHM, C.; QUINKENSTEIN, A.; GRUNDMANN, P.; EBERTS, J.; VON WÜHLISCH, G. (2009): *Robinia pseudoacacia* L.: a lesser known tree species for biomass production. Bioenergy Research 2 (3) : 123–133. doi: 10.1007/s12155-009-9038-x.

KANZLER, M., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A., STEINKE, C. & LANDGRAF, D. (2014): Wuchsleistung der Robinie auf Lausitzer Rekultivierungsflächen, AFZ-DerWald, Vol. 5, pp. 35–37.

KANZLER, M., BÖHM, C. & FREESE, D. (2014): Nährstoffgehalte und Erträge von Kartoffeln in Abhängigkeit zur Entfernung vom Gehölzstreifen in einem Agroforstsystem, in: Technik der Pflanzenproduktion – Tagungsband der 57. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. vom 16. bis 18. September in Wien, Österreich, Pekrun, C., W. M. F.-W. L. (ed.), Vol. 26, pp. 264–265.

MANTOVANI, D., VESTE, M. & FREESE, D. (2014): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) ecophysiological and morphological adaptations to drought and their consequence on biomass production and water-use efficiency, New Zealand Journal of Forestry Science, Vol. 44, No. 29, pp. 1–11.

MOSQUERA-LOSADA, M., FREESE, D. & RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. (2011): Carbon Sequestration in European Agroforestry Systems, in: Carbon sequestration potential of agroforestry systems – opportunities and challenges, Kumar, B. M. & Nair, P. K. R. (ed.), Chapter 3, Springer, Vol. 8, ISBN: 978-94-007-1629-2, pp. 43–59.

QUINKENSTEIN, A., BÖHM, C., MATOS, E., FREESE, D. & HÜTTL, R.F. (2011): Assessing the carbon sequestration in short rotation coppice systems of *Robinia pseudoacacia* L. on marginal sites in NE-Germany, in: Carbon sequestration potential of agroforestry systems – opportunities and challenges, Kumar, B. M. & Nair, P. K. R. (ed.), Chapter 11, Springer, Vol. 8, ISBN: 978-94-007-1629-2, pp. 201–216.

QUINKENSTEIN, A., WÖLLECKE, J., BÖHM, C., GRÜNEWALD, H., FREESE, D., SCHNEIDER, B.U. & HÜTTL, R.F. (2009): Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe, Environmental Science & Policy, Vol. 12, pp. 1112–1121.

TSONKOVA, P., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2012): Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review, Agroforestry Systems, Vol. 85, pp. 133–152.

VESTE, M., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A. & FREESE, D. (2013): Biologische Stickstoff-Fixierung der Robinie, AFZ-DerWald, Vol. 2, pp. 40–42.

QUINKENSTEIN, A., BÖHM, C. & FREESE, D. (2011): Blattstreu-Umsatz in Robinien-Kurzumtriebsplantagen auf Lausitzer Tagebau-Rekultivierungsflächen, in: Tagungsband der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) 2011: Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen, abgehalten vom 03. bis zum 09. September 2011, Berlin, pp. 1–3.

VESTE, M., KRIEBITZSCH, W.-U., MANTOVANI, D. & FREESE, D. (2012): Wie angepasst ist die Robinie an die Trockenheit? – Ökophysiologische Untersuchungen der Photosynthese, Transpiration und biologischen N-Fixierung, in: Tagungsband der Forstwissenschaftlichen Tagung 2012 (FowiTa 2012): Wald - Umwelt - Energie, abgehalten vom 19. bis zum 22. September 2012, Freising, Moog, M. (ed.), pp. 196–196.



Teilprojekt 15 - Adaptation durch zielgerichtete Entwicklung von Mischwäldern

Projektleitung: Prof. Dr. Martin Guericke, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

I.1 Aufgabenstellung

Der Fokus des Teilprojektes lag darauf, Strategien zur Sicherung nachhaltiger Waldbewirtschaftung unter Bedingungen des Klimawandels zu erarbeiten, umzusetzen und zu erproben.

Querschnitt waldökologische Untersuchungen

- Quantifizierung und Modellierung des abstandsabhängigen Zuwachsverhaltens in Kiefern-Buchen- und Kiefern-Eichen-Mischbeständen
- Analyse und Modellierung des witterungsreaktiven Zuwachsverhaltens in Kiefern-Buchen- und Kiefern-Eichen-Mischbeständen
- Dendroklimatologische Analyse und Modellierung des klimareaktiven Zuwachsverhaltens von Kiefern und Eichen
- Ermittlung des Nährstoff- und Feuchtestatus in ausgewählten Kiefern-Buchen- und Kiefern-Eichen-Mischbeständen
- Aufnahme und Auswertung der Kronendachstrukturen in ausgewählten Kiefern-Buchen- und Kiefern-Eichen-Mischbeständen in Verbindung mit der Erfassung der Wasserflüsse

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Untersuchung war die Quantifizierung der Wasserflüsse in den Misch-Beständen. Im Fokus standen dabei die Erfassung der Kronendachinterzeption, die Differenzierung des Unterkrone Niederschlages im Bestand und die Höhe des Stammabflusses in Abhängigkeit vom Stammdurchmesser.

Landschaftsfunktionen und Waldstrukturen (Unterprojekt 1)

- Ableitung standortabhängiger Zielstrukturen und ökoklimatische Diagnose ein- und mehrschichtiger Bestände von Hauptbaumarten in der Modellregion.
- Ableitung optimaler Bewirtschaftungsvarianten im Spannungsfeld waldbaulicher und ökologischer Rahmenbedingungen, zu erwartender Klimaänderungen und regionaler Besonderheiten.
- Aufbereitung projektbezogener Geodaten.
- Raumbezogene Simulation von Zuwachs, Wasser- und Kohlenstoffhaushalt von Eichen-Kiefern und Buchen-Kiefern Mischwäldern unter Klimawandel mit dem dynamischen Simulationsmodell BIOME-BGC-ZALF.
- Durchführung von Modellrechnungen zur ökologischen Folgenabschätzung des Waldumbaus unter Betrachtung unterschiedlicher Klimaszenarien.
- Szenarienvergleich von Simulationsanalysen mit unterschiedlicher Baumartenwahl, Bestandesstruktur (Mischung, Schichtung, Dichte), Rotationsperiode, Abbildung interspezifischer Konkurrenz von Zielstrukturen.
- Optimierung konkreter Handlungsempfehlungen für drei Forstbetriebseinheiten mit unterschiedlichen Betriebszielen und differenzierter Gewichtung von Waldfunktionen (Kommunal-, Landes- und Privatwald).

Lokale Ebene, Fokus Einzelbestand (Unterprojekt 2)

Das Unterprojekt 2 untersuchte Anpassungsstrategien für die künftige Waldentwicklung an Klimaänderungen auf lokaler Ebene. Ziel war es, Beispiele und Verfahren zur Initiierung, Umsetzung und differenzierten Folgenabschätzung adaptiver Waldumbaustrategien zu entwickeln.



Hierzu agierte das Unterprojekt auf betrieblicher Ebene und orientierte sich an einem Set konkreter Bestände im Landes-, Körperschafts- und Privatwald. Zur Anwendung kamen lokal angepassten Methoden denen die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen, d.h. die ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen zu Grund gelegt wurden.

- Weiterentwicklung und Anwendung modellgestützter Entscheidungshilfen (z.B. BWIN-Pro) zur Ableitung optimaler Behandlungsstrategien für unterschiedliche Waldbesitzformen, die der jeweiligen Betriebszielstellung entsprechen
- Partizipative Problemdefinition gemeinsam mit den Praxispartnern und darauf aufbauende Etablierung von „Demonstrationsflächen“. Praktische waldbauliche Umsetzung in Form von Fallstudien mit denen, auch über die Projektzeit hinaus, Lösungsansätze auf lokaler Ebene „vorgeführt und diskutiert“ werden können.
- Wissenstransfer in Richtung unterschiedlicher Zielgruppen (ExpertInnen bis „Laien“).

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Wissenschaftlich knüpfte das Projekt je nach Ausrichtung der beiden Unterprojekte an die Ergebnisse des Verbundprojektes „NEWAL-NET“ bzw. „OakChain“ an. In dem übergeordneten regionalbezogenen Ansatz wurden die möglichen Auswirkungen klimaplastischer Mischwälder für die Modellbetriebe untersucht. Dieses Modul nutzte Ergebnisse des Verbundprojektes "NEWAL-NET" und setzte für Szenarioanalysen eine regional angepasste und weiterentwickelte Variante des prozessorientierten Computermodells BIOME-BGC ein. Für die Untersuchungen auf lokaler Ebene wurden hingegen konkrete Einzelbestände und Revierteile in ausgewählten Forstbetrieben als Datengrundlage verwendet. Diese Arbeiten bauten unter anderem auf dem "OakChain"-Projekt auf mit dem Ziel, das an Brandenburger Wuchsbedingungen angepasste Simulationsprogramm "BWINPro" zur Prognose und Veranschaulichung waldbaulicher Varianten und zur Analyse von Szenariorechnungen der Waldentwicklung für breitere Anwendungen weiterzuentwickeln.

Klimaplastische Waldstrukturen müssen sich an den Kriterien der Anpassung an die heutigen Standortbedingungen und der Anpassungsfähigkeit an sich künftig möglicherweise verändernde Standortbedingungen orientieren. Während das erste Kriterium auf die Hauptbaumarten der Dauerstadien der PNV zielt, fordert das zweite Kriterium eine möglichst hohe Vielfalt an Baumarten, die an die heutigen Standortbedingungen angepasst sind, andererseits aber auch jeweils breite, möglichst unterschiedliche ökologische Amplituden besitzen. Diese Überlegung ist Ausgangspunkt des Konzeptes des klimaplastischen Waldes, das auf die waldbauliche Förderung einer angepassten Vielfalt zielt (JENSSEN ET AL. 2007, JENSSEN 2009b).

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Das Projekt wurde am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE) geleitet. Wissenschaftliche Partner waren das ZALF Müncheberg, das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) sowie das Thünen-Institut für Waldökosysteme Eberswalde (TI). Als Praxispartner wurden in beiden Planungsregionen des INKA BB-Verbundes Forstbetriebe aus allen wesentlichen Waldbesitzarten in die Projektarbeit mit einbezogen. Das aufgebaute und verstetigte Netzwerk besteht aus einer Reihe von Landeswaldförstereien, zwei Kommunalwaldbetrieben, einem Privatwaldbetrieb sowie zwei Stiftungen. Die intensive Vernetzung der wissenschaftlichen Institutionen untereinander sowie mit den Partnerbetrieben aus der Forstpraxis wurde als eine notwendige Voraussetzung für die erfolgreiche Strategieentwicklung und -implementierung angesehen. Retrospektiv betrachtet wird dieser Ansatz als überaus effizient und zielführend betrachtet.



II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

In Brandenburg dominiert derzeit auf ca. 76% der forstlichen Anbaufläche die Baumart Kiefer überwiegend im Reinbestand. Auf Grund dieser Ausgangssituation und entsprechend den langen forstlichen Produktionszeiten sind daher ökoklimatische Projektionen für die waldbauliche Planung und langfristige Waldentwicklung von besonderer Bedeutung. Die erwartete quantitative Zunahme von Starkniederschlägen, Stürmen, Hochwassern, milden Wintern, Hitzewellen, längeren Dürreperioden sowie Kalamitäten erfordert dringend die Weiterentwicklung bzw. Anpassung derzeitiger Bestandesstrukturen, um perspektivisch die Multifunktionalität des Waldes zu erhalten bzw. nachhaltig zu verbessern. Eine Möglichkeit der Adaptation an klimatische Veränderungen besteht in der Verstärkung der klimabezogenen Plastizität der Bestände. Klimaplastische Wälder bestehen aus standortangepassten, baumartenreichen Waldgesellschaften mit unterschiedlichen ökologischen Amplituden, besitzen die Fähigkeit zur Vergesellschaftung der verschiedenen Baumarten sowie zur mengenmäßigen Veränderung der jeweiligen Baumartenanteile, sind an kleinräumige Vielfalt der Standortbedingungen optimal angepasst und minimieren aufgrund ihrer Strukturvielfalt ökologische Schadensrisiken auf Bestandes-, Betriebs- und Regionalebene. Klimaplastische Wälder sind somit bestmöglich an dauerhafte und in ihrer Ausprägung nicht vorhersagbare Folgen des Klimawandels angepasst. Inhaltlich war das Projekt daher darauf ausgerichtet:

- Die Sensibilisierung für die Notwendigkeit eines klimaangepassten Waldumbaus (hin zu einer größeren Risikostreuung durch Baumarten- und Strukturvielfalt) in allen Waldbesitzarten voranzutreiben,
- die beispielhafte Entwicklung klimaplastischer, artenreicher, standortgerechter Mischwälder bei gleichzeitiger Berücksichtigung unterschiedlicher Waldfunktionen zu unterstützen und
- federführend die wissenschaftliche Begleitung, Kommunikation und multikriterielle Bewertung der regionalen Umsetzung von Anpassungsstrategien für die künftige Waldentwicklung an Klimaänderungen in den beiden Schwerpunktregionen Barnim-Uckermark und Lausitz-Spreewald im Zeitraum zwischen 2009 und 2014 zu übernehmen.

Durch die Auswertung bestehender Versuchsflächen und Forschungsarbeiten zur intra- und interspezifischen Wuchsdynamik in Mischbeständen, die Einrichtung von sowohl einmaligen als auch dauerhaften Demonstrationsflächen, die Erfassung projektrelevanter Daten der Modellbetriebe und Bewertung bereits eingeleiteter Behandlungs- und Waldumbaustrategien auf regionaler wie lokaler Ebene sowie die Überarbeitung und Erweiterung von Prozess- und Wachstumsmodellen wurden im Kern des Projektes Grundsätze zur Entwicklung und Bewirtschaftung resilienter Waldstrukturen entwickelt und kommuniziert. Durch begleitende waldökologische Untersuchungen (Hydrologie und Dendrochronologie) wurden zudem weitere Erkenntnisse zum Wasserhaushalt in Mischbestandsstrukturen sowie zur Witterungs-Wirkungs-Analyse gesammelt. Ein weiteres Ziel war es den praxisorientierten Einsatz von Planungs- und Prognosewerkzeugen (BWINPro, etc.) voranzutreiben.

Die Ergebnisse des wissenschaftlichen Netzwerkes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Querschnitt waldökologische Untersuchungen

Wirkungen der Kronendachstrukturen auf die Höhe und die Verteilung des Bestandesniederschlages

Die Untersuchungen zeigten, dass die Bestände bei vergleichbarem Freilandniederschlag bezüglich der Höhe der Bestandesniederschläge deutliche Unterschiede und typische Verteilungsmuster aufweisen. Die Ursachen liegen in differenzierten Kronendachstrukturen mit unterschiedlich hoher Interzeptionsverdunstung des Kronendaches begründet. Die Kiefer (immer-



grün, raue Rinde, offene sperrige Krone) hat gegenüber der Buche und Eiche (winterkahl und Stammabfluss) höhere Interzeptionsverluste. Die Analyse der Niederschlagsunterschiede im Bestand weist niederschlagsreichere mit Dominanz der Eichen- und Buchenüberschirmung und niederschlagsärmere Bereiche mit Dominanz der Kiefernüberschirmung auf. Bedeutsam für die Niederschlagsverteilung am Waldboden ist zudem die Verteilung des Stammabflusswassers der Buchen und Eichen im Bestand. So führt die Umverteilung des Niederschlages im Kronenraum von Buche und Eiche mit dem Aufwachsen zur Zunahme des Stammabflusses. Für die Durchfeuchtung des Waldbodens ist die an Baumzahl sowie Stammdurchmesser und damit an die Bestandesdichte gebundene Verteilung des Stammabflusswassers im Bestand bedeutsamer als die absolute Stammabflusshöhe.

Hydroökologische Wirkungen im Bestand

Die in weiten Teilen des nordostdeutschen Tieflands geplante und praktizierte Umwandlung von umbauwürdigen Kiefernforsten in Kiefern-Buchen- und Kiefern-Eichen-Mischbestände führt durch Veränderung der Kronendachstrukturen im Zuge der Bestandesbehandlung langfristig zu einem positiven Effekt auf den Landschaftswasserhaushalt. Die Forstwirtschaft kann mit entsprechenden Waldumbaustrategien durch Eingriffe in das Bestandesdichteregime den Wassereinfluss auf das Waldwachstum beeinflussen und bis zu einem bestimmten Grad in seinen Auswirkungen steuern. Das Witterungs-Wirkungsgefüge und dessen Einfluss auf die Einzelbaumvitalität (Zuwachsreaktionen) konnte anhand dendrochronologischer Untersuchungen auf den Beobachtungsflächen unmittelbar nachgewiesen werden.

Landschaftsfunktionen und Waldstrukturen (Unterprojekt 1)

Im Rahmen von Teilprojekt 15 wurde ein Waldbauszenario entworfen, um die bestehenden Wälder des Ostdeutschen Tieflandes über standortspezifische Anpassungsstrategien in klimaplastisch optimierte Laubmischwälder zu transformieren. Ziel der hier beschriebenen Modelanwendung ist die Untersuchung dieses Waldumbaus bezüglich seines Effekts auf die Kohlenstoffspeicherefähigkeit des Waldes, auf Zuwachs und Ertrag sowie auf den Wasserhaushalt unter aktuellen Klimabedingungen und in die Zukunft projizierten Klimaszenarien.

Für die Simulation stand das Modell Biome-BGC in seiner zu Projektbeginn aktuellen Version zur Verfügung. Um den Waldumbau durch Voranbau und Schaffung mehrschichtiger Bestände zu simulieren, wurde das Modell zunächst in einigen Aspekten umgebaut. Die wichtigsten Schritte waren dabei:

- Erweiterung des Modells um die Option geschichteter Bestände, um die vertikale Verteilung von Strahlung und Photosynthese über die Kronenschichten abbilden zu können. Dabei wurden auch Klumpungseffekte durch räumlich heterogene Verteilung der Kronen auf die Strahlungsverteilung sowie Effekte eines vertikalen Gradienten der Spezifischen Blattfläche sowie der Wurzel-Spross-Relation bei der Allokation berücksichtigt.
- Für die Abbildung der Waldbauszenarien war es zunächst notwendig, die Simulation von Beständen mit variierender Anzahl an Vegetationseinheiten innerhalb eines Simulationslaufs zu ermöglichen. So ist das Modell in der Lage, die Prozesse von Ernte und Pflanzung entkoppelt zu betrachten, so dass nun Voranbau und auch Brache abgebildet werden können. Außerdem wird die Abbildung eines bestockungsgradzielorientierten Forstmanagements ermöglicht.
- In der Vorgängerversion des Modells sind Laub/Nadel- und Wurzelstreu den jeweils existierenden Vegetationseinheiten zugeordnet. Aufgrund der dynamischen Abbildung der Baumartenzusammensetzung war der Umbau der vegetationspezifischen Betrachtung von Streu zu einer standortsspezifischen notwendig.
- Absterbende Bestände im Unterstand sollten durch Neupflanzung ersetzt werden.



Das weiterentwickelte Modell wurde über verschiedene Ansätze kalibriert:

- Daten des Kiefern-Buchen-Schichtbestandes Neuglobsow
- Nutzung von Ertragstafeln zur Abbildung des Zuwachsverlaufs von 15 Baumartengruppen

Zur Aggregation und Aufbereitung der regionalen Basisdaten als Inputdaten für das Simulationsmodell wurden SPSS-Routinen für folgende Themenbereiche entwickelt und angewendet:

- Datenspeicher Wald und Forstgrundkarte
- Bodenübersichtskarte BÜK300 mit Flächenbodenformenarchiv
- Karte der Potentiellen Natürlichen Vegetation
- STARS-Klimaszenarien (Teilprojekt 2)
- Stickstoffdeposition
- Waldumbau-Szenarien

Die Simulationen zeigten, dass der Unterstand häufig nach wenigen Jahren abstarb, weil der Oberstand zu wenig Strahlung durchließ. Laubbäume starben in stärkerem Ausmaß ab als Nadelbäume. Trotz diverser Ideen, wie Kohlenstoffallokations-Verschiebungen und räumliche Klumpung der Baumkronen, um die Strahlungsabsorption des Unterstandes zu erhöhen, entsprachen die Simulationsergebnisse nicht den Erwartungen. Bereits zu Simulationsbeginn besteht für einen großen Teil der Waldbestände des klimaplastischen Waldbauszenarios ein akuter Handlungsbedarf, nämlich der Auflichtungen der aktuellen Bestände und die Pflanzung von Unterständen. Dadurch sinkt die gespeicherte Kohlenstoffmenge stark ab. Vor allem durch den schlechten Aufwuchs des Unterstandes nimmt die Differenz in der Kohlenstoffspeicherung zwischen dem klimaplastisch optimierten Waldbauszenario zu einem business as usual-Szenario über die 90jährige Simulationsperiode sogar noch zu. Generell ist der Trend über die Simulationsperiode für alle Szenarien negativ, jedoch für die Klimaprojektionen weniger stark als unter heutigen Klimabedingungen. Während die Waldbauszenarien sich kaum bezüglich der Transpiration unterscheiden, ist die Evaporation beim klimaplastisch optimierten Szenario vor allem zum Ende der Simulationsperiode um 10 – 20 mm niedriger als beim business as usual-Szenario. Bei kritischer Betrachtung der Simulationsergebnisse kann nicht ausgeschlossen werden, dass die deutlich von den Erwartungen abweichenden Entwicklungen der C-Vorräte über die 90-jährige Simulationsperiode durch einen Modell-Fehler verursacht werden, der jedoch trotz intensiver Suche im Rahmen der Projektlaufzeit nicht gefunden werden konnte.

Auf regionaler Ebene

Auf Ebene der Modellbetriebe der Eigentumsformen Landes-, Kommunal- und Privatwald wurde die reale Betriebsstruktur (Verteilung der Baumarten auf den konkreten Waldflächen) und die mögliche Optimierung im Hinblick auf das Leitbild „klimaplastischer Mischwald“ gegenübergestellt. Die dazu erforderlichen Daten aus dem Datenspeicher Wald (DSW) wurden in einer Datenbank zusammengeführt und kartenmäßig in Form verschiedener GIS Layer aufbereitet. In diesem Zusammenhang musste die Naturausstattung der Betriebe berücksichtigt werden und Konsens über die nach Eigentumsform unterschiedliche Gewichtung von Waldfunktionen erzielt werden. Gemeinsam mit den Waldeigentümern und/oder deren Beauftragten wurden aus den Abweichungen (Soll-Ist Vergleich) flächenkonkrete Handlungsoptionen abgeleitet. Die in dieser Form identifizierten Gefährdungspotenziale in Hinblick auf den Klimawandel, die Ableitung alternativer Zielstrukturen und die sich daraus ergebenden waldbaulichen Handlungsoptionen sind direkter „Mehrwert“ für die beteiligten Forstbetriebe. Die erarbeiteten und kommunizierten Kartendarstellungen werden Planungsprozesse (Forsteinrichtungen) und konkrete Betriebsentscheidungen in brandenburgischen Forstbetrieben unterstützen. Es kann davon ausgegangen werden, dass sowohl die periodischen, 10-jährigen Maßnahmenplanungen der



Forsteinrichtung als auch die langfristigen waldbaustrategischen Planungen durch die Projektergebnisse im Sinne der waldbaulichen Risikostreuung beeinflusst werden.

Die Bearbeitung basiert auf dem Leitbild des klimaplastischen Waldes, der als eine Strategie forstlicher Risikovorsorge im Hinblick auf nicht vorhersagbare Änderungen der derzeitigen klimatischen Gegebenheiten entwickelt wurde.

Lokale Ebene, Fokus Einzelbestand (Unterprojekt 2)

Modellgestützte Entscheidungshilfe

Der im Rahmen des Projektes weiterentwickelte und nachjustierte Wachstumssimulator BWIN-Pro 7.0 Brandenburg baut auf den Algorithmen der an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen entwickelten Version 6 auf. Bei dem Simulator handelt es sich um ein statistisches positionsunabhängiges Einzelbaumwachstumsmodell. Lediglich für die Simulation von Durchforstungen, der Mortalität und des Einwuchses werden Lagekoordinaten benötigt. Diese werden, wenn sie nicht vorhanden sind, ergänzt. Das Modell schätzt die Waldentwicklung standardmäßig in 5-Jahresschritten. Je länger die Simulation durchgeführt wird, umso weiter kann sich die simulierte Variante von der Realität entfernen. Es wird daher empfohlen, mit dem Simulator keine Zeiträume von größer als 40 Jahren zu simulieren. Die Simulation läuft unter idealen Bedingungen ab, d.h. der Simulator bildet keine Störungen wie z.B. Windwürfe, Insektenkalamitäten oder Schneebruch ab. Zufallskomponenten führen dazu, dass bei wiederholter Simulation es zu anderen Ergebnissen kommen kann. Die parametrisierten Modellfunktionen des Simulators basieren auf den ertragskundlichen Versuchsflächendaten des Landeskompetenzzentrums Brandenburg, Eberswalde sowie zusätzlich erhobenen Daten, wie bspw. aus dem Vorprojekt „OakChain“. Der Simulator ist in Java (Sun 2 Plattform, Standard Edition 1.5.0) unter der Entwicklungsoberfläche NetBeans 4.0 programmiert. Als Lizenzmodell wird die General Public Licence (GPL) eingesetzt. Für die Nutzer bietet das Lizenzmodell den Vorteil, dass die Software kostenfrei ist, sie den Sourcecode einsehen und das Programm auch an ihre speziellen Bedürfnisse anpassen können. Darüber hinaus erleichtert die GPL die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen, hier zwischen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen und dem LFE. Der für Brandenburg neu parametrisierte Wachstumssimulator kann über die Web-Seiten der HNEE lizenzfrei und kostenlos heruntergeladen werden.

Demonstrationsflächen / Fallstudien

Die bearbeiteten Leitthemen der Zusammenarbeit sind nachstehender Tabelle zu entnehmen. In allen Fällen wurde mindestens eine Demonstrationsfläche angelegt. Diese Flächen waren im Rahmen des Projektes („Waldtage“) gemeinsame Anlaufpunkte sowohl mit den assoziierten Praxispartnern als auch für und mit einem erweiterten Personenkreis (bspw. Stadtverordnete, interessierte BürgerInnen und Schulklassen). Die HNEE bemüht sich, die Flächen über die Projektlaufzeit hinweg zu betreuen und wissenschaftlich weiter zu begleiten.

Wissenstransfer

Zentrale Elemente der Öffentlichkeitsarbeit waren die beiden "Waldtage", die während der Laufzeit des Projektes durchgeführt wurden. Der erste fand 2012 in der Planungsregion Lausitz-Spreewald in Lieberose statt, der zweite 2013 in der Planungsregion Uckermark-Barnim in Eberswalde. Im Ergebnis konnte dadurch der Dialog mit den Praxispartnern der jeweiligen Region vertieft werden und das Projekt sowie seine Zielrichtung nicht nur weiteren forstlichen PraktikerInnen, sondern auch anderen ProjektbearbeiterInnen innerhalb des INKA BB-Verbundes und der interessierten Öffentlichkeit erfolgreich vermittelt werden. Auch anlässlich des jährlichen "Tages der offenen Tür" der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde wurden das Teilprojekt und seine differenzierten Forschungsansätze einem breiten Publikum vorgestellt. Neben diesen eher klassischen Wegen wurden positive Erfahrung mit Filmen und



Videos gesammelt, um über den Forstbereich hinaus auf die Themen Wald, Anpassung und Klimawandel aufmerksam zu machen. So beteiligte sich das Teilprojekt am Imagefilm für INKA BB und nutzte weitere Möglichkeiten, die sich im Rahmen des Verbundes ergaben. Dazu gehörte zum Beispiel die Spiegel-TV-Dokumentation "Der Klimawandel - ist die Welt noch zu retten?", die vom Sender VOX 2011 ausgestrahlt wurde und in mehreren Sequenzen über die Arbeit und Inhalte des Teilprojektes berichtete. In Zusammenarbeit mit einer Erwachsenenbildungseinrichtung in Berlin, der "DAA Medienakademie", entstanden außerdem zwei Kurzfilme (www.youtube.de), die sich mit dem Thema "Wald im Wandel" auseinandersetzen. Eine besonders große Herausforderung bestand darin, auch Kinder und Jugendliche mit den Inhalten Wald und Klimawandel zu erreichen und so zu einem größeren Verständnis für diese Fragen und zu mehr Wissen um die Problematik beizutragen. In Zusammenarbeit mit Teilprojekt 3 "Wissenstransfer" konnte dazu ein jährlich stattfindendes "Forschungscamp" im Revier Ützdorf der Berliner Forsten etabliert werden.

Praxispartner	Eigentumsform	Leitthema der Zusammenarbeit
Oberförsterei Chorin, Revier Schönholz	Landeswald	Waldbauliche Steuerung des Übergangs von Rot- Buche aus Unterstand in den Hauptbestand
Stadtwald Eberswalde	Kommunalwald	Umbau instabiler Kiefernreinbestände durch Einbringung standortgerechter allochthoner Baumarten am Beispiel der Rot-Eiche
Oberförsterei Peitz, Reviere Preilack und Kleinsee	Landeswald	Stabilisierung und Strukturierung von Kiefernreinbeständen durch Z-Baum-orientierte Behandlungskonzepte
Stadtwald Lieberose	Kommunalwald	Nutzung natürlicher Verjüngungspotentiale zur Vergrößerung der Baumartenvielfalt in Kiefernwäldern
Märkische Wald Energie GmbH	Privatwald	Umbau instabiler Kiefernreinbestände durch Einbringung standortgerechter allochthoner Baumarten am Beispiel der Rot-Eiche
Stiftung "August Bier"	Wald einer Stiftung öffentlichen Rechts	Waldbauliche Steuerung des Übergangs von Rot- Buche aus Unterstand in den Hauptbestand
Stiftung "Stift Neuzelle"	Wald einer Stiftung öffentlichen Rechts	Bewirtschaftung von Eichen-Kiefern-Mischbeständen unter subkontinentalen Standortbedingungen

Tabelle 15.1: Leitthemen auf den Demonstrationsflächen

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Ergebnisse und Werkzeuge werden in unterschiedlicher Weise weiter genutzt bzw. fortgeführt.

Die eingerichteten Demonstrationsflächen werden durch die Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde weiter begleitet und regelmäßig aufgenommen. Mit Hilfe der kontinuierlich wachsenden Datensätze werden Folgeuntersuchungen durchgeführt, bspw. konkret zur Frage der Wachstumsreaktion freigestellter Buchen. Die erfolgreiche Sensibilisierung der beteiligten Forstbetriebe zeigt sich u.a. auch in einer aktiven Selbstverpflichtung zum Erhalt und der Fortführung der eingerichteten Demonstrationsflächen wie bspw. die Ergänzung ausgefallener



Pflanzen oder die Pflege der Infrastruktur. Die planerischen Empfehlungen auf betrieblicher Ebene wurden den beteiligten Forstbetrieben zur Verfügung gestellt und werden im Rahmen der anstehenden Forsteinrichtungen im Sinne des Projektes verwertet, d.h. sowohl die Baumartenwahl als auch die Priorisierung von Waldumbaumaßnahmen beeinflussen. Als konkretes Beispiel kann in diesem Zusammenhang der Stadtwald Lieberose benannt werden. Der weiterentwickelte und für Brandenburg parametrisierte Einzelbaumsimulator BWinPro wird bereits jetzt schon im Rahmen der Lehre am Fachbereich für Wald und Umwelt eingesetzt. Die Studierenden nutzen das Werkzeug für waldbauliche und ertragskundliche Szenarioanalysen und erfahren so einen direkten Mehrwert innerhalb ihrer forstlichen Ausbildung. Im Rahmen der angewandten Forschung soll der Simulator u.a. für die Quantifizierung von Wuchsdepressionen in Folge von Kalamitäten durch Kieferngrößschädlinge genutzt werden und darauf aufbauend ökonomische, d.h. monetäre Deckungsbeitragskalkulationen durchgeführt werden. Der im ZALF weiterentwickelte Modellansatz (BIOME BC) wird ebenfalls im Rahmen der angewandten Forschung wie auch der Lehre eingesetzt, um u. a. die Auswirkungen des Waldumbaus auf Wachstum, Kohlenstoff- und Wasserhaushalt von Wäldern unter geänderten Klimabedingungen zu verdeutlichen.

Im Nachgang zu INKA BB wird es zudem im Herbst 2015 eine Fachtagung unter dem Titel „Waldmanagement im Klimastress 2.0“ geben. Sieben Jahre nach der „Eberswalder Erklärung“ sollen im Rahmen der breit angelegten Tagung im Dialog mit der forstlichen Praxis neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Ansätze vorgestellt und diskutiert werden. Einzelne Fachvorträge werden auf die Erfahrungen und Daten des Projektverbundes unmittelbar zurückgreifen. Damit soll auch nach Ende des Projektes die Herausforderung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und -entwicklung unter dem Einfluss des Klimawandels neue Impulse für die Forstpolitik und Forstpraxis geben.

II.6 Veröffentlichungen

ARTNER-NEHLS, A., ENDE, H.-P., HECKER, S. UND SIEBERT, R. (2011): Ausgerechnet: Wald! Wandern durch digitale Wälder. ForschungsReport (BMELV) 1/2011, S. 9-11.

Foos, E.; Schröder, J.; Ulrich, R. (2013): Klimawandel und Forstwirtschaft – ein Thema für die Bildung? AFZ – Der Wald 68 (5): 40-41.

GUERICKE, M.; SCHRÖDER, J.; ENDE, H.-P. 2010: Projekt zur Anpassung durch Mischwaldentwicklung gestartet. AFZ – Der Wald 65 (5) 24-25

GUERICKE, M.; LINKE, N.; SCHRÖDER, J.; BARKHAUSEN, A. (2012): Grenzen des Wachstums – Standorteinflüsse auf den Freistellungseffekt bei Kiefern-Z-Bäumen. In: Wald – Umwelt – Energie; Tagungsband der Forstwissenschaftlichen Tagung an der TU München, 19. - 22. September 2012, Freising: 50-51.

JANOTT, M., H. JOCHHEIM & H. SCHULTE-BISPING (2012): Waldumbau zu klimaplastischen Laubmischwäldern im nordostdeutschen Tiefland. In: *Klimawandel: Was tun!* Tagungsband der IALE-D Jahrestagung 2012, 24.-26. Oktober 2012, Eberswalde: 159-160.

JENSSEN M (2009) Der klimaplastische Wald im Nordostdeuten Tiefland – forstliche Anapassungsstrategie an einen zu erwartenden Klimawandel. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 42: 101-117.

SCHRÖDER, J. (2011): Beziehungen zwischen Vitalität und Zuwachs bei Trauben-Eiche unter dem Einfluss zunehmender Kontinentalität. In: Nagel, J. (Hrsg.): Beiträge zur Jahrestagung der Sektion Ertragskunde im DVFFA vom 06.-08.06.2011 in Cottbus, S. 140-148.

WEGEHENKEL, M.; HEINRICH, U.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K.-C.; RÖBER, B. 2010: Evaluation of three different regional climate change scenarios for the application of a water balance model in a mesoscale catchment in Northeast-Germany. - *Advances in Geosciences* [Elektronische Ressource] 27: 57-64

Studienarbeiten

AMBORN, F.; SCZEPANSKI, N. (2012): Anpassung der Waldbewirtschaftung an zukünftige Anforderungen in Brandenburg. Studienarbeit, Fakultät Umweltwissenschaften, Brandenburgische Technische Universität Cottbus: 110 S.



- BLASKE, D. U. HAHNE (2014): Strukturaufnahmen in dauerwaldartigen Kiefernbeständen im Stadtwald Lieberose. Bachelorarbeit im Studiengang FOWI, am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- BERGER, L. (2014): Die Edelkastanie (*Castanea sativa*) als Element klimaplastischer Wälder in Brandenburg. Bachelorarbeit im Studiengang FOWI, am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- KARABENSCH, M. (2012): Analyse und waldbauliche Planung für die Versuchsfläche 45 b1 in Eberswalde. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 55 S.
- KONRAD, S. (2012): Eine Methodenstudie der „Multikriteriellen Bewertungsmatrix“ im Rahmen von INKA BB TP 15 am Beispiel des Stiftungsforstes Sauen. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 56 S.
- KRAUSE, M. (2012): Die Trauben-Eiche (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl.) im Spannungsverhältnis zwischen Qualität und Vitalität? Masterarbeit an der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden in Tharandt, 138 S.
- KOCH, F.-G. U. NEUMANN, J. (2014): Entwicklung dauerwaldartiger Waldstrukturen in Kiefernbeständen. Bachelorarbeit im Studiengang FOWI, am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- LANGE, M. (2013): Risikobelastung und Sensitivität von Waldbeständen im Klimawandel: Sturm und Waldbrand. Masterarbeit am Lehrstuhl für Waldbau der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden in Tharandt, 94 S.
- LÜCKE, K. (2014): Synoptische Analyse der Waldbaurichtlinien der Bundesrepublik Deutschland. Bachelorarbeit im Studiengang FOWI, am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- MEYER, C. U. FUTTERLIEB, D. (2014): Untersuchungen zur Wuchsdynamik der Baumart Roteiche im Stadtwald Eberswalde. Bachelorarbeit im Studiengang FOWI, am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.
- RÜTZ, N. (2012): Ökologisch orientierter Waldumbau im Forstbetrieb Sauen – waldwachstumskundliche Entwicklungsanalyse eines Rotbuchen-Unterbaus unter Gemeiner Kiefer anhand langjähriger Versuchsflächen. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 59 S.
- SCHAIBLE, M. (2013): Waldumbau in Brandenburg mittels Rot-Eiche: ein Versuch. Bachelorarbeit am Fachbereich für Wald und Umwelt der Hochschule für nachhaltige Entwicklung (FH) Eberswalde, 60 S.



Teilprojekt 16 - Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel – Managementoptionen und Gestaltung der politischen Instrumentarien im Land Brandenburg

Projektleitung: Prof. Dr. Vera Luthardt, Prof. Dr. Pierre Ibisch, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

I.1 Aufgabenstellung

Naturschutz ist eine gesellschaftliche Aufgabe. In diesem Sinne trug das Teilprojekt zum Gesamtziel des Verbundvorhabens bei, Entscheidungsträger des Naturschutzes und anderer Sektoren auf innovative Weise zu unterstützen, die nachhaltige Nutzbarkeit der Landschaft unter den Bedingungen eines sich beschleunigenden Klimawandels und zunehmenden Wasserstress zu sichern. Im Mittelpunkt stand dabei die Erhaltung der Biodiversität, die zur Sicherung und Förderung der nachhaltigen Nutzbarkeit der Landschaft von herausragender Bedeutung ist. Gebietsschutz, zumal in Brandenburg, ist ein zentrales Instrument des Naturschutzes. Daher sollte, dem Gesamtvorhaben entsprechend, anhand konkreter Beispielsgebiete ein Konzept entwickelt werden, wie die derzeit formulierten Vorgaben für Schutzgebiete an den Klimawandel angepasst werden können. Dieses muss auch Unvorhersagbarkeiten einbeziehen. Dieses Hauptziel gliederte sich in mehrere konkrete Ziele.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Der Klimawandel wurde weltweit zunächst kaum als wichtiger Faktor in die Naturschutzplanung integriert. Es kam vereinzelt zur Berücksichtigung des Klimawandels vor dem Hintergrund potenzieller Biom- und Artenarealverschiebungen, u.a. zur Begründung der Einrichtung von Makrokorridoren. Die Frage der Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel wurde erst in den Jahren 2006 und 2007 systematisch aufgegriffen. Seither ist das Wissen um den Klimawandel, seine Wirkungen auf biologische Vielfalt und Optionen der Anpassung des Naturschutzes bedeutend angewachsen. In diesem Rahmen füllen die Beiträge des Teilprojekts konzeptionell und methodisch und zumal die Region betreffend eine bis heute bestehende Lücke.

Die existierende bzw. während der Projektlaufzeit erschienene Literatur wurde anhand einschlägiger wissenschaftlicher Informationsdienste recherchiert und intensiv genutzt. Zum Wissenstransfer gehörte zudem der Besuch von Tagungen etc. Wichtig waren auch die eigenen Erfahrungen aus früheren und parallel laufenden Projekten. Zum Beispiel bestanden zu Projektbeginn bereits umfassende Erfahrungen in der Anwendung eines systemisch-adaptiven Managementplanungsinstrumentes, den „Offenen Standards“ für die Naturschutzpraxis. Die „Offenen Standards“ wurden von der Conservation Measures Partnership, einem Zusammenschluss internationaler Naturschutzorganisationen, mit dem Ziel entwickelt, die Wirksamkeit des Naturschutzes zu verbessern“ (ASCHENBRENNER et al. 2012). Aus den „Offenen Standards“ wurde die MARISCO-Methode (Adaptives Management von Risiken und Vulnerabilität an Naturschutzorten) entwickelt (II.2).

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Gemäß der Aufgabenstellung des Förderprogramms wurde die Forschung im Teilprojekt mit Vertretern einer großen Zahl und Vielfalt an Institutionen realisiert.



II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Das Hauptziel des Teilprojekts war es, ein Konzept zu entwickeln, wie die derzeit formulierten Vorgaben für Schutzgebiete an den Klimawandel angepasst werden können. Die wesentlichen Ergebnisse wurden der Öffentlichkeit in einer dreiteiligen kostenlosen Buchserie zugänglich gemacht (Tab. 16.1). Eine digitale Kopie kann gratis von verschiedenen Webseiten heruntergeladen werden. Gedruckte Exemplare wurden an alle relevanten Akteure der Projektregion, und auch darüber hinaus versendet.

Das Projekt wurde fortlaufend begleitet durch Übersichtsanalysen von Anpassungsoptionen an den Klimawandel in Brandenburg. Hierbei wurden die Handlungsoptionen des Naturschutzes für sich betrachtet (GEYER et al. angenommen) und ihre Synergien und Konflikte mit anderen Handlungsfeldern (REYER et al. 2011).

Die zentralen Projektergebnisse konzentrieren sich auf zwei Themenfelder. Das eine Themenfeld umfasst Risikoanalysen für biologische Vielfalt als Objekt des Naturschutzes. Eine grundlegende Studie katalogisierte klimawandelbedingte Stresse und zeigte, wie sie sich unterschiedlichen Dimensionen der biologischen Vielfalt (Individuen und Populationen, Lebensgemeinschaften, Ökosysteme und ihre Leistungen) zuordnen lassen (GEYER et al. 2011). Im Zuge des Projektes wurden neuartige Methoden der Risikoanalyse entwickelt (Tab. 16.1). Eine Methode zur standortbezogenen Risikoanalyse von Ökosystemen wurde für nicht intensiv genutzte Ökosysteme (Wälder, Grasland, Moore) entworfen und beispielhaft für das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin angewendet (NUSKO et al. 2014). Die adaptive Planungsmethode MARISCO durchläuft in ihrer zweiten Phase ebenfalls eine Risiko- und Vulnerabilitätsanalyse (s.u.). Einige besonders relevante Naturschutz-Probleme wurden flächendeckend analysiert. Zur Analyse von Störungen durch Straßen und Verkehr, die im Klimawandel wegen der vielfältigen Stresswirkungen und v.a. wegen der Zerschneidungseffekte besonders relevant sind, wurde ein räumlicher Index (SPROADI) entwickelt und angewendet (FREUDENBERGER et al. 2013b). Von Straßen unzerschnittene Räume als bisher kaum beachtetes Objekt des Naturschutzes standen im Mittelpunkt einer EU-weiten Betrachtung, für die Deutschland als geografische Fallstudie diente und die Brandenburgs hohe Bedeutung für die Erhaltung unzerschnittener Räume v.a. auch im Zuge der Klimawandelvulnerabilität deutlich machte (SELVA et al. 2011). Wichtige Aspekte der Vulnerabilität (Verwundbarkeit, Verletzbarkeit) eines Ökosystems wurden am Beispiel der Wälder des Barnims räumlich dargestellt (SAUERMAN et al. 2012). Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel spielte ebenso eine wichtige Rolle bei der Entwicklung eines innovativen Ansatzes zur Prioritätensetzung in der globalen Naturschutzpolitik. Brandenburg wird dabei eine im globalen Vergleich überdurchschnittliche Naturschutzwürdigkeit attestiert (FREUDENBERGER et al. 2013a).

Das zweite zentrale Themenfeld betrifft adaptives Management. Anknüpfend an eine existierende adaptive Managementmethode, die Offenen Standards für die Naturschutzpraxis (ASCHENBRENNER et al. 2012), und ihre erfolgreiche probeweise Anwendung in Brandenburg wurde die MARISCO-Methode entwickelt (KREFT et al. 2014). MARISCO wurde, in Anpassung an die jeweilige Naturschutz-Situation, in Brandenburg mehrfach angewendet (Tab. 16.1). Aus diesen Arbeiten erwachsen wesentliche Beiträge für ein Handbuch, das den Nutzer durch die Anwendung der Methode leitet (IBISCH & HOBSON 2014).

Ziel	Methoden	Erprobung	Partner	Produkte (Buchreihe)
Validierung wichtiger Zwischenergebnisse	Beratung durch Expertengruppen		Partner (Projektbegleitende Arbeitsgruppe und Gruppe der Praxispartner ab 2011 zusammengeführt): 13 Vertreter des MUGV, LUGV (verschiedene Abteilungen und Schutzgebietsverwaltungen), von Naturschutzverbänden und der Forschung an der HNEE	Alle Bände
	Umfrage: Synergien und Konflikte der erarbeiteten Anpassungsoptionen an den Klimawandel mit den Zielen des Naturschutzes und der Erhaltung der Biodiversität		Alle relevanten INKA BB-Teilprojekte	Hintergrund für Ökosystembasierte, integrierte Anpassungsstrategie an den Klimawandel im Randow-Gebiet, Nordostbrandenburg
	Umfrage: Anpassung an den Klimawandel und Umgang mit Nichtwissen		22 Akteure des brandenburgischen Naturschutzes, vor allem Behörden	Band II
Risikoanalyse für Ökosystemtypen und Arten durch direkte und indirekte Folgen von Klimaveränderungen	Fachlicher Austausch		Teilprojekt „Querschnittsaufgabe Naturschutz“ in KLIMZUG-NORD	Band II
	Standortbezogene Risikoanalyse von Ökosystemen	Pflege- und Entwicklungsplan für das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin	Verwaltung des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin Planungsbüro entera Studienprojekte des Fachgebietes Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung, TU Berlin	Band I (Literaturauswertung) Band II (Methode und Anwendung)

Formulierung von Entwicklungszielen, Ableitung von Managementmaßnahmen zur Risikominderung	Adaptive Planungsmethode MARISCO	Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans Barnim	Untere Naturschutzbehörde Barnim Partizipation von Vertretern praktisch aller relevanten Akteure im Landkreis (Behörden, private Akteure, Wissenschaft; außerdem einige Politiker)	Band II (Methode und Anwendung)
		Naturschutzprojekt „Ansiedlung des Auerhuhns in der Niederlausitz“	Förderverein der Freunde des Naturparks Niederlausitzer Heidelandschaft (Vertreter aller relevanten Landnutzergruppen)	Band II
		Ökosystembasierte, integrierte Anpassungsstrategie an den Klimawandel im Randow-Gebiet, Nordostbrandenburg	Facharbeitsgruppe „Landschaftliche Multifunktionalität und Anpassung an den Klimawandel“ (sechs Teilprojekte in INA BB)	Zeitschriftenartikel in Vorb.
Vorschläge zur Steuerung von Naturschutzgeldern nach prioritärer Betroffenheit von Schutzobjekten bzgl. Klimafolgen			Partner (s.o.)	Band III
Vorschläge zur Etablierung und Anbahnung eines Fachrats zur Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel			Partner (s.o.)	Band III

Tabelle 16.1: Praxisbezogene Kooperationen mit Partnern und in Produkten dargelegte Ergebnisse.



Dem Teilprojekt kamen Synergien mit anderen - größtenteils ebenfalls drittmittelgeförderten - Aktivitäten der beiden beteiligten Fachgebiete an der HNEE zugute (Tab. 16.2). Hervorzuheben ist das gemeinsam mit der Universität Potsdam und dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung ins Leben gerufene Kooperative Promotionsprogramm „Klimaplastischer Naturschutz“ (Brandenburger Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur), dessen Fragestellungen das Teilprojekt in vielerlei Hinsicht sinnvoll ergänzte und vertiefte. In das Promotionsprogramm wurde zudem mit Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF) eine Nachwuchsforschergruppe *Regionale Anpassungsstrategie an den beschleunigten Klimawandel – Ökosystemare Dienstleistungen/Biodiversität* integriert. Nicht zuletzt wurde über eine große Zahl von studentischen Master- und Bachelorarbeiten auch die Hochschullehre eingebunden.

Ziel	Aktivitäten/Projekte	
	V. Luthardt	P. Ibisch
<p>Risikoanalyse für Ökosystemtypen und Arten durch direkte und indirekte Folgen von Klima-Veränderungen</p> <p>Formulierung von Entwicklungszielen, Ableitung von Managementmaßnahmen zur Risikominderung</p>	<p>Promotionsprogramm „Klimaplastischer Naturschutz“</p> <p>Ökosystemare Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs (Land Brandenburg; seit 1997)</p> <p>Naturschutzbeirat der brandenburgischen Landesregierung (Vorsitz)</p> <p>Moderation der AG Moorschutz am MUGV</p> <p>Beirat der Unteren Naturschutzbehörde Barnim</p> <p>Kuratorium des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin</p> <p>Verknüpfung mit den Verbundprojekten VIP und ELAN im Förderschwerpunkt FONA durch eigene TP</p> <p>Nachwuchsforschergruppe Regionale Anpassungsstrategie an den beschleunigten Klimawandel – Ökosystemare Dienstleistungen/Biodiversität (ESF; 2011-2012)</p> <p>Mit-Herausgabe und –Autorenschaft des Buches „Moore in Brandenburg und Berlin“</p>	<p>Nachwuchsforschergruppe Regionale Anpassungsstrategie an den beschleunigten Klimawandel – Ökosystemare Dienstleistungen/Biodiversität (ESF; 2011-2012)</p> <p>Diverse Gutachtertätigkeiten in der internationalen Entwicklungszusammenarbeit zu Naturschutz und Klimawandel (GIZ, seit 2010, sowie NABU/Michael-Succow-Stiftung, 2013)</p> <p>Erstellung eines MARISCO-Methodenhandbuchs (GIZ, 2012-2013)</p> <p>„Kartierung des Schutzobjekts Wald für den Landschaftsrahmenplan im Landkreis Barnim“ (UNB Barnim, 2012)</p> <p>Beiträge zum Vorhaben „Biodiversität im Wandel“ (Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz durch Arbeitsgruppe Prof. Barthlott, Universität Bonn; mehrmals)</p> <p>Kooperation mit Writtle College (UK; AG Dr. Peter Hobson)</p>
<p>Begleitendes Programm für Monitoring und Erfolgskontrolle</p>	<p>Ökosystemare Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs (Land Brandenburg; seit 1997)</p> <p>Monitoring von Mooren im Naturpark Stechlin nach Wiedervernässung (ab 2002)</p> <p>Konzept für die naturschutzfachl. DB im NP Unteres Odertal (2009-2011)</p>	



Ziel	Aktivitäten/Projekte	
	V. Luthardt	P. Ibsch
Vorschläge zur Steuerung von Naturschutzgeldern nach prioritärer Betroffenheit von Schutzobjekten bzgl. Klimafolgen	(Synthese aller Aktivitäten)	
Vorschläge zur Etablierung und Anbahnung eines Fachrats zur Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel	Naturschutzbeirat der brandenburgischen Landesregierung (Vorsitz) Beirat der Unteren Naturschutzbehörde Barnim Kuratorium des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin	Beirat des Weltnaturerbests „Buchenwald Grumsin“

Tabelle 16.2: Synergien des Projekts mit anderen Aktivitäten der beteiligten Fachgebiete an der HNEE.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Zahlreiche Aktivitäten galten dem Austausch und der Vernetzung des Teilprojekts im Verbundvorhaben, dem wissenschaftlichen Austausch, der Öffentlichkeitsarbeit und der Lehre. Projektergebnisse flossen in eine Anzahl von dem Charakter der Ergebnisse angemessenen Produkten ein. Der Projektfortschritt wurde auf einer ständig aktualisierten Webseite dokumentiert (www.hnee.de/inkabbnaturschutz). Die meisten Produkte können auf dieser und der Webseite des Verbundes (www.inka-bb.de) heruntergeladen werden.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Literaturauswertungen zum Projektauftritt identifizierten den Stand des Wissens und des Nichtwissens zu den zentralen Themenfeldern des Projekts. (1) Die in der Literatur verfügbaren Handlungsoptionen für die Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel wurden in einem Katalog systematisiert. Zentrale Optionen bestehen demzufolge in Managementansätzen, die adaptiv, ökosystembasiert und partizipativ angelegt sind, und auf Risikoanalysen für die biologische Vielfalt und die Handlungsfähigkeit des Naturschutzes beruhen. Ein Vergleich dieses Katalogs mit den Vorgaben für den behördlichen Naturschutz in Brandenburg (Gesetze und Verordnungen sowie Managementpläne der Schutzgebiete) machte deutlich, dass die Anpassung an den Klimawandel bis dato noch kaum eine Rolle spielte. (2) Anhand in der Literatur verfügbarer grober Abschätzungen für die Vulnerabilität von Vogelarten und Feucht-Ökosystemen (Mooren etc.) gegenüber dem Klimawandel wurde einerseits beispielhaft gezeigt, dass der Klimawandel für den Naturschutz in Brandenburg eine bedeutende Herausforderung ist. Andererseits wurde deutlich, dass regionale/lokale Abschätzungen der Klimawandelrisiken für die biologische Vielfalt fehlten, wie sie für ein angemessenes Naturschutzmanagement notwendig sind.

Umfragen und Fachgespräche mit Praxispartnern bestätigten das bis dato fehlende Bewusstsein für den Klimawandel. Workshops dienten der Entwicklung und Erprobung neuartiger Methoden der Risikoanalyse für biologische Vielfalt im Klimawandel und des ökosystembasierten und adaptiven Managements. Mit diesen Methoden wurden dann an regionale Bedingungen angepasste Handlungsoptionen erarbeitet. Den institutionellen Rahmenbedingungen entsprechend bestand die Zusammenarbeit mit Praxispartnern (v.a. Naturschutzbehörden) aus Gratistrainings, die in Struktur und Umfang auf die begrenzte Projektlaufzeit und die individuellen Zeitbudgets der Teilnehmer abgestimmt war. Die Trainings sollten die Behörden bzw. ein Planungsbüro zu ertüchtigen, nach Projektende selbständig fortzufahren.



II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die entwickelten Methoden sollen dazu dienen, die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen gegenüber klimawandelbedingten und anderen Stressen zu erhöhen. Dies soll helfen, die Bereitstellung von Ökosystem-Leistungen für die Gesellschaft, wie z.B. Nahrungsmittel, Holz, sauberes Trinkwasser oder auch Kohlenstoffspeicherung langfristig zu sichern. Das letztgültige Ziel war ein Beitrag zur nachhaltigen Nutzbarkeit der Landschaft der Projektregion und darüber hinaus.

Das Teilprojekt zielte konkret darauf ab, eine Anpassung der grundsätzlichen Herangehensweisen im Naturschutzmanagement von brandenburgischen Behörden an den Klimawandel anzuregen und zu befördern (Tab. 16.2). Die Entwicklung und testmäßige Anwendung der Methoden mit einer beträchtlichen Zahl von (meist behördlichen) Partnern führte bereits zu konkreten Ergebnissen, die von den Behörden in ihre Praxis übernommen wurden oder werden können. Über diese möglichen bzw. beschlossenen Strategieänderungen von Praxispartnern für eine mittel- bis langfristige Anpassung an den Klimawandel hinaus existiert zudem ein fruchtbarer Austausch über die Gegenstände des Forschungsprojekts mit dem NaturSchutzFonds Brandenburg. Einige Akteure haben Interesse signalisiert, Ergebnisse aus dem (administrativen) Naturschutz heraus auch in andere Sektoren zu tragen (z.B. privater Naturschutz, Forstwirtschaft).

Unabhängig davon besteht ein zentraler Nutzen – gemäß den Absichten des Förderprogramms – gerade in der Bildung der Netzwerke von Naturschutzpraktikern. Diese können in Zukunft als Plattformen für die Erarbeitung angemessener Naturschutzstrategien in jeder Art von Problemstellungen genutzt werden. Eine Umfrage zum Projektende bestätigte noch einmal das Interesse mehrerer Praxispartner an einem Ausbau des bereits erreichten Nutzens der Projektergebnisse. Wie bereits dargestellt, sind die Netzwerkpartner übereingekommen, dass der Klimawandel einen fortwährenden Anpassungsprozess notwendig macht. Auch in Zukunft bedarf es solcher Impulse wie derjenigen, die das Projekt hat geben können. In einem Fall wird gegenwärtig gemeinsam ein Drittmittelantrag zur Fortsetzung der Zusammenarbeit erstellt (Förderprogramm des BMU zur Umsetzung von Klimawandelanpassung mit Kommunen). Die Nutzbarkeit der Projektergebnisse ist durch die zahlreichen Publikationen, v.a. durch die auf die Naturschutzpraxis und -politik zugeschnittene dreiteilige Buchreihe zur Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel in Brandenburg, sichergestellt. Im Rahmen der zeitgleichen Mitarbeit an der Erstellung des Maßnahmenprogramms zur Erhaltung der Biodiversität in Brandenburg und dem Moorschutzprogramm Brandenburgs konnten Aspekte der Klimawandelanpassung und des Klimaschutzes direkt eingebracht werden. Selbstverständlich nutzen die Projektergebnisse auch laufenden (ELaN/BMBF, "European World Heritage Beech Forests"/BMU etc.) und zukünftigen Vorhaben der am Projekt beteiligten Fachgebiete an der HNEE

Der Nutzen der Projektergebnisse ist jedoch nicht auf Brandenburg beschränkt. Zumal die methodischen Innovationen sind, teilweise direkt, übertragbar auf Naturschutz-Situationen außerhalb Brandenburgs. Zum Beispiel profitieren Anwendungen der MARISCO-Methode in anderen Ländern von den Erfahrungen im hier dargestellten Projekt. Ein weiteres Beispiel ist die Publikation zu von Straßen unzerschnittenen Landschaftsräumen am Beispiel Deutschlands (SELVA et al. 2011). Sie war Ausgangspunkt für die „Roadless Areas Initiative“ des Policy Committee der Europa-Sektion der Society for Conservation Biology, der zwei Mitglieder des Projekts angehören. Diese Forschungskampagne will die Existenz und Bedeutung der verbliebenen unzerschnittenen Räume herausarbeiten. Diese Projektergebnisse und weitere, z.B. die standortbezogene Risikoanalyse von Ökosystemen, wurden auf internationalen Tagungen der Fachöffentlichkeit bekannt gemacht. Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) zog für die „Chinesisch-deutsche Klimaplattform“, das die chinesische Regierung bei der Erarbeitung einer



nationalen Anpassungsstrategie beriet, das Projekt hinzu. In einer Delegation mehrerer INKA BB-Projekte präsentierte das hier dargestellte Projekt 2011 bei einem Workshop in Peking Ergebnisse und Erkenntnisse.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Die Ergebnisse und Produkte des hier dargestellten Projekts sind in ihrem regionalspezifischen, auf die Bedürfnisse der Praxispartner zugeschnittenen Charakter, wie von KLIMZUG beabsichtigt, einzigartig. Sie bilden so eine Ergänzung zu Erkenntnisfortschritten allgemeinerer Art in der Forschung weltweit. Dabei sind die beiden erarbeiteten methodischen Beiträge zur Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel so gestaltet, dass sie auch übertragbar auf Situationen außerhalb der Projektregion sind. Die MARISCO-Methode konnte unter Ausnutzung von Synergien mit anderen Aktivitäten am *Centre for Economics and Ecosystem Management* entwickelt werden und findet v.a. in Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit weltweit Verwendung.

II.6 Veröffentlichungen

Eine große Zahl an Veröffentlichungen machen die Projektergebnisse der Öffentlichkeit zugänglich. Die Publikationen richten sich jeweils an unterschiedliche Lesergruppen (breite Öffentlichkeit, generelle Fachöffentlichkeit, Spezialisten) und sind dem Zweck entsprechend gestaltet.

BLATT, J., B. ELLNER, L. STRIXNER, S. KREFT, V. LUTHARDT & P.L. IBISCH (2010): Index-basierte Erfassung der Klimawandel-Vulnerabilität von Wald- und Forstökosystemen im Nationalpark Unteres Odertal. S. 55-59 in H. Korn, R. Schliep, J. Stadler (Hg.): Biodiversität und Klima. Vernetzung der Akteure in Deutschland VII. Ergebnisse und Dokumentation des 7. Workshops. (BfN-Skripten 282.)

BLATT, J., S. KREFT, L. STRIXNER, P. IBISCH & V. LUTHARDT (2010): Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel – Managementoptionen und Gestaltung der politischen Instrumentarien im Land Brandenburg. Verbundvorhaben INKA BB – Teilprojekt 16. S. 88 in C. Eppele, H. Korn, K. Kraus & J. Stadler (Hg.): Biodiversität und Klimawandel. (BfN-Skripten 274.)

FREUDENBERGER, L., M. SCHLUCK, S. KREFT, H. SOMMER, P. HOBSON, S. REICHEL, C. NOWICKI, W. BARTHLOTT & P.L. IBISCH (2013a): Nature conservation: priority-setting needs a global change. *Biodiversity and Conservation* 22: 1255–1281. (Special issue Forest Biodiversity Conservation in a Changing Climate, Freiburg Conference).

FREUDENBERGER, L., P.R. HOBSON, S. RUPIC, G. PE'ER, M. SCHLUCK, J. SAUERMAN, S. KREFT, N. SELVA & P.L. IBISCH (2013b): Spatial road disturbance index (SPROADI) for conservation planning: a novel landscape index, demonstrated for the State of Brandenburg, Germany. *Landscape Ecology* 28: 1353-1369.

GEYER, J., I. KIEFER, S. KREFT, V. CHAVEZ, N. SALAFSKY, F. JELTSCH & P.L. IBISCH (2011): A classification of stresses to biological diversity caused by global climate change. *Conservation Biology* 25: 708-715.

GEIGER, L., S. KREFT & P.L. IBISCH (2012): Reducing blindspots: MARISCO, a planning approach that integrates risk management into biodiversity conservation. S. 153-212 in P.L. Ibisch, L. Geiger & F. Cybulla (Hg.): Global change management: knowledge gaps, blindspots and unknowables. Nomos, Sinzheim.

GEYER, J., L. STRIXNER, S. KREFT, F. JELTSCH & P.L. IBISCH (angenommen): Adapting conservation to climate change - feasibility and implementation in Brandenburg, Germany. *Regional Environmental Change*.

IBISCH, P.L. & P.R. HOBSON (Hg., 2014). MARISCO. Adaptive Management of vulnerability and Risk at Conservation sites. A guidebook for risk-robust, adaptive and ecosystem-based conservation of biodiversity. Centre for Economics and Ecosystem Management, Eberswalde (ISBN 978-3-00-043244-6).

IBISCH, P.L., S. KREFT & V. LUTHARDT (Hg., 2012): Regionale Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel: Strategien und methodische Ansätze zur Erhaltung der Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Brandenburg. (ISBN 978-3-00-038210-9.)

IBISCH, P.L., V. LUTHARDT, S. KREFT, N. NUSKO, L. STRIXNER & P. ARNDT (2014): Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel in Brandenburg. Empfehlungen für Entscheidungsträger.. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde. 29 S. (ISBN 978-3-00-045824-8)

IBISCH, P.L., P.R. HOBSON & S. KREFT (2012): The European nature conservation network Natura 2000 in meeting uncertain challenges of climate change: Applying principles of complex systems and ecosystem



theory. 131-152 in Ibisch, P.L., L. Geiger & F. Cybulla (Hg.): Global change management: knowledge gaps, blindspots and unknowables. Nomos, Sinzheim.

IBISCH, P. & S. KREFT (2010): Vulnerability of biodiversity conservation to climate change: the example of protected areas. S. 110 in: W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hg.): Continents under climate change. Conference on the occasion of the 200th anniversary of the Humboldt-Universität zu Berlin. Abstracts of Lectures and Posters of the Conference. April 21-23, 2010, Berlin. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam. (PIK Report 115.)

IBISCH, P.L., B. KUNZE & S. KREFT (2009): Biodiversitätserhaltung in Zeiten des (Klima-) Wandels: Risiko-management als Grundlage eines systemischen, nichtwissenbasierten Naturschutzes. S. 44-62 in P. Spathelf & R. Kätzel (Hg.): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassungsstrategien. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg, Potsdam, und Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Eberswalde. (Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 42.)

KREFT, S. & P.L. IBISCH (2013): Die MARISCO-Methode zur ökosystembasierten Anpassung an den Klimawandel (Centre for Economics and Ecosystems), S. 146-147 in: BMVBS, BBSR & BBR (2013): Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Berlin/ Bonn. 193 S.

LUTHARDT, V. & P.L. IBISCH (Hg., 2013): Naturschutz-Handeln im Klimawandel: Risikoabschätzungen und adaptives Management. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde. 136 S. (ISBN 978-3-00-043708-3).

LUTHARDT, V. & P.L. IBISCH (Hg., 2014): Naturschutz-Handeln im Klimawandel: Risikoabschätzungen und adaptives Management. 2., überarbeitete Auflage. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde. 138 S. (ISBN 978-3-00-045233-8).

MEIER-UHLHERR, R., N. NUSKO, V. LUTHARDT 2014: Moore im Klimawandel. S.266-276 in: Luthardt, V., J. Zeitz (Hg.): Moore von Brandenburg und Berlin. Natur & Text.

Selva, N., A. Switalski, S. Kreft, P.L. Ibisch (angenommen): Why keep areas road free? The importance of roadless areas. In R. van der Ree, D.J. Smith & C. Grilo (Hg.): Road ecology. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey.

LUTHARDT, V., S. KREFT, J. BLATT, L. STRIXNER & P.L. IBISCH (2010): Adaptation of governmental nature conservation management to climate change in Brandenburg (NE-Germany). S. 117 in: W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hg.): Continents under climate change. Conference on the occasion of the 200th anniversary of the Humboldt-Universität zu Berlin. Abstracts of Lectures and Posters of the Conference. April 21-23, 2010, Berlin. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), Potsdam. (PIK Report 115.)

LUTHARDT, V., S. KREFT, L. STRIXNER, J. BLATT, & P.L. IBISCH (2012): Naturschutz und Klimawandel in Brandenburg. Bausteine für die Anpassung der Ziele. S. 12-13 in H. Korn, U. Feit & R. Schliep (Hg.): Biodiversität und Klima. Vernetzung der Akteure in Deutschland VIII. Ergebnisse und Dokumentation des 8. Workshops. (BfN-Skripten 307.)

NUSKO, N., P. ARNDT & V. LUTHARDT (2014): Naturschutz im Klimawandel – Risikoabschätzung für ausgewählte Ökosysteme im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg), S. 64-66 in: Horst Korn, Kathrin Bockmühl und Rainer Schliep (Hrsg.) Biodiversität und Klima - Vernetzung der Akteure in Deutschland X – Ergebnisse und Dokumentation des 10. Workshops, BfN-Skripten 357, Bundesamt für Naturschutz, Bonn- Bad Godesberg. 119 S.

REYER, C., J. BACHINGER, R. BLOCH, F. HATTERMANN, P.L. IBISCH, S. KREFT, P. LASCH, W. LUCHT, C. NOWICKI, P. SPATHELF, M. STOCK & M. WELP (2012): Climate change adaptation and sustainable regional development: A case study for the Federal State of Brandenburg, Germany. Regional Environmental Change 12: 523-542.

SELVA, N., S. KREFT, V. KATI, M. SCHLUCK, B.-G. JONSSON, B. MIHOK, H. OKARMA & P. IBISCH (2011): Roadless and low-traffic areas as conservation targets in Europe. Environmental Management 48: 865-877.

SPATHELF, P., I. BASMER, A. BOLTE, H. ELSTER, E. FOOS, P.L. IBISCH, S. KREFT, J. MÜLLER, L. NEUMEISTER, D. OLDENDORF, I. PROFFT, J. ROCK, F. SETZER & N. ZACHARIAS (2009): Funktionen des Waldes im Klimawandel in der Diskussion – Konfliktfelder und Forschungsbedarf. S. 39-43 in Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (Hg.): Waldmanagement im Klimastress. Anpassungsstrategien im nordostdeutschen Tiefland.



STRIXNER, L., J. BLATT, S. KREFT, C. SCHULZ, P. L. IBISCH & V. LUTHARDT (2010): Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klima – Managementoptionen und Gestaltung der politischen Instrumentarien im Land Brandenburg. S. 39-42. In Korn, H., R. Schliep, J. Stadler (Hg.): „Biodiversität und Klima - Vernetzung der Akteure in Deutschland VI – Ergebnisse und Dokumentation des 6. Workshops“. BfN-Skripten 263. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

STRIXNER, L., J. BLATT, S. KREFT, C. SCHULZ, P.L. IBISCH & V. LUTHARDT (2010): Anpassung des administrativen Naturschutzes an den Klimawandel – Managementoptionen und Gestaltung der politischen Instrumentarien im Land Brandenburg. S. 39-42 in H. Korn, R. Schliep, J. Stadler (Hg.): Biodiversität und Klima. Vernetzung der Akteure in Deutschland VI. Ergebnisse und Dokumentation des 6. Workshops. (BfN-Skripten 263.)



Teilprojekt 17 - Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels

Projektleitung: Prof. Dr. Wolfgang Strasdas, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

I.1 Aufgabenstellung

Die Tourismuswirtschaft ist im Land Brandenburg in besonderem Maße auf die natürlichen Ressourcen angewiesen. Die Klimawandelprojektionen für Brandenburg lassen erwarten, dass vor allem der wirtschaftlich für das Land so bedeutsame Wassertourismus (Kanu-, Motorboottourismus) von den Klimaränderungen betroffen sein wird. Trockenere und wärmere Sommer könnten zu einer Veränderung des Wasserdargebotes und der Wasserqualität in der Hochsaison führen. Dies könnte Attraktivitätsverluste von Natur und Landschaft zur Folge haben, wodurch alle landschaftsbezogenen Tourismusformen beeinträchtigt würden. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass das Risiko für Extremwetterereignisse steigt (Starkregen, Hochwasser, Hitzewellen, Trockenperioden etc.), was zu Nutzungseinschränkungen von Gewässern in der Hochsaison führen könnte. Studien wie die Deutsche Anpassungsstrategie gehen andererseits – bedingt durch steigende Temperaturen – von einer Zunahme der Gästezahlen in den Sommermonaten in Deutschland aus. Von dieser Entwicklung könnte auch die Tourismuswirtschaft im Land Brandenburg profitieren.

Das Teilprojekt 17 Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels hatte die Zielsetzung, die Tourismusverantwortlichen im Land Brandenburg für das Thema Klimawandelanpassung und -schutz zu sensibilisieren, ihre Anpassungskompetenz sowohl an Risiken als auch an Chancen zu erhöhen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Tourismuswirtschaft im Land auch unter zukünftigen Klimabedingungen sicherzustellen und zu stärken. Auf Grund der besonderen Vulnerabilität lag der Fokus des Projektes auf dem Tourismussegment Wassertourismus.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus waren zu Projektbeginn erst ansatzweise erforscht worden. Ein besonderer Fokus lag dabei zum einen auf dem Wintersport, dem Badetourismus im Mittelmeer und im Pazifik sowie auf den globalen Auswirkungen des Klimawandels für die Tourismusbranche insgesamt. Für im Binnenland gelegene touristische Destinationen wie Brandenburg, in denen das Element Wasser eine besondere Rolle spielt und die gleichzeitig von Trockenheit in Folge des Klimawandels betroffen sind, waren hingegen bis zum Projektbeginn keine Studien veröffentlicht worden. Im Laufe des Projektes änderte sich diese Situation grundlegend, da zeitgleich eine Vielzahl von Studien und Projekten weltweit durchgeführt wurden. Eine Aufgabe im Rahmen des INKA BB-Projektes bestand daher darin, kontinuierlich neue Veröffentlichungen in ihrer Bedeutung für die eigene Projektarbeit zu analysieren und zu bewerten. Von besonderem Wert waren für die Projektarbeit Veröffentlichungen, die sich der Durchführung von Vulnerabilitätsanalysen und der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungskonzepten in Tourismusregionen und -unternehmen widmeten und die Erfolgs- und Hemmfaktoren hierbei diskutierten. Gleichzeitig trug das Projekt mit eigenen Veröffentlichungen zum Erkenntnisgewinn auf diesem Gebiet bei (vgl. Kapitel II.6).

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Die Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNE) Eberswalde fungierte im Projekt zum einen als wissenschaftlicher Partner zum anderen als Projektkoordinator. Sie hatte die Projektidee zusammen mit dem zweiten wissenschaftlichen Projektpartner des Projektes, dem Leibniz-



Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) und der Wirtschafts- und Tourismusentwicklungs-Gesellschaft (WITO) des Landkreises Barnim (Destinationsmanagementorganisation – DMO) entwickelt und beantragt.

Zu Projektbeginn berief die HNE einen Projektbeirat ein. Der Beirat bestand aus ExpertInnen für das Destinationsmanagement und des Gewässermanagements sowie VertreterInnen von Tourismusverbänden im Land Brandenburg. Hierzu zählten: Tourismus-Marketing Brandenburg GmbH, Landestourismusverband Brandenburg e.V., Wirtschaftsverband Wassersport Berlin-Brandenburg e.V., Landesumweltamt Brandenburg (Abteilung Großschutzgebiete, Regionalentwicklung Sachgebiet Tourismus und Großschutzgebiete & Referat Wasserrahmenrichtlinie, Hydrologie, Gewässergüte), Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (Referat 24 Sport, Bereich Wassersport), Landessportbund Brandenburg e.V. (Landesausschuss Sport und Umwelt) und der Bund für Umwelt und Naturschutz (Landesverband Brandenburg). Der Projektbeirat unterstützte die ProjektpartnerInnen insbesondere bei der Planung und Durchführung der Erprobungsprojekte.

Für die Durchführung des ersten Erprobungsprojektes: Klimaplastisches Destinationsmanagement arbeitete die HNE zwischen 2010 und 2015 (also noch über das Projektende hinaus) mit der Tourismus Marketing Uckermark (tmu) und verschiedenen Tourismusunternehmen der Region zusammen, die sich im Rahmen der Projektlaufzeit zum Netzwerk klimafreundlicher Tourismusunternehmen in der Uckermark zusammenschlossen. Der Projektpartner WITO Barnim schied im Jahr 2010 aus organisatorischen Gründen aus dem Projekt aus und wurde durch die tmu Uckermark ersetzt. Informations- und Sensibilisierungsveranstaltungen führten die HNE und die tmu zusammen mit dem DeHoGa (Deutscher Hotel- und Gaststättenverband) Brandenburg und der IHK Ost-Brandenburg durch, um die Aufmerksamkeit hierfür bei den Touristikern der Region zu erhöhen.

Im zweiten Erprobungsprojekt: Klimaangepasstes Unternehmensmanagement für KMU (Kleine und mittlere Unternehmen) beriet die HNE zwischen 2010 und 2012 die Tourismus-, Kultur- und Stadtmarketing (TKS) Lübben (Spreewald) sowie die Wassertourismusunternehmen „Biberburg Tours“, „Haus an der Havel“, „KanuSport Spree“ und „Marina Lanke“ an verschiedenen Standorten in Brandenburg und Berlin.

Das dritte Praxis- und Erprobungsprojekt: Erprobung eines tourismusbezogenen klimaangepassten Gewässermanagements Spree/Lausitz wurde von 2009-2012 selbständig vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei in Berlin durchgeführt.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Zur Erreichung der Zielsetzung des Projektes wurde das Vorhaben in insgesamt zehn Arbeitspakete untergliedert, die wie geplant durchgeführt wurden. Lediglich auf die Erstellung eines Leitfadens wurde verzichtet, da dies zu inhaltlichen Dopplungen mit einem zu diesem Zeitpunkt bereits begonnen Anschlussprojekt geführt hätte (vgl. II.4).

Die ersten fünf Arbeitspakete dienten der Herausarbeitung des Stands des Wissens zum Thema Klimawandelanpassung im Tourismus auf den Ebenen Destinations- und Unternehmensmanagement (Methodik, Erfolgs- und Hemmfaktoren etc.) sowie zum Aufbau eines Netzwerkes von Praxispartnern zur Durchführung der Erprobungsprojekte und der Etablierung eines Fachbeirats. Hierbei entstanden verschiedene Publikationen (vgl. STRASDAS 2012; STRASDAS & ZEPPENFELD 2011+ 2012). Auf Grundlage der Literaturlauswertung entwickelte die HNE eine eigene Methodik zur Durchführung von Vulnerabilitätsanalysen von Tourismusregionen und -unternehmen und zur Entwicklung von Anpassungskonzepten (vgl. Strasdas & Zeppenfeld 2015).

Die Arbeitspakete 6 bis 8 dienten der Erprobung eines klimaangepassten Destinationsmanagements, eines tourismusbezogenen klimaangepassten Gewässermanagements und eines kli-



maangepassten Unternehmensmanagements im Bereich Wassertourismus. Die Erprobungsprojekte bildeten den Kern der Projektarbeit. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeitspakete werden daher im Folgenden detaillierter vorgestellt.

Maßnahme	Beschreibung
Workshop, Beratung und Ausstellung „Klimaschutz & Energieeffizienz im Tourismus“	Vorstellung konkreter Möglichkeiten der Energieeinsparung sowie Maßnahmen im Klimaschutz, Vermittlung praktischer Handlungsoptionen in der Hotellerie und im Gastgewerbe
Workshop „Klimafreundliche Mobilität in der Uckermark“	Vorstellung innovativer, klimafreundlicher Mobilitätsangebote und -konzepte, Diskussion möglicher Lösungen für die Region
Checkliste klimafreundliche Anbieter	Erarbeitung eines Kriterienkatalogs für Klimafreundliche/-neutrale Angebote und einer Checkliste für klimafreundliche Leistungsträger in der Uckermark
Werbung, PR-Arbeit (Flyer, Film, Internet)	Erarbeitung des Flyers „Natürlich Uckermark – Ferien für’s Klima“ Erstellung eines Films „INKA BB/Touristisches Destinations- und Unternehmensmanagement im Zeichen des Klimawandels“ Aufbau projektbegleitender Internetseiten
Netzwerktreffen Klimafreundlicher Anbieter in der Uckermark	Präsentation der Kriterienkataloge Klimafreundliche/-neutrale Angebote & Checkliste für klimafreundliche Leistungsträger in der Uckermark, Entwicklung von Bausteinangeboten bzw. Angebotselementen & klimafreundlichen Pauschalen
MoorFutures	Vorstellung des Projekts „MoorFutures“ der Flächenagentur Brandenburg und des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur Kompensation von CO ₂ -Emissionen eines Betriebes, die sich nicht vermeiden lassen. Seit 2013 wird dieses Angebot von Tourismusbetrieben aus der Uckermark genutzt.
Klimaneutrale tmu	Im Rahmen einer studentischen Projektarbeit wurde ein Klimaschutzkonzept speziell für die tmu erarbeitet. Die Organisation erhielt eine Übersicht über ihre derzeitigen CO ₂ -Emissionen und Empfehlungen zur Verbesserung ihrer CO ₂ -Bilanz. Erste Verbesserungsmaßnahmen konnten bereits in der Projektlaufzeit umgesetzt werden (z.B. klimaneutraler Druck von Werbebrochüren).
Klimasonderpreis Uckermark 2013	Ausschreibung des Klima-Sonderpreis, Ermittlung des Gewinners mit Hilfe einer selbst entwickelten Kriterienliste (Gewinner: Gutshof Kraatz (Ferienwohnungen, Gastronomie), Flusslandschaft Reisen (lokaler Reiseveranstalter)

Tabelle 17.1: Ergebnisse des Arbeitspakets 6 (Destinationsmanagement)



Arbeitspaket 6 - Erprobung eines klimaangepassten Destinationsmanagements

Im Arbeitspaket 6 (2010-2013) erarbeitete die HNE Eberswalde eine Vulnerabilitätsanalyse und entwickelte in Abstimmung mit den regionalen Akteuren ein Anpassungskonzept für die Tourismusregion Uckermark. Folgende übergeordnete Anpassungsstrategien wurden den lokalen Akteuren im Rahmen eines Auftakt-Workshops erläutert und vorgeschlagen:

- Anpassung an die physikalischen Risikofaktoren Wasserknappheit und Extremwetterereignisse
- Klimaschutz als strategischer Ansatz zur Nutzung der Chancen, welche die gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels bieten (Klimafreundliche/-neutrale Uckermark).

Der partizipative Workshop ergab seitens der regionalen Projektpartner eine klare Präferenz für das Thema Klimaschutz als Anpassungsstrategie, welches daher im Laufe der folgenden Projektarbeit im Vordergrund stand. Die Anpassungserprobung wurde während der gesamten Laufzeit von der HNE gesteuert und koordiniert, in enger Absprache und Zusammenarbeit mit dem Hauptpraxispartner Tourismus Marketing Uckermark (tmu) und unter größtmöglicher Einbindung der touristischen Leistungsträger. Die in Tabelle 17.1 dargestellten Maßnahmen konnten bis zum Ende des Erprobungsprojektes (Mai 2013) realisiert werden. Die Tabelle verdeutlicht, dass sowohl Maßnahmen zur Sensibilisierung/Weiterbildung als auch zur Produktentwicklung, zur Qualitätssicherung und zur destinationsinternen und -externen Kommunikation durchgeführt wurden. Der nachhaltige Projekterfolg wurde dadurch befördert, dass ein themenbezogenes Netzwerk zum Klimaschutz („Klimafreundliche Tourismusanbieter“) während der Projektlaufzeit in der Region etabliert werden konnte.

Arbeitspaket 7 - Tourismusbezogenes klimaangepasstes Gewässermanagement

Im Rahmen des Erprobungsprojektes Tourismusbezogenes klimaangepasstes Gewässermanagement erforschten Wissenschaftler des IGB zwischen 2009 – 2012 beispielhaft anhand der Krummen Spree, welche Auswirkungen die wassertouristische Nutzung von Fließgewässern auf die Selbstreinigungsaktivität von Muscheln hat. Diese Selbstreinigungsfähigkeit ist eine wichtige Ökosystem-Dienstleistung in verunreinigten und vielfach genutzten Gewässern. Das Erprobungsprojekt sollte herausarbeiten, welche maximale touristische Nutzung mit Booten auf der Krummen Spree die Filtrationsaktivität von Muscheln noch nicht beeinträchtigt. Mit Hilfe eines eigens entwickelten hydro-ökologischen Modellierungsansatzes konnte gezeigt werden, dass durch das typische Bootsaufkommen in der Krummen Spree die Selbstreinigungsaktivität in Abhängigkeit von der Muschelart, der Gewässertiefe, Häufigkeit von Bootspassagen und der Fahrgeschwindigkeit herabgesetzt wird. Bei den heutigen Umwelt- und Nutzungsbedingungen ist diese Minderung jedoch gering. Sollte es durch den Klimawandel zu einer verringerten Wasserführung der Krummen Spree im Sommer bei einer gleichzeitigen Zunahme des Bootsaufkommens kommen, sind zukünftig größere Auswirkungen auf die Selbstreinigungskapazität der Muscheln zu erwarten. Mittels der hydro-ökologischen Modellierung leiteten die Forscher abschließend Empfehlungen für geeignete Bootstypen und Uferabstände sowie für die maximale Geschwindigkeit von Booten ab. Die Ergebnisse des Erprobungsprojektes wurden in verschiedenen Publikationen veröffentlicht (vgl. LORENZ et al. 2012 & 2013, LORENZ 2012).

Arbeitspaket 8 - Klimaangepasstes Unternehmensmanagement im Bereich Wassertourismus

Im Rahmen des Erprobungsprojektes Klimaangepasstes Unternehmensmanagement im Bereich Wassertourismus wurden zwischen 2011 und 2012 für fünf regionale Unternehmen (KMU) aus dem Bereich Wassertourismus individuelle Konzepte erarbeitet. Zwei Konzepte waren umfassendere Anpassungskonzepte mit proaktiven Anpassungsempfehlungen für die Bereiche Risikomanagement und Klimaschutz. Drei weitere Konzepte fokussierten auf Wunsch der Unter-



nehmen allein auf das Thema Klimaschutz als Anpassungsstrategie. Die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen lag in der Hand der Unternehmer. Die Qualität und damit der Nutzen der Betriebskonzepte hingen stark von den betriebsinternen Informationen ab, die von den einzelnen Betrieben für die Analyse zur Verfügung gestellt wurden. Neben der Komplexität der Konzepterstellung stellte dies die größte Schwachstelle des Erprobungsprojekts dar, da die meisten Betriebe entweder nicht über die notwendigen Daten verfügten oder aber ihre Daten nicht zur Verfügung stellten. Eine abschließende Evaluation des Erprobungsprojektes zeigte, dass fast keine der empfohlenen Maßnahmen von den Unternehmen umgesetzt worden waren. Die Unternehmen begründeten dies mit „anderen Prioritäten“ im Betrieb und der kurzen Projektlaufzeit. Lediglich ein Unternehmen hatte angefangen, Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen und sich auch im Anbieternetzwerk für klimafreundliche Angebote in der Uckermark zu engagieren. Im Rahmen der Projektarbeit stellte sich jedoch heraus, dass die wassertouristischen KMU in Berlin-Brandenburg ein großes Interesse an allgemeinen Informationsveranstaltungen hatten, die im Rahmen des Erprobungsprojektes jedoch nicht vorgesehen waren. Die Unternehmen wurden daher auf Veranstaltungen aufmerksam gemacht, die im Arbeitspaket 6 in der Uckermark durchgeführt wurden, sowie auf Tagungen und Konferenzen, die im Rahmen eines anderen Projektes der HNE (KlimTechTour) zum Thema klimafreundliche Bootstechnologien zwischen 2009 und 2012 in der Region angeboten wurden. Darüber hinaus wurde drei Praxispartnern eine kostenlose individuelle Klimaschutz-Marketing-Beratung über ein anderes Förderprogramm für Nordostbrandenburg angeboten. Dieses Angebot nahmen zwei Unternehmen in Anspruch.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das für das Teilprojekt 17 geplante Budget entsprach den Kosten zur Durchführung der Projektausgaben und wurde – wie im vorherigen Kapitel dargestellt – planmäßig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Für die Durchführung des Projektes konnte die HNE Eberswalde nicht auf eigene Mittel zurückgreifen. Das Projektbudget diente der Finanzierung der Projektleitung, des wissenschaftlichen Personals und von Sach- und Reisekosten.

Arbeitspaket 9 - Ableitung von praxiserprobten klimaangepassten Modellstrategien für Destinationen und Unternehmen

Arbeitspaket 9 hatte zum Ziel, die drei Erprobungsprojekte zu evaluieren und hierauf aufbauend praxiserprobte klimaangepasste Modellstrategien für Destinationen und Unternehmen abzuleiten. Grundlage hierfür bildete die Befragung aller der an den Erprobungsprojekten beteiligten Praxispartner und Wissenschaftler. Die Evaluation führte zu dem Ergebnis, dass das Projekt insgesamt wertvolle Erkenntnisse zur Klimawandelanpassung im Tourismus herausgearbeitet hat und gleichzeitig zur Sensibilisierung der Tourismuswirtschaft in Brandenburg für das Thema beitragen konnte. Es konnten sowohl Erfolgs- als auch Hemmfaktoren von Klimawandelanpassungsprozessen in Tourismusregionen und -unternehmen identifiziert werden, die auch für Tourismusakteure in anderen Destinationen von Interesse sein werden. Die wichtigsten Ergebnisse des Projektes wurden in verschiedenen Fachpublikationen veröffentlicht (vgl. LORENZ 2013; STRASDAS & ZEPPENFELD 2015; DICKHUT & ZEPPENFELD 2014; TOUSSAINT et al. 2014).

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die wesentlichen Projektergebnisse von Teilprojekt 17 wurden wie oben beschrieben in verschiedenen Fachpublikationen veröffentlicht (s. Kapitel II.6). Einige Ergebnisse wurden zudem im vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Anschlussprojekt *Entwicklung eines Weiterbildungsprogramms zur Anpassung der Tourismus-*



branche an die Herausforderungen durch den Klimawandel für die Fachöffentlichkeit aufbereitet und deutschlandweit verbreitet. Hierzu wurden zwei E-Learning-Kurse für Touristiker auf der Lernplattform www.udemy.com entwickelt und ein Unterrichtsmodul für Tourismusstudierende an Hochschulen erarbeitet und erprobt (www.zenat-tourismus.de). Auf einer Fachkonferenz im September 2014 in Potsdam hatten Experten und Touristiker die Möglichkeit, sich über eigene Erfahrungen mit der Klimawandelanpassung auszutauschen und zukünftige Handlungsbedarfe zu diskutieren (*Tourismus & Klimawandel in Mitteleuropa. Wissenschaft trifft Praxis*; siehe www.tourismus-klimawandel.de). Das Fachbuch *Klimawandel und Tourismus in Mitteleuropa*, welches im Jahr 2015 veröffentlicht wird, fasst die Kernergebnisse der beiden aufeinander aufbauenden Projekte zusammen und stellt sie abschließend der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung.

Die Uckermark gewann im Jahr 2013 den vom Bundesumweltministerium ausgeschriebenen Bundeswettbewerb „Nachhaltige Tourismusregionen“ (siehe www.bundeswettbewerb-tourismusregionen.de). Die im Rahmen von Arbeitspaket 6 durchgeführten Maßnahmen für einen klimafreundlichen Tourismus spielten dabei eine zentrale Rolle. Eine Anschlussfinanzierung der Tourismus-Marketing Uckermark ermöglichte im Jahr 2014 eine Konsolidierung und Fortführung der Entwicklung zu einer nachhaltigen Tourismusregion. In drei von der HNE Eberswalde moderierten Workshops wurde ein touristisches Nachhaltigkeits-Leitbild für die Uckermark erarbeitet und verabschiedet, in dem Klimaschutz eine prominente Position innehat.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Trifft nicht zu

II.6 Veröffentlichungen

STRASDAS, W. & ZEPPENFELD, R. (Hrsg.) (2015): *Klimawandel und Tourismus in Mitteleuropa*. Springer-Gabler Verlag. Wiesbaden. (Im Erscheinen).

STRASDAS, W. (2015): *Klimawandel, Energieeffizienz und Tourismus*. In: REIN, H. & STRASDAS, W. (Hrsg.) (2015): *Nachhaltiger Tourismus*. UTB-Verlag. Stuttgart.

DICKHUT, H. & ZEPPENFELD, R. (2014): Erfolgs- und Hemmfaktoren der Klimawandelanpassung in Tourismusunternehmen. Ergebnisse eines Erprobungsprojektes in Brandenburg. In: MAHAMMADZADEH, M., BARDT, H., BIEBELER, H., CHRISCHILLES, E., STRIEBECK, J. (Hrsg.): *Unternehmensstrategien zur Anpassung an den Klimawandel - Theoretische Zugänge und empirische Befunde*. Oekom. München, S. 165-176.

TOUSSAINR, V., MEISER, M., SCHERFKE, W., KADEN, S., STEINHARDT, U., DICKHUT, H., ZEPPENFELD, R., SCHERBER, K., JEHN, M., LANGNER, M., ENDLICHER, W., WITT, C. & KNIERIM, K. (2014): INKA BB – Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin. In: BIEBELER, H. et al. (Hrsg.): *Wege zur Anpassung an den Klimawandel – Regionale Netzwerke, Strategien und Maßnahmen*. Warlich Druck. Meckenheim, S. 67 – 84.

GRAEBER, D., PUSCH, M., LORENZ, S., BRAUNS, M. (2013): Cascading effects of flow reduction on the benthic invertebrate community in a lowland river. In: *Hydrobiologia*, Vol. 717, 1, pp. 147-159.

LORENZ, S. (2013): *The ecological carrying capacity of a lowland river section for boating tourism*. (= Dissertation im Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie der Freien Universität Berlin). Unter: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000013186/Dissertation_Lorenz_FU_Publication.pdf.

LORENZ, S., GABEL, F.; DOBRA, N., PUSCH, M. (2013): Modelling the effects of recreational boating on self-purification activity provided by bivalve mollusks in a lowland river. In: *Freshwater Science*, Vol. 32, 1, pp. 82-93.

LORENZ, S., PUSCH, M. (2013): Filtration activity of invasive mussel species under wave disturbance conditions. In: *Biological Invasions*, Vol. 15, 12, pp. 2681-2690.

LORENZ, S., PUSCH, M. (2012): Estimating the recreational carrying capacity of a lowland river section. In: *Water Science and Technology*, Vol. 66, 9, pp. 2033-2039.

STRASDAS, W. (2012): Ländlicher Tourismus und Klimawandel. In: REIN, H. & SCHULER, A. (Hrsg.): *Tourismus im ländlichen Raum*. Springer Gabler. Wiesbaden, S. 343-365.



STRASDAS, W. & ZEPPENFELD, R. (2012): Kapitel 13.2.5 Tourismus: Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversitäts- und Naturschutzziele. In: MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, G.P., SCHALLER, M., STRIBRNY, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. WBG. Darmstadt, S. 354-358.

ZEPPENFELD, R. & STRASDAS, W. (2012): Erfolgsfaktoren von Klima-Anpassungsprozessen in Tourismusregionen. Erste Ergebnisse einer Sekundäranalyse. Eberswalde (= Zwischenergebnisse aus dem INKA BB-Projekt Tourismus, August 2012). Unter: www.zenat-tourismus.de.

ZEPPENFELD, R. & STRASDAS, W. (2011): Die Empfindlichkeit der Wassertourismusbranche in Brandenburg gegenüber den Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels – Ergebnisse einer Befragung von Unternehmen und Wassersportlern. Eberswalde (= 1. Zwischenergebnisse aus dem INKA BB-Projekt Tourismus 17, Mai 2011). Unter: www.zenat-tourismus.de.



Teilprojekt 18 - Innovative Technik für effiziente Bewässerung im Pflanzenbau

Projektleitung: Dr. Annette Prochnow, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB)

I.1 Aufgabenstellung

Unter den Bedingungen des Klimawandels ist in Brandenburg mittelfristig mit höheren Temperaturen, veränderten saisonalen Niederschlagsverteilungen und einer Zunahme der negativen klimatischen Wasserbilanz zu rechnen (BALDOCK et al. 2000, GERSTENGARBE et al. 2003). Mit einer Jahresniederschlagssumme von unter 600 mm ist Brandenburg bereits jetzt das trockenste Bundesland. Laut Klimaszenarien soll diese bis 2055 auf unter 450 mm pro Jahr absinken. Hinzu kommt, dass die in Brandenburg vorherrschenden glazial bedingten Sandböden nicht in der Lage sind, Wasser in größeren Mengen zu speichern. Damit ist die Pflanzenproduktion in Brandenburg während der Frühjahrs- und Sommermonate stark wasserlimitiert, verbunden mit einer Zunahme des Ertragsrisikos (siehe Extremjahre 2003, 2006, 2007). Eine regionale Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel zur Sicherung der Wasserversorgung in der Pflanzenproduktion und damit zur Minimierung des Anbaurisikos und Sicherung der Ertragsstabilität ist die Zusatzbewässerung, verbunden mit einem effizienten Wassereinsatz unter Beachtung der regionalen Wasserverfügbarkeit und der Erhaltung des Landschaftswasserhaushalts. In Brandenburg werden gegenwärtig nur 2,1 % der Ackerfläche bewässert (Deutschland: 2,6 %, DESTATIS (2011)).

Ziel des Teilprojektes war der optimale Einsatz knapper Wasserressourcen durch eine Effizienzsteigerung der Bewässerung im Pflanzenbau durch

- die Bereitstellung von Innovationen in der Pflanzenproduktion, um den steigenden Zusatzwasserbedarf zu begrenzen und die Verfahren der Pflanzenproduktion an die abnehmende Wasserverfügbarkeit anzupassen,
- die Weiterentwicklung von Verfahren zur bedarfsgerechten, effizienten Steuerung des Zusatzwassereinsatzes in der Pflanzenproduktion und im Feldgemüsebau zur Sicherung einer hohen Ertragswirksamkeit des Zusatzwassereinsatzes im Pflanzenbau,
- die effiziente Nutzung der sich verknappenden und vertuernden Ressource Wasser durch Anpassung und Innovation in bestehenden Technologien,
- die Unterstützung von unternehmerischen Entscheidungen bei Installation und Betrieb von Bewässerungsanlagen nach standörtlichen, technischen und ökonomischen Kriterien.

Geplante Produkte des Teilprojektes waren:

- ein internetgestütztes Informations- und Beratungssystem für die operative schlag- und fruchtartspezifische Bewässerungssteuerung,
- ein PC-gestütztes, interaktives Simulations- und Planungsmodell als Entscheidungsunterstützungssystem für die schlagspezifische Ermittlung der Bewässerungseignung sowie ein Software-Tool zur schlagspezifischen Ermittlung des Zusatzwasserbedarfes, und
- Handlungsempfehlungen zu Auswahl und Einsatz von Bewässerungssystemen.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Bewässerung ist nur unter bestimmten technischen und auf den Landschaftswasserhaushalt bezogenen Voraussetzungen möglich und ökonomisch sinnvoll. Landwirtschaftliche Betriebe müssen zunächst entscheiden, ob sie die Bewässerung auf ihren Flächen einsetzen wollen. Voraussetzung dafür ist die Bewässerungseignung, die als schlagspezifischer Parameter abhängig ist von Wasserverfügbarkeit, Zusatzwasserbedarf, technische Umsetzbarkeit, Zusatzaufwand



und Zusatznutzen. Den Betrieben steht dafür kein fundiertes Instrumentarium zur Entscheidungsfindung zur Verfügung. Entsprechende wissenschaftliche Modelle und Methoden sind vorhanden, müssen jedoch angepasst, erweitert, mit aktuellen Daten untersetzt, für die Praxis aufbereitet und in einem anwenderfreundlichen Entscheidungsfindungsprozess zusammengeführt werden. Bei Bewässerungseignung muss sich der Betrieb für ein geeignetes Bewässerungssystem entscheiden. Die Bewässerung erfolgt in Deutschland gegenwärtig überwiegend in Form der Beregnung. Üblich sind hier Kreis-, Linear und Schlauchtrommelberegnung. Je nach Beregnungssystem werden aber nur 40 – 60 % des Wassers pflanzenwirksam. Die hohen Betriebsdrücke und der Antriebsleistungsbedarf für die Bewegung der Beregnungssysteme bedingen einen hohen Energieaufwand. Eine weitere Bewässerungsmethode, die wasser- und energiesparend ist, ist die Tropfbewässerung, bei der das Wasser fast ohne Druck direkt an die Pflanzen abgegeben wird, bei einer Wasserausnutzung von bis zu 95%. Die Tropfbewässerung ist aber mit höheren Investitionskosten und höheren Arbeitszeitaufwendungen verbunden. In Deutschland spielt die Tropfbewässerung im Freiland mit 10.000 ha bisher eine untergeordnete Rolle. Sie wird fast ausschließlich in hochpreisigen Kulturen wie Wein, Obst, Gemüse und Kartoffeln angewendet. Für die Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Bewässerungssystemen ist ein umfassender Vergleich der Verfahren erforderlich. Hier wurden die Schlauchtrommelberegnung und die Tropfbewässerung auf Parzellen und begleitend im betrieblichen Einsatz untersucht. Für die Bewertung wurden die erhobenen Daten und darüber hinaus betriebliche Datensammlungen (z.B. KTBL, HANFF 2010), Daten des Deutschen Wetterdienstes und Bodenkarten verwendet.

Für die Ermittlung des fruchtart- und standortabhängigen Zusatzwasserbedarfs kann auf die Methode nach Roth (ROTH 1991, 1993; TGL 46200/03, 1990). zurückgegriffen werden. Da diese aber für Bedingungen der 1980/1990er Jahre ausgelegt ist, muss gerade im Hinblick auf gegenwärtige und zukünftige Zeitperioden bis 2050, die für die Rekonstruktion und Neueinrichtung von Bewässerungsanlagen interessant sind, eine Anpassung an den Klimawandel und an sich ändernde Fruchtfolgen mit neuen Fruchtarten erfolgen.

Für eine ökonomisch effektive Steuerung der Zusatzwassermengen verbunden mit einem sparsamen Einsatz zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Menge kann auf verschiedene Beratungssysteme bzw. -modelle zurückgegriffen werden. Die meisten Beregnungsmodelle wie die Geisenheimer Bewässerungssteuerung (http://botanik.forschungsanstalt-geisenheim.de/uploads/media/Geisenheimer_Steuerung.pdf), das Modell ZEPHYR (Michel und Dannowski, 2014), das Modell LBEG des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Hannover (http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=709&article_id=746&psmand=4) und das Beregnungsmodell des DWD (<http://www.dwd.de/beregnung>) basieren hauptsächlich auf der Steuerung nach der Bodenfeuchte. BEREST-90 schließt den ontogeneseabhängigen Zusatzwasserbedarf der Pflanze über die Berücksichtigung des Quotienten aus aktueller zu potenzieller Evapotranspiration mit ein und ist damit den anderen Methoden inhaltlich voraus, wie auch experimentelle Methodenvergleiche zur Beregnungssteuerung in Hamerstorf im Rahmen von KLIMZUG-NORD (<http://klimzug-nord.de>) gezeigt haben. Aus diesem Grund wird sich bei den Projektarbeiten auf die Neugestaltung und Weiterentwicklung des Systems BEREST-90 auch unter Einbeziehung bewässerungstechnologischer Fragen konzentriert.

Literatur

DESTATIS (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: – Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente (Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden (EKLPM)). Statistisches Bundesamt Fachserie3, Heft 5, 132 S.

FEDDES, R.A.; WIJK, A.L.M. VAN (1976): An integrated model approach to the effect of water management on crop yield. Agricultural water management 1, 3-20.



- GOUDRIAAN, J.; VAN LAAR, H.H. (1978): Calculation of daily totals of the gross CO₂ assimilation of leaf canopies. *Neth. J. agric. Sci.* 26, p. 373-382.
- HANF (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg]. Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Reihe Landwirtschaft, Band 11, Heft VIII.
- MICHEL, R., DANNOWSKI, R. (2014): Using Soil-Water-Plant Models to Improve the Efficiency of Irrigation. In: Mueller, L. et al. (eds.): *Novel Measurement and Assessment Tools for Monitoring and Management of Land and Water Resources in Agricultural Landscapes of Central Asia*. Springer International Publishing Switzerland, pp. 379-387.
- MIRSCHER, W.; WENKEL, K.-O. (2004): System zur operativen computergestützten Beregnungseinsatzsteuerung (BEREST 90). In: Lüttger, A. (Hrsg.): *Pilotprojekt Beregnung des Landes Brandenburg (4. Brandenburger Beregnungstag, Güterfelde, 27.11.2003)*, LVL des Landes Brandenburg, S. 39-50
- MIRSCHER, W.; WENKEL, K.-O. (2006): Eindimensionales Bodenfeuchte und Evapotranspirationsmodell als Basis einer computergestützten operativen Beregnungseinsatzsteuerung. In: GNAUCK, A. (Hrsg.): *Modellierung und Simulation von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2004*. (Berichte aus der Umweltinformatik), Shaker Verlag Aachen, S. 158-180
- Roth, D. (1991): Grundlagen und Methodik zur Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beregnung. *Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft Frankfurt /M.*, 26, H.2, 40-54
- ROTH, D. (1993): Richtwerte für den Zusatzwasserbedarf in der Feldberegnung. *Schr.-Reihe der Thür. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Jena*, H.6, 53-86
- TGL 46200/03, (1990): Verfahren der Pflanzenproduktion, Beregnung - Ermittlung des Zusatzwasserbedarfs, TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen, DDR), TGL 46200/03, 1990, 30 S.
- WENDLING, U.; SCHELLIN, H.-G.; THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. *Z. f. Meteorologie* 41, S. 486-474
- WENKEL, K.-O. ; BERG, M.; MIRSCHER, W.; WIELAND, R.; NENDEL, C.; KÖSTNER, B. (2013): LandCaRe DSS: an interactive decision support system for climate change impact assessment and the analysis of potential agricultural land use adaptation strategies. - *Journal of Environmental Management*.127 (Supplement): S168-S183
- WENKEL, K. O.; MIRSCHER, W. (1991): BERSIM und BEREST 90 Modelle zur Simulation der Bodenfeuchte und Evapotranspiration sowie zur operativen Beregnungseinsatzsteuerung im integrierten Landbau. *Agrarinformatik (Informationsverarbeitung Agrarwissenschaft)*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1991) Bd. 21, S. 349- 360

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Am Teilprojekt waren Partner aus Wissenschaft und Praxis mit den angegebenen Aufgaben und Beiträgen beteiligt:

- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) e.V.
Koordination des Teilprojektes; Netzwerkarbeit und Wissenstransfer; Durchführung von Parzellenversuchen mit unterschiedlichen Bewässerungsvarianten (Tropfbewässerung, Beregnung, ohne Bewässerung), Bewertung von Bewässerungsverfahren
- Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.
internetgestütztes Informations- und Beratungssystem zur optimierten Bewässerungseinsatzsteuerung; interaktive Softwarelösung zur Ermittlung des fruchtart- und schlag-spezifischen Zusatzwasserbedarfs; Netzwerkarbeit und Wissenstransfer
- IRRIGAMA Projektgesellschaft Dr. Schörling & Partner
Programmierung des Systems zur Bewässerungseinsatzsteuerung; Beregnungsberatung in mehr als 35 landwirtschaftlichen Betrieben zum operativen Bewässerungseinsatz und in ca. 10 Betrieben zur Beantragung von Wasserrechten für die Bewässerung; Nutzung der Systeme nach Ablauf der Projektlaufzeit; Organisation und Durchführung der jährlichen Winterschulungen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt



- **Nimbus AGRICULTUAL ENGINEERING**
Berechnungsberatung in landwirtschaftlichen Betrieben; inhaltliche Mitarbeit bei der Interfacegestaltung des internetgestützten Systems IRRIGAMA.WEB
- **Deutscher Wetterdienst – Agrarmeteorologie Leipzig**
Aufbereitung und Bereitstellung der aktuellen und prognostischen Wetterdaten verschiedener für die Systemerprobung notwendigen DWD-Stationen
- **Landesbauernverband**
Wissenstransfer und Mitwirkung bei Implementierung und Verbreitung der Ergebnisse in der Praxis, wie z.B. die jährlich stattfindenden Berechnungstage
- **Sächsische Landesanstalt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)**
gemeinsame messtechnische Erschließung und Erprobung der Tropfbewässerung sowie Messungen zur Bodenfeuchtedynamik in der Agrargenossenschaft eG Zodel
- **Landwirtschaftliche Betriebe (Agrargenossenschaft eG Zodel, Agrar GmbH Märkisch Bensdorf, GbR Groß Germersleben, Gutsverwaltung Kantow/Blankenburg GbR, Oehmland Agrargesellschaft mbH)**
Ermöglichung der Durchführung von begleitenden Versuchsanstellungen, Untersuchungen und Messungen zur Bewässerung, zu Boden- und zu Klimagrößen in den Betrieben; Erfassung und Bereitstellung von betriebsspezifischen Daten; Betriebsführungen zur Bewässerung bei Kartoffeln (Agrargenossenschaft eG Zodel).

Die ursprünglich im Antrag einbezogenen Industriepartner Netafim Deutschland und damit die Exner Handels GmbH zogen zu Projektbeginn wegen betrieblicher Belange ihre Beteiligung am Vorhaben zurück. Dies wurde im Netzwerk durch die Gewinnung neuer Partner und eine veränderte Versuchsanstellung ausgeglichen.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Das Teilprojekt umfasste vier Arbeitspakete: (1) Abschätzung der Bewässerungseignung von Ackerflächen, (2) Bewertung von Bewässerungssystemen, (3) Optimierte Bewässerungssteuerung und (4) Netzwerkarbeit und Wissenstransfer.

Abschätzung der Bewässerungseignung von Ackerflächen

Im Arbeitspaket sollten unter Nutzung der Ergebnisse zur Bewässerungssteuerung (Arbeitspaket 3) und Verfahrensbewertung (Arbeitspaket 2) die Kriterien-Komplexe Zusatzwasserbedarf, technische Umsetzbarkeit, Zusatzaufwand und Zusatznutzen modelliert und in ein Entscheidungsunterstützungssystem integriert werden. Zu Projektbeginn ergab sich in diesem Arbeitspaket eine wesentliche Änderung dadurch, dass am ZALF bereits innerhalb des Entscheidungsunterstützungssystems LandCaRe-DSS ein umfangreiches Tool zur Abschätzung der Bewässerungseignung entwickelt wurde, so dass der Aufbau eines eigenständigen Systems durch das ATB inzwischen nicht mehr sinnvoll erschien. Das vorhandene System am ZALF besaß bereits eine Grundstruktur und umfangreiche Datenbanken.

Ungeachtet dessen wurde durch das ZALF zusätzlich für die Bestimmung des fruchtart- und schlagspezifischen Zusatzwasserbedarfs eine auf dem LandCaRe-DSS basierende eigenständige Softwarelösung (Modell ZUWABE) geschaffen.

Das Modell ZUWABE (ZUsatzWAsserBEdarf) wurde entwickelt, um unter anderem den in Zukunft zu erwartenden Zusatzwasserbedarf als Grundlage für die Rekonstruktion vorhandener bzw. die Anlage von neuen Bewässerungsanlagen wissenschaftlich begründet zu ermitteln.

Das Modell ZUWABE basiert in großen Teilen auf der in der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) entwickelten Methodik zur Ermittlung der fruchtart(FA)- und standortspezifischen Zusatzwasserbedarfsrichtwerte (WBR(FA)) (Roth, 1991, 1993; TGL 46200/03, 1990).



Berücksichtigung finden dabei die fruchtartsspezifische Berechnungszeitspanne, die fruchtartabhängige Durchwurzelungstiefe, die standorttypabhängige Bodenwasserbereitstellung und Durchwurzelbarkeit sowie die standörtlichen langjährigen und aktuellen Niederschläge. Die durchschnittlichen Berechnungszeitspannen (BZ) wurden fruchtartsspezifisch auf der Grundlage von Modell- und Feldversuchen durch Roth (1993) ermittelt. Alle Richtwerte sind dabei auf eine hohe Ertragswirksamkeit der Bewässerung bei einer gleichzeitig effektiven Zusatzwasserausnutzung orientiert. Die Gruppierung der Standorttypen hinsichtlich des Bodenwasserbereitstellungsvermögens (BWBV) erfolgt dabei in vier Gruppen: „niedrig“, „mittel“, „hoch“, „sehr hoch“ (TGL46200/03, 1990). Die WBR(FA) werden im ersten Schritt bezogen auf das 30jährige Mittel der Niederschlagsverteilung im Berechnungszeitraum der jeweiligen Fruchtart im mitteldeutschen Tiefland (NBZ, 1961-1990(TL)) mit dem 30jährigen Mittel der Niederschlagsverteilung des konkreten Standortes (NBZ, 1961-1990(ST)) korrigiert. Von diesem Wert werden dann zum einen die Differenz der Klimatischen Wasserbilanz (KWB) zwischen dem vergangenen Zeitraum 1961-1990 (KWB₁₉₆₁₋₁₉₉₀) und dem jeweils betrachteten Zeitraum (KWB_{30jZ}), berechnet jeweils als 30jähriges Mittel, subtrahiert. Aus FACE (Free Air Carbon Enrichment) - Experimenten ist bekannt, dass mit steigenden atmosphärischen CO₂-Gehalten die pflanzliche Transpiration rückläufig ist. Dieser Umstand wird bei der Abschätzung des Zusatzwasserbedarfs für in der Zukunft liegende Zeiträume berücksichtigt, da er sich bezogen auf den Zusatzwasserbedarf sparend auswirkt. Zur Berücksichtigung dieses Effekts wird ausgehend von 380 ppm der wassersparende Einfluss des jährlich zwischen 1,5 - 2,0 ppm zunehmenden CO₂-Gehaltes in seiner transpirationssenkenden Wirkung mit einem Wirkungsfaktor (FCO₂ = f(CO₂)) abgeschätzt. Der Zusatzwasserbedarf (ZWB(FA)) ergibt sich somit aus:

$$ZWB(FA) = WBR(FA) \frac{N_{BZ,1961-1990}(TL)}{N_{BZ,1961-1990}(ST)} - \Delta KWB - (CO_2 - 380) \cdot F_{CO_2}$$
$$\Delta KWB = KWB_{30jZ} - KWB_{1961-1990}$$

Die für die Berechnung der KWB notwendige potenzielle Verdunstung wird dabei nach Wending (1991) aus Temperatur und Globalstrahlung berechnet. Die Globalstrahlung wird nach dem Algorithmus von Goudriaan & van Laar (1978) aus der Sonnenscheindauer ermittelt.

Da das Modell ZUWABE eingebettet ist in eine Bedienumgebung, die auch ein Navigieren über größere Zeitschienen zulässt, sind Zusatzwasserbedarfsermittlungen auch für in der Zukunft liegende Zeiträume möglich, was für die Nutzungsplanung von Bewässerungsanlagen und -systemen über längere Zeiträume besonders unter dem Blickwinkel der Klimaänderung sehr wichtig ist. Dabei ist ein Zugriff auf verschiedene Klimadaten bis 2100 und verschiedene Emissionsszenarien (A1B, B1) möglich.

Das Modell ZUWABE besteht aus einem in C++ geschriebenen Programmkern, welcher entweder in eine andere Softwareumgebung wie z.B. LandCaRe-DSS integriert werden kann oder über ein Rahmensteuerprogramm, wie hier realisiert, eine eigenständige Softwarelösung darstellt. ZUWABE ist hier als Kommandozeilenapplikation für Windows ausgeführt, wobei von einem Standard-Parametersatz ausgegangen wird, der interaktiv nutzerdefiniert geändert werden kann

Die Softwarelösung des Modells ZUWABE wurde während der Projektlaufzeit durch die IRRIGAMA Projektgesellschaft Dr. Schörling & Partner unter Praxisbedingungen bei der Beantragung von Wasserrechten für die Rekonstruktion bzw. die Neubeantragung von Bewässerungsanlagen in einzelnen Betrieben erfolgreich erprobt und mehrfach angewendet.

Am ATB wurde aufbauend auf den Versuchsergebnissen ergänzend und vertiefend zur Softwarelösung des Modells ZUWABE ein Modul zur ökonomischen Bewertung von Bewässerungssystemen erarbeitet und in das bestehende internetgestützte Fachinformationssystem Sunreg



integriert. Weiterführend wurde am ATB ein System zur Wasserbilanzierung in landwirtschaftlichen Betrieben entwickelt, das die Abbildung von Wasserzu- und -abflüssen in Betrieben sowie deren Zuordnung zu landwirtschaftlichen Produkten und die Kalkulation von betrieblichen Indikatoren wie Wassereffizienz, Wasserproduktivität, Wassernutzungsgrad und Spezifischer Technischer Wasserzufluss ermöglicht. Mit diesem System kann die Bewässerung im Gesamtzusammenhang betrieblicher Wasserbilanzen betrachtet werden. Das Arbeitspaket wurde dem Zeitplan entsprechend abgeschlossen.

Bewertung von Bewässerungssystemen

Zu Projektbeginn ergaben sich Änderungen hinsichtlich der geplanten Feldversuche, da der Industriepartner Netafim seine Zusage zurückzog, einen Landwirtschaftsbetrieb mit einer Tropfbewässerungsanlage auszustatten. Daher war der ursprünglich geplante großflächige und fruchtfolgebezogene Vergleich von vorhandenen Beregnungsanlagen und einer eigens installierten Tropfbewässerungsanlage nicht möglich. Der alternativ entwickelte Ansatz beinhaltete die Aufteilung der Feldversuche in Parzellenversuche und betriebliche Begleituntersuchungen. In den Parzellenversuchen wurden in der Versuchsstation Berge der Humboldt-Universität zu Berlin die ursprünglich vorgesehenen Bewässerungsverfahren und Kulturen untersucht (Tropfbewässerung, Beregnung und fehlende Bewässerung in Mais und Kartoffeln). Definierte Bedingungen ermöglichten hierbei eine exakte Flächenbewirtschaftung und Datenerfassung. Parallel dazu wurden in landwirtschaftlichen Betrieben mit vorhandener Bewässerungstechnik praxisrelevante Daten erhoben. Hierbei handelte es sich zum einen um Aufwandskennzahlen wie Wasser- und Energieverbrauch, Arbeitszeitbedarf, Betriebs- und Ausfallzeiten oder Reparaturkosten und zum zweiten um die Erlöse, die sich aus den Erträgen und erzielten Erzeugerpreisen ergeben. Da die Datenerhebung im einzelnen Betrieb weniger aufwendig war als das gesamte ursprüngliche Versuchsprogramm, konnten mehrere Betriebe einbezogen und somit ein größeres Spektrum natürlicher und betrieblicher Bedingungen abgedeckt werden.

Das ATB führte gemäß Versuchsplan Parzellenversuche mit drei Bewässerungssystemen in der Versuchsstation Berge durch. Auf den Parzellen wurden jeweils die Varianten Tropfbewässerung, Beregnung und keine Bewässerung in Mais (Sorte Lukas) und Kartoffeln (Sorte Gunda bzw. Gala) in dreifacher Wiederholung auf Zusatzwasserbedarf, Erträge und Qualität untersucht. Zudem wurde die Tropfbewässerungsanlage durch eine Fertigungsanlage ergänzt. Im Versuchsverlauf wurde kontinuierlich die pflanzliche Entwicklung und die Entwicklung des Bodenwassergehaltes in den Parzellen erfasst und zur Bewässerungssteuerung entsprechend des pflanzlichen Wasserbedarfs genutzt. Bei der Ernte wurden neben den Erntemengen und den Trockenmassegehalten des Ernteguts auch eine Reihe wichtiger Qualitätsparameter bestimmt. Diese waren unter anderem bei Kartoffeln der Stärkegehalt, der Rohproteingehalt und die Gehalte an Kalium, Phosphat, Magnesium, Nitrat und Ascorbinsäure, und bei Silomais die Futtermittelenergiegedichten.

In allen fünf Partnerbetrieben wurden Daten zum Wasser-, Energie- und Arbeitszeitbedarf und zu den Erträgen erhoben. In Zodel, Kantow und Groß Germersleben wurden detaillierte Arbeitszeitstudien zur Tropfbewässerung und Schlauchtrommelberegnung durchgeführt. Die detaillierte Auswertung der Arbeitszeitstudien und der betrieblichen Daten zur Tropfbewässerung beim Kartoffelanbau in unterschiedlichen Konfigurationen ergab, dass Zeitaufwand (Abbildung 18.1) und Kosten (Abbildung 18.2) der Tropfbewässerung beträchtlich variieren können.

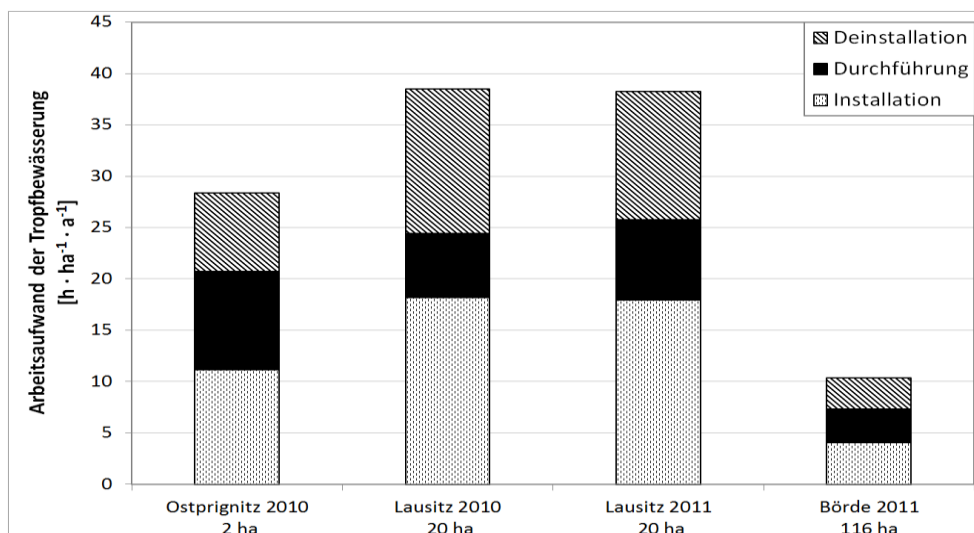


Abbildung 18.1: Arbeitszeitaufwand für den Einsatz der Tropfbewässerung in drei landwirtschaftlichen Betrieben in Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt

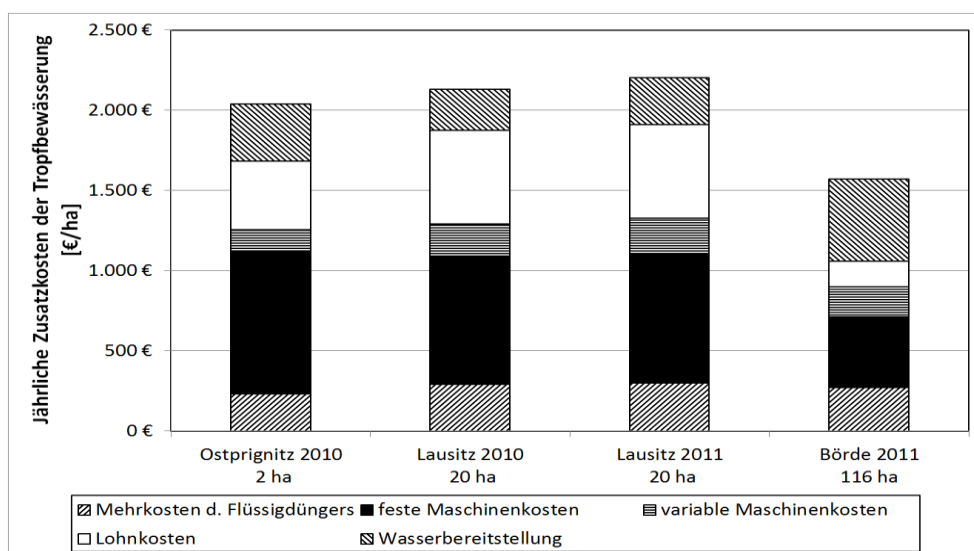


Abbildung 18.2: Jährliche Zusatzkosten für die Tropfbewässerung mit Fertigation im Kartoffelanbau in drei landwirtschaftlichen Betrieben

Die untersuchten Systeme unterschieden sich insbesondere bezüglich der Haltbarkeit und Langlebigkeit der Schläuche, der Art der Verlegung (in der Dammkrone oder in die Gräben zwischen den Dämmen) und der Dimensionierung der Schlauchverlegemaschinen (2- oder 6-reihig). Dabei erwiesen sich bezüglich des Arbeitszeitaufwands insbesondere die Art der Verlegung und die Langlebigkeit der Schläuche als entscheidend. Die Investitionskosten für die Schläuche bedingten den hohen Kostenaufwand. In Abhängigkeit von den erzielbaren Mehrerlösen durch höhere Erträge und verbesserte Qualität kann die Tropfbewässerung bei effizienter Verfahrensgestaltung die Rentabilitätsschwelle erreichen.

Optimierte Bewässerungssteuerung

Unabdingbare Voraussetzung für eine schlag- und fruchtartbezogene Steuerung des operativen Bewässerungseinsatzes mit dem Ziel „more crop per drop“ sind Informationen zum vergangenen und künftigen Witterungsverlauf, zum Boden und zur Bodenfeuchtedynamik, zum Pflanzenentwicklungszustand sowie zu Bewässerungstechnologie.



Aufbauend auf BEREST-90, einem computergestützten System zur operativen Beregnungseinsatzsteuerung aus den 1980/1990er Jahren, das all diese Anforderungen ausreichend berücksichtigt und sich mit seinen speziellen Steueralgorithmen in seiner Praxisanwendung bewährt hat, liegt mit dem in diesem Projekt entwickelten System IRRIGAMA.WEB eine als Prototyp ausgeführte webbasierte Weiterentwicklung vor, die auch den neuesten Wissensstand auf den Gebieten Bewässerung, Boden, Pflanze und Anbaumanagement berücksichtigt. IRRIGAMA.WEB wurde unter Nutzung der gegenwärtig verfügbaren informationstechnologischen Möglichkeiten programmiert. Es baut auf den bewährten Modulen und Algorithmen von BEREST-90 auf und ergänzt diese um weitere Modelle und Algorithmen, die insgesamt zu einem noch effektiveren Zusatzwassereinsatz bei sich ändernden Klimabedingungen, veränderten Preis-Kosten-Relationen und sich weiterentwickelnden Bewässerungstechnologien führen werden. Einbezogen wurden auch neue pflanzenbauliche und pflanzenphysiologische Kenntnisse zu den wichtigsten aktuell angebauten Fruchtarten und Sorten. Kernmodul von IRRIGAMA.WEB ist ein eindimensionales dynamisches Bodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodell für die gesamte durchwurzelbare Bodenschicht, das zum einen die Bodenfeuchtedynamik in einer Schichtauflösung von 1 cm und zum anderen sowohl die aktuelle als auch die potenzielle Evapotranspiration (AET bzw. PET) abbilden kann. Grundlage bildet das Bodenfeuchtemodell nach KOITZSCH/GLUGLA, das um Algorithmen zur Berücksichtigung des kapillaren Aufstiegs für grundwassernahe Standorte und um Bausteine für die Berücksichtigung unterschiedlicher Bewässerungsverfahren, wie z.B. Tropfbewässerung erweitert wurde. Wenn aktuell verfügbar, können auch schlagbezogene gravimetrische oder per Sensor gemessene Bodenfeuchtemesswerte in das System eingepflegt werden, die dann zur aktuellen Modellanpassung an die realen Bedingungen im Boden führen. Die schlagspezifische Steuerung des Zusatzwassereinsatzes hinsichtlich Zusatzwassermenge und Ausbringungszeitraum erfolgt auf der Grundlage des Quotienten AET/PET als Maßstab der Wassermangelstressbelastung. Fruchtartsspezifische ontogeneseabhängige Steuerkurven (AET/PET-Grenzwert, Bedeckungsgrad, maximale Wasserentnahme- bzw. Durchwurzelungstiefe, PET-Korrektur, Bewässerungseffektivität) und Bodencharakteristika (Feldkapazität, permanenter Welkepunkt, Grundwasserstand) sowie bewässerungstechnische und Kenngrößen (Beregnungsturnus, minimal und maximal mögliche Gabenhöhe, mögliche Gabenabstufung) bilden die Grundlage des Empfehlungsmoduls in IRRIGAMA.WEB. Die für Getreide, Hackfrüchte, Hülsenfrüchte, Ölfrüchte, Futterpflanzen, Obst und Gemüse sowie Sonderkulturen für durchschnittliche Wachstumsbedingungen vorliegenden fundierten Steuerkurven werden an die jahresspezifischen Wetter- und Wachstumsbedingungen angepasst. Die Steuerung nach dem Quotienten AET/PET, der nach FEDDES & WIJK (1976) eine signifikante Beziehung zur Ertragsgröße aufweist, ist im Bereich der Bewässerungseinsatzsteuerung neu und ermöglicht eine verbesserte Abschätzung des tatsächlichen Wasserversorgungszustandes eines Pflanzenbestandes sowie eine höhere Effektivität des Zusatzwassereinsatzes. Abbildung 18.3 zeigt ein Beispiel für die Beregnungssteuerung bei Kartoffeln.

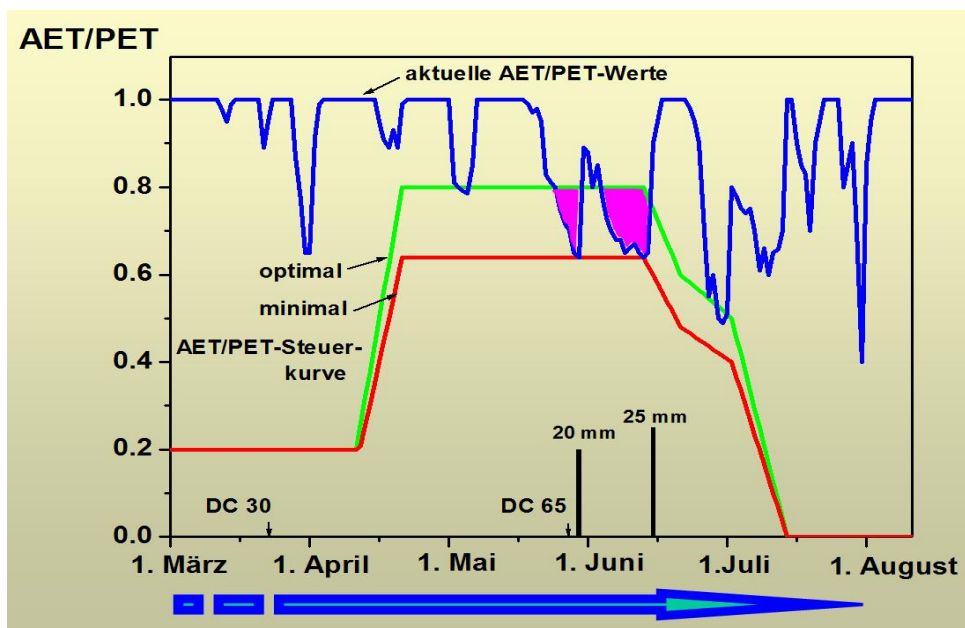


Abbildung 18.3: Steuerstrategie zum Einsatz der Zusatzbewässerung für Kartoffeln (Beispiel)

Durch die in IRRIGAMA.WEB gewählte Steuerstrategie wird gewährleistet, dass die ursprünglich starre Steuergröße „Bodenfeuchte“ einen dynamischen Charakter annimmt. Praktisch bedeutet das, dass während eines geringen Verdunstungsanspruchs der Atmosphäre (z. B. geringe Temperatur, hohe Luftfeuchte, geringe Strahlung) eine relativ niedrige Bodenfeuchte ausreichend ist, während im Fall eines hohen Verdunstungsanspruchs (z.B. hohe Temperatur, intensive Strahlung, geringe Niederschlagswahrscheinlichkeit) auf das Einstellen einer relativ hohen Bodenfeuchte orientiert wird. Bei Schlägen, die gerade bewässert werden, wird überprüft, ob aufgrund eingetretener Wetteränderungen die bereits begonnene Zusatzbewässerung fortgesetzt, unterbrochen oder abgebrochen werden sollte.

In Fortentwicklung des bestehenden Systems wurden in IRRIGAMA.WEB folgende Neuerungen und Erweiterungen vorgenommen:

- automatische Übernahme von aktuellen und prognostischen Wetterdaten aus dem Stationsnetz des DWD,
- Schnittstelle zur Übernahme von Wetterdaten aus betriebseigenen Wetterstationen,
- Integration eines Simulationsmodus zum Nachrechnen der Bewässerungssaison für Analysezwecke und Schwachstellenerkennung und zur Durchführung von zukünftigen Simulationsrechnungen,
- Modul zur Abschätzung der Ertragswirkung und der möglichen ökonomischen Effektivität der Zusatzwassergabe als Grundlage für Rang- und Reihenfolgeentscheidungen beim Zusatzwassereinsatz bei knappen bzw. begrenzten Wasserressourcen,
- Korrektur- und Eingabemöglichkeiten für Steuerkurven vorhandener und neuer Beregnungskulturen,
- Visualisierung des Verlaufs der Bewässerungssaison und der aktuellen Situation auf den Bewässerungsschlägen incl. graphisch gestützter Empfehlungsausgabe,
- Speicherung und Verfügbarmachung aller während der Beratungssaison gesammelten, berechneten und empfohlenen Daten für eine detaillierte Produktionsanalyse und mögliche Sekundärauswertung.

Die technische Umsetzung des prototypischen Systems IRRIGAMA.WEB besteht aus einer Server- und einer Client-Komponente. IRRIGAMA.WEB ist sowohl auf Server- als auch Clientseite in der Programmiersprache Clojure/Clojurescript (<http://clojure.org>) implementiert, welche auf der Server-Seite in einer Java-Umgebung läuft und auf Client-Seite im Webbrowser Javascript



als Laufzeitumgebung verwendet. Die Trennung in Server- und Client-Komponenten ermöglicht es für die Zukunft auf Client-Seite mehrere alternative und/oder spezialisierte Client-Applikationen anzubinden, wie z.B. für Mobiltelefone zur operativen Dateneingabe durch den Nutzer vor Ort auf dem Feld.

Die Serverseite unterteilt sich dabei in zwei Komponenten, den IRRIGAMA.WEB Webservice, welcher in jedem beliebigen Java Web Application Container ausgeführt werden kann. Der Webservice nutzt als Datenspeicher eine Datomic Datenbank (<http://www.datomic.com>). Beide Systeme, der Webservice als auch die Datenbank, können in unterschiedlichen Cloud-Services oder optional auch traditionell auf einem einzelnen Server installiert werden.

Aufgrund der Umsetzung als Single Page Application fühlt sich die Nutzung der Web-Applikation ähnlich an wie eine traditionelle Desktop-Applikation, da die eigentliche Webseite nur beim ersten Mal geladen werden muss. Anschließend wird die gesamte Kommunikation mit dem Server im Hintergrund durchgeführt.

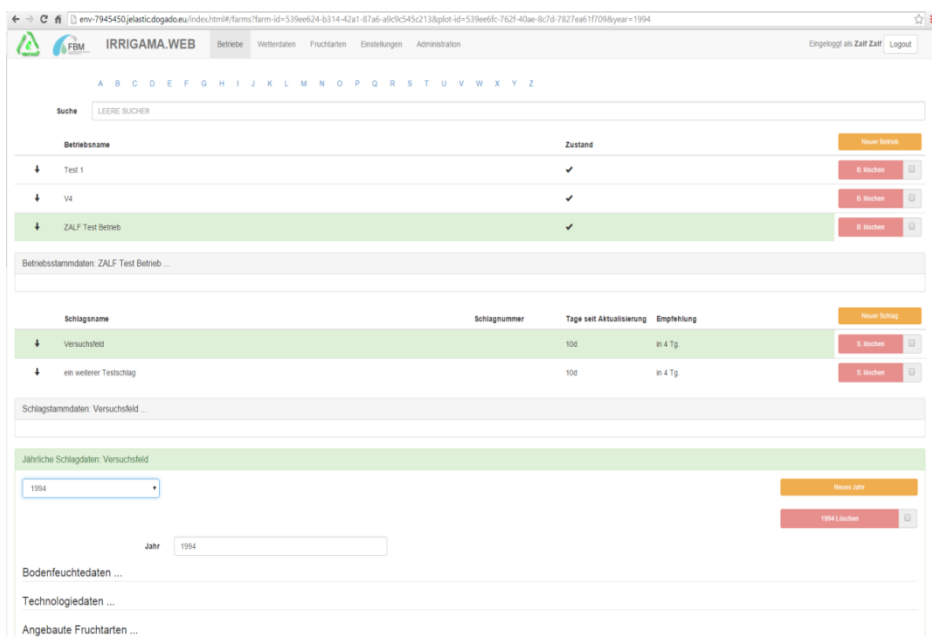


Abbildung 18.4: Interaktive IRRIGAMA.WEB – Maske zur Eingabe von Betriebs- und Schlagdaten.

Das Konzept der IRRIGAMA.WEB Nutzeroberfläche besteht darin, dass für den täglichen Einsatz alle relevanten Informationen über die Start-Seite mit möglichst wenig „Klicks“ erreicht werden. Abbildung 18.4 zeigt die Startseite/Betriebsseite von IRRIGAMA.WEB mit einem in grün ausgewählten Betrieb. Im oberen Bereich kann mit Hilfe einer Filterfunktion die Liste der Betriebe eingeschränkt werden, was besonders für Berater mit vielen Betrieben hilfreich ist. Direkt unter dem Bereich der Betriebsstammdaten erscheint eine Liste der für den Betrieb verfügbaren Schläge. Für den ausgewählten Schlag erscheinen zwei Bereiche mit Schlagstammdaten und sich jährlich verändernden Schlagdaten. Letzterer Bereich enthält die Empfehlungsinformationen, den Kern von IRRIGAMA.WEB. Im Bereich der Schlagstammdaten definiert der Nutzer Informationen zum Schlag, wie z.B. die Bodendaten oder eine schlagnahe Wetterstation. Der für die tägliche Arbeit mit IRRIGAMA.WEB wichtigste Bereich beinhaltet die sich jährlich verändernden Schlaginformationen. Jedes Jahr müssen hier Informationen wie die Start-Bodenfeuchte, die verwendete Beregnungstechnologie, die im Jahr angebauten Fruchtarten und gegebene Bewässerungsgaben definiert werden. Besonders wichtig für möglichst korrekte Beregnungsempfehlungen sind dabei das Verfolgen des realen Ontogenese-Verlaufes der angebauten Fruchtart und das Einpflegen dieser Information durch den Nutzer in das System.

In Abbildung 18.5 ist der zentrale Teil von IRRIGAMA.WEB abgebildet, welcher den Verlauf der Beregnungssaison zeigt. Die Visualisierung zeigt standardmäßig die fruchtartspezifische



AET/PET-Steuerkurve (grün) und die aktuelle AET/PET-Kurve (lila). In der Abbildung sind Niederschläge hellblau, Berechnungsgaben dunkelblau und die Verdunstung orange dargestellt. Die rote Linie auf der rechten Seite stellt dar, bis zu welchem Zeitpunkt gemessene Wetterdaten vorliegen, der gelbe Bereich rechts daneben stellt den Prognosezeitraum dar. Zur Information lassen sich wahlweise über zusätzlich Kurven zur Bodenfeuchtedynamik in verschiedenen Tiefen und die Steuerkurven einblenden.



Abbildung 18.5: Interaktive IRRIGAMA.WEB – Maske zur schlagbezogenen Empfehlungsberechnung

Ein besonderer Fokus wurde bei der Entwicklung von IRRIGAMA.WEB darauf gelegt, das ganze System modular zu gestalten, so dass es in Zukunft in vielen Kontexten eingesetzt und in andere Programmsysteme einfach eingebunden werden kann, wie z.B. das Entscheidungsunterstützungssystem LandCaRe-DSS (Wenkel et al., 2013).

Das System IRRIGAMA.WEB bietet dem Systemnutzer (Landwirt/ Berater) damit:

- eine fruchtart- und schlagspezifische Abschätzung und Prognose der Bodenfeuchte sowie der Versickerung,
- die Ermittlung und Prognose der Verdunstung sowie der aktuell bestehenden und prognostisch zu erwartenden Wasserstressbelastung der Pflanzenbestände,
- die Berechnung des aktuellen und prognostisch zu erwartenden Zusatzwasserbedarfs,



- die Berechnung und Bereitstellung aktueller schlagspezifischer Bewässerungsempfehlungen
- die Ermittlung der maximal zulässigen Regengabenhöhe zur Vermeidung von Sickerwasser- und Nährstoffauswaschungsverlusten,
- die Möglichkeit von Simulationsrechnungen und von aktuellen Kosten-Nutzens-Abschätzungen sowie
- die Möglichkeit der Datenspeicherung und Datenauswertung zu Zwecken der Produktionsanalyse und Sekundärauswertung.

Das Arbeitspaket wird ab der Bewässerungssaison 2015 im Rahmen der Beratung durch die IRRIGAMA Projektgesellschaft Dr. Schörling & Partner im praktischen Einsatz genutzt. Die nun beginnende praktische Nutzung von IRRIGAMA.WEB wird für das rechnergestützte System eine weitere Testphase für dessen Funktionalität darstellen.

Netzwerkarbeit und Wissenstransfer

Während der Beantragung und Durchführung des Vorhabens wurde ein Netzwerk von Partnern aus Wissenschaft und Praxis aufgebaut (siehe unter I.5), zwischen denen regelmäßig Beratungen stattfanden. Im Projektverlauf wurden in einer Reihe von Veranstaltungen die gewonnenen Erkenntnisse an potenzielle Anwender vermittelt. Zu den Transferaktivitäten gehörten Vorträge auf jährlichen Beregnungstagen, Winterschulungen, Feldtagen, der Brandenburgischen Landwirtschaftsausstellung BraLa und Anwenderkonferenzen. Die Ergebnisse wurden außerdem in praxisnahen Medien (z.B. Bauernzeitung) und der wissenschaftlichen Fachliteratur veröffentlicht.

Die Projektergebnisse wurden dauerhaft in die Lehre integriert. Am Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der Humboldt-Universität wurde das Modul „Wassermanagement in der Landwirtschaft“ mit 4 SWS eingerichtet. Die Bewässerung ist einer der Schwerpunkte des Moduls, das Vorlesungen, praktische Übungen und Exkursionen umfasst und unter Einbindung von Projektergebnissen aus dem Teilprojekt umgesetzt wird.

An der Hochschule in Bernburg wurde im Rahmen der landwirtschaftlichen Ausbildung der Lehrzyklus „Bewässerungslandbau“ installiert. In die fachliche Ausgestaltung waren und sind sowohl Mitarbeiter aus dem Projektbearbeitungsteam als auch Vertreter der IRRIGAMA Projektgesellschaft Dr. Schörling & Partner integriert. Gegenwärtig wird gemeinsam an einem Lehrbrief „Bewässerungsmanagement“ für diesen Vorlesungszyklus gearbeitet.

Anwender der Projektergebnisse bzw. der Projektprodukte sind Landwirtschafts- und Gartenbaubetriebe, die eine Zusatzbewässerung bereits einsetzen oder für die Zukunft planen, die landwirtschaftliche Beratung und landwirtschaftliche Verbände, der Fachverband Feldberegnung, Planungs- und Beratungsbüros, Wasserwirtschaftsverbände und Behörden in den Bereichen Landnutzung und Wasserwirtschaft. Den in das Projekt integrierten Unternehmen und Beispielsbetrieben kommt bei der Verstetigung der Anwendung der Projektergebnisse die Hauptrolle zu.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget war ausreichend und wurde planmäßig verwendet.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war zur Erreichung der Projektziele notwendig und angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Projektergebnisse sind für landwirtschaftliche Betriebe bei der Auswahl und beim Einsatz von Bewässerungsverfahren sowie bei der Wasserrechtsbeantragung von großem Nutzen. Der Einsatz effektiver Bewässerungstechnik und operativer Bewässerungseinsatzstrategien bringt



Ertragsstabilität und damit Produktionssicherheit im Anbau. In Bezug auf die Tropfbewässerung können erstmals fundierte Angaben zu den Aufwendungen und zu Möglichkeiten einer effizienten Verfahrensgestaltung gemacht werden. In das internetgestützte Fachinformationssystem Sunreg wurde ein Modul „Bewässerung“ integriert, welches auch dem nicht-wissenschaftlichen Anwender eine ökonomische Bewertung des Bewässerungseinsatzes ermöglicht. Landwirtschaftliche Betriebe erhalten eine größere Entscheidungssicherheit bei Investitionen in Bewässerungsanlagen. Die Vergabe von Fördermitteln für Investitionen in Bewässerungsanlagen kann objektiviert und auf Bewässerungsverfahren mit hoher Wassereffizienz, Verteilgenauigkeit und umweltschonendem bodennahen Austrag ausgerichtet werden. Infolge der Steigerung der Wassernutzungseffizienz beim Einsatz der optimierten Bewässerungssteuerung ergeben sich nicht nur ertragsstabilisierende sondern auch positive Umweltwirkungen, z.B. durch die Schonung der Landschaftswasserressourcen, ein reduziertes Nitratauswaschungsrisiko und einen verminderten Energieeinsatz. Es entsteht vermarktungsfähiges Know-how, das ausgehend von den theoretischen Grundlagen bis hin zur Softwarelösung eine auch international konkurrenzfähige Problemlösung darstellt. Erste internationale Nachfragen bestätigen dies, wie z.B. eines Bewässerungsunternehmens aus dem Gebiet Cherson (in der Ukraine, eines Apfelanbauverbandes aus Norditalien und der Firma LAND-DATA Eurosoft, ein seit 1986 bestehendes Unternehmen für Agrarsoftware. Diese internationalen Nachfragen sind ausgerichtet auf eine Nachnutzung von IRRIGAMA.WEB.

Im Rahmen des KMU-innovativ - Verbundprojekts „LandCaRe-DSS: Modellbasierte Werkzeuge für strategische und operationelle Maßnahmen der Bewässerung unter Klimawandel“ des BMBF werden die Ergebnisse bezüglich der Zusatzwasserbedarfsermittlung und der Bewässerungssimulation aus diesem Teilprojekt genutzt. Dabei geht es darum, dass Landwirte und Behörden durch Beratungsleistungen der Firma UDATA aus Neustadt/Weinstraße in die Lage versetzt werden sollen, mittelfristig (Zeitraum 10-20 Jahre) Entscheidungen zum Einsatz, den Potentialen und Folgen der Bewässerung im landwirtschaftlichen Betrieb (Landwirte) oder in agrarisch genutzten Räumen (Behörden) zu treffen.

Auf Initiative des Projektpartners IRRIGAMA Projektgesellschaft Dr. Schörling & Partner hat sich 2013 aus an der Bewässerung interessierten bzw. die Bewässerung anwendenden Agrarbetrieben gemeinsam mit Vertretern aus Behörden und der Praxisberatung der „Fachverband Bewässerungslandbau Mitteldeutschland e.V. (FBM)“ gegründet, der gegenwärtig schon über 30 Mitglieder zählt. Über diesen Verband werden die im Projekt erzielten Ergebnisse praxiswirksam und tragen unmittelbar zur mittel- bis langfristigen Anpassung der Agrarbetriebe an den Klimawandel bei.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Auf dem im Projekt bearbeiteten Gebiet gab es während der Durchführung des Vorhabens keine Fortschritte und Projekte bei anderen Stellen.

II.6 Veröffentlichungen

BERG, M. & W. MIRSCHEL (2013): Anpassung des interaktiven Berechnungsberatungssystems BEREST 90 an die Möglichkeiten des Internets. In: Nguyen Xuan Thin (Hrsg.): Modellierung und Simulation von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2012. (Berichte aus der Umweltinformatik), Shaker Verlag Aachen:247-256

GUTZLER, CARSTEN ET AL. (2015): Agricultural land use changes - a scenario-based sustainability impact assessment for Brandenburg, Germany. Ecological Indicators 48: 505-517.

KLAUSS, H. (2014): Wasser sparen kostet Arbeit. Bauernzeitung. 14. Woche 2014

MIRSCHEL, W.; H. KLAUSS, M. BERG, K.-U. EISENHUT, G. IßBRÜCKER, A. PROCHNOW, B. SCHÖRLING & K.-O. WENKEL (2014): Innovative Technologien für eine effiziente Bewässerung im Pflanzenbau. In: BACHINGER, J.; FISCHER, H.; FOHRMANN, R.; PFRIEM, R. (Hrsg.): Klimaanpassung in der Land- und Ernährungswirtschaft, oekom verlag,, München



- MIRSCHER, W.; R. WIELAND, K.-O. WENKEL, CH. GUDDAT & H. MICHEL (2013): Modellgestützte Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Zusatzwasserbedarf im Freistaat Thüringen bis 2050. In: Nguyen Xuan Thin (Hrsg.): Modellierung und Simulation von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2012. (Berichte aus der Umweltinformatik), Shaker Verlag Aachen: 1-19
- MIRSCHER, W.; R. WIELAND, K.-O. WENKEL, CH. GUDDAT & H. MICHEL (2013): Räumliche Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen auf Ertrag und Zusatzwasserbedarf landwirtschaftlicher Fruchtarten, dargestellt am Beispiel des Freistaates Thüringen. In: CLASEN, M.; KERSEBAUM, K.C.; MEYER-AURICH, A.; THEUVSEN, B. (Hrsg.): Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswissenschaft (Erhebung – Verarbeitung – Nutzung): Referate der 33. GIL Jahrestagung - 20.-21.02.2013, Potsdam, Lecture Notes in Informatics (GI-Edition) Vol. P-211: 203-206, Bonn (Köllen)
- PROCHNOW, A.; DRASTIG, K.; KLAUSS, H.; BERG, W. (2012): Water use indicators at farm scale: Methodology and case study. Food and Energy Security 1, 29-46, doi: 10.1002/fes3.6., <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.6.pdf>
- TROST, B.; KLAUSS, H.; PROCHNOW, A.; DRASTIG, K. (2014): Nitrous oxide emissions from potato cropping under drip irrigation in eastern Germany. Archives of Agronomy and Soil Science 60, 1519-1531.
- WENKEL, K.-O. (2014): Methoden zur operativen Steuerung des Zusatzwassereinsatzes in der Pflanzenproduktion - Stand und zukünftige Herausforderungen. In: Deubel, A., Orzessek, D. (Hrsg.): Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzenbestände unter den Bedingungen der Klimaerwärmung, internationale wissenschaftliche Konferenz am 18. und 19. Oktober 2012 in Bernburg-Strenzfeld. Hochschule Anhalt, Bernburg: 152-164.
- WENKEL, K.-O. (2012): Rechnen statt schätzen. In: Bauernzeitung, April 2012 (14. Woche)
- WENKEL, K.-O.; MIRSCHER, W.; BERG, M.; NENDEL, C.; WIELAND, R.; KÖSTNER, B.: Klimawandel - Fluch oder Segen für die Landwirtschaft? Erfahrungen mit dem LandCare-DSS für Regionen in Ostdeutschland, Schattenblick <http://www.schattenblick.de/infopool/umwelt/klima/uklfo379.html>
- WENKEL, K.-O.; W. MIRSCHER & M. BERG (2013): Von BEREST zu IRRIGAMA.net - neue Möglichkeiten für das Bewässerungsmanagement durch ein web-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem. Auf der Tagung "Bewässerungslandbau in Deutschland – Forschung trifft Anwendung", 24.-25.09.2013, TU Dresden, http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/ifhm/hydrologie/forschung/Projekte/saphir/workshop_2013f/vortrag_wenkel.pdf



Teilprojekt 19 - Methoden und Instrumentarien für nachhaltiges Wassermanagement in kleinen Einzugsgebieten im Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. Stefan Kaden, DHI-WASY GmbH

I.1 Aufgabenstellung

Die absehbaren Klimatrends mit weiter zurückgehenden Niederschlägen im Sommer und der Zunahme von Extremsituationen lassen eine Häufung klimatisch kritischer Situationen, wie längere Trockenzeiten und zunehmende Starkregen- und Hochwasserereignisse erwarten. In vielen kleineren Einzugsgebieten (<500 km²) sind mit den daraus resultierenden Wasserverfügbarkeitsproblemen zunehmende signifikante Wassernutzungskonflikte absehbar. Zugleich führt die zu erwartende Häufung und Zunahme von Starkregenereignissen in urbanen Gebieten (hier speziell im Raum Berlin und Umland) mit Mischkanalisation die Betreiber von Kläranlagen durch diese Stoßbelastungen vor erhebliche Probleme.

Diese Probleme sollten im Teilprojekt 19 exemplarisch am Beispiel typischer kleiner Einzugsgebiete untersucht werden – dem Fredersdorfer Mühlenfließ und dessen Nebengewässern im Umland Berlins mit wichtiger Funktion für den urbanen Berliner Raum, dem Greifenhainer Fließ in der Spreewaldregion mit Bergbaufolgelandschaft sowie im Einzugsgebiet des Nuthegrabens im südlichen Umland Berlins mit durch die Einstellung des Rieselfeldbetriebes stark reduziertem Wasserdargebot.

Mit der Entwicklung von geeigneten und tragfähigen Vorschlägen zum Umgang mit den wasserwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels und von technischen Lösungen für die Anpassung daran sollte zur Minderung der Anfälligkeit der Region für negative Klimawirkungen, zur gerechteren Verteilung der klimabedingten Lasten und zur Stärkung der regionalen Wettbewerbsfähigkeit durch eine klimaverträgliche Entwicklung beitragen werden. Folgende Hauptprodukte sollten entstehen:

- Exemplarisches nachhaltiges Wassermanagementkonzept für kleine Einzugsgebiete,
- Pilotanlagen für Wasserrückhalt (z. B. Einstau von Oberflächenwasser und Starkregenabflüssen, gewässernahe Speicher) inkl. Monitoringsystemen zum Nachweis der Wirksamkeit der Maßnahmen und zur Systemsteuerung,
- Handlungsempfehlungen für die Erstellung von wasserwirtschaftlichen Managementplänen, Erhaltungsplänen und Monitoringkonzepten in kleinen Einzugsgebieten,
- Tools für die wasserwirtschaftliche Planung und Bewirtschaftung,
- Konzept für die Anpassung bestehender und Entwicklung neuer institutioneller Steuerungsmechanismen (organisatorisch, finanziell, rechtlich und kooperativ) zur Förderung des Wasserrückhalts in kleinen Einzugsgebieten.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Das Teilprojekt baut zu einem großen Teil auf bekannten Methoden und Technologien des Wassermanagements in kleinen Einzugsgebieten auf. Vertiefende wissenschaftliche Untersuchungen sind in erster Linie aus der Sicht der Gewässergüte erforderlich (z.B. Quell-/ Senkenverhalten bei Wasserbeaufschlagung in Niederungen). Bisher kaum betrachtet wurden die klimabedingt zu erwartenden verschärften Konflikte, die zugleich zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Lösungsansätze zwingen. Defizite bestanden insbesondere bei innovativen Rückhalte- und Speichersystemen, Bewirtschaftungsverfahren für kleine Einzugsgebiete unter Ausschöp-



fung aller Retentionspotentiale in der innerjährlichen Variation, angepassten Monitoring-, Steuerungs- und Entscheidungsunterstützungssystemen.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Fredersdorfer Mühlenfließ

Die Vernetzung des Projektes mit regionalen Akteuren im Untersuchungsraum war ein fortlaufender Prozess über die gesamte Laufzeit des Projektes. Aufgrund der vielfältigen Interessenlagen am Fredersdorfer Mühlenfließ (FMF) war es ein wichtiger Baustein der vorliegenden Forschung, die bestehenden Interessen und Konflikte am Gewässer zu identifizieren und namentlich zu benennen. Einen großen Anteil an der Vernetzung in der Region trägt die durch das IRS Erkner durchgeführte Akteursanalyse. Diese beruht auf einer Vielzahl an Interviews, die mit den unterschiedlichen AkteurInnen durchgeführt wurden. Eines der Ziele der Akteursanalyse war die Identifizierung relevanter Akteurskonstellationen und die Untersuchung bestehender Wassernutzungskonflikte. Dies bildete die Grundlage für das weitere Vorgehen im Projektverlauf und die Festlegung der notwendigen Ansprechpartner im Gebiet. Folgende Akteure sind Bestandteil des entstandenen Netzwerkes am Fredersdorfer Mühlenfließ:

- Landesamt für Umwelt, Geologie und Verbraucherschutz Brandenburg,
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ,
- Untere Wasserbehörden der Landkreise Märkisch-Oderland und Oder-Spree,
- Untere Naturschutzbehörde Märkisch Oderland,
- Wasser- und Bodenverband Stöbber-Erpe,
- Gemeinden Petershagen/Eggersdorf, Fredersdorf-Vogelsdorf, Schöneiche b. Berlin,
- Städte Strausberg und Altlandsberg,
- Wasserverband Strausberg-Erkner,
- NABU-Ortsgruppen Petershagen/Eggersdorf und Fredersdorf-Vogelsdorf,
- Lokale Agenda Petershagen/Eggersdorf,
- Naturschutzaktiv Schöneiche.

In Nachfolge der 1. Wasserkonferenz am FMF im Jahre 2009 wurden jährlich Akteurstreffen mit den relevanten AkteurInnen durchgeführt, um über den Projektverlauf und die erzielten Ergebnisse und Probleme ergebnisoffen zu diskutieren. Ziel war es, einen über die administrativen Grenzen hinweg das gesamte Einzugsgebiet des Gewässers betrachtenden Maßnahmenkatalog zu entwickeln. Die bestehenden Bedenken einzelner Akteursgruppen sowie das „Ober- und Unterliegerdenken“ konnten zu einem erheblichen Teil ausgeräumt werden. Neben größeren gemeinsamen Beratungen wurden in kleineren bilateralen Gesprächen, Geländebegehungen und Veranstaltungen die Ziele und Vorschläge konkretisiert, so dass im Ergebnis ein vom Großteil der Akteure akzeptierter Maßnahmenkatalog vorgelegt werden konnte. Vorschläge zur Ergänzung des Maßnahmenkatalogs wurden im Rahmen der Projektarbeit geprüft und, wenn sinnvoll, übernommen. Es konnte eine Priorisierung der technischen Maßnahmen vorgenommen werden, deren Umsetzung in den kommenden Jahren vorangetrieben werden soll.

Greifenhainer Fließ

Der Partner bei den Arbeiten im Untersuchungsgebiet am Greifenhainer Fließ war vor allem der Wasser- und Bodenverband (WBV) „Oberland-Calau“, der in allen Arbeitsphasen von der Konzeption über die Untersuchung bis zur Umsetzung von Maßnahmen zum Wasserrückhalt im Untersuchungsgebiet intensiv einbezogen war. Insbesondere bei der Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zum Wasserrückhalt sowie durch die Möglichkeit der Nachnutzung eines großen Datenfundus waren das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Regionalabteilung Süd, Referat Wasserwirtschaft, Hydrologie, Konzeptioneller Hochwasser-



schutz sowie die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH ebenfalls in die Arbeiten einbezogen.

Nuthegraben

Wichtige Partner im Gebiet „Nuthegraben“ waren neben Landkreis (Untere Wasserbehörde) und Landesumweltamt (LUGV, Obere Wasserbehörde) im gesamten Projektverlauf der Wasser- und Bodenverband Dahme-Notte, mit dem ein konstruktiver Dialog stattfand und von dem wesentliche Impulse für die verschiedenen diskutierten Maßnahmen gegeben wurden. Ebenso fruchtbar war die Zusammenarbeit mit der Revierförsterei Großbeeren, vor allem bei der Untersuchung des Standorts „Genshagener Busch“ und der Entwicklung von Konzepten zu dessen Nutzung für den Wasserrückhalt.

Mit dem landwirtschaftlichen Hauptnutzer (Vrieling KG) wurden zu Beginn des Projektes die geplanten Vorhaben diskutiert, die insoweit auf Wohlwollen stießen, dass sich der Wasserhaushalt in angespannten Zeiten verbessern könnte. Da sich im Weiteren die Untersuchungen und geplanten Maßnahmen auf Waldgebiete fokussierten, wobei die Landwirtschaft „nur“ indirekter Nutznießer war, wurden die Kontakte weniger intensiv. Der Dialog mit dem Landschaftspflegeverband Mittelbrandenburg wurde in der zweiten Projekthälfte vertieft, um dessen Maßnahmen am Standort „Genshagener Seggewiesen“ zu begleiten. Die Arbeiten dort fanden jedoch im Wesentlichen erst während der Projektverlängerung statt. Somit besteht das Netzwerk insgesamt zwar aus recht wenigen Partnern, was sich aber aus der im Vergleich zu den anderen Gebieten des Teilprojekts relativ konfliktarmen Situation mit wenigen, großen Akteuren begründen lässt.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Arbeitspaket 1 - Intensiver Wasserrückhalt, gezielte Grundwasseranreicherung im Oberlauf (Speicherung im Fließgewässer, in gewässernahen Speichern, Flächenversickerung u. a.)

Fredersdorfer Mühlenfließ

Nach einer Bestands- und Konfliktanalyse wurden die durch das PIK bereitgestellten Klimaszenarien für die Verwendung in der Modellierung übernommen und entsprechend den Anforderungen der hydrologischen Modelle aufbereitet.

Für die Modellierung der hydrologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet wurde ein Niederschlag-Abfluss-Modell unter Verwendung der Software *MIKE 11* von DHI erstellt. Grundlage der Klimaprojektionen (50 Jahre) waren Ergebnisse des Teilprojekts 2 (PIK) mit dem Modell STARS. Betrachtet wurde das 2 Grad Szenario. Das N-A-Modell unterlag einer fortlaufenden Ertüchtigung, da immer wieder neue Daten für die Bearbeitung bereitstanden. Grundlage der Modellerstellung sind amtliche Vermessungsdaten der beiden Hauptgewässer Fredersdorfer Mühlenfließ und Zehnbuschgraben. Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand vorliegender Zeitreihen (2000-2006) für die Pegel Eggersdorf, Bruchmühle, Fredersdorf und Schöneiche.

Strategien für den Wasserrückhalt wurden im Maßnahmenkatalog für das Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes (s. Sondershaus, Kaden, Ramelow, et. al. 2014) festgehalten. Dabei standen vor allem technische Maßnahmen im Vordergrund. Klassische Strategien der aktiven Wasserbewirtschaftung (Staumanagement, Grundwasseranreicherung), die ein flexibles Reagieren auf Extremzustände ermöglichen würden, wurden aufgrund negativer Erfahrungen für das vorliegende Gewässer II. Ordnung nicht favorisiert. Jedoch wurde bei der Entwicklung von Wasserrückhaltestrategien auf deren Hochwasserneutralität geachtet. Dies gilt insbesondere für die Maßnahme zum Umbau des bestehenden Auslasses am Bötzeesee.

Zur Umsetzung der Maßnahme „Speicher Altlandsberg“ wurde der ausführende Akteur (WBV Stöbber-Erpe) bei der Vorplanung unterstützt. Die Überlegungen zur Umsetzung einer Grund-



wasseranreicherung westlich des Fängersees wurden nach eingehender Prüfung der Kosten und Wirksamkeit einer solchen Anlage verworfen. Die Maßnahme ist noch immer Bestandteil des Maßnahmenkatalogs, dürfte sich jedoch in absehbarer Zeit aufgrund der hohen Investitionssumme und der notwendigen Unterhaltungskosten kaum realisieren lassen. Auch die schon recht weit fortgeschrittenen Überlegungen zum Wasserrückhalt in der Buchholzer Heide durch einen kaskadenartigen Einstau kleiner Rückhalteflächen wurden aufgrund des zu geringen zur Verfügung stehenden Stauvolumens nicht weiter verfolgt. Potenziell größere Volumina waren infolge bewirtschaftungsseitiger Restriktionen angrenzender Forstareale nicht genehmigungsfähig.

Weiter wurden verschiedene Möglichkeiten der Nutzung der beiden Seen im Oberlauf des Einzugsgebiets geprüft (s. auch Maßnahmenkatalog). Verschiedene Varianten der Auslassänderung im Bötzeesee wurden besonders eingehend betrachtet. Es zeigte sich, dass durch eine bauliche Veränderung der Niedrigwasserabfluss aus dem Bötzeesee zeitlich deutlich gestreckt werden kann. Die Möglichkeiten und Grenzen sind in mehreren Veröffentlichungen der Projektbearbeiter ausführlich dargelegt worden (z. B. RAMELOW, DANNOWSKI, BÖTTCHER, MERZ, 2014). Die Planungen zum Auslass Bötzeesee sind aufgrund ihrer Komplexität, einer Vielzahl an zu berücksichtigenden Gemeinden und Rahmenbedingungen bislang noch in der Anfangsphase. Jedoch ist die Prognose einer möglichen Umsetzung dieser Maßnahme bei Verfügbarkeit von entsprechenden Fördergeldern sehr positiv. Die Möglichkeiten und Grenzen sind u. a. in (RAMELOW, DANNOWSKI, BÖTTCHER, MERZ, 2014) beschrieben.

Umgesetzt wurde der Bau der Fischtreppe am Speicher Altlandsberg durch den WBV. Diese stellt die seit dem Bau des Speichers fehlende oberirdische Verbindung zwischen dem Becken und dem Teufelsfließ wieder her. Hierdurch wurde die ökologische Durchgängigkeit gemäß den Anforderungen der EU-WRRRL reaktiviert. Zudem kann durch die Dimensionierung des obersten Querriegels der Fischtreppe bei Starkregen der Abfluss aus dem Speicher in das Teufelsfließ zeitlich ein wenig gestreckt werden.

Arbeitspaket 2 - Analyse der Wasserrückhaltepotentiale von Speicherelementen (abflusslose Senken, natürliche und künstliche Feuchtbiootope und Gewässer) sowie vorhandener Meliorationssysteme und der Möglichkeiten zur Einbeziehung kurzzeitiger, lokal begrenzter Starkniederschläge

Greifenhainer Fließ

Das Modellierungskonzept sah zunächst ein konzeptionelles hydrologisches Modell in Verbindung mit einem Tool zum Seerückhalt im Gewässerabfluss vor. Während sich der konzeptionelle Modellansatz bei der Bearbeitung allerdings als prinzipiell ungeeignet erwies, wurde das Tool zum Seerückhalt implementiert, um die Rückhaltepotentiale von Speicherelementen berechnen zu können.

In den Einzugsgebieten des Greifenhainer Fließes, des Koselmühlenfließes und des Vetschauer Mühlenfließes sowie für den Priorgraben wurden zwölf mögliche Maßnahmen zur Nutzung von dezentralen Kleinspeichern und Tagebaurestseen für die Stützung von Niedrigwasserabflüssen sowie zur Dämpfung der Abflussspitzen identifiziert. Die deutliche Beeinflussung des Abflussverhaltens der Gewässer des Untersuchungsgebietes durch die bergbauliche Sanierung und durch einen aktiven Tagebau erschwerte aber den Blick in die Zeit der zu erwartenden Klimaänderungen. Deshalb wurden für die Analyse der Rückhaltepotentiale der Speicher mit dem entwickelten Tool zum Seerückhalt die Abflusszeitreihen aus vorhandenen Prognosemodelle zum Wasserhaushalt nach der bergbaulichen Sanierung der betrachteten Einzugsgebiete entnommen, die die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) im Rahmen des Projektes zur Verfügung stellte. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht zusammengefasst.



Auf dieser Grundlage ist schließlich ein exemplarisches Managementkonzept dieser zwölf Maßnahmen erarbeitet worden (STEIDL et al., 2014), das bei der Umsetzung der Managementstrategie in den betrachteten Einzugsgebieten deren Priorisierung ermöglichen und Grundlagen für eine detailliertere Planung liefern kann.

Die konsequente Nutzung vorhandener Wasserspeichermöglichkeiten in kleinen Einzugsgebieten lässt Effekte für die Dämpfung von Niedrigwasserabflüssen und Abflussspitzen erwarten. Auch wenn eine an die Abflusssituation angepasste Steuerung der Wasserspeicher diese Effekte erhöhen kann, wäre eine zeitlich und volumetrisch hinreichende Stützung der Niedrigwässer und Dämpfung der Hochwässer in den Untersuchungsgebieten allerdings nur mit einer deutlich höheren, jedoch praktisch kaum erreichbaren Speicherkapazität realisierbar. Trotz der überwiegend geringen Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen wirken die aber auch synergetisch auf andere Ziele der Landschaftsplanung, wie die der Naherholung oder die des Biotopschutzes.

Für die Verallgemeinerung dieser Ergebnisse wurden multivariate nichtlineare statistische Verfahren angewendet, um Niedrigwasserprobleme auf dem Gebiet des Landes Brandenburg räumlich und zeitlich differenzieren und damit Grundlagen für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ableiten zu können. So wurde zunächst das Niedrigwasserrisiko in Brandenburg räumlich differenziert (THOMAS et al. 2012) und die für die Intensität des Niedrigwasser maßgeblichen und aus Niederschlag- und Verdunstungsreihen abgeleiteten natürlichen Faktoren identifiziert (THOMAS, in Review).

Nuthegraben

Im Ergebnis der Bestandserfassung und der ersten SWOT-Analyse wurden drei Teilgebiete des Nuthegraben-Einzugsgebiets für eine weitere Bearbeitung ausgewählt; bei zwei Teilgebieten wurde erkannt, dass sie wenig geeignet waren. Von den drei geeigneten Gebieten wurde der „Bruchwald am Überleiter zum Nuthegraben“ (BÜLN) vorrangig untersucht, da er bereits 2000 im Rahmen des Klarwasserprojekts der Berliner Wasserbetriebe vernässt wurde. Der Bruchwald am ÜLN verfügt aufgrund seiner Größe nur über ein geringes Rückhaltepotential, sollte aber als Modellgebiet für die Vorbereitung einer möglichen Nutzung des größeren Bruchwalds „Genshagener Busch“ dienen (Strategie für Wasserrückhalt). Das Gebiet „Genshagener Seggewiesen“, auf denen vom Landschaftspflegeverband Mittelbrandenburg (LPV) eine Extensivierung und Teilvernässung beabsichtigt war, sollte als Modellstandort für Grünlandflächen mit ihren Meliorationssystemen dienen.

Um die Eignung des Genshagener Busches zum Wasserrückhalt näher zu bewerten, wurden die vorhandenen, nicht sehr umfangreichen topographischen und hydro(geo)logischen Daten durch eigene Untersuchungen ergänzt. Das Rückhaltepotential des Standorts ist ausreichend, um Spitzen abzdämpfen, den Abfluss zu verzögern und in kürzeren Trockenperioden an Unterlieger abzugeben. Eine langfristige Speicherung größerer Mengen ist in einem Bruchwald allerdings kaum möglich. Es wurde ein erstes Konzept einer Überleitung von Wasser (insbesondere Starkregenspitzen) aus dem BÜLN entwickelt und mit den Beteiligten diskutiert. Bei der darauffolgenden detaillierteren Planung erwiesen sich jedoch die Überleitungsvarianten vom Kosten-Nutzen-Gesichtspunkt als nicht umsetzbar: eine Überleitung im freien Gefälle hätte umfangreichste, nicht zu vermittelnde wasserbauliche Maßnahmen mit starker Veränderung der Landschaft und Beeinflussung der Landwirtschaft ergeben. Ein Pumpwerk hingegen erschien wenig praktikabel, da hier dauerhaft Betriebskosten anfallen würden.



Arbeitspaket 3 - Untersuchung des Speicher- und Rückhaltevermögens der Niederrungsböden bei Starkregeneinleitungen

Nuthegraben

Es sollten die aus anderen Wiedervernässungsmaßnahmen bekannten Probleme der Nährstofffreisetzung aus degradierten Torfen für das Gebiet konkret beurteilt werden, auch als Grundlage für die Arbeiten in Arbeitspaket 4 und 5. Dazu wurden vor Ort im Modellstandort „Bruchwald am Überleiter Nuthegraben (BÜLN)“ Oberflächenwasser, Grundwasser und Boden analysiert. Im Labor wurden an Bodenproben Extraktionsversuche (Batch und Säulen) durchgeführt. Der Vergleich mit den Daten von 2000 und die Auswertung der in INKA BB erhobenen Daten ergab, dass sich das oberflächennahe Grundwasser, vor allem in Nähe der Zuleitung, im Laufe der Vernässung chemisch verändert hatte: die veränderte Hauptionenzusammensetzung deutet auf eine Beeinflussung durch die Zufuhr gereinigten Abwassers und Auswaschung und Abbau von organischer Substanz aus dem Torfkörper hin. Im tieferen Grundwasser sind nur lokal schwache Hinweise auf Beeinflussung zu erkennen. Die Konzentrationen an Stickstoff (v.a. Nitrat) zeigten im Vergleich zum Zustand vor der Vernässung eine Verbesserung in den dauerhaft vernässten zentralen Bereichen des Walds und eine Verschlechterung am Waldrand, der vom zugeleiteten Wasser nicht immer erreicht wird. Dies zeigt, dass durch die Annäherung an das ursprüngliche Wasserhaushaltsregime der Stickstoffaustrag erwartungsgemäß vermindert werden konnte. Ungünstiger ist die Situation bei Phosphor, hier hat sich eine leichte Verschlechterung in den deutlich vernässten Bereichen eingestellt. Die Konzentrationen bewegen sich im eutrophierungsrelevanten Bereich, sind aber noch nicht alarmierend. In den Laborversuchen konnten eine stärkere Vernässung simuliert und die Auswaschungseffekte bei Beaufschlagung mit reinem Wasser bestätigt werden; bei Abwasser zeigten die Böden einen teilweisen Rückhalt der Abwasserinhaltsstoffe. Insgesamt bestätigten die Untersuchungen das zu erwartende Verhalten eines vernässten Niedermoores (Verbesserung Stickstoff, Verschlechterung Phosphor), erlaubten aber auch eine Bewertung der Vernässung mit gereinigtem Abwasser, der Besonderheit dieses Standorts. Trotz einer über 10jährigen Beaufschlagung sind stärkere Beeinflussungen sehr lokal begrenzt; zumeist gehen sie nicht stark über das hinaus, was bei Vernässung mit normalem Wasser zu erwarten wäre.

Eine vergleichbare Untersuchung für Grünlandstandorte sollte in den Genshagener Seggewiesen erfolgen. Da die Vernässungsmaßnahmen des LPV sich verzögerten, konnten dort erst während der Projektverlängerung Daten gewonnen werden.

Arbeitspaket 4 - Machbarkeitsanalyse zur Schaffung zusätzlicher Wasserreserven durch Wasserrückhalt / -bereitstellung von Klarwasser (gereinigtes Abwasser), dabei verpflichtende Einbeziehung gewerblicher Wassernutzer (Wasserwerke) zum Ausgleich des von ihnen verantworteten Defizits im oberen Einzugsgebiet

Fredersdorfer Mühlenfließ

Die Klarwassernutzung wurde im Verlauf der Entwicklung des Maßnahmenkonzeptes in dieses aufgenommen. Sie stellt bei gegebenem ausreichendem und stabilem Dargebot eine mögliche Option in kleinen Einzugsgebieten dar. Jedoch fanden sich im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes nach eingehender Prüfung potenzieller Standorte keine geeigneten Flächen zur Umsetzung der Maßnahme. Gründe hierfür waren wie bei der Grundwasseranreicherung der zu geringe Speicher im Untergrund und die mit der Umsetzung verbundenen Aufwendungen und Kosten für den Bau und Unterhalt der Anlage. Diese stehen in keinem akzeptablen Verhältnis zur Wirksamkeit der Maßnahme. Daraufhin wurde auch die Genehmigungsfähigkeit nicht weiter betrachtet.



Nuthegraben

Der Nuthegraben erhält seit 1998 einen relativ konstanten Zufluss gereinigten Abwassers, das auf landwirtschaftlichen Flächen im Sommer zum Teil durch Grabeneinstau zurückgehalten wird. Dieses Speichervolumen ist allerdings sehr gering und zum Ausgleich von Defizitphasen nicht ausreichend. Die Ergebnisse des Arbeitspakets 3 zeigen, dass ein Rückhalt zusätzlicher Wasserreserven in Waldgebieten in Hinblick auf die Wasserqualität machbar wäre. Jedoch kann, wie dargelegt, der dafür in Betracht kommende Genshagener Busch nur unter unverhältnismäßigem Aufwand in das System eingebunden werden.

Arbeitspaket 5 - Entwicklung und Umsetzung von Monitoringkonzepten als Grundlage für ein Entscheidungssystem zur operationellen Steuerung von Pilotanlagen zum Wasserrückhalt

Fredersdorfer Mühlenfließ

Als Bestandteil der Konfliktanalyse im Einzugsgebiet wurden ein hydrologisches Monitoring und eine anschließende Datenanalyse durchgeführt, um die abflussbestimmenden Faktoren zu identifizieren und zu quantifizieren (BÖTTCHER et al. 2014). Dieses ist Grundvoraussetzung für ein umfassendes und effektives Wassermanagement des Gebiets. Im Ergebnis ließen sich neue Erkenntnisse bezüglich der hydrogeologischen Modellvorstellungen im Grundwassereinzugsgebiet erschließen. Des Weiteren konnten Impulse zur Erweiterung des bisherigen Monitoringprogramms seitens des im Einzugsgebiet tätigen Wasserversorgers gegeben werden.

Greifenhainer Fließ

Die Erarbeitung des Monitoringkonzeptes für das Untersuchungsgebiet Greifenhainer Fließ wurde im Dezember 2009 mit einem Bericht abgeschlossen. Dieser Bericht umfasst die Darstellungen der zu erfassenden Messgrößen sowie der dafür verwendeten Geräte, der Organisation der Messungen und des Datenflusses an den ausgewählten Pilotanlagen zum Wasserrückhalt und zur Vorgehensweise der Datenanalyse.

Das Monitoringsystem war an den inzwischen implementierten Pilotanlagen zum Wasserrückhalt ab März 2010 nutzbar. Die Pilotanlagen waren der Hohmuthteich und der Hirschensteich am Priorgraben, der Tagebaurestsee Gräbendorfer See sowie ein Grabenbewässerungssystem bei Kakrow am Koselmühlenfließ.

Nuthegraben

Das Pilotgebiet „Bruchwald am Überleiter zum Nuthegraben“ wurde bereits 2000 im Rahmen des Klarwasserprojekts der Berliner Wasserbetriebe vernässt und mit Messstellen ausgestattet. Die Messstellen wurden geprüft und instandgesetzt, um während der Projektlaufzeit Wasserstandsdaten zu erheben und Wasseranalysen durchführen zu können.

Arbeitspaket 6 - Entwicklung eines Planungstools zur Integration von angepassten Wasserrückhaltssystemen

Greifenhainer Fließ

Das Planungstool zur Steuerung und Entscheidungsunterstützung wurde in der Form eines Entscheidungshilfesystems zur Analyse und Bewertung der Wirkungen von Maßnahmen zur Niedrigwasserstützung und zur Dämpfung der Abflussspitzen in kleinen Tieflandeinzugsgebieten konzipiert. Dieses Konzept besteht aus einem Katalog von Maßnahmen zum Wasserrückhalt und den Grundlagen für die Modelle wasserwirtschaftlicher Maßnahmen, von Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft sowie von nichtwasserwirtschaftlichen Maßnahmen. Aus den Anforderungen der Modelle konnte das erforderliche Set der geographischen Informationen und der Zeitreihendaten ermittelt werden. Dieses Set wurde unter Berücksichtigung der öffentlichen Verfügbarkeit und der Situation der Nutzungsrechte beschafft und für ein Pilotgebiet in der



erforderlichen Form aufbereitet. Als Pilotgebiet wurde das Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes ausgewählt, das im Projekt bereits so detailliert untersucht worden ist, dass die Möglichkeiten und Grenzen des implementierten Entscheidungshilfesystems hinreichend abschätzbar sein sollten. Ein Prototyp des Entscheidungshilfesystems wird vom Projektpartner DHI-WASY für dieses Gebiet mit der Option der Erweiterung auf weitere Gebiete implementiert und auf der INKA BB Webseite verfügbar gemacht.

Arbeitspaket 7 - Akteursanalyse über Problemwahrnehmungen, Interessenkonstellationen und Handlungsmöglichkeiten, Beispiel Fredersdorfer Mühlenfließ

Die Grundlage der Akteursanalyse wurde durch Interviews mit verschiedenen handelnden Akteuren im Einzugsgebiet geschaffen. Durch die Auswertung und Analyse der Interviews wurden verschiedene Aspekte für die folgende Projektbearbeitung herausgearbeitet, u. a. die Wahrnehmung der Problemfelder Niedrigwasser, Wassermangel und Wahrnehmung des Klimawandels. Ebenso konnte die zentrale Problematik des Wassernutzungskonfliktes um den Abschlag Zehnbuschgraben eingehender betrachtet und herausgearbeitet werden. Im Ergebnis wurden bereits mit der Akteursanalyse erste mögliche Lösungsansätze diskutiert.

Arbeitspaket 8 - Erarbeitung eines Konzepts zur regionalen Steuerung eines klimaverträglichen Wassermanagements anhand einer SWOT-Analyse über die Eignung und Anpassungsfähigkeit bestehender institutioneller Arrangements, Beispiel Fredersdorfer Mühlenfließ

Aus sozialwissenschaftlicher Perspektive wurde als Bestandteil dieser Vorschläge eine Institutionenanalyse durchgeführt. Diese Institutionenanalyse des Einzugsgebiet bezog neben gesetzlichen Regelungen und Verfahren, Organisationsstrukturen und Förderrichtlinien für Niedrigwasservorsorge, -management und Anpassung an den Klimawandel zur Analyse des Nutzungskonfliktes auch die Dimension informeller Institutionen und der handlungsleitenden ‚Rules in Use‘ mit ein, die den Nutzungskonflikt prägen.

Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind maßgeblich in den Maßnahmenplan (Sondershaus, Rame-low et. al. 2014) eingeflossen.

Serious Game ANAWAK – Wassermanagement im Klimawandel INKA BB

Aus dem Teilprojekt wurden als Zusatzleistung durch alle Projektpartner wesentliche inhaltliche Beiträge zur Erstellung des Serious Games ANAWAK erbracht (<http://www.anawak-spiel.de/index.html>).

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget für das Teilprojekt 19 hat ausgereicht und wurde planmäßig ausgegeben. Die gesetzte Ziele wurden mehrheitlich erreicht.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten in den Untersuchungsgebieten waren notwendig, um erstmalig den Klimawandel und dessen Folgen für das Abflussregime in kleinen Einzugsgebieten zu thematisieren und Anpassungsmaßnahmen in regionalen Netzwerken zu entwickeln.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Fredersdorfer Mühlenfließ

Der erstellte Maßnahmenkatalog wird den handelnden Akteuren in der Region (Genehmigungsbehörden und Gemeinden) zur Verfügung gestellt. Dieser soll auch im Anschluss an das Projekt als Grundlage für mögliche Anpassungsmaßnahmen dienen. Technische Maßnahmen können z.B. im Rahmen des zu erstellenden Gewässerentwicklungskonzeptes (GEK, verant-



wortlich LUGV Brandenburg) berücksichtigt werden. Vorgeschlagene Maßnahmen im Bereich Partizipation und soziales Lernen (z.B. Stärkung einer gemeinsamen Identität oder transparente Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit) können jedoch nur in Eigeninitiative von Kommunen und Vereinen im Einzugsgebiet weiterentwickelt werden. Es wurde angestrebt, die Umsetzung weiterer Maßnahmen mittels neuer Fördergelder, insbesondere im Rahmen der BMU Ausschreibung zur Anpassung an den Klimawandel weiter voranzutreiben. Leider ist die zunächst allseitig positiv aufgenommene Initiative an personellen / finanziellen Engpässen potenzieller Partner vorerst gescheitert.

Greifenhainer Fließ

Das exemplarische Wassermanagementkonzept wurde sowohl dem Wasser- und Bodenverband „Oberland-Calau“ als auch dem Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz zur Verfügung gestellt und kann dort als Grundlage für konkrete Planungen genutzt werden.

Darüber hinaus können die implementierten Pilotanlagen bereits zur Demonstration und Evaluierung der Projektergebnisse genutzt werden. Die vorgeschlagenen Veränderungen der Wehrstellung am Gräbendorfer See können, sobald sich ein ausgeglichener Wasserhaushalt eingestellt hat, vorgenommen werden. Einige der Messstellen des Monitorings werden auch über die Projektlaufzeit hinaus vom WBV weiter betrieben werden, da die damit gewonnenen Daten einen Mehrwert für den Verband darstellen.

Das Entscheidungsunterstützungssystem wurde als Prototyp eines regionalen Planungstools der interessierten Fachöffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Nuthegraben

Im Gebiet „Nuthegraben“ ergaben sich anhand des Standorts „Bruchwald am ÜLN“ Erkenntnisse zum hydrogeochemischen Verhalten (Stoffaustrag und -festlegung) von vernässten (d.h. auch zum Wasserrückhalt genutzten) degradierten Niedermooren. Eine Pilotanlage zum Wasserrückhalt größerer Mengen im „Genshagener Busch“ war aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht realisierbar.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Den Projektbearbeitern sind im Laufe des Projektes keine für das Vorhaben relevanten Ergebnisse Dritter bekannt geworden.

II.6 Veröffentlichungen

Folgende Veröffentlichungen entstanden im Rahmen des Projektes oder befinden sich noch im Review-Prozess:

BÖTTCHER, S., MERZ, C., LISCHIED, G., DANNOWSKI, R (2014): Using Isomap to differentiate between anthropogenic and natural effects on groundwater dynamics in a complex geological setting, *Journal of Hydrology* 519 B, 1634-1641

DEUMLICH, D., R. DANNOWSKI, L. VÖLKER (2014): Historische und aktuelle Geoinformation - Grundlage in der Agrarlandschaftsforschung. *zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* 139 (2014) 5, 329-341.

GLIEGE, S., THOMAS, B., STEIDL, J., HOHENBRINK, T. L., DIETRICH, D.: Modeling the impact of ditch water level management on stream-aquifer interactions. *Journal of Hydrology*; in review

JENN, F. KOINZER, F., VOIGT, H.-J.: Effects of rewetting an alder carr in north-east Germany with treated sewage for more than 10 years. *Physics and Chemistry of the Earth*. (geplant 2015)

KADEN, S. & RAMELOW, M. (2009): Entwicklung angepasster wasserwirtschaftlicher Konzepte vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: *DHI-WASY Aktuell* 04/09. S. 5-6.

RAMELOW, M., KADEN, S., MERZ, C., DANNOWSKI, R., MOSS, T., SONDRERSHAUS, F. (2010): Maßnahmen und Methoden für ein nachhaltiges Wassermanagement zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes kleiner Ein-



zugsgebiete vor dem Hintergrund des Klimawandels am Beispiel des Fredersdorfer Mühlenfließes (Brandenburg). In: Kaiser, K., Libra, J., Merz, B., Bens, O., Hüttl, R.F. (Eds.): Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen Lösungen. Scientific Technical Report STR10/10. Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, 185-190.

RAMELOW, M. & KADEN, S. (2010): TP 19 – Methoden und Instrumentarien für ein nachhaltiges Wassermanagement in kleinen Einzugsgebieten im Klimawandel *Pilotregion Fredersdorfer Mühlenfließ*. In DHI-WASY Aktuell 02/10. S. 1-3.

RAMELOW, M.; BÖTTCHER, S.; DANNOWSKI, R.; MERZ, C.; STEIDL, J.; THOMAS, B. (2012): Bausteine eines transdisziplinären Konzeptes zur Stabilisierung der Abflussverhältnisse am Fredersdorfer Mühlenfließ. In: Grünewald, U.; Bens, O.; Fischer, H.; Hüttl, R. F.; Kaiser, K.; Knierim, A. (Hrsg.): Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel in Deutschland.

RAMELOW, M.; DANNOWSKI, R.; BÖTTCHER, S.; MERZ, C. (2014): Grundlagen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen zur Stabilisierung des Abflussregimes in kleinen Einzugsgebieten am Beispiel des Fredersdorfer Mühlenfließes. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. S. 281-302. Berlin: oekom.

RAMELOW, M.; BÖTTCHER, S.; DANNOWSKI, R.; MERZ, C.; STEIDL, J.; THOMAS, B. (2012): Bausteine eines transdisziplinären Konzeptes zur Stabilisierung der Abflussverhältnisse am Fredersdorfer Mühlenfließ. In: Grünewald, U.; Bens, O.; Fischer, H.; Hüttl, R. F.; Kaiser, K.; Knierim, A. (Hrsg.): Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel in Deutschland.

SONDERSHAUS, F. & T. MOSS (2014): Your resilience is my vulnerability: 'Rules in Use' in a local water conflict. Soc. Sci. 2014, 3, 172-192.

SONDERSHAUS, F. (2014): Institutionen und Resilienz – eine analytische Perspektive auf einen Wassernutzungskonflikt in Brandenburg. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. S. 441-466. Berlin: oekom.

SONDERSHAUS, F., KADEN, S., RAMELOW, M., DANNOWSKI, R., MERZ, C., BÖTTCHER, S. (2014): Handlungsoptionen zum Umgang mit Nutzungskonflikten und Wassermangel in kleinen Oberflächengewässern, Maßnahmen Fredersdorfer Mühlenfließ. Herausgeber: DHI-WASY GmbH, Berlin. Literaturdatenbank des CSC.

STEIDL, J., THOMAS, B., DIETRICH, O. (2014) Möglichkeiten der Speicherbewirtschaftung am Beispiel bergbaulich geprägter kleiner Einzugsgebiete. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (eds), Wassermanagement im Klimawandel: Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. oekom, München, pp. 303-326.

THOMAS, B., STEIDL, J., DIETRICH, O. (2014) Analyse der Niedrigwasserindikatoren und -risiken kleiner Einzugsgebiete in Brandenburg. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (eds), Wassermanagement im Klimawandel: Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. oekom, München, pp. 261-279.

THOMAS, B., LISCHIED, G., STEIDL, J., DANNOWSKI, R. (2012): Regional catchment classification with respect to low flow risk in a Pleistocene landscape. Journal of Hydrology 475, 392-402.

THOMAS, B., STEIDL, J., DIETRICH, O., LISCHIED, G. (2010) Quantifizierung der Wirkung wasserwirtschaftlicher Anpassungsoptionen zur Minderung kritischer Niedrigwasserabflüsse in kleinen Einzugsgebieten. In: Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen, Lösungen. Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam, pp. 212-217.

THOMAS, B., STEIDL, J., DIETRICH, O., LISCHIED, G., 2011. Measures to sustain seasonal minimum runoff in small catchments in the mid-latitudes: A review. Journal of Hydrology, 408(3-4): 296-307.

THOMAS, B., LISCHIED, G., STEIDL, J., DANNOWSKI, R. (2012): Regional catchment classification with respect to low flow risk in a Pleistocene landscape. Journal of Hydrology 475, 392-402.

THOMAS, B., LISCHIED, G., STEIDL, J., DIETRICH, O.: Long term shift of first-order controls on low flows in small lowland catchments of Northeast Germany. Journal of Hydrology; in review

VETTER, A., L. GAILING, F. SONDERSHAUS, N. LECHNER, UND C. BESENDÖRFER (2010): Flusslandschaften: Wechselbeziehungen zwischen regionaler Kulturlandschaftsgestaltung, vorbeugendem Hochwasserschutz und Niedrigwasservorsorge. Berlin: BMVBS, 2010.

VETTER, A., AND F. SONDERSHAUS (2011): River landscapes—Reference areas for regionally specific adaptation strategies to climate change. German Annual of Spatial Research and Policy 2010 (2011): 137-42.



Teilprojekts 20 - Instrumentarien und Strategien für nachhaltige Wasserbewirtschaftung in großen Feuchtgebieten

Projektleitung: Dr. Ottfried Dietrich, Leibniz - Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)

I.1 Aufgabenstellung

Untersuchungen zu den Folgen des Klimawandels zeigen, dass der Wasserhaushalt großer Feuchtgebiete im nordostdeutschen Raum zukünftig besonders von zunehmender Trockenheitsgefährdung betroffen sein wird. Bereits seit Jahren wird, versucht der abnehmenden Wasserverfügbarkeit für viele Feuchtgebiete Brandenburgs mit angepassten Wassermanagementstrategien entgegen zu steuern. Offen ist, welche Auswirkungen damit auf verschiedene Komponenten des Wasserhaushalts eines Feuchtgebietes wirklich erzielt werden können. Hauptziele des Teilprojektes waren daher die Analyse der Wirkung ausgewählter wasserwirtschaftlicher Handlungsoptionen auf Verdunstung, Wasserentnahme, -abfluss und -speicherung von Feuchtgebietsflächen. Als Anpassungsoptionen werden dabei u.a. Modifizierungen der Stauziele, z.B. die Anhebung der Winterstauziele oder ihre spätere Absenkung im Frühjahr betrachtet.

Neben der Kenntnis dieser Wirkungszusammenhänge sind flexible Wasserbewirtschaftungssysteme basierend auf modernen wasserwirtschaftlichen Regulierungssystemen und entsprechenden Informations- und Entscheidungssystemen, die die komplexe Messwerterfassung, -verarbeitung sowie Entscheidungsunterstützung für die Steuerung der Anlagen beinhalten, Voraussetzung für eine bessere Anpassung an zunehmend wechselnde klimatische Randbedingungen. Ziel war es daher, ein Konzept für ein Wasserbewirtschaftungsmodell zur operativen Steuerung wasserwirtschaftlicher Anlagen in Feuchtgebieten und einen Prototypen für ein Informations- und Entscheidungssystem für die praktische Wasserbewirtschaftung im Spreewald (Monitoringsystem, Steuermodell, Entscheidungsregeln) zu entwickeln. Im Laufe der Bearbeitung zeigte sich, dass insbesondere die hydraulische Modellierung des nahezu gefällelosen Gewässer-Grundwasser-Systems wenig praktikabel ist und der Wasserhaushalt des Untersuchungsgebietes kurz- und mittelfristig vorwiegend von den meteorologischen Größen bestimmt wird. Das Konzept wurde daraufhin mit dem Ziel der Entwicklung eines Unterstützungswerkzeugs modifiziert, welches in einfacher Form dem Bewirtschafter bei seiner Aufgabe unterstützt.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Szenarioergebnisse hydrologischer Modelle (BMBF-Projekt GLOWA-Elbe) zeigen für die zukünftige Entwicklung des Wasserhaushalts in den großen Feuchtgebieten des Elbe-Tieflands deutlich tiefer absinkende Grundwasserstände in den Sommermonaten. Ursachen sind abnehmende Sommerniederschläge und -zuflüsse zu den Feuchtgebieten bei gleichzeitig steigender Verdunstung (DIETRICH et al. 2012). Auch die Wirkung möglicher Anpassungsoptionen wurde bisher vorrangig in hydrologischen Modelluntersuchungen mit Klimaszenarien untersucht (DIETRICH et al. 2007). Die betrachteten Maßnahmen zielen u.a. auf die Verbesserung des Wasserrückhaltes im Gebiet in Überschusszeiten (Winterhalbjahr), die Veränderung der Zuflussverteilung im Gebiet oder die Erhöhung der Zuflüsse aus den Einzugsgebieten in Bedarfszeiten (Sommerhalbjahr) durch Erweiterung der Speicherkapazitäten in den Einzugsgebieten oder Wasserüberleitung aus benachbarten Einzugsgebieten. Die Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Landschaft war ebenfalls eine Hauptzielstellung des Landschaftswasserprogramms Brandenburg und wurde



bereits in einer Vielzahl an Maßnahmen umgesetzt. Es fehlte häufig jedoch ein Nachweis der angestrebten Wirkung.

Die Basis für die experimentellen Nachweise im Teilprojekt bilden wägbare Grundwasser-Lysimeter zusammen mit Feldmessungen im Spreewald. Hierfür wurden Grundwasser-Lysimeter direkt in einer Untersuchungsfläche platziert. Damit können alle relevanten Wasserhaushaltsparameter hinreichend genau gemessen werden (BETHKE-STEFFENS et al. 2004). Ein Referenz-Lysimeter spiegelt den Wasserhaushalt der Untersuchungsfläche wider, weitere Lysimeter werden für die Simulation verschiedener Anpassungsoptionen genutzt. Die Grundlage für die Entwicklung des Prototyps eines Informations- und Entscheidungssystems bildet das vorhandene wasserwirtschaftliche System aus Gräben und Stauanlagen in einem Teil des im Oberspreewald gelegenen Südpolders.

Literatur

BETHKE-STEFFENS, D., MEISSNER, R. & RUPP, H. (2004): Development and practical test of a weighable groundwater lysimeter for floodplain sites. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 167, S. 516-524.

Dietrich, O., Koch, H. & Schweigert, S. (2007): Water resources management – a possibility for drought mitigation in wetlands? In: Brebbia, C.A & Kungolos, A.G. (eds) *Water Resources Management IV*. WIT Transactions on Ecology and the Environment (ISSN 1743-3541), S. 53-62.

DIETRICH, O., STEIDL, J., PAVLIK, D. (2012): The impact of global change on the water balance of large wetlands in the Elbe Lowland. *Regional Environmental Change*, 12(4), S. 701-713.

Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.) (2014): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. Band 3 KLIMZUG Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. Oekom Verlag, München. 521 S.

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Die Durchführung der Untersuchungen erfolgte in enger Abstimmung mit dem Referat Wasserbewirtschaftung und Hydrologie der Regionalabteilung Süd (RS5) und dem Biosphärenreservat Spreewald (GR4) des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (LUGV) sowie dem Wasser- und Bodenverband „Oberland Calau“ (WBV). Die Zusammenarbeit mit dem LUGV wurde über eine Projektvereinbarung geregelt. Das betraf sowohl die Aufgaben und Pflichten des ZALF und des LUGV im Rahmen der Projektzusammenarbeit als auch die Kofinanzierung des LUGV für Messtechnik. Der WBV arbeitete in INKA BB als Unterauftragnehmer des ZALF. Hier waren die vom WBV auszuführenden Arbeiten in einem Werkvertrag geregelt. Mit dem LUGV, als die für die Flussgebietsbewirtschaftung der Spree zuständige Behörde, und dem WBV, der für die Unterhaltung und Bewirtschaftung der kleinen Gewässer zuständige Verband, waren die beiden wichtigsten Stakeholder für die Nutzung der Projektergebnisse direkt involviert.

Zu Beginn der Projektlaufzeit wurde eine teilprojektbegleitende Arbeitsgruppe gebildet, die von einem Vertreter der LUGV-Regionalabteilung geleitet wurde. Neben dem WBV „Oberland Calau“ gehörten der Arbeitsgruppe VertreterInnen des WBV „Nördlicher Spreewald“, der Unteren Wasser- und Landwirtschaftsbehörden der Landkreise Dahme-Spreewald, Oberspreewald-Lausitz und Spree-Neiße, der Koordinierungsstelle Landschaftswasserhaushalt des Landes Brandenburg, der land- und forstwirtschaftlichen Landnutzer, des Tourismus, des Gewässerrandstreifenprojektes Spreewald und des Naturschutzes an. Treffen der Arbeitsgruppe bildeten gleichzeitig die Grundlage für die SWOT-Analyse.

Das Teilprojekt war fachlich in das Handlungsfeld Wassermanagement und die Facharbeitsgruppe Technologien des Wasserrückhalts eingebunden, die auch vom Teilprojekt koordiniert wurde. Im Rahmen dieser beiden Gruppen erfolgte ein fachlicher Austausch durch Vorstellung und Diskussion von Ergebnissen auf gemeinsamen Treffen und Exkursionen. Hier entstanden u.a. das Konzept für die gemeinsame Publikation *Wassermanagement im Klimawandel* (KADEN et al. 2014) und für das Serious Game. Mit einzelnen Teilprojekten gab es darüber hinaus bilate-



rale Zusammenarbeit. So unterstützte Teilprojekt 13 durch Bodenanalysen zum Lysimeterstandort und wurde umgekehrt bei der Einrichtung von Messplätzen zum Grundwassermonitoring beraten. Mit den Teilprojekten 19 und 21 gab es Erfahrungsaustausche und Synergieeffekte aufgrund der gemeinsamen Untersuchungsregion bei der Durchführung von Veranstaltungen (SWOT-Workshops, jährliche Projekttreffen in der Region). Ferner bestand ein reger Austausch der Doktoranden dieser Teilprojekte, wobei unter anderem ein Treffen zum Schwerpunkt Modellunsicherheiten stattfand.

Im Rahmen des KLIMZUG – Förderschwerpunktes fand ein Erfahrungsaustausch mit anderen Verbundprojekten auf den Statuskonferenzen statt. Im Herbst 2010 gab es in Hamburg darüber hinaus ein Treffen mit Vertretern der anderen KLIMZUG-Verbünde zum Erfahrungsaustausch zur Bodenwasserhaushaltsmodellierung, an dem Mitarbeiter von Teilprojekt 20 teilnahmen.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

II.1.1 Wirkung veränderter Zielgrundwasserstände auf den Wasserhaushalt grundwasserregulierter Niederungsstandorte

Die komplexen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Wasserhaushaltsgrößen wurden mit Grundwasser-Lysimetern untersucht, welche im Spreewald direkt in einer typischen, als Grasland genutzten Fläche mit grundwassernahen Standortverhältnissen installiert wurden. Die Anlage besteht aus vier Monolithen, auf denen jeweils unterschiedliche Optionen der Grundwassersteuerung simuliert wurden. Bewertet wurden die Wirkungen unterschiedlicher Grundwasserregime auf die Wasserbilanzgrößen Verdunstung (ET_a), Zu- und Abfluss (Q_{zu} , Q_{ab}) und Speicheränderung (ΔS) eines grundwassernahen Standortes sowie die Entwicklung des Grundwasserstandes unter Flur (GWF). Weitere hydrologische und meteorologische Randbedingungen sowie die Vegetationsentwicklung wurden ebenfalls berücksichtigt. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2010 bis 2014 durchgeführt. Um entsprechend komplexe Simulationen realitätsnah im Lysimeter durchführen zu können, wurde die Lysimeteranlage auch technisch weiterentwickelt. Ein entsprechendes Patent wurde angemeldet.

Die im Projekt untersuchten Anpassungsoptionen betreffen die gegenwärtig in der Praxis diskutierten Modifizierungen der Höhen der Winter- und Sommerstauziele, incl. der Zeiten für den Wechsel zwischen beiden Stauzielen. Eine Reihe von projektinternen Treffen diente der Abstimmung von zu untersuchenden Anpassungsoptionen, der Vorbereitung eines Stauversuchs und der Flächenauswahl für die Untersuchungen zum Wassermanagement. Die jeweils vorliegenden Ergebnisse dienten dabei als Grundlage für die Festlegung der weiteren Bearbeitung in den Folgejahren. So mussten aufgrund der extrem nassen Witterung in den zurückliegenden Jahren einige Modifizierungen am Untersuchungsprogramm vorgenommen werden. Stauversuche konnten nicht wie geplant durchgeführt werden und Varianten der Lysimeteruntersuchungen wurden modifiziert. Hier wurde sich in Übereinstimmung aller Projektpartner stärker als ursprünglich vorgesehen auf die für die wasserwirtschaftliche Praxis wichtigen Anpassungsoptionen konzentriert und Wiederholungen der Varianten in den Jahren eine größere Bedeutung beigemessen als einer großen Variantenvielfalt. Der methodische Ansatz von INKA BB mit den beiden Implementierungs- und Synthesephasen sowie der Möglichkeit von Modifizierungen am Untersuchungsprogramm erwies sich bei diesem Vorgehen als sehr vorteilhaft. Im Einzelnen wurden folgende Optionen als Anpassung an ein vermindertes Wasserdargebot betrachtet:

- Erhöhung von Winterstauzielen mit zeitlich späterer Absenkung im Frühjahr,
- Reduzierung des Wasserbedarfs in Trockenperioden durch tiefere Stauziele,
- Wasserrückhalt nach Starkniederschlägen.



Die Varianten zielen sowohl auf die Verbesserung des Wasserdargebots durch Wasserrückhalt in Perioden mit Überschuss, als auch die Verringerung des Wasserverbrauchs in Defizitperioden. Zum Vergleich dient eine Variante, die den Wasserhaushalt, wie er sich infolge der gegenwärtig praktizierten Wasserbewirtschaftung und Flächennutzung ergibt, repräsentiert. Darüber hinaus wurden einige Varianten mit konstanten Grundwasserständen auf unterschiedlichem Niveau betrachtet (30, 40, 50, 60 und 100 cm u. F.) und mit der Referenzvariante verglichen.

Die meteorologischen Randbedingungen in Form des Niederschlags entsprachen in den Jahren 2010 bis 2014 nur selten den Bedingungen, für welche die Anpassungsoptionen ausgelegt wurden (zunehmende Sommertrockenheit). So lagen gerade die Niederschlagssummen der Monate Mai bis September in allen Jahren über dem langjährigen Durchschnitt. Eine extreme Trockenphase gab es nur Juni 2010 (Σ 2 mm). Hier wurden jedoch noch keine Anpassungsoptionen untersucht, da das erste Untersuchungsjahr der Erfassung grundlegender Zusammenhänge diente. Häufig kam es dagegen zu extremen Starkniederschlägen in den Sommermonaten, so dass zu deren Wirkung eine gesonderte, ursprünglich nicht vorgesehene Auswertung möglich war. Zu den Anpassungsoptionen ergaben sich folgende Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

Erhöhung von Winterstauzielen mit zeitlich späterer Absenkung im Frühjahr

Einige grundlegende Zusammenhänge im Wasserhaushalt der untersuchten Varianten wurden in allen drei Jahren bestätigt. So sank insbesondere der GW-Stand der Variante mit dem höchsten simulierten Winterstauziel (Grundwasserstand über Gelände am Beginn der Untersuchungsperiode, $GWF_{\text{start}} < 0$ in Tab. 20.1) zunächst immer nur sehr langsam ab, solange der Wasserstand über Gelände lag. Sobald er jedoch unter Flur absank, fiel er deutlich schneller als bei der Referenzvariante und der Variante mit der geringeren Stauzielerhöhung ab. Dieses ist auf die höhere Verdunstung der nassen Variante, wie auch die hohe Speicherkapazität des Überstaus und die vergleichsweise geringe Speicherkapazität des Bodens im flurnahen Bereich bei hohen Grundwasserständen zurückzuführen. Die hohe Verdunstung war jeweils auch mit der höchsten Biomasseproduktion und hohen LAI-Werten (Blattflächenindex) der an die nassen Bedingungen angepassten Vegetation verbunden.

Versuchsjahr	GWF_{sta} rt [cm u.F.]	GWF_{en} d [cm u.F.]	$GWF_{\text{Me-}}$ dian [cm u.F.]	ETP [mm/ d]	P [mm/ d]	ETa [mm/ d]	Q_{zu} [mm/ d]	Q_{ab} [mm/ d]	$\square S$ [mm/ d]
15.4.- 22.5.2012 (n=38d)	23	60	43	3,0	0,6	3,3	1,5	0,0	1,2
	4	60	40	3,0	0,7	4,2	1,6	0,0	1,9
	-5	67	-2	3,0	0,7	4,7	1,3	0,0	2,7
15.4.- 23.5.2013 (n=39d)	16	49	33	2,5	0,6	2,5	0,8	-0,1	1,2
	6	59	25	2,5	0,6	2,5	0,9	0,0	1,0
	-5	27	-2	2,5	0,7	3,4	0,9	0,0	1,8
15.4.- 26.5.2014 (n=42d)	13	31	24	2,8	1,7	2,7	1,2	-0,5	0,3
	3	8	5	2,8	1,6	2,8	1,2	-0,2	0,2
	-4	-2	-4	2,8	2,0	4,2	1,5	0,0	0,7
30.5.- 23.6.2014 (n=25d)	3	38	27	3,9	0,2	4,0	2,8	0,0	1,0
	3	30	24	3,9	0,2	3,7	2,6	0,0	0,9
	-7	0	-4	3,9	0,3	5,4	2,5	0,0	2,6
5.8.- 25.8.2014 (n=21d)	28	40	40	3,1	0,9	3,9	3,0	0,0	0,0
	-4	19	0	3,1	1,1	5,9	3,3	0,0	1,5

Tabelle 20.1: Grundwasserflurabstände (GWF) und mittlere Wasserbilanzgrößen der untersuchten Optionen mit höheren Anfangsstauzielen während der Untersuchungsperioden



Insgesamt wurde die Speicherkapazität des Standorts bei den hohen Wasserständen besser ausgenutzt, was die höhere Verdunstung weitgehend kompensierte. Das zeigt sich auch an den Abflusswerten (Q_{ab} in Tab. 20.1) in niederschlagsreicheren Perioden. Während bei der nassen Variante in keiner der betrachteten Perioden Abfluss auftrat, kam es 2013 und 2014 bei den Varianten mit tieferen Anfangsstauzielen auch zum Abfluss nach Niederschlägen.

Insgesamt muss jedoch festgestellt werden, dass die Wirkung der höheren Winterstauziele zeitlich sehr begrenzt und stark vom Witterungsverlauf abhängig ist. In den Jahren 2012 und 2013 reichte sie jeweils nur bis Ende Mai. Bis dahin war das zusätzlich gespeicherte Wasser aufgebraucht und die Varianten unterschieden sich nicht mehr. Die angestrebte Wirkung bis in die Sommermonate hinein wurde nicht erreicht. 2014 führte häufiger Niederschlag immer wieder zur Auffüllung des Wasserspeichers der Fläche (2014 Periode 2 und 3 in Tab. 20.1). Durch den Rückhalt dieses Wassers konnte immer wieder neu eine Kompensationswirkung in der folgenden Zeit erreicht werden. Die dadurch insgesamt hohen Wasserstände sind jedoch für die landwirtschaftliche Flächennutzung mit starken Einschränkungen verbunden.

Reduzierung des Wasserbedarfs in Trockenperioden durch zeitweise tiefere Stauziele

Das Ziel dieser Anpassungsoption ist die Reduzierung der Wasserentnahme aus Oberflächengewässern in Zeiten mit begrenztem Wasserdargebot. Die Wasserentnahme aus den Gewässern war in den betrachteten Zeiträumen betragsmäßig immer die kleinste Größe der Wasserbilanz. Eine direkte Reaktion dieses Parameters auf die zeitweisen Absenkungen des Grundwasserstandes war in den Untersuchungen nicht nachweisbar. Trotz der ansteigenden Verdunstung nach einer Absenkung des Wasserstands wurde kein Anstieg des Zuflusses in das Lysimeter (die Fläche) beobachtet. Der gestiegene Wasserbedarf konnte immer noch aus dem verfügbaren Bodenwasserspeicher gedeckt werden (Dietrich et al. 2014). Eine Wirkung auf das Verhalten des Systems Pflanze-Boden-Wasser war nicht nachweisbar.

Wasserrückhalt nach Starkniederschlägen

Die Auswertung von 29 Ereignissen mit mehr als 10 mm Niederschlag der Jahre 2010 bis 2012 zeigt, dass auch entwässerte, landwirtschaftlich genutzte Niederungsgebiete den größten Anteil eines Starkniederschlags in der Fläche speichern können. Im Mittel aller Ereignisse wurden 67 % des Niederschlags zurückgehalten, nur 11 % gelangten zum Abfluss und 22 % verdunsteten bereits während der Dauer des Abflussprozesses. Großen Einfluss auf die einzelnen Anteile haben die hydraulischen Randbedingungen, die durch den Gradienten zwischen Graben- und Grundwasserstand widerspiegelt werden. Herrschten zu Beginn des Niederschlagsereignisses bereits Abflussbedingungen vor, d. h. die Grundwasserstände in der Fläche sind höher als die Grabenwasserstände (15 Ereignisse), wurden im Mittel nur 51 % in der Fläche zurückgehalten, 14 % gelangten zum Abfluss und 35 % verdunsteten. Der größere Anteil der Verdunstung kommt vor allem durch die längere Dauer des Abflussprozesses zustande. Waren dagegen die Grundwasserstände zu Beginn des Niederschlagsereignisses tiefer als die Grabenwasserstände (14 Ereignisse), was einer typischen Bewässerungssituation im Sommerhalbjahr entspricht, wurden im Mittel 83 % des Niederschlags in der Fläche gespeichert und nur 8 % flossen ab. In diesem Fall sind die Abflusszeiten deutlich kürzer und folglich auch der Anteil der Verdunstung (9 %). Weitere Randbedingungen mit Einfluss auf das Retentionsvermögen der Fläche sind der Grundwasserflurabstand zu Beginn des Ereignisses und die potentielle Verdunstung während der Dauer des Abflussprozesses. Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine zeitliche Dämpfung der Abflüsse aus der Fläche gegenüber dem Niederschlag stattfindet. Aufgrund der kaum vorhandenen Reliefenergie der Fläche findet kein Oberflächenabfluss statt und der Fließpfad verläuft immer über die Bodenpassage und das Grundwasser zum Graben. Auch im Grabensystem selbst sind die Fließgeschwindigkeiten aufgrund des geringen Gefälles klein.



Vergleich der Wasserbilanz von Varianten mit konstanten und wechselnden Grundwasserständen

Die Varianten mit konstanten Grundwasserstände wurden in den Jahren 2010 bis 2014 von Anfang Juni bis Ende September unterschiedlich lange auf wechselnden Lysimetern eingestellt. Die zugehörigen Wasserhaushaltskomponenten werden mit den Werten des Referenzlysimeters im entsprechenden Zeitraum verglichen, welches wechselnde Grundwasserstände hat und die aktuell praktizierte Wasserbewirtschaftung widerspiegelt. Die Variante mit einem Grundwasserstand von 50 cm unter Flur kam dabei in allen fünf Jahren mit insgesamt 68 Wochen vor, 60 cm unter Flur wurden einmal über drei Wochen in 2011 eingestellt (Tab. 20.2). Der Mittelwert des Grundwasserflurabstandes der Referenzvariante im Vergleichszeitraum war mit 32 cm unter Flur nur im Vergleich zur 30 cm Variante größer, was auf die feuchte Witterung in den Untersuchungsjahren zurückzuführen ist. Die gemessenen Verdunstungswerte zeigen für konstante Bedingungen von 50 und 60 cm unter Flur die höchsten Wochensummen aller Varianten, auch höher als ihre jeweiligen Referenzwerte mit durchschnittlich nasseren Bedingungen. Feuchtere Bedingungen (30 und 40 cm unter Flur) bzw. sehr tiefe Grundwasserstände (100 cm unter Flur) wirkten sich dagegen limitierend auf die Verdunstung aus. Das bestätigt die landwirtschaftlich ausgerichtete Zielvorstellung, da konstante Grundwasserverhältnisse in einem optimalen Bereich um 50 cm unter Flur die besten Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum auf diesem Standort bieten, während abweichende Verhältnisse das Pflanzenwachstum, hier widergespiegelt durch die Verdunstung, beeinträchtigen. Aus Sicht des großgebietlichen Wasserhaushalts sind dagegen die Referenzvarianten vorteilhafter. Sie benötigen in den meisten Varianten weniger Zusatzwasser (Q_{zu}) und geben weniger Wasser in Überschussperioden ab (Q_{ab}), da sie die Wasserspeicherkapazität des Standorts (ΔS) besser ausnutzen als die Varianten mit konstanten Grundwasserstände.

Dauer [Wo- chen]	P [mm]	ETP [mm]	GWF- konst [cm u.F.]	GWF _{ref} [cm u.F.]	E- T _{konst} [mm]	ET _{ref} [mm]	Q _{zu} - konst [mm]	Q _{zu} - ref [mm]	Q _{ab} - konst [mm]	Q _{ab} - ref [mm]	□S _{kon} st [mm]	□S _{re} f [mm]
17	29	20	30	32	24	25	11	9	-14	-1	2	1
12	24	18	40	24	24	26	13	9	-10	-3	-2	9
68	19	20	50	35	27	24	16	12	-7	-2	1	2
3	25	25	60	45	30	28	15	17	-5	0	0	17
17	28	20	100	32	24	25	5	9	-10	-1	-1	1

Tabelle 20.2: Mittlere Wochensummen der Wasserbilanz im Vergleich von Varianten mit konstantem GW-Stand und entsprechender Referenzvariante mit wechselndem GW-Stand in den Monaten Juni bis September der Jahre 2010 bis 2014

II.1.2 Prototyp für ein System zur Unterstützung der operativen Wasserbewirtschaftung grundwasserregulierter Niederungsstandorte

Die Arbeiten zu diesem Punkt befassten sich zuerst mit dem Thema Monitoring von Grund- und Grabenwasserständen in stauregulierten Niederungsgebieten, welches die Voraussetzung für eine zielgerichtete Wasserbewirtschaftung auf diesen Standorten bildet. Ferner wurden zu Abschnitt 1.1. ergänzende Prozessanalysen durchgeführt. Darauf aufbauend wurde ein einfaches Modell zur Berechnung der Verdunstung und Abschätzung der Entwicklung der Grundwasserstände in einem Prognosezeitraum der folgenden vier Wochen entwickelt, welches die Grundlage für Empfehlungen für wasserwirtschaftliche Steuerhandlungen in einem Entscheidungsunterstützungssystem bildet.

Einrichtung und Optimierung eines Messnetzwerks

Gemeinsam mit den Praxispartnern wurde ein geeignetes Untersuchungsgebiet ausgewählt (Teile R und Q des Südpolders zw. Boblitz und Raddusch) und ein Messnetz für die Erfassung



der Graben- und Grundwasserstände entworfen. Die Grundlage bildeten verfügbare Karten zu den wasserwirtschaftlichen Anlagen (Gräben, Staue, Schöpfwerke) sowie der Boden- und der Landnutzung. Es wurde ein speziell auf künstlich entwässerte Niederungsgebiete zugeschnittenes Verfahren entwickelt, welches den ansonsten zumeist ausschließlich auf Erfahrung des Bearbeiters basierenden Erstentwurf möglichst objektiv gestalten soll (FAHLE et al. 2013). Der entwickelte Entwurf wurde öffentlich mit Vertretern der Behörden und den betroffenen Landwirten diskutiert, unter Berücksichtigung der Hinweise überarbeitet und das konzipierte Messnetz eingerichtet. Die Messungen starteten im Juli 2011. Zur zeitnahen Bereitstellung der gewonnenen Messwerte für interessierte externe Partner wurde ein internetbasiertes Informationssystem entworfen, welches den Flächennutzern und Behörden unmittelbaren Zugriff auf die aufbereiteten Daten ermöglichte.

Das Messnetz für das rund 1000 ha große Gebiet bestand aus 10 Graben- und 5 Grundwassermessstellen. Die gewonnenen Daten wurden im Rahmen einer Untersuchung mit Methoden der Informationstheorie genutzt, um Redundanzen zwischen verschiedenen Messstellen auffindig zu machen (FAHLE et al. 2015a). Hier zeigte sich u.a., dass die Grundwassermessstellen trotz unterschiedlicher Randbedingungen und großer Entfernung voneinander sehr ähnliche Werte liefern und vor allem auf die meteorologischen Gegebenheiten reagierten. Anhand der Erkenntnisse der entsprechenden Studie wurde das Messnetz nach Projektende auf ein für die Wasserbewirtschaftung benötigtes Maß reduziert, um den Investitions- und Betriebsaufwand besser den praktischen Anforderungen anzupassen.

Prozessanalyse und Prototyp eines Entscheidungsunterstützungssystems

Die ursprünglich geplante hydrologisch-hydraulische Modellierung des Untersuchungsgebietes wurde aus mehreren Gründen verworfen. Einerseits hätte dies enorme Datenanforderungen (Querschnitt der Gräben, Bodenparameter, etc.) bedeutet, wobei die Daten zusätzlich aufgrund von Heterogenitäten hohen Unsicherheiten unterworfen sind. Neben Problemen bei der numerischen Abbildung der Hydraulik von nahezu gefällelosen Gebieten, fehlten auch Erkenntnisse zur Interaktion zwischen Graben und Fläche, da in Folge der feuchten Witterungsbedingungen ein geplanter Stauversuch nur in einem unbefriedigenden Ausmaß durchgeführt werden konnte (s. DIETRICH et al. 2014).

Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, die Modellierung auf die Entwicklung der Grundwasserstände zu reduzieren, wobei dies mit einfach zu erhebenden bzw. leicht verfügbaren Daten geschehen sollte. Um ein solches Modell zu entwickeln, wurden Resultate der Lysimeter zur Prozessanalyse genutzt. Es wurde untersucht, inwiefern die Verdunstung mit Hilfe im Tagesverlauf auftretender Grundwasserschwankungen abgeschätzt werden kann. In der Literatur standen dafür verschiedene Ansätze zur Auswahl, die bis dahin noch keinem Vergleich untereinander sowie kaum einer Güteanalyse unterworfen worden waren. Die Anwendung von 6 verschiedenen Methoden auf die Lysimeterdaten zeigte, dass eine leicht veränderte Version der einfachen Methode von White komplexeren Ansätzen ebenbürtig war und eine grobe Abschätzung der Verdunstung ermöglichte (FAHLE et al. 2014).

Ausgehend von einer Invertierung der Methode von White wurde ein einfaches Modell zur Abschätzung der Grundwasserstandsänderung in Abhängigkeit des Niederschlags, der potenziellen Verdunstung und des vorherrschenden Grundwasserstandes entwickelt. Die Parametrisierung erfolgte ausschließlich anhand dieser 3 Eingangsgrößen. Zusätzlich wurde ein künstliches neuronales Netzwerk (KNN) mit den gleichen Daten trainiert. Es zeigte sich, dass beide Modelle den Grundwasserstand auf der Lysimeterfläche gut abbilden konnten, wobei das KNN dem aufgestellten Modell, v.a. bei Überstau, überlegen war (FAHLE et al. 2015b). Unabhängig welches der beiden Modelle gewählt wird, lassen sich beide in ein Rahmenkonzept zur Entscheidungsunterstützung einbauen (Abb. 20.1). Für den Prototyp wurden vierwöchige Realisierungen des historischen Wetters verwendet, um Szenarien des Grundwasserstandes zu berechnen.

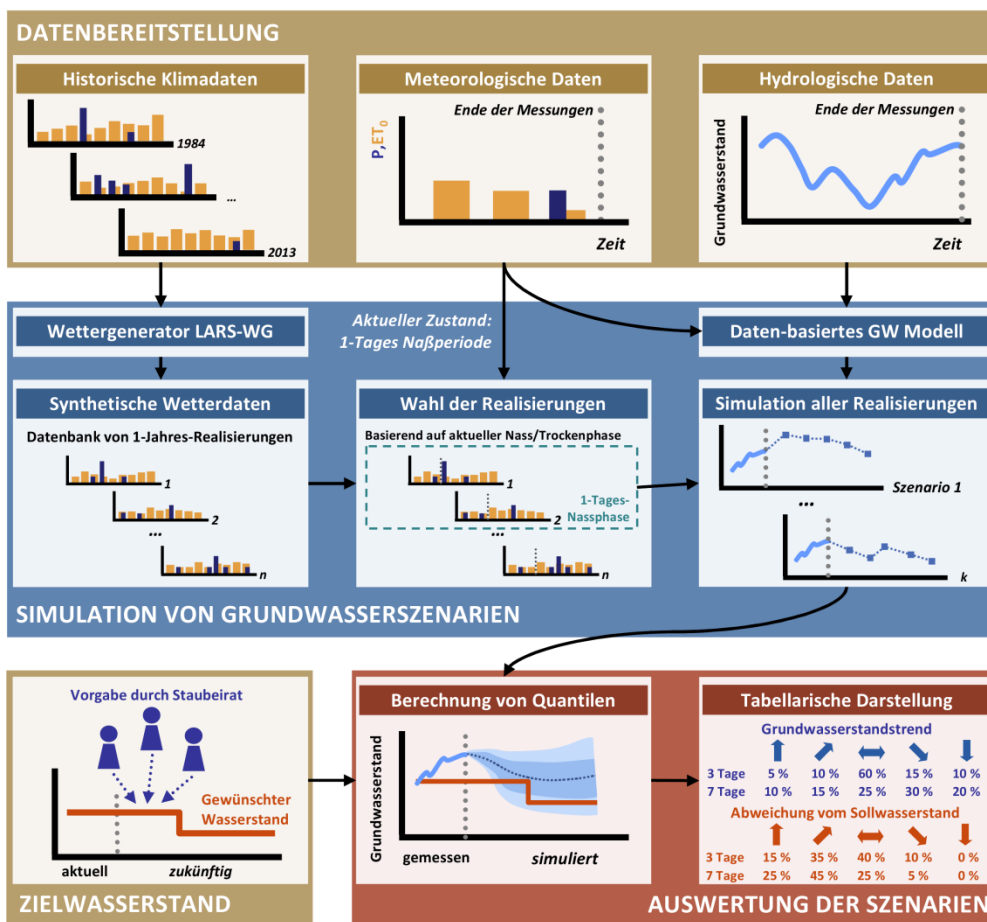


Abbildung 20.1: Schema des Prototyps zur Unterstützung der wasserwirtschaftlichen Entscheidungsfindung

Diese beschreiben mögliche, zukünftige Grundwasserstandsverläufe. Mit deren Hilfe lassen sich Aussagen zu Wahrscheinlichkeit des Über- oder Unterschreitens eines definierten Sollwasserstands treffen. Diese können vom Bearbeiter bei der Festlegung von notwendigen Steuerungshandlungen herangezogen werden, wobei keine direkte Handlungsempfehlung vorgegeben wird. Die testweise Anwendung für die Lysimeterfläche zeigte die potenzielle Eignung des Ansatzes (FAHLE et al. 2015b). Durch Einbeziehung von Unsicherheitsanalysen und Wettervorhersagen können noch wesentliche Verbesserungen der Qualität der Szenarien erreicht werden, was im Rahmen des Projektes aber nicht mehr möglich war.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget war für die Arbeiten ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten waren für die Erreichung der gestellten Ziele erforderlich. Vorgenommene Modifizierungen gegenüber der Projektplanung waren den Witterungsbedingungen der Untersuchungsjahre und dem gewonnenen Erkenntniszuwachs während der Bearbeitung geschuldet.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die am Teilprojekt beteiligten Praxispartner LUGV Brandenburg und WBV „Oberland Calau“ sind die wichtigsten Adressaten für die erarbeiteten Ergebnisse. In gleichem Maße können aber auch untere Wasser-, Umwelt- oder Landwirtschaftsbehörden, Fachbehörden anderer Bundesländer, andere WBV oder Planungsbüros die Ergebnisse nutzen. Durch die direkte Beteiligung der beiden Praxispartner an der Antragstellung und ihre Einflussnahme auf die jährlich abgestimmten Lysimeter-Untersuchungsprogramme wurde eine Fokussierung auf die Untersuchung



praxisrelevanter Varianten gesichert. Damit bestand von Beginn an eine gute Voraussetzung, dass auch die Ergebnisse ihren Weg in die Behörden finden. So wurde auch als Folge der für die Untersuchungen ungünstigen überdurchschnittlich nassen Witterungsbedingungen, welche nicht unbedingt den für die Zukunft projizierten Bedingungen der Klimaszenarien entsprechen, entschieden, die Breite der Untersuchungsvarianten zu reduzieren und sich auf die aktuell wichtigsten Anpassungsoptionen (verbesserter Wasserrückhalt, reduzierter Wasserverbrauch in Trockenperioden) zu konzentrieren. Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Optionen konnten aufgezeigt werden, sollten aber unter Bedingungen anhaltender Trockenheit noch weiter bestätigt werden. Die beteiligten Projektpartner werden auch über die Projektlaufzeit hinaus gemeinsam die Untersuchungen zu den Anpassungsoptionen fortführen. Hierfür wurden mit der Verlängerung des Pachtvertrages für die Nutzung der Lysimeterfläche, die finanzielle Grundabsicherung der Untersuchungen in den kommenden Jahren durch Übernahme in das Basismonitoring des Biosphärenreservats und die technische Absicherung durch den WBV die Voraussetzungen geschaffen.

Die im Rahmen der Bearbeitung entwickelte Methode zur Konzipierung eines hydrologischen Messnetzes für grundwasserregulierte Niederungsgebiete (FAHLE et al. 2013) kann auch auf anderen vergleichbaren Standorten angewendet werden. Ebenfalls fortgeführt wird das Monitoringprogramm im Südpolder des Oberspreewalds. Das etablierte Messnetz wird mittels der gewonnenen Erkenntnisse zur Messnetzoptimierung (FAHLE et al. 2015a) auf den für die Wasserbewirtschaftung notwendigen Umfang reduziert und durch den WBV weiterbetrieben. Die Untersuchung zur Verdunstungsabschätzung anhand von Tagesgängen des Grundwasserstandes (FAHLE et al. 2014) ist für die weitere Anwendung der Methode im wissenschaftlichen Kontext von Belang, was durch zwei Zitate in anderen Studien innerhalb des ersten Jahres nach Erscheinen belegt wird. Das vorgestellte Entscheidungsunterstützungssystem (FAHLE et al. 2015b) sollte noch durch Einbindung aktueller Wettervorhersagen zur Verbesserung der Aussagegenauigkeit erweitert werden, bevor es einem Praxistest unterzogen wird.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Während der Bearbeitung erfolgte eine kontinuierliche und systematische Literaturrecherche. Dabei wurden keine grundsätzlich neuen Erkenntnisse gefunden. Bemerkenswert sind jedoch die ständige Zunahme und der Ausbau internetbasierter Informationssysteme zu aktuellen meteorologischen und hydrologischen Situationen in Flusseinzugsgebieten. Konzentrierten sich diese Informationssysteme des Bundes und der Länder (www.hochwasserzentralen.de) zunächst vorwiegend auf den Hochwasseraspekt, spielt zunehmend auch die Niedrigwassersituation eine Rolle (z. B. „Wasserhaushaltsportal Sachsen“). Gleichermaßen stellen auch kleinere Verbände immer häufiger aktuelle Informationen ins Netz. Beides zeigt auf der einen Seite den Bedarf an aktuellen Informationen von unterschiedlichen Interessengruppen, auf der anderen Seite die zunehmend verbesserten Möglichkeiten durch die technischen Entwicklungen im Messtechnikbereich.

II.6 Veröffentlichungen

APPEL, U., DIETRICH, O., LISCHIED, G., STEIDL, J. (2010): Analyse der Wirkungen von wasserwirtschaftlichen Anpassungsoptionen zur Minderung der Folgen des Klimawandels in großen Feuchtgebieten. - In: Kaiser, K., Libra, J., Merz, B., Bens, B., Hüttl, R.F. (Hrsg.): Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland : Trends, Ursachen, Lösungen: 9-15; Potsdam (Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ).

DIETRICH, O., APPEL, U., FAHLE, M., LISCHIED, G., STEIDL, J. (2012): Grundlagen für eine flexible und ressourcenschonende Wasserbewirtschaftung in Niederungsgebieten zur verbesserten Anpassung an den Klimawandel. In: Grünewald, U., Bens, O., Fischer, H., Hüttl, R., Kaiser, K., Knierim, A. (Hrsg.): Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart. S.138-147.



FAHLE, M., DIETRICH, O., LISCHIED, G. (2013): A guideline for developing an initial hydrological monitoring network as basis for water management in artificially drained wetlands. *Irrigation and Drainage*, 62:524-536, DOI: 10.1002/ird.1744.

FAHLE, M., DIETRICH, O. (2014): Estimation of evapotranspiration using diurnal groundwater level fluctuations: Comparison of different approaches with groundwater lysimeter data. *Water Resources Research*, Vol. 50, 1, 273-286, DOI: 10.1002/2013WR014472.

KADEN, S., DIETRICH, O., THEOBALD, S. (Hrsg.) (2014): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. Band 3 KLIMZUG Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. Oekom Verlag, München. 521 S.

DIETRICH, O., FAHLE, M., STEIDL, J. (2014): Anpassung des Wassermanagements in stauregulierten Niederungsgebieten an zunehmende Wetterextreme - Möglichkeiten und Grenzen der Einflussnahme auf Wasserhaushaltsgrößen. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. Band 3 KLIMZUG Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. Oekom Verlag, München. S. 161-189.

FAHLE, M., HOHENBRINK, T. L., DIETRICH, O., LISCHIED, G. (2015a): Information theory based evaluation of a hydrometric network: Temporal variability of the optimal monitoring set-up. *Journal of Hydroinformatics* (unter Begutachtung).

FAHLE, M., DIETRICH, O. (2015b): Assisting drainage water management in lowlands by generation of groundwater level scenarios using data-based approaches. *Agricultural Water Management* (unter Begutachtung).



Teilprojekt 21 - Instrumentarien für die nachhaltige regionale wasserwirtschaftliche Planung und Entwicklung - Beispiel Lausitz

Projektleitung: Prof. Dr. Uwe Grünewald, Dr. Hagen Koch, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

I.1 Aufgabenstellung

Im Teilprojekt 21 wurden folgende Aufgaben bearbeitet:

- Abschätzung möglicher Folgen des Klima- und Landnutzungswandels auf die natürlichen Wasserhaushaltskomponenten und die regionale Wassermengenbewirtschaftung unter Berücksichtigung von Modellierungsunsicherheiten
- Schrittweise Weiterentwicklung und Anpassung von miteinander verknüpften regionalen Wasserbewirtschaftungsmodellen und Steuerungswerkzeugen zur integrierten Betrachtung von Wassermenge und -güte („Offline“ und „Online“ Kopplung)

Als Untersuchungsgebiet dienten die Lausitzer Flusseinzugsgebiete von Spree, Schwarzer Elster und Lausitzer Neiße, welche aufgrund des jahrzehntelangen Braunkohlenbergbaus und dessen abrupten Rückgangs Anfang der 1990er Jahre durch erhebliche Probleme bezüglich Wassermenge (Grundwasserabsenkungstrichter, Anpassung der regionalen Wasserwirtschaft an künstlich erhöhte Abflüsse in den Vorflutern) und Wasserbeschaffenheit (geringe pH-Werte in den Tagebauseen, hohe Eisen- und Sulfatkonzentrationen in Tagebauseen und Fließgewässern) gekennzeichnet sind. Daraus resultieren bereits unter derzeitigen Klimabedingungen erhebliche Wassernutzungskonflikte. Um zur Lösung bzw. Minderung solcher Wassernutzungskonflikte beizutragen, wurden im Teilprojekt 21 praxistaugliche Planungs-, Bewirtschaftungs- und Steuerungsinstrumente entwickelt, welche sich flexibel an die wechselnden Rahmen- und Randbedingungen (u.a. auch klimatische Randbedingungen) der wasser- und stoffhaushaltlichen Belastungs- bzw. Sanierungssituationen anpassen lassen.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Das Teilprojekt konnte insbesondere auf die Arbeiten aus dem BMBF-Verbundprojekt GLOWA-Elbe (Wassermenge), aus dem BMBF-Projekt „Untersuchung der Gewässerbeschaffenheitsentwicklung der Spree“ sowie anderen unter Beteiligung der Teilprojektpartner bereits getätigten regionalen Projekten (z.B. Gewässergüte Tagebauseen Lausitz, <http://www.lmbv.de/index.php/forschung-zu-seen.html>) aufbauen:

- Regionale wasserwirtschaftliche Kenntnisse: Untersuchungen bezüglich des Konfliktfeldes Braunkohlebergbau, Flutung von Braunkohlerestlöchern und Verteilung der knappen Wasserressourcen in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten von Spree und Schwarzer Elster
- Hydrologische Modellierung: Bereits bestehende hydrologische Modelle für die Einzugsgebiete von Spree und Schwarzer Elster im monatlichen Zeitschritt (EGMO-D; DHI-WASY)
- Wassermengenbewirtschaftung: Das Wasserbewirtschaftungsmodell WBalMo (DHI-WASY) wurde mit ersten Klimaszenarien sowie wassermengenwirtschaftliche Bewirtschaftungsszenarien im monatlichen Zeitschritt angetrieben. Mögliche Wechselwirkungen zur Gewässerbeschaffenheit wurden nicht betrachtet.
- Wasserbeschaffenheit: Auf das bestehende Gütesteuermmodell für die Spree (GSM Spree; IWB, Vorhersagezeitraum: 1 Woche) konnte aufgebaut werden. Langfristige Un-



tersuchungen wurden bisher vor allem durch objektkonkrete Einzelbetrachtungen von Tagebauseen, Fließgewässern oder (Kippen-) Grundwasserkörpern in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten durchgeführt, welche für die Lösung von lokalen, regionalen oder sektoralen Einzelproblemen wertvolle Einzelergebnisse liefern. Für eine langfristige Planung und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an potentielle Klima- und Landnutzungsänderung ist eine wissenschaftlich fundierte Betrachtung von verknüpften (Tagebau-) Seensystemen, von unter- und oberirdischen Fließgewässersystemen jedoch unabdingbar.

- Netzwerk: Zu einer Vielzahl an regionalen Akteuren bestand bereits Kontakt aus vorherigen Projekten.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Das interne Netzwerk bestand aus den Projektpartnern Lehrstuhl Hydrologie und Wasserwirtschaft (seit 11/2011 Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung) der BTU Cottbus (seit 07/2014 BTU Cottbus-Senftenberg), DHI-WASY GmbH (Niederlassung Dresden) und Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (IWB Dresden). Dabei wurde der Themenbereich „Wassermenge“ schwerpunktmäßig vom Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung der BTU Cottbus-Senftenberg und DHI-WASY bearbeitet, der Themenschwerpunkt „Wassergüte“ vom IWB Dresden.

Das Netzwerk der externen Projektpartner bestand aus:

- Vattenfall Europe Generation (VEG) / Vattenfall Europe Mining (VEM)
- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungs-gesellschaft (LMBV)
- Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB Finsterwalde)
- Landesdirektion Dresden
- Landestalsperrenverwaltung Sachsen
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
- Landesamt für Umwelt, Geologie und Verbraucherschutz (LUGV)
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR)
- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV)
- Regionale Planungsgemeinschaft Lausitz-Spreewald
- Bund-Länder Geschäftsstelle für die Braunkohlesanierung
- Gemeinsame Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg

Das Netzwerk wurde für einen engen fachlichen Austausch und inhaltliche Abstimmung, den Austausch von Daten sowie zur Präsentation und Diskussion von Projektergebnissen genutzt.

Folgende Veranstaltungen wurden vom Teilprojekt 21 organisiert bzw. für den inhaltlichen Austausch mit dem externen Netzwerk genutzt:

- Workshop zu Beginn des Projektes im Jahre 2009
- Regionalkonferenz 2009 in Großräschen
- Schriftliche Befragung im Rahmen der 2. SWOT Analyse im Jahre 2011
- Fachsymposium „Wasserbezogenen Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel in Deutschland“, welches in Zusammenarbeit mit der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (BBAW) in Großräschen durchgeführt wurde (2011)
- Regionalkonferenz in Lübben (Spreewald) 2013
- Regionalveranstaltung 2013 in Großräschen
- Abschlussworkshop des Teilprojekts im September 2014 unter dem Motto „Schwarze Elster, Braune Spree – zu wenig Wasser, zu viel drin“ an der BTU Cottbus-Senftenberg



Auch aufgrund der Vielzahl an Veranstaltungen und Workshops waren die Projektpartner über die gesamte Projektlaufzeit in den Entwicklungsprozess eingebunden und konnten so ihre fachlichen Fragestellungen und Vorschläge einbringen.

Das Netzwerk war von hohem Wert für die Datenakquise während der gesamten Projektlaufzeit. Beispielsweise wurden von der Regionalen Planungsgemeinschaft Lausitz-Spreewald bzw. über die dort integrierte IHK Cottbus Planungen hinsichtlich der Entwicklung des Wasserbedarfs der Wassernutzer bereitgestellt. Seitens des in der Region tätigen großen Energieunternehmens VATTENFALL wurden Planungen hinsichtlich der Entwicklung des Energiesektors (z.B. Braunkohleförderung bzw. Kühlwasserbedarf der Kraftwerke, Grundwasserabsenkungsgebiete, Sumpfungswassermengen; Qualität des in Grubenwasserreinigungsanlagen (GWRA) aufbereiteten Sumpfungswassers) den Projektbearbeitern zur Verfügung gestellt. Diese Daten haben maßgeblich zum Erfolg des Teilprojekts beigetragen.

Über das Netzwerk konnten zudem die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Messprogramme abgestimmt und optimiert werden. Durch die Abstimmung mit den Projektpartnern konnte sichergestellt werden, dass die gewonnenen Messdaten nicht nur im Rahmen des Teilprojektes sondern auch für andere aktuelle Fragestellungen der Projektpartner -insbesondere der LMBV- von Nutzen waren. Die Messdaten wurden den Projektpartnern über das Netzwerk zeitnah zur Verfügung gestellt. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das an der Talsperre Spremberg durchgeführte Monitoringprogramm zur Wasserbeschaffenheit. Die hierbei gewonnenen Daten konnten nicht nur für die Parametrisierung des Beschaffenheitsmodells für die Talsperre verwendet werden sondern fanden Eingang in Untersuchungen zum Eisenrückhalt in der Talsperre sowie zum Sulfattransport in der Spree bis Berlin.

Auf dem Abschlussworkshop „Schwarze Elster, Braune Spree – zu wenig Wasser, zu viel drin“ stellten die Projektbearbeiter die Projektergebnisse hinsichtlich der in Szenarien projizierten klimatischen Entwicklung in den Einzugsgebieten der Schwarzen Elster und der Spree und den Konsequenzen für das natürliche Wasserdargebot, das bewirtschaftete Wasserdargebot und die Gewässergüte sowie geeignete Anpassungsmaßnahmen vor. Die untersuchten Anpassungsoptionen der integrierten Wassermengen- und -gütebewirtschaftung im Untersuchungsgebiet, vor allem die Überleitung von Wasser aus der Elbe in die Einzugsgebiete von Spree und Schwarzer Elster, wurden gemeinsam diskutiert. Darüber hinaus wurde weiterer Forschungs- und Entwicklungs- sowie Handlungsbedarf in der Region herausgearbeitet.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Im Rahmen des Teilprojekts wurden modellgestützte Analysen zum Einfluss von Klima- und Landnutzungswandel auf das natürliche (hydrologische Modellierung) und bewirtschaftete Wasserdargebot (Wassermengenbewirtschaftung) in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten von Spree und Schwarzer Elster durchgeführt. Diese Untersuchungen stellten eine wesentliche Voraussetzung für die Wassergütemodellierung sowie die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel dar. Darüber hinaus wurden praxistaugliche Instrumentarien zur integrierten Betrachtung von Wassermenge- und Wasserbeschaffenheitskriterien entwickelt, getestet und erfolgreich angewendet.

Entwicklung von Monitoring- und Modellkonzepten

Die bei den Projektpartnern verfügbaren Mengen- und Beschaffenheitsdaten wurden während der Projektlaufzeit fortlaufend abgerufen und ausgewertet und stellten eine wesentliche Voraussetzung für die Untersuchungen bereits stattgefundener klimatischer Veränderungen dar. Darüber hinaus waren die Daten essentiell für die Entwicklung des Monitoringskonzepts.

In den Lausitzer Flusseinzugsgebiete wurden insgesamt vier Stichtagsmessungen zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit in den Fließgewässern des Untersuchungsraums durchgeführt. Das obere Einzugsgebiet der Spree zwischen dem Pegel Lieske und der Talsperre Spremberg sowie



das Einzugsgebiet zwischen der Talsperre Spremberg und dem Spreewald zuzüglich der Spreewaldzuflüsse wurde jeweils in einer mehrtägigen Stichtagsmessung untersucht. In beiden Fällen wurden mehrere Messtrupps zur kombinierten Erfassung von Wasserbeschaffenheit und Durchfluss eingesetzt. Zur Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser der Kleinen Spree im Abschnitt zwischen dem Ausleiter Burghammer und der Einmündung in die Spree erfolgten ebenfalls zwei Stichtagsmessungen, wobei Durchfluss und Wasserbeschaffenheit ebenfalls in Kombination erfasst wurden. Neben den genannten Stichtagsmessungen wurde ab dem Sommer 2012 an der Talsperre Spremberg ein kontinuierliches Monitoring durchgeführt. Ziel der täglichen Beprobung des Zu- und Ablaufs der Talsperre war die Aufklärung des Systemverhaltens zur Ableitung und Parametrisierung eines Talsperren-gütemodells. Die gewonnenen Daten wurden den Projektpartnern für die Beantwortung weiterer aktueller Fragestellungen zur Verfügung gestellt.

Die gewonnenen Daten waren eine wesentlich Voraussetzung für die Konzeptionierung, den Aufbau, der Parametrisierung und der Kalibrierung und Validierung der Modelle.

Analyse Stofffluss- und Stoffumsatzprozesse

Auf Grundlage aller verfügbaren Messdaten und den Stichtagsmessungen konnten die maßgeblichen Stoffflüsse im Untersuchungsgebiet abgeleitet werden. Dabei zeigte sich, dass das bergbaulich beeinflusste Grundwasser die maßgebliche Einflussgröße für die Wasserbeschaffenheit der Fließgewässer ist. Das Grundwasser gelangt entweder indirekt über Sumpfungswasser-einleitungen oder die Tagebauseen in die Vorfluter oder tritt diesen direkt durch Exfiltration zu. Insbesondere die Ergebnisse der beiden Stichtagsmessungen an der Kleinen Spree waren für den Projektpartner LMBV zum besseren Verständnis der Eisenproblematik in der Spree von Bedeutung.

N-A Modellierung

Für die Berechnung des natürlichen Wasserdargebots der Lausitzer Flusseinzugsgebiete, eine wesentliche Eingangsgröße für die Wassermengenbewirtschaftung, wurden das ökohydrologische Modell SWIM (BTU-Cottbus-Senftenberg) und das hydrologische Modell EGMO-W (DHI-WASY GmbH) verwendet. Aufgrund der starken anthropogenen Beeinflussung der Lausitzer Flusseinzugsgebiete, welche eine Modellkalibrierung und -validierung erschwert, wurde ein Ansatz zur Regionalisierung von Modellparametern für SWIM entwickelt. Dafür wurde in einem ersten Schritt SWIM für ausgewählte Teileinzugsgebiete, welche vom Bergbau bzw. anderen anthropogenen Überprägungen weitestgehend unbeeinflusst sind, aufgebaut, kalibriert und validiert. Zunächst erfolgte die Kalibrierung für den gesamten Parametersatz von SWIM, bei einer Reduzierung auf vier teileinzugsgebietsspezifische Modellparameter konnten zufriedenstellende Ergebnisse erreicht werden. Eine Parameterregionalisierung erfolgte unter Berücksichtigung räumlicher Nähe und physikalischer Ähnlichkeiten. Die Validierung erfolgte anhand langjähriger unbeeinflusster Abflüsse (N-A-U-Atlas und WBalMo Ländermodell). Eine Kalibrierung von EGMO-W konnte entfallen, da die Übertragung der Parameter von der bereits bestehenden Modellversion im Monatszeitschritt erfolgreich an den Pegeln Jänkendorf (Schwarzer Schöps) und Pegel Särichen (Weißer Schöps) geprüft wurde. EGMO-W berechnet das natürliche Wasserdargebot im Wochenzeitschritt, SWIM im Tageszeitschritt. Mit beiden hydrologischen Modellen wurden unter Antrieb der regionalen Klimamodelle STAR (SWIM und EGMO-W) und WettReg (SWIM) Analysen zum Einfluss des Klimawandels auf das natürliche Wasserdargebot getätigt. Mit SWIM, wurden darüber hinaus mögliche Landnutzungsänderungen in Form von Szenarien zum verstärkten Anbau von Energiepflanzen sowie Szenarien zur Braunkohleförderung und -verstromung berücksichtigt.



Wassermengenbewirtschaftung mit WBalMo

Als Voraussetzung für die Kopplung von Wassermengen- und -gütebewirtschaftung wurde das Wassermengenbewirtschaftungsmodell WBalMo vom monatlichen auf wöchentlichen Zeitschritt umgestellt. Darauf aufbauend konnte das Bewirtschaftungsmodell Spree/Schwarze Elster in die neue Simulationssoftware WBalMo 4 migriert werden. Dafür war es notwendig, die Nutzerdaten und die Speichersteuerung an die neue zeitliche und räumliche Auflösung anzupassen. Die Validierung der neuen Simulationssoftware WBalMo 4 Spree/Schwarze Elster im Wochenzeitschritt wurde erfolgreich durchgeführt. Als Voraussetzung für die Kopplung mit dem Gewässergütemodell wurde die OpenMI-Schnittstelle in WBalMo implementiert.

Gewässergütemodell

Um langfristige Szenarien für die Gewässergüteentwicklung im Spreeeinzugsgebiet unter veränderten klimatischen Bedingungen zu berechnen, wurde ein Gewässergütemodell (GGM) der Spree (bis zum Eingang Spreewald) entwickelt, aufgebaut, erfolgreich kalibriert und validiert. Voraussetzungen für die Konzeption des GGMs waren die Untersuchungen und Analysen der Stoffflüsse und Umsatzprozesse im Untersuchungsgebiet in Form von Stichtagsmessungen und das kontinuierliche Monitoring der Talsperre Spremberg. Das GGM basiert auf dem Vorhersagemodell (1 Woche) „Gütesteuermmodell der Spree (GSM Spree)“, welches während der Projektlaufzeit zum Szenarienmodell inhaltlich weiterentwickelt wurde.

Die grundlegenden Modellkonzepte des Beschaffenheitsmodells basieren auf Teilmodellen, die das Abstraktionsniveau deterministischer Blockmodelle haben. Die Bergbaufolgeseen werden auf der räumlichen Abstraktionsebene von Mischreaktoren behandelt. Entsprechend der Komplexität ihrer räumlichen Struktur werden die Seen durch eine unterschiedliche Anzahl gekoppelter Mischreaktoren abgebildet. Die Fließgewässer im Modellgebiet werden als Knotenpunktbilanzmodelle abgebildet. In beiden Fällen erfolgt die Modellierung der Wasserbeschaffenheit nach dem Grundprinzip der Stoffmengenbilanzierung. Die speziellen hydrochemischen Prozesse (homogene und heterogene Reaktionen) in den Bergbaufolgeseen werden mit dem Modell PHREEQC abgebildet. Hierbei können Prozesse im chemischen Gleichgewicht und relevante kinetische Reaktionen, wie z.B. der Gasaustausch mit der Atmosphäre oder die Nitrifikation, berücksichtigt werden. Zur Quantifizierung des dynamischen und richtungswechselnden Wasseraustausches zwischen den Bergbaufolgeseen und dem Grundwasser, insbesondere bei einer intensiven Speicherbewirtschaftung, wurden Hystereseemodelle abgeleitet und angepasst. Die Hystereseemodelle bilden die nichtlineare, richtungsabhängige und die Vorgeschichte berücksichtigende Veränderung der Volumenströme des Grundwassers bei Veränderung des Stauspiegels ab. Die Bergbaufolgeseen, die wasserwirtschaftlichen Speicher, das Grundwasser und die Fließgewässer sind im Wasserbeschaffenheitsmodell miteinander vernetzt. Die Modelleingangsdaten zur Wasserbeschaffenheit wurden aus den verfügbaren Messdaten abgeleitet und werden für die gesamten Betrachtungszeitraum von 2013 bis 2052 als konstant betrachtet. Das Beschaffenheitsmodell wurde auf Grundlage der Messdaten für die Fließgewässer und Bergbaufolgeseen kalibriert und validiert.

Modellkopplung

Für die Modellkopplung zwischen dem Wassermengenbewirtschaftungsmodell (WBalMo) und dem Gewässergütemodell (GGM) wurden zwei verschiedene Strategien verfolgt: die Offline- und Online-Kopplung.

Bei der Offline-Kopplung findet keine Rückkopplung zwischen Wasserbeschaffenheit und Wassermenge, z.B. bei der Gütesteuerung, statt. Dieses Modellsystem umfasst den Untersuchungsraum zwischen dem Pegel Lieske und dem Eingang in den Spreewald. Es beinhaltet alle relevanten chemischen Kennwerte und wird zur Modellierung der Beschaffenheitsentwicklung vor dem



Hintergrund des Klimawandels eingesetzt. Mit der Modellvariante wurden verschiedene Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel getestet (Abbildung 21.1).

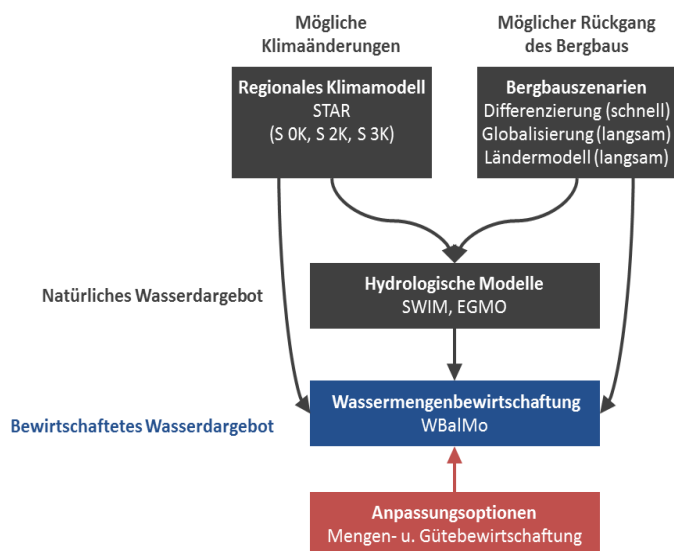


Abbildung 21.1: Forschungsansatz des INKA BB Teilprojektes 21

Beim zweiten Entwicklungsansatz wurden WBalMo und GGM über die Schnittstelle OpenMI online miteinander gekoppelt. Dieser Ansatz ermöglicht die Rückkopplung zwischen der Güte- und Mengenbewirtschaftung und erlaubt so eine kombinierte Optimierung beider Kriterien, z.B. im Kontext der Sulfatsteuerung. Das Online-Modell umfasst das Modellgebiet des bereits vorhandenen Gütesteuermodells (GSM) Spree zwischen Lieske und der Talsperre Spremberg und beschränkt sich auf Grund des hohen Rechenaufwandes auf den konservativen Kennwert Sulfat.

Analyse Klimawirkung auf den Wasserhaushalt

Um bereits stattgefundenen Veränderungen im regionalen Klima zu detektieren, wurden Trendanalysen für die meteorologischen Größen Temperatur (Maxima, Minima, Mittel), potentielle Verdunstung und Niederschlag durchgeführt. In den Lausitzer Flusseinzugsgebieten von Spree und Schwarzer Elster hat demnach im Zeitraum von 1951 bis 2006 ein signifikanter Anstieg der Temperatur (Maxima, Minima, Mittel) sowie der potentiellen Verdunstung stattgefunden. Der Temperaturanstieg ist dabei insbesondere im Frühjahr und Sommer als signifikant einzustufen. Für den Niederschlag lassen sich aus den Messwerten keine signifikanten Veränderungen in den Jahressummen ableiten. Es lässt sich jedoch eine Tendenz zur Abnahme der Niederschläge im Winter und einer Zunahme der Niederschläge im Sommer feststellen. Aufgrund der starken anthropogenen Überprägung der Einzugsgebiete lassen sich aus den Pegelmesswerten keine allgemeingültigen Aussagen bezüglich Veränderungen des Abflusses tätigen.

Um den Einfluss von potentiellen Klimaänderungen in der Zukunft auf das natürliche Wasserdargebot zu untersuchen, wurden Daten des statistischen regionalen Klimamodells STAR als Antrieb für SWIM und EGMO-W verwendet. Für STAR wurden drei Szenarien, 0K, +2K und +3K, mit je 100 Realisierungen genutzt: im Szenario STAR 0K (S 0K) wird kein weiterer Anstieg der Temperaturen angenommen, die anderen projizieren einen weiteren Temperaturanstieg von +2K (S 2K) beziehungsweise +3K (S 3K) bis 2055. Zusätzlich wurde das statistische regionale Klimamodell WettReg, welches bevorzugt in Sachsen verwendet wird, in die Untersuchungen mit SWIM einbezogen, um eine möglichst große Bandbreite an klimatischen Entwicklungen abzubilden. Für WettReg wurde das Szenario A1B genutzt, in welchem ein ähnlicher Temperatur-



anstieg wie im Szenario STAR 2K projiziert wird. Die Untersuchungen wurden für den Zeitraum 2013-2052 getätigt.

Aufgrund der im Vergleich zum STAR 0K Szenario von den Klimaszenarien STAR 2K, STAR 3K und WettReg A1B berechneten Temperaturerhöhung und der Niederschlagsabnahme simulieren die hydrologischen Modelle im Mittel abnehmende natürliche Abflüsse in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten. Mit den jeweiligen Realisierungen des gewählten Klimaszenarios sind hohe Bandbreiten möglicher Abflussänderungen verbunden. Die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den natürlichen Abfluss sind denen der klimatischen Änderungen nachgeordnet.

Um statistisch gesicherte Aussagen über mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das bewirtschaftete Wasserdargebot abzuleiten, benötigt WBalMo 100 Realisierungen der Modellrandbedingungen (natürliches Wasserdargebot und meteorologische Eingaben). Aus diesem Grund wurde der Einfluss des Klimawandels auf das bewirtschaftete Wasserdargebot mit WBalMo nur auf Basis des statistischen regionalen Klimamodells STAR (S 0K, S +2K, S +3K) als Antrieb für die hydrologischen Modelle SWIM und EGMO-W berechnet. Aufgrund der Temperaturerhöhung und der Reduzierung der Niederschläge und damit der natürlichen Abflüsse kann es zu einer Verringerung des bewirtschafteten Wasserdargebots in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten kommen. Dies kann dazu führen, dass i) die (ökologischen) Mindestwasserabflüsse im Mittel zukünftig nicht mehr eingehalten werden können (z.B. Zufluss nach Berlin am Pegel Große Tränke/Spree) und ii) ein geringeres Flutungswasserdargebot für die Bergbaufolgeseen zur Verfügung steht. Die bewirtschafteten Abflüssen sind wiederum Eingaben für das GGM, welches die potentiellen Auswirkungen des Klimawandels auf die langfristige Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Fließgewässern und Bergbaufolgeseen simuliert. Aufgrund des Rückgangs des natürlichen und bewirtschafteten Wasserdargebotes im Untersuchungsgebiet nimmt der Einfluss des bergbaulich beeinflussten Grundwassers auf die Wasserbeschaffenheit der Bergbaufolgeseen und Fließgewässer zu. Dies kann beispielsweise zu einem Wiederabsinken des pH-Wertes in den Bergbaufolgeseen mit der Gefahr der Wiederversauerung oder zu steigenden Eisen- und Sulfatkonzentrationen in den Seen und Fließgewässern führen.

Anpassungsmaßnahmen

Als mögliche Maßnahmen der integrierten Wassermengen- und gütebewirtschaftung wurden folgende Anpassungsoptionen/Steuerstrategien modellhaft untersucht.

- Verringerung der Ausleitungskapazität aus dem Speichersystem Lohsa II von 7 m³/s auf 3 m³/s (Ziel: Verminderung der Ausleitung des Wassers aus dem Speicher Lohsa II (geringer pH-Wert, hohe Eisen- und Sulfatgehalte) pro Zeitschritt)
- Erhöhung des Mindestabflusses der Spree am Pegel Leibsch von 4,5 m³/s auf 6,0 m³/s (Ziel: Erhöhung der Niedrigwasserabflüsse, Verdünnungseffekt)
- Überleitung von Wasser aus der Elbe in die (Kleine) Spree und die Schwarze Elster (Ziel: Erhöhung der Abflüsse, Verdünnungseffekt)
- Technische Maßnahmen (z.B. Einsatz von Neutralisierungsmitteln)

Die Verringerung der Ausleitungskapazität aus dem Speichersystem Lohsa II führt zu einer Verringerung der bewirtschafteten Abflüsse unterhalb von Lohsa II und einer Reduzierung der Sicherheit der Einhaltung von Mindestabflüssen während der Sommermonate. Der Speicherinhalt von Lohsa II erhöht sich auf Kosten anderer wasserwirtschaftlicher Speicher.

Die Erhöhung des Mindestabflusses am Pegel Leibsch bringt kaum Veränderungen. Die Wasserüberleitung aus der Elbe wirkt sich hingegen positiv auf die Wassermenge und -beschaffenheit im Einzugsgebiet aus. Durch das zusätzliche Wasserdargebot können höhere Flutungsmengen für die Bergbaufolgeseen sowie höhere Abflüsse in den Vorflutern realisiert werden. Die Wirkung der Maßnahme hängt aber maßgeblich von der Einleitstelle der Überleitung sowie der



Wasserverfügbarkeit im Entnahmegebiet ab. Zudem fallen beim Bau und Betrieb einer Wasserüberleitung entsprechende Kosten an.

Ein dauerhafter Einsatz von Neutralisierungsmitteln kann eine Wiederversauerung der Tagebauseen verhindern. Zudem wird die Eisenbelastung in den Seen durch Ausfällung verringert. Diese Maßnahme hat allerdings keinen Einfluss auf die Sulfatkonzentration im See und ist auf lange Sicht sehr kostenintensiv. Sie sollte daher nur im Verbund mit anderen Maßnahmen eingesetzt werden.

Stakeholderintegration, Öffentlichkeitsarbeit, Verstetigung

Das kontinuierliche Monitoring an der Talsperre Spremberg wird von den Projektpartnern LMBV und Vattenfall über das Ende der Projektlaufzeit hinaus fortgeführt.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget hat ausgereicht, um die Projektziele zu erreichen und wurde planmäßig ausgegeben.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleisteten Arbeiten waren insbesondere für die Praxispartner des INKA BB Teilprojekts 21 von hoher Relevanz für die langfristige wasserwirtschaftliche Planung und Entwicklung in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Mit den erarbeiteten Simulationsmodellen und Steuerungswerkzeugen stehen den Praxispartnern nun Instrumentarien zur Verfügung, die es ihnen ermöglichen, eine einzugsgebietsbezogene, länderübergreifende Wasserbewirtschaftung auch unter veränderten Rahmen- und Randbedingungen z.B. des Klimawandels und des damit veränderten Wasserdargebotes und Wasserbedarfs sowie veränderten Beschaffenheitsentwicklungen umzusetzen. Wasserwirtschaftliche Maßnahmen lassen sich hinsichtlich unterschiedlicher Zielstellungen untersuchen, anpassen und optimieren. Darüber hinaus bietet sich die Möglichkeit WBalMo und das GGM nun auch mit anderen Modellen zu koppeln.

Die hydrologischen Modelle, welche während der Projektlaufzeit für die Lausitzer Flusseinzugsgebiete aufgebaut, kalibriert und validiert wurden, können nun auch für andere Fragestellungen, z.B. bezüglich Hoch- und Niedrigwasser, verwendet werden.

Die im Rahmen des Monitorings der Talsperre Spremberg erhobenen Messdaten wurden den Projektpartnern LMBV, VEM und LUGV Brandenburg zur Verfügung gestellt. Auf Grund des bisherigen Erfolges wird dieses Monitoringprogramm über die Projektlaufzeit von INKA BB hinaus fortgeführt. Dafür konnten die Projektpartner LMBV und VEM gewonnen werden. Die Finanzierung des Programms übernehmen beide Partner anteilig.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Im Bereich der regionalen Klimamodellierung gab es zahlreiche Fortschritte. So wurden im Laufe des Vorhabens neue Klimaszenarien veröffentlicht, welche anstelle von Emissionsszenarien nun auf „Representative Concentration Pathways (RCPs)“ basieren. Aus Zeitgründen und aufgrund der besonderen Anforderungen der 100 Realisierungen für die Ableitung von Wahrscheinlichkeitsaussagen der Wassermengenbewirtschaftung wurden diese neuen Szenarien jedoch nicht im Rahmen der Projektlaufzeit berücksichtigt.

Über Fortschritte von anderen Stellen im Themenkomplex „Wasserbeschaffenheit in bergbaulich beeinflussten Einzugsgebieten“ ist den Projektbearbeitern nichts bekannt. Nennenswert sind jedoch die Projekte KliWES (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8214.htm>) und das EU-Projekt NEYMO (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/11547.htm>), welche auch Untersuchungen zum Einfluss des Klimawandels auf die regionalen Wassermengen,



unter anderem, in Teileinzugsgebieten der Lausitzer Neiße, Spree und Schwarzen Elster, durchführen. Dabei vernachlässigen diese Projekte jedoch die Bereiche, welche stark vom Bergbau geprägt sind. Zu beiden Projekten wurden Kontakte gepflegt, was dazu führte, dass Ergebnisse des Teilprojekts 21 auf Projektveranstaltungen von KliWES und NEYMO vorgestellt wurden.

II.6 Veröffentlichungen

POHLE I., KOCH H., CONRADT T., GÄDEKE A., GRÜNEWALD U., 2014. Potential impacts of climate change and regional anthropogenic activities in Central European mesoscale catchments. *Hydrological Sciences Journal*.

POHLE I., KOCH H., GÄDEKE A., GRÜNEWALD U., KALTOFEN M., SCHRAMM M., REDEZKY M., MÜLLER F. (2014): Auswirkungen von Unsicherheiten in Klimaszenarien auf die regionale Wassermengenbewirtschaftung. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 6 (7): S. 350-354.

GÄDEKE A., HÖLZEL H., KOCH H., POHLE I., GRÜNEWALD U., 2014. Analysis of uncertainties in the hydrological response of a model-based climate change impact assessment in a subcatchment of the Spree River, Germany. *Hydrological Processes*, 28(12): 3978-3998.

POHLE I., KOCH H., GRÜNEWALD U.: Potential climate change impacts on the water balance of subcatchments of the River Spree, Germany. *Advances in Geosciences* 32: 49-53.

POHLE I., GÄDEKE A., KOCH H., GRÜNEWALD U., SCHRAMM M., REDEZKY M., MÜLLER F., KALTOFEN M. (2014): Auswirkungen potenzieller Änderungen des Klimas und der Braunkohleförderung und -verstromung auf natürliche und bewirtschaftete Abflüsse in den Lausitzer Flusseinzugsgebieten. In: Kaden, S., Dietrich, O. and Theobald, S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. oekom Verlag. München. S. 121-140.

KALTOFEN M., M. REDEZKY, K. ZIMMERMANN, W. UHLMANN (2014): Online-Kopplung des Wasserhaushaltsmodells WBalMo Spree/Schwarze Elster mit dem hydrochemischen Flussgebietsmodell. In: Kaden S., Dietrich O., Theobald S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel - Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. oekom Verlag. München. S. 411-423.

ZIMMERMANN K., UHLMANN W., SEILER D., THEISS S. (2014): Die Wasserbeschaffenheit der Spree im bergbaulich beeinflussten Abschnitt zwischen Bautzen und dem Spreewald vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Kaden S., Dietrich O., Theobald S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. oekom Verlag, München, S. 141-159.

GÄDEKE A., POHLE I., HÖLZEL H., KOCH H., GRÜNEWALD U. (2012): Analyse zum Einfluss des Landschafts- und Klimawandels auf den Wasserhaushalt in einem Teileinzugsgebiet der Spree. In: Grünwald U., Bens O., Fischer H., Hüttl R. F., Kaiser K., Knierim A. (Hrsg.) „Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel“, Schweizerbart, S. 81-94.

GÄDEKE A., KOCH H., POHLE I., GRÜNEWALD, U. (2014): Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in Klimawandelimpaktstudien. In: Cyffka, B. (Hrsg.): *Wasser - Landschaft - Mensch in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Beiträge zum Tag der Hydrologie 20. bis 21. März 2014 an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt, Forum für Hydrologie - Heft 34. S. 49-56*

POHLE I., GÄDEKE A., KOCH H., GRÜNEWALD U. (2013): Abschätzung möglicher Folgen des Klimawandels auf die regionalen Wasserressourcen der Lausitz. In: Weingartner, R., Schädler, B. (Hrsg.): *Wasserressourcen im globalen Wandel. Hydrologische Grundlagen - von der Messung zur Anwendung. Beiträge zum Tag der Hydrologie 4. bis 6. April 2013 an der Universität Bern, Forum für Hydrologie - Heft 33. S. 151-162*

POHLE I., KOCH H., GÄDEKE A., GRÜNEWALD U. (2013): Simulation von Auswirkungen potenzieller Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt unter Berücksichtigung unterschiedlicher Datengrundlagen. In: Casper, M., Gronz, O. (Hrsg.): *Simulation hydrologischer Systeme - Wie nah kommen wir der Realität? Beiträge zum 3. Trierer N-A-Workshop zur Niederschlag-Abfluss-Modellierung am 17. und 18. September 2012 in Trier. Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA. Hennef. S. 157-166.*

POHLE, I., H. KOCH, A. GÄDEKE, M. KALTOFEN, M. SCHRAMM, M. REDEZKY, F. MÜLLER & U. GRÜNEWALD (2013): Potential impacts of climate change on natural and managed discharges of the Rivers Spree, Schwarze Elster and Lusatian Neisse, Central Europe. In: C. A. Brebbia (Hrsg.) *Water and Society II*, WITPress, Ashurst, Southampton: 3-15



Teilprojekt 22 - Nachhaltige Managementstrategien für glaziale Seen Brandenburgs im Klimawandel

Projektleitung: Prof. Dr. habil. O. Mietz, IaG GmbH

I.1 Aufgabenstellung

Die mehr als 5.000 Seen größer 1 ha in Brandenburg besitzen einen hohen ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Wert. Der erwartete Klimawandel gefährdet jedoch stark ihren Bestand und ihren Gütezustand. Gegenüber klimabedingten, hydrologischen und biologischen Veränderungen reagieren die Seen sehr empfindlich (MATHES 2005, MIETZ 2005), wobei insbesondere die Flachseen aufgrund ihrer ungünstigen Morphometrie und damit einhergehenden hohen Produktivität eine sehr hohe Vulnerabilität aufweisen (BAUER et al. 2013). Aufgrund von Wasserdefiziten im Einzugsgebiet inkl. temperaturbedingt steigender Evapotranspiration wurden vielfach sinkende Grund- und Oberflächenwasserstände verzeichnet. Flachseen können verlanden oder eutrophieren, in tieferen Seen können die Litoralzonen trocken fallen mit gravierenden Konsequenzen für Natur, Landschaft und Nutzung der Gewässer (BRAUNS et al. 2008). Die Aufgaben des Teilprojekts lagen zum einen in der Beantwortung der Fragen, wie sich Wasserhaushalt, Stoffhaushalt und Gütezustand von Seen klimabedingt zukünftig ändern können. Zum anderen sollte ein integratives Bewirtschaftungskonzept für Seen und ihre unmittelbaren Einzugsgebiete entwickelt werden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen dabei die drei, in unterschiedlichen Jungmoränengebieten liegenden Schwerpunktregionen Stechlinseegebiet (tiefe, geschichtete Seen), Scharmützelseegebiet (Seenketten) und das Seddiner Seengebiet (Flachseen).

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Temperaturanstiege und Niederschlagsabnahmen sowie jahreszeitliche Verschiebungen als klimatische Effekte wurden für die Region Brandenburg schon vor Beginn des Projekts nachgewiesen und die Szenarien projizierten eine Fortsetzung und Steigerung der Effekte (z.B. WECHSUNG et al. 2005, WERNER 2014). Die steigenden Lufttemperaturen führen zu einer stärkeren oberflächlichen Erwärmung des Wassers (bei polymiktischen Seen des gesamten Wasserkörpers), die Zunahme der Evapotranspiration und Abnahme der Jahresniederschlagssumme zu einer negativen klimatischen Wasserbilanz und sinkenden Wasserständen. Temperaturanstieg und Wasserverlust wirken eutrophierend und beschleunigen die Seenverlandung. Dabei wirken die höheren Wassertemperaturen in zweierlei Hinsicht eutrophierend:

- sie steigern die Stoffwechselaktivität der Organismen und damit die Produktionsleistungen aller Organismengruppen;
- sie erfassen bei Flachseen den gesamten Wasserkörper und somit auch die Sedimentoberfläche, beschleunigen dort Mineralisations- und Diffusionsrate und somit den seeinternen „kurzgeschlossenen“ Stoffkreislauf.

Trotz bereits vorliegender Forschungsergebnisse zum Einfluss des projizierten Klimawandels auf die glazialen Seen (z.B. DOUGLAS & SMOL 2002, HUBER et al. 2008, HUPFER 2001) gab es kaum Handlungsempfehlungen für die Praxis. Klimaauswirkungen auf Seen wurden bis dato nur in Einzelfällen untersucht. Auf den Klimawandel Bezug nehmende, umfassende Managementstrategien waren bis zum Beginn des Projektes nicht bekannt.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Jeder der vier Projektpartner (IaG, BTU, IGB, DHI-WASY) nutzte schon bestehende Kontakte zu und Kooperationen mit anderen Stellen, suchte aber auch gezielt nach neuen Kooperations-



partnern, um Anpassungsstrategien umzusetzen. Insgesamt umfasst die Liste der Praxispartner 37 Institutionen, darunter Behörden, Ämter, Naturschutz-, Fischerei- und Tourismusverbände von lokaler bis überregionaler Ebene. Die Vernetzung mit anderen Teilprojekten und die regionale Anbindung an die späteren Nutzer stellten einen wichtigen Baustein für das Gesamtprojekt dar. Praxis- und Kooperationspartner des Teilprojekts waren z.B.:

- Ministerium / Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
- Ministerium für Ländliche, Umwelt und Verbraucherschutz
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern
- Untere Wasser- und Naturschutzbehörden
- Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales Berlin
- Amt Scharmützelsee
- OEWA Storkow GmbH (AWATECH)
- Naturparkverwaltungen
- Wasser- und Bodenverbände / Gewässerunterhaltungsverbände
- Sielmann-Stiftung
- Gemeinde Seddiner See
- Fischereibetriebe
- Golf- und Country Club Seddiner See AG
- Tourismusvereine
- Gewässerkataster und angewandte Gewässerökologie e.V.
- Sporting Club Berlin Scharmützelsee e.V.
- Natur & Text GmbH
- Förderverein Feldberg-Uckermärkische Seenlandschaft e.V.
- Gsan Ökologische Gewässersanierung GmbH
- Landschaftspflegeverband Spree-Neiße e.V.

Innerhalb des INKA BB-Netzwerkes gab es viele inhaltliche Schnittstellen zwischen Teilprojekt 22 und anderen Teilprojekten. Neben der Unterstützung durch Teilprojekt 1 bei der Reflexion des Strategieprozesses stellt Teilprojekt 2 Klimaszenarien bereit. Hervorzuheben ist insbesondere die Zusammenarbeit mit Teilprojekt 16 bei der Bewertung der Ergebnisse zur Bewirtschaftung von Makrophyten an Flachseen. Austausch zur Übertragung von Wasserrückhaltestrategien gab es mit Teilprojekt 19, mit Teilprojekt 20 wurde die Bewirtschaftung von Niederungsgebieten diskutiert. Die Bedeutung der Regenwassereinleitung von Straßen in Flachseen war Gegenstand der Kooperation mit Teilprojekt 24.

Literatur

- BAUER, J., JASPER, C., LIEBNER, A.I. & RÜTZ, N. (2013): Vulnerabilitätsanalyse am Beispiel der Standgewässer im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin. Technische Universität Berlin, Fakultät VI, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, 117 S.
- BEHRENDT, H. & DANNOWSKI, R. (2005): Nutrients and heavy metals in the Odra River system. Weißensee Verlag, Berlin, 370 S.
- BRAUNS, M., GARCIA, X.F. & PUSCH, M. (2008): Potential effects of water level fluctuations on littoral invertebrates in lowland lakes. *Hydrobiologia* 613: 5-12.
- DOUGLAS, M. S. V. & J. P. SMOL (2002): The paleolimnological record from high arctic ponds: sensitive archives of environmental changes. In: *Shallow lakes 2002, international conference on limnology of shallow lakes, Balatonfüred, 25.-30.05.2002, Abstracts*, S. 46.
- DWA (2006): DWA-M 606: Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.), ISBN 978-3-939057-61-1, 112 S.



- HILT, S., HENSCHKE, I., RÜCKER, J. & NIXDORF, B. (2010): Can submerged macrophytes influence turbidity and trophic state in deep lakes? Suggestions from a case study. *Journal of Environmental Quality*, 39, S. 725-733.
- HUBER V., ADRIAN R. & GERTEN D. (2008): Phytoplankton response to climate modified by trophic state. *Limnology and Oceanography* 53: 1-13
- HUPFER, M. (2001): Inland Waters and Climate Variations. In: Lozán, J.L., H. Graßl, P. Hupfer, H. Sterr (Hrsg.). *Climate of 21st Century: Changes and Risks. Wissenschaftliche Auswertungen*, Hamburg, S. 295-300.
- MATHES, J. (2005): Das Seenprogramm in Mecklenburg-Vorpommern – Ziele, Sachstand und Perspektiven; In: *Integrierter Gewässerschutz für Binnengewässer: Maßnahmen zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser*, 4. Stechlin-Forum, S. 29-40.
- MIETZ, O. (2005): Seenrestauration in Norddeutschland an ausgewählten Beispielen, In: *Integrierter Gewässerschutz für Binnengewässer: Maßnahmen zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser*, 4. Stechlin-Forum, S. 41-54.
- NLWKN (2010): Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer – Teil B Stillgewässer. Empfehlungen zu Auswahl, Prioritätensetzung und Umsetzung von Maßnahmen zur Entwicklung der großen Seen in Niedersachsen. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), 177 S.
- WECHSUNG, F., BECKER, A. & GRÄFE, P. (2005): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Weißensee-Verlag, Berlin 2005, 407 S., ISBN 3-89998-062-X.
- WERNER, P. C. (2014): Klimawandel in der Region Berlin-Brandenburg. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. München: oekom verlag, S. 13-35.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Arbeitspaket 1 - Wirkungsspektrum des Klimawandels auf Seen

Zur Identifizierung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken, die mit dem Klimawandel verbunden sind, wurde eine SWOT-Analyse zusammen mit den Praxispartnern durchgeführt. Es zeigte sich, dass die gewässerökologischen Probleme in Zukunft nur durch die Entwicklung integraler wasserwirtschaftlicher und ökologisch begründeter Lösungen im gesamten ober- und unterirdischen Wassereinzugsgebiet lösbar sind. Dabei spielt die Verbesserung der Informationspolitik allgemein (Zusammenhänge) als auch speziell (Fallstudien) eine große Rolle, um möglichst viele Akteure für die Probleme zu sensibilisieren.

Es wurde eine Bestandserfassung und Konfliktanalyse zur Klimawirkung auf Seen durchgeführt und eine einheitliche Datenbankstruktur erzeugt, die eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Szenarien zum Reaktions- und Anpassungsverhalten der Seen in Bezug auf unterschiedliche Klimaprojektionen darstellt. In die Datenbank wurden 91 Seen aufgenommen, darunter 50 Flachseen, für die speziell ein umfangreiches Monitoringprogramm initiiert wurde. Um die Aussagekraft der geplanten statistischen Analysen und deren Übertragbarkeit auf unterschiedliche Seentypen zu erhöhen, wurden neben brandenburgischen auch weitere norddeutsche Seen in die Datenbank aufgenommen. Durch die Datenabfrage stellte sich jedoch heraus, dass für die geplante Struktur entweder keine oder nur sporadische Daten vorhanden waren bzw. erst noch im Laufe des Projektes erarbeitet werden mussten. Letzteres galt insbesondere für die Klimaprojektionen und die daraus ableitbaren hydrologischen Szenarien sowie für die Einzugsgebietsanalyse. Bei den Biokomponenten ergab sich eigentlich nur für das Phytoplankton aufgrund der verbindlichen EU-Wasserrahmenrichtlinie eine konsistente Datenbasis. Angaben zu anderen Biokomponenten (Makrophyten, Fische, Zooplankton) sind größtenteils (noch) nicht vorhanden. Als Konsequenz wurde eine Datenbank entwickelt, die den Fokus auf die Trophieentwicklung in den verschiedenen Seentypen legt, aber auch etwaige Sanierungsmaßnahmen der Vergangenheit abbildet.



Insbesondere als Grundlage hydrologischer Analysen der Flachseen wurde ein GIS-basiertes Informationssystem (WISYS-Flachseen) entwickelt und implementiert. Es wurde ein Wirkungsgefüge von erwarteten Klimaänderungen auf die Gewässergüte- und -mengenentwicklung in flachen Landseen (IaG), Seenketten (BTU, IaG) und geschichteten Seen (IGB, BTU) in einer Matrix entwickelt, aus der mögliche Folgen und adaptive Managementstrategien in den jeweiligen Einzugsgebieten abgeleitet werden konnten. Als notwendige Voraussetzung für die Ausarbeitung und konzeptionelle Beschreibung der Wirkungen des Klimawandels wurde eine umfangreiche Literaturstudie durchgeführt. Nach Analyse verfügbarer Klimaszenarien verschiedener Modelle (REMO, CCLM, STAR II, WETTREG) wurde das Modell STAR (vom PIK) mit den Klimaszenarien T0 und T2 (2 Grad Erwärmung) für die weitere Bearbeitung ausgewählt.

Arbeitspaket 2 - Darstellung der regionalen Hydrologie und Morphometrie von Flachseen

Das Modellkonzept Hydrologie wurde erstellt. Grundlage bildet die detaillierte Wasserhaushaltsbilanz für einen See.

Es erfolgte eine detaillierte Analyse der Datenverfügbarkeit und Modellierbarkeit der einzelnen Komponenten der Wasserhaushaltsbilanz. Nach Analyse und Testung verschiedener Niederschlags-Abfluss-Modelle am Beispiel der Seddiner Seen erzielte das Modell EGMO-D eine hinreichende Modellgenauigkeit. Die Modellapplikation war nötig, da für die Mehrzahl der betrachteten Seen keine belastbaren Messungen der oberirdischen Zu- und Abflüsse (RO) vorlagen und unterirdische Zu- und Abflüsse (RU) praktisch nicht messbar sind. Mit diesem Modell wurden Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels durchgeführt. Grundlage waren die STAR-Szenarien T0 und T2 mit jeweils 100 stochastischen Realisierungen. Nach einer detaillierten Analyse der Klimadaten (0 Grad- und 2 Grad-Szenario) wurden die EGMO-D Modelle aufgebaut und mit diesen das natürliche Wasserangebot der Seen ermittelt (Reihe 2004-2053). Auf dieser Grundlage wurde die Seenbewirtschaftung simuliert – mangels Daten teilweise mit vereinfachter Annahme, speziell zur Seengeometrie. Im Ergebnis stehen Daten der Seefüllungen für verschiedene Unterschreitungswahrscheinlichkeiten sowie der Seeabsenkungen für dieselben Überschreitungswahrscheinlichkeiten (ÜWk) zur Verfügung. Es konnten aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit (Seefläche, Seevolumen) oder anderen Gründen (z. B. See ist zu- und abflusslos) nur 22 der 50 Flachseen untersucht werden. Das Ergebnis zeigt, dass für alle untersuchten Seen im Klimawandel ein mehr oder weniger starker Rückgang der Wasserstände (und Seeflächen) zu erwarten ist, weshalb Anpassungsmaßnahmen konzipiert wurden. Die klimabedingten Vergrößerungen der Absenkungen sind teilweise erheblich: die maximalen Absenkungen steigen im extremen Fall von 0,5 m im Jahr 2018 bis auf 4,2 m im Jahr 2053 an, diejenigen mit 10 % ÜWk von 0,4 m bis auf 2,4 m. Die dadurch frei gewordenen wasserfreien Seeflächen betragen maximal über 40 % der Fläche bei Vollfüllung. Einzelheiten sind Kaden & Schramm (2014a und b) zu entnehmen.

Das hydrologische Monitoring der Seddiner Seen zeigte, dass die Seepiegel den Grundwasserläufen mit dem zeitlichen Abstand von etwa einem Monat folgen. Bedingt durch die hohen Niederschlagssummen in den Sommermonaten und den damit verbundenen Rückgang der Grundwasserentnahmen für die Bewässerung in den Jahren 2010–2013 stiegen die Seepiegel der grundwassergespeisten Seddiner Seen kontinuierlich von Jahr zu Jahr an. Mit einem im Juni 2013 gemessenen Maximalwasserstand von 39,26 m im Großen Seddiner See wurde beinahe der jemals höchste gemessene Wasserstand von 39,46 m (seit Beginn der Messungen im Jahr 1977) erreicht. Der Wasserspiegel lag 2013 somit fast 100 cm über dem der Jahre 2000–2007, was einer Volumenzunahme von ca. 2,1 Mio. m³ (Gesamtvolumen 2013 ca. 7 Mio. m³) entspricht.

Ergänzend zu den wasserhaushaltlichen Untersuchungen war es vorgesehen, die Morphologie der Flachseen im Klimawandel zu analysieren. Als Grundlage sollten historische Daten der Se-



dimentation in Flachseen dienen. Leider konnten entsprechende Daten nicht ermittelt werden. Eine Literaturrecherche ergab auch wenig. Allerdings lässt sich daraus ableiten, dass klimabedingte Änderungen der Sedimentationsraten in den betrachteten Zeiträumen von Jahrzehnten voraussichtlich maximal im Millimeterbereich zu erwarten sind. Das hydrologische Regime von Flachseen konnte anhand der vorhandenen Daten sowie im Projekt erhobenen Messdaten bewertet werden, wenngleich eine Mehrzahl der Seen aus unterschiedlichen Gründen nicht wie geplant in das hydrologische Modell aufgenommen werden konnte. Bei der Analyse der Morphometrie von Flachseen zeigte sich die mangelhafte Datenverfügbarkeit am deutlichsten, so dass diese nicht durchgeführt werden konnte. Die angestrebten Ziele wurden somit nicht vollständig erreicht.

Arbeitspaket 3 - Darstellung der regionalen externen Nährstoffeinträge

Für die Modellierung der Nährstoffeinträge aus den Seeinzugsgebieten wurden geeignete Daten gesammelt und aufbereitet, um die für das Modell notwendigen Eingangsdaten zusammenzustellen und in die für das Flusseinzugsgebietsmodell MONERIS (Modeling Nutrient Emissions in River Systems; Behrendt & Dannowski 2005) notwendige Form zu bringen. Danach wurden in Abstimmung mit den Projektpartnern folgende Seen für die Modellierung der Nährstoffeinträge mit MONERIS festgelegt: Scharmützelsee, Langer See bei Dolgenbrodt, Tiefer See oder Grubensee, Wolziger See b. Storkow, Großer Seddiner See, Kähnsdorfer See, Großer Lienenwitzsee, Kolpinsee b. Lehnin, Stechlinsee, Tegeler See, Groß Glienicker See, Unterhavelbecken.

Es erfolgte dann zunächst eine Modellvalidierung zur Prüfung der Modellqualität bei der erforderlichen räumlichen Auflösung. Daraufhin wurde die Modellierung der Nährstoffeinträge auf der Basis von Klimaszenarien zur Darstellung des Einflusses von Klimawandeleffekten durchgeführt und ausgewertet.

Arbeitspaket 4 - Modellgestützte Prognose des Seegütezustands

Temperaturprofile der geschichteten Seen wurden für verschiedene Zeiträume ausgewertet und die Schichtungsdauer für zukünftige, voraussichtlich wärmere Zeitperioden ermittelt. Dauer und Zeitpunkt der Schichtung werden weitgehend von den Verhältnissen im Frühjahr, insbesondere vom Temperaturanstieg vom März zu April, bestimmt. Eine Zunahme der Schichtungsdauer seit Beginn der kontinuierlichen Messungen ist im Stechlinsee und der Scharmützelseenkette nachweisbar. Der Stechlinsee könnte sich vom aktuell dimiktischen in einen warmomiktischen See verwandeln, dessen Wassersäule nur im Winter vollständig durchmischt wird. Die beobachtete Erhöhung der Oberflächentemperatur des Stechlinsees im Verlauf der vergangenen 50 Jahre beträgt ca. 1,5°C. Die Wirkungen der beiden untersuchten thermalen Stressoren (Klimawandel, Betrieb des KKW Rheinsberg von 1966–1990) auf das Schichtungsverhalten erwiesen sich jedoch hinsichtlich ihrer raumzeitlichen Erstreckung als recht unterschiedlich.

Für die Berechnungen und weiterführende Analysen wurden drei Modelle verwendet: 1) SALMO-ST, ein gekoppeltes hydrodynamisches ökologisches Modell, 2) GLM, ein neues hydrodynamisches Open-Source-Modell und 3) ein vom IGB selbst entwickeltes Sauerstoffmodell. Als zeitintensivste Arbeit stellte sich das Vorbereiten und Einarbeiten sowie statistische Modellieren der Wetterdaten heraus. Dies war unumgänglich, da SALMO-ST stündliche Daten erfordert, aber nur tägliche Daten für Klimaszenarien und gemessene Daten ab 1950 zur Verfügung standen. Effekte der Tageszeit, des Datums, der Tageslänge und viele weitere Parameter wurden charakterisiert und in die statistischen Modelle implementiert. Ein Mechanismus für die Interaktion von Klimawandel und Eutrophierung wurde identifiziert und statistisch validiert. Dieses neu erworbene Wissen über solche See-spezifischen Mechanismen war für das eigentliche Kalibrieren und Verifizieren des Modells und das Interpretieren der Ergebnisse von un-



schätzbarem Wert. Nachdem das Modell fertig kalibriert war, konnten Szenarien simuliert werden, und aus den so dargestellten Auswirkungen des Klimawandels auf den See Rückschlüsse auf ein adaptives Seenmanagement gezogen werden.

Im Scharmützelseengebiet wurde die Interaktion von Phytoplankton und Makrophyten untersucht. Dazu wurde der Makrophytenbestand (Biomasse, Bedeckungsgrad, Arteninventar) im Scharmützelsee und im Langen See kartiert. Dabei ging es auch um die Frage, in welchem Maße klimabedingte Faktoren und Prozesse die Konkurrenzbeziehung zwischen Phytoplankton und Makrophyten beeinflussen können. Danach wird ein Erfolg der Makrophytenentwicklung von der Dauer der Eisbedeckung und der Intensität und Dauer der Diatomeenblüte im Frühjahr bestimmt. Späte und lang anhaltende Frühjahrsblüten bilden aufgrund der höheren Trübung ungünstige Bedingungen für den Start des Makrophytenwachstums. Ein langes Klarwasserstadium kann dagegen eine Makrophytenentwicklung fördern und damit Konkurrenzbedingungen für das sommerliche Phytoplankton (Cyanobakterien) schaffen, die mit einer Reduzierung der Phytoplanktonbiomasse verbunden sind.

Nach den gerechneten Szenarien sind zwischen 0,7 und 3,1 (im Mittel 1,3) t P in der Makrophytenbiomasse gebunden, was 49–213 % der Phosphormenge des Epilimnions, d. h. dem Bereich des Wasserkörpers, der mit den submersen Makrophyten während der Vegetationsperiode direkt in Kontakt steht, entspricht. Demgegenüber ergibt die Schätzung nur 5,3–22,1 t, d. h. 15 – 62 % (im Mittel 27 %) des epilimnischen Stickstoffs. Somit scheint im Scharmützelsee eine direkte Steuerung der Phytoplanktonbiomasse eher über die Konkurrenz um Phosphor, wie sie bereits durch Hilt et al. (2010) beschrieben wurde, als durch Stickstoffkonkurrenz wahrscheinlich zu sein.

Arbeitspaket 5 - Ableitung adaptiver Managementstrategien

Für die Bewirtschaftungsstrategie der Wasserüberleitung von einem Fließgewässer in ein Standgewässer wurde anhand der Nieplitz und dem Großen Seddiner See ein umfassendes Konzept ausgearbeitet und ein Bericht erstellt. Mit dieser Maßnahme kann ein sinkender Wasserspiegel eines Sees kompensiert werden. Die Entnahme des Fließgewässer-Wassers sollte aber nur dann erfolgen, wenn der festgelegte Mindestabfluss Q_{\min} überschritten ist (meist im Winter). Technisch ließe sich das recht einfach lösen, z. B. mittels einer automatischen Messstation mit Ultraschallmessverfahren. Potentiell ist eine weitere Entnahme von Wasser z. B. bei Hochwasserabflüssen (HQ) im Sommer denkbar. Da sich die Zulaufmenge in den See regulieren lässt, kann man bei Abflussspitzen des eingeleiteten Fließgewässers das Seebecken auch als „Speicher“ bei Hochwasser nutzen. Die Umsetzung an Nieplitz/Gr. Seddiner See ist bislang nicht erfolgt.

Eine weitere Anpassungsstrategie an den Klimawandel stellt das Regenwassermanagement dar. Aufgrund ihrer potentiellen Nährstoffbelastung und der damit einhergehenden potentiell negativen Auswirkungen auf die Gewässer sollte in Seen im Optimalfall nur gereinigtes Regenwasser eingeleitet werden. Noch besser als die Behandlung wäre eine Versickerung des Niederschlagswassers an Ort und Stelle in Form einer modernen Regenwasserbewirtschaftung. Ein Regenwassermanagement ist überall dort sinnvoll, wo der Eintrag von unbehandeltem Regenwasser aufgrund von Nähr- und Schadstoffen, Keimen, Salz oder organischen Stoffen nachweisbar negative Auswirkungen auf das Gewässer hat.

Eine weitere Strategie stellt die Makrophytenbewirtschaftung dar, zu der die Nutzung von submersen und emersen Makrophyten zählt. Eine Nutzung von Schilf durch eine winterliche Schilfmahd (max. $\frac{1}{3}$ des Bestandes) hat verschiedene positive Auswirkungen auf das Gewässer und das Schilf selbst. Durch die Schilfmahd werden dem Gewässersystem Nährstoffe entzogen, das Verlandungstempo des Gewässers reduziert und eine Überalterung des Bestandes verhindert. Zusätzlich wird die Verdunstung des Gewässers verringert. Im Durchschnitt liegt das Erntepotenzial von Schilf bei 8 t Trockenmasse $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$. Das geerntete Schilf kann als Baustoff, zur



Energiegewinnung (ca. 5.220 kWh t⁻¹ Schilf; übrig bleibende Schilffasche als Düngemittel), als Zellulosegrundstoff, Reinigung von Wasser, Mulch, Rohstoff für Viehfutter und zur Kompostierung eingesetzt werden. Mit submersen Makrophyten können ebenfalls Nährstoffe (z.B. N, P) aus dem Gewässersystem entfernt werden. Eine Makrophyten-Mahd ist allerdings nur bei Dominanz einer einzigen Art zu empfehlen, die die Nutzung des Sees stark beeinträchtigt. Die entfernte Makrophytenbiomasse sollte nach Möglichkeit energetisch genutzt werden. Die Entnahme von Ufergehölzen oder Schilf stellt stets einen Eingriff in ein geschütztes Biotop dar (§ 30 BNatSchG), weshalb die Entnahmen reglementiert sein müssen. Zu bedenken ist, dass konzeptionell bei der Entnahme von Ufergehölzen, Schilf oder submersen Makrophyten darauf geachtet wird, dass nicht zu große Mengen dieser Pflanzen entfernt werden, damit deren positive Eigenschaften erhalten bleiben und die Bestände natürlich nachwachsen.

Im Antrag wurden die Speicherbewirtschaftung und Wetlands als adaptive Managementstrategien genannt, die am Beispiel des Scharmützelseegebietes zur Minderung der Folgen des globalen Klimawandels Einsatz finden sollten. Im Verlauf des Projektes hat sich als eine Besonderheit von Wassermengen regulierten Seenketten herausgestellt, dass die trophisch bedingten Einflüsse für die Entwicklung der Wasserqualität (interne und externe Stoffeinträge) dominanter sind als die klimarelevanten Faktoren (Wasserstandsschwankungen usw.). Aus diesen Gründen ist die Bearbeitung dieser Schwerpunkte (Speicherbewirtschaftung und Wetlands) in den Hintergrund der Managementstrategien getreten.

Die Bekämpfung der Eutrophierung von Seen durch seenexterne und -interne Maßnahmen steht in einem engen funktionalen Zusammenhang mit den Wirkungen des Klimawandels auf Seen. Aus der Analyse der Seedatenbank (mit 38 Wasserkörpern, darunter 28 dimiktischen Seen) sowie der vorhandenen Langzeitdaten ergab sich, dass es in der Region Berlin/Brandenburg insgesamt nur wenige Seen gibt, deren Zustandsdaten vermutlich ausschließlich durch den Klimawandel beeinflusst sind. Im überwiegenden Teil dieser Seen (mind. 74 %) wurden in den letzten 20 Jahren (1988–2008) Sanierungsmaßnahmen im Einzugsgebiet oder Maßnahmen im See, wie eine Phosphor-Fällung oder Biomanipulation, durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass die Effekte des Klimawandels von den Effekten dieser Maßnahmen überlagert sein können, die über die Verringerung der P-Konzentration auf eine Verminderung der Trophie abzielen. Deshalb war es notwendig, Untersuchungen zur Wirkung von seeinternen Maßnahmen auf den internen P-Kreislauf bzw. auf die Trophie einzubeziehen. Im Vordergrund stand die Bewertung der seeinternen Maßnahme Tiefenwasserbelüftung in Verbindung mit einem unterschiedlichen Eisenangebot zur verbesserten P-Bindung im Sediment.

Zwei der dimiktischen Seen, die im Rahmen von INKA BB detaillierter untersucht wurden, sind der Groß-Glienicker See und der Tegeler See im Stadtgebiet von Berlin. Der Groß-Glienicker See wurde einmalig mit Eisensalzen behandelt, und der Tegeler See erfährt eine nahezu kontinuierliche Eisenzufuhr über seine Zuflüsse, insbesondere über die Havel sowie über die Zugabe von Eisensalzen in der P-Eliminationsanlage (Oberflächenwasser-Aufbereitungsanlage Tegel). Es wurde deshalb der Frage nachgegangen, wie effektiv eine einmalige bzw. kontinuierliche Eisenzufuhr den P-Haushalt beeinflussen kann. Die Untersuchungen erbrachten als Ergebnis, dass die Zugabe von Eisen, insbesondere wenn die externe Belastung durch P zuvor verringert wurde, eine geeignete Maßnahme der Seenrestaurierung darstellt. Die Eisenzugabe stellt insbesondere ein Werkzeug dar, um in dimiktischen Seen ein neues, dauerhaftes Gleichgewicht zu stabilisieren. Die künstliche Eisen-Versorgung kann, auch bei einer Überdosierung, nicht vollständig die P-Freisetzung unterdrücken. Jedoch wird das gelöste P während der Schichtung im Hypolimnion angereichert und ist in der euphotischen Zone nicht verfügbar. Daher ist die verbleibende Redox-abhängige Mobilität des Eisens nicht als ein Nachteil der Fällungsmethode mit Eisen zu betrachten.



Arbeitspaket 6 - Handlungsempfehlungen für ein adaptives Management von Seen als Entscheidungsunterstützungssystem

Nur mit nutzungsbezogenen, aufeinander abgestimmten Managementplänen ist der angestrebte gute ökologische und gute chemische Zustand nach EU-WRRL für alle berichtspflichtigen natürlichen Wasserkörper zu erreichen. Aus den Erkenntnissen der Arbeitspakete 4 und 5 sollte ein Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) entwickelt werden, das es den Praxisnutzern ermöglicht, eine effiziente und nachhaltige Bewirtschaftung von Seen und ihren unmittelbaren Einzugsgebieten umzusetzen. Als Ergebnis sollten dem Nutzer konkrete wasserwirtschaftliche, hinsichtlich ihrer Effizienz abgewogene Handlungsempfehlungen an die Hand gegeben werden. Die Datengrundlage der wichtigsten Seeparameter hierfür war nicht ausreichend. Auch kann man die Maßnahmen nicht einfach in eine Reihenfolge bringen, die aussagt, welche Maßnahme für das jeweilige ökologische Problem die Beste ist. Jeder See stellt ein Individuum dar und muss nach den spezifischen Defiziten und Ursachen therapiert werden, für die eine detaillierte Voruntersuchung unersetzlich ist (NLWKN 2010). Literaturstudien und eigene im Rahmen von INKA BB entstandene Ergebnisse zeigen, wie unterschiedlich die Seen reagieren, sofern sie sich in einem oder mehreren morphologischen oder hydrologischen Parametern voneinander unterscheiden. Art und Intensität der Bewirtschaftung steuern vermutlich die Trophie und Entwicklung der Seen stärker als klimatische Veränderungen. D. h. die Effekte der Seen sind anthropogen überlagert und variieren somit stark von See zu See, was eine Prognose bzw. Extrapolation der Ergebnisse stark einschränkt. Da es nicht möglich ist, ein Tool wie das EUS zu implementieren, wird den Praxisnutzern empfohlen, die Charakteristika jedes Sees und dessen ökologische Probleme zu analysieren und vor dem Hintergrund der erwarteten Klimaveränderung zu betrachten. Mengenseitig bieten die im Projekt erarbeiteten Wasserstandsprojektionen in Flachseen hierfür eine Basis. Daran anschließend sollten, basierend auf den bekannten adaptiven Managementstrategien (vgl. Ergebnisse von Arbeitspaket 5), die geeignetste(n) Maßnahme(n) bzw. -kombination(en) ausgewählt, geprüft und umgesetzt werden.

Für die Erarbeitung des EUS wurden auch die Ergebnisse der 3. SWOT-Analyse mit den Praxispartnern eingearbeitet. Ausgehend von der großen Zahl der Flachseen in Brandenburg (ca. 3.000) und deren regionale Unterschiede ist eine einheitliche Anpassungsstrategie unrealistisch. In jedem Fall sind alle Maßnahmen zur Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts gemäß Anpassungsstrategie des Landes Brandenburg zielführend. Langfristig sollten an den Gewässern die ökologische Funktionsfähigkeit, sowie die Stabilität der Ökosysteme und somit ihre Fähigkeit zur Resilienz erhalten werden, also die Fähigkeit zum Ausgleich von Störungen (z. B. durch ein Extremwetterereignis) bzw. Erhalt des Zustandes des Systems. Für die Maßnahmenumsetzung sind finanzielle und personelle Ressourcen bei Behörden und weiteren Stakeholdern und der politische Wille erforderlich, an den Zuständen etwas ändern zu wollen.

Ein Entscheidungsunterstützungssystem, wie es zu Beginn des Projektes geplant war, konnte nicht entwickelt werden. Die Veröffentlichungen stellen jedoch eine wichtige Bewertung und Zusammenstellung der Anpassungsstrategien dar. Aufgrund der enormen Komplexität der Vorgänge und Reaktionen der Gewässersysteme und ihrer Einzugsgebiete besteht weiterer Forschungsbedarf.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das geplante Budget für das Teilprojekt 22 hat ausgereicht und wurde planmäßig ausgegeben. Die gesteckten Ziele wurden mehrheitlich erreicht.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war notwendig und angemessen, um das Prozessverständnis zu Auswirkungen des Klimawandels im komplexen System See zu vertiefen und Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zu entwickeln. Die Kooperationen mit den Praxispartnern, die Teilnahmen



an öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen und die vielen wissenschaftlichen Publikationen können einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der EU-WRRL und FFH-Richtlinie (Öffentlichkeitsbeteiligung) zu leisten.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch die enge Anbindung der Verwaltungen, SeenutzerInnen und BewirtschafterInnen sind günstige Voraussetzungen geschaffen worden, das im Teilprojekt 22 gewonnene Wissen zu diskutieren und zu verbreiten sowie einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung und Gestaltung der EU-WRRL (Öffentlichkeitsbeteiligung) zu leisten. Ein nachhaltiges Wassermanagement bezüglich Menge und Güte ist hierfür eine wesentliche Voraussetzung. Mit den im Projekt entwickelten Modellen können Klimawandelszenarien simuliert und Seezustandsprognosen durch die Effekte des Klimawandels auf den See abgegeben werden, was in dieser Form bislang nicht möglich war und einen wichtigen Beitrag zum Seenmanagement leisten wird. Die umfassende Charakterisierung des klimabedingten Wandels von See-Ökosystemen stellt eine wichtige Voraussetzung für die Therapie von Seen und deren Erhalt unter den besonderen Ansätzen der Adaptation dar.

An den Flachseen des Brandenburger Stadiums des Weichselglazials sind in den letzten 20 Jahren verschiedene Monitoringprogramme mit unterschiedlichen Zielstellungen durchgeführt worden. Eine Auswertung dieser Daten war wichtig für die Entwicklung von Adaptationsstrategien und Therapiemöglichkeiten. Mit der Seendatenbank lassen sich in der Zukunft auch weitere Fragestellungen bearbeiten.

Die Projektionen der Entwicklung des Wasserhaushalts ausgewählter Flachseen im Klimawandel (T0- und T2-Szenario) zeigen tiefere Absenkungen der Seen und Abnahmen der Seenflächen auf als erwartet. Absenkungen des Wasserstands und Seeflächenabnahmen haben Konsequenzen hinsichtlich der Nutzung der Seen, vor allem aber auch hinsichtlich der Entwicklung der Gewässerbeschaffenheit und -ökologie. Anhand der Projektionen können gezielt Maßnahmen ergriffen werden, da man nun die potenziellen Folgen des Klimawandels besser einschätzen kann.

Als Fazit kann man festhalten, dass Maßnahmen möglichst „No-regret-Maßnahmen“ darstellen sollten und präventiv und integrativ ausgerichtet werden, so dass sich die Gewässerökosysteme den zu erwartenden Klimaveränderungen in all ihrer Ausprägung und regionalen Unterschieden anpassen können. Ihre Anpassungskapazität lässt sich erhöhen und ihre Sensitivität auf klimatische Veränderungen reduzieren, indem Maßnahmen frühzeitig umgesetzt werden, welche die Gewässer ihrem potentiell natürlichen Zustand annähern und den Wasserhaushalt stabilisieren. Basierend auf dem Maßnahmenkatalog an bekannten und geprüften Sanierungs- und Restaurationsmaßnahmen sind nach einer Detailplanung für jedes individuelle Gewässer die Maßnahmen (-Kombinationen) auszuwählen, die das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Bereits umgesetzte Maßnahmen an anderen, vergleichbaren Gewässern sind auf ihren Erfolg zu prüfen. Eine besondere Bedeutung stellt als „No-regret-Maßnahme“ die Erhöhung des Wasserrückhalts in der Landschaft und der Grundwasserneubildungsrate dar. Auch wenn einige Fragen noch offen bleiben, die nur durch weitere Forschung und Zusammenarbeit beantwortet werden können, leisten die erzielten Ergebnisse einen bedeutenden Schritt hin zu mehr Verständnis der Standgewässerökosysteme und mit welchen Managementmaßnahmen den Herausforderungen der Zukunft begegnet werden kann. Die größten Herausforderungen sieht das Teilprojekt in der zunehmenden Eutrophierung und beschleunigten Verlandung der Seen sowie in der Wasserknappheit bzw. veränderten Wasserdynamik, Beeinträchtigungen der Uferstruktur und der Nahrungsnetze. Den Herausforderungen sollte mit der weiteren Umsetzung der Zielvorgaben nach EU-WRRL und dem Wasserrückhalt in der Landschaft begegnet werden. Auf diese Weise kann die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme Seen verbessert und gestärkt werden, was ihre Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel herabsetzt, und sie weniger anfällig auf Störungen wie Temperaturerhöhungen reagieren werden.



II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Die HNE Eberswalde entwickelt und führt seit einigen Jahren modellbasiert in aquatischen wie terrestrischen Systemen Vulnerabilitätsanalysen durch. Die Vulnerabilität („Verwundbarkeit“) wird als Expositionsänderung (z.B. Klimawandelbedingt höhere Temperaturen) dividiert durch die Sensitivität des Systems bzw. als Impact minus Anpassungskapazität definiert (BAUER et al. 2013). Die Sensitivität eines Sees wird durch seine Morphologie und seinen Trophiegrad bestimmt. In der Regel gilt, je größer und tiefer ein Standgewässer ist, desto besser kann es die Klimawandelbedingten Auswirkungen verkraften. Die Vulnerabilitätsanalyse der Standgewässer am Beispiel des Biosphärenreservats Schorfheide-Chorin (ebd.) zeigte, dass die Komplexität der Ökosysteme eine präzise Voraussage der Klimaauswirkungen und deren Folgen nahezu unmöglich macht. Durch speziell entwickelte Handlungsempfehlungen (z.B. Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts) können die Folgen jedoch abgemildert werden. Die untersuchten Standgewässer des Biosphärenreservats verfügen als Ergebnis der Analyse über eine mittlere bis sehr hohe Vulnerabilität. Die Analysen sind noch nicht abgeschlossen und werden in Kooperation fachlich und inhaltlich durch das Teilprojekt begleitet.

II.6 Veröffentlichungen

GRÜNEBERG, B., RÜCKER, J., NIXDORF, B. & BEHRENDT, H. (2011): Dilemma of non-steady state in lakes - development and predictability of in-lake P concentration in dimictic lake Scharmützelsee (Germany) after abrupt load reduction. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 96 (5): 599-621.

HUPFER, M., NIXDORF, B. & TOCKNER, K. (2011): Reaktionen von Seeökosystemen auf Umweltveränderungen. In: Hüttl, R.F., Emmermann, R., Germer, S., Naumann, M., Bens, O. (Hrsg.): *Globaler Wandel und regionale Entwicklung. Anpassungsstrategien in der Region Berlin-Brandenburg*, 50-56, Springer, Berlin.

HUPFER, M. & NIXDORF, B. (2011): Zustand und Entwicklung von Seen in Berlin Brandenburg, Diskussionspapier 11, 01/2011, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, 78 S.

JÄSCHKE, K., SACHSE, R., PETZOLDT, T., WAGNER, A., HEGEWALD, T., BERENDONK, T.U. & PAUL, L. (2013): Wie zeigt sich der Klimawandel in den deutschen Talsperren? *Wasserwirtschaft* 5: 32-35

KADEN, S. & SCHRAMM, M. (2014a): Quantitative Entwicklung von Flachseen in Brandenburg im Klimawandel. In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. München: oekom verlag, S. 487-505.

KADEN, S. & SCHRAMM, M. (2014b): Untersuchungen zur quantitativen Entwicklung von Flachseen in Brandenburg im Klimawandel. Herausgeber: DHI-WASY GmbH. Literaturdatenbank des CSC, 46 S.

KAISER, K., FRIEDRICH, J., OLDORFF, S., GERMER, S., MAUERSBERGER, R., NATKHIN, M., HUPFER, M., PINGEL, P., SCHÖNFELDER, J., SPICHER, V., STÜVE, P., VEDDER, F., BENS, O., MIETZ, O. & HÜTTL, R.F. (2012): Aktuelle hydrologische Veränderungen von Seen in Nordostdeutschland: Wasserspiegeltrends, ökologische Konsequenzen, Handlungsmöglichkeiten. In: Grünewald, U., Bens, O., Hüttl, R.F., Kaiser, K. & Knierim, A. (Hrsg.): *Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel in Deutschland*. Schweizerbart, Stuttgart.

KASPRZAK, P., SHATWELL, T., KIRILLIN, G. (2012): Warmwasser aus einem Kernkraftwerk und Klimawandel haben unterschiedlichen Einfluss auf Wassertemperaturen und thermische Schichtung des Stechlinsees. *DGL - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2011 (Weihenstephan)*, S. 287-291.

KIRILLIN, G., SHATWELL, T. & KASPRZAK, P. (2013): Consequences of thermal pollution from a nuclear plant on lake temperature and mixing regime. *Journal of Hydrology*, 496, 47-56.

Kleeberg, A., Herzog, C., Hupfer, M., Nixdorf, B. & Tockner, K. (2011): Redox sensitivity of iron in phosphorus binding does not impede lake restoration. *Water Research* 47: 1491-1502.

MIETZ, O. & HARTWICH, M. (2014): Hydrologische und limnologische Langzeituntersuchungen am Großen Seddiner See (Brandenburg, Deutschland). In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): *Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen*. München: oekom verlag, S. 389-407.



MISCHKE, U. & NIXDORF, B. (2009): Was wäre wenn: Phytoplankton-Bewertung nach EU-WRRL und Klimaszenarios. Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung der DGL 2008 in Konstanz. Eigenverlag der DGL: 231-235.

NIXDORF, B., RÜCKER, J., DENEKE, R. & GRÜNEBERG, B. (2009): Gewässer im Klimastress? Eutrophierungsgefahr in Seen am Beispiel der Scharmützelseeregion. Forum der Forschung 22: 99-106, Eigenverlag der BTU Cottbus, ISSN: 0947-6989.

NIXDORF, B., RÜCKER, J., DOLMAN, A.M., WIEDNER, C., HILT, S., KASPRZAK, P., KÖHLER, A., WEYER, K. VAN DE, SANDROCK, S., SCHARF, E.-M. & WILLMITZER, H. (2013): Prozessverständnis als Grundlage für die Gewässerbewirtschaftung - Fallbeispiele für Limitation, Konkurrenz, Gewässerstruktur und Nahrungsnetzsteuerung. Fachbeiträge Seentherapie, Korrespondenz Wasserwirtschaft 2013 (6), Nr. 12, S. 693-701.

RÜCKER, J., WEYER, K. VAN DE & NIXDORF, B. (2013): Kann Nährstoffkonkurrenz durch submerse Makrophyten die Biomasseentwicklung des Phytoplanktons beeinflussen? Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung der DGL 2012 in Koblenz. Eigenverlag der DGL: 346-350.

SHATWELL, T., KASPRZAK, P. & HUPFER, M. (2012): The influence of climate change on oxygen and phosphorus in deep Lake Stechlin. DGL - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2011 (Weihenstephan), S. 302-306.

SHATWELL, T., JORDAN, S., ACKERMANN, G., DOKULIL, M., RÜCKER, J., SCHARF, W., WAGNER, A. & KASPRZAK, P. (2013): Langzeitbeobachtungen zum Einfluss von Klimawandel und Eutrophierung auf Seen und Talsperren in Deutschland. Fachbeiträge Seentherapie, Korrespondenz Wasserwirtschaft 2013 (6), Nr. 12, 729-736.



Teilprojekt 23 - Technologien für klimaangepasste Wasserbewirtschaftung in Stadtgebieten im Klimawandel

Projektleitung: Thomas Taute, Freie Universität Berlin

I.1 Aufgabenstellung

Das Land Berlin stellt mit einer Gesamtfläche von 892 km² die größte Stadt der Bundesrepublik Deutschland dar und wird vollständig vom Land Brandenburg umschlossen. Als grundlegende mögliche Folge des Klimawandels wurde die Änderung der Niederschläge in Intensität und im jahreszeitlichen Verlauf angenommen. Man rechnete mit warmen, trockenen Sommern und niederschlagsreichen milden Wintern (RAHMSDORF & SCHELLNHUBER, 2006; IPCC 2007). Insgesamt ging man von einer deutlichen Reduzierung der Grundwasserneubildung in der Region Berlin-Brandenburg aus, welche zu einer erheblichen Wasserverknappung in der Region führen würde (GERSTENGARBE et al., 2003; LAHMERT 2006). Ziel der Arbeiten war es, den Einfluss des Klimawandels auf den Wasserhaushalt Berlins, insbesondere auf die Grundwasserneubildung zu ermitteln und mögliche Gegenmaßnahmen zu erörtern.

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Nach GERSTENGARBE et al. (2003) muss für die Region Berlin-Brandenburg für die Periode 2040-2050 mit einem Rückgang der Grundwasserneubildung von bis zu 42% gerechnet werden. Demgegenüber geben ZEITZ & LÖSCHNER (2007) für die Region Berlin in Abhängigkeit der Entwicklung der Jahresniederschläge sowohl eine Zunahme der Grundwasserneubildung von 30% als auch eine möglich Abnahme der Grundwasserneubildung von etwa 20% als mögliche Entwicklung an. Zudem werden innerjährliche Verschiebungen des Wasserdargebotes diskutiert, welche zu einer weiteren Verknappung gerade in den Sommermonaten führen könnten.

Die Trinkwassergewinnung Berlins erfolgt ausschließlich aus dem Grundwasser und setzt sich zu 30% aus natürlicher Grundwasserneubildung, zu 60% aus Uferfiltrat und zu 10% aus künstlicher Grundwasserneubildung zusammen (UBB 2008). Die Anteile variieren zwischen den einzelnen Wasserwerken. Künstliche Grundwasseranreicherung findet z.B. in erster Linie an den Wasserwerken Tegel und Spandau statt. Während in Tegel ausschließlich künstliche Becken zur Grundwasseranreicherung genutzt werden, existieren am Wasserwerk Spandau sowohl künstliche Becken, als auch ein natürliches System aus kleinen Bachläufen, die zur Grundwasseranreicherung genutzt werden können. Zu Beginn, wie auch zum Ende des Projektes, wurde von öffentlicher Seite immer wieder die Frage diskutiert, ob eine Reduzierung der Grundwasseranreicherung mit einer Verlagerung der Grundwasserförderschwerpunkte nicht genutzt werden könnte, um siedlungsverträgliche Grundwasserstände in vernässungsgefährdeten urbanen Gebieten zu schaffen. Die künstliche Grundwasseranreicherung stellt jedoch neben der Erhöhung des Dargebotes auch ein wichtiges Steuerwerkzeug für den Einflussbereich von Wasserwerken dar, der für den Naturschutz ebenfalls von Belang ist.

Der Einfluss der Grundwasserförderung und Anreicherung auf die Grundwasserstände kann mittels numerischer Grundwassermodelle wie FEFLOW (DIERSCH 2014) gut berechnet und dargestellt werden. Hierfür ist jedoch eine möglichst genaue Quantifizierung der relevanten Randbedingungen, wie der Grundwasserneubildung, nötig.

Auch die flächendifferenzierte Grundwasserneubildung kann mit entsprechenden Modellen, wie z.B. SIWA on ArcView (MONNINKHOFF, 2001), entsprechend dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik berechnet werden. Hierfür müssen jedoch entsprechende Daten akquiriert, die Modelle konzipiert, aufgebaut und entsprechend der Fragestellung ausgewertet werden.



Literatur

- DIERSCH, H.-J. (2014): FEFLOW - Finite element modeling of flow, mass and heat transport in porous and fractured media. Heidelberg/ Berlin: Springer.
- Gerstengarbe, F.-W., Badeck, F., Hattermann, F., Krysanova, V., Lahmer, W., Lasch, P., et al. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. Potsdam: PIK-Report No. 83.
- IPCC. (2007): Fourth Assessment Report AR4, WG1. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- KLEBBA, B., & GRÄSER, S. (2012). Kartierung potentieller Versickerungsflächen innerhalb des Berliner Stadtgebietes - Diplomkartierung. Berlin: Freie Universität Berlin.
- KRAUSE, K. (2001): Die geologisch-hydrogeologische Situation im Jung- und Altmoränengebiet des Andechser Höhenrückens zwischen Ammer- und Würmsee und in der nördlich angrenzenden Wurzelzone der westlichen Münchener Schotterebene (Oberbayern). München: Dissertation an der Technischen Universität München.
- MONNINKHOFF, L. (2001): ArcSIWA 1.1 Berechnung der Grundwasserneubildung Tutorial - Einführung in ArcSIWA (SIWA on ArcVIEW). Berlin: WASY Gesellschaft für wasserwirtschaftliche Planung und Systemforschung GmbH.
- PIK (2011): GLOWA-Elbe III Verbundvorhaben - Schlussbericht - Wirkung des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbegebiet - Ergebnisse und Konsequenzen. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
- ZEITZ, J., & LÖSCHNER, F. (2007): Berechnung der Grundwasserneubildung unter veränderten klimatischen Bedingungen - Studie im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. Berlin: Humboldt- Universität zu Berlin.

1.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Während der Projektlaufzeit wurden die bestehenden Netzwerke weiter intensiviert. Eine direkte Zusammenarbeit in Form von einer Weiternutzung von Projektergebnissen ergab sich mit Teilprojekt 19. Im Dezember 2011 fand bei den Berliner Wasserbetrieben ein Partnerworkshop zu den Ergebnissen des Teilprojektes statt. Hier wurden die Ergebnisse für den Raum Berlin und insbesondere für das WW Tegel vorgestellt. Eine separate Vorstellung der Grundwasserneubildung erfolgte im Januar 2012. Thema war hier insbesondere die Methodik der berechneten Grundwasserneubildung. Im Rahmen der Facharbeitsgruppe *Technologien Wasserrückhalt* im Oktober 2012 wurden die Ergebnisse für die Modellräume Berlin und Friedrichshagen vorgestellt und mit den anwesenden Experten der Wasserwirtschaft diskutiert. Hinzu kommen zahlreiche Treffen in kleinen Expertengruppen, in denen sowohl die Ergebnisse des Teilprojekts 23, als auch mögliche neue Fragestellungen, welche sich aus den Ergebnissen ableiten ließen, vorgestellt und erörtert wurden. Zu den intensiven Kontakten gehören insbesondere die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt und die Berliner Wasserbetriebe.

Der finale Stand des Expertennetzwerkes besteht neben den Projektbearbeitern Freie Universität Berlin – AB Hydrogeologie und der DHI-WASY GmbH aus der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – Referat VIII E - Wasserwirtschaft, Wasserrecht und Geologie, dem Referat I E - Landschaftsplanung und Naturschutz, sowie den Berliner Wasserbetrieben – Abteilung Strategieplanung und Abteilung Wasserversorgungen. Darüber hinaus bestand während der Projektlaufzeit ein intensiver Austausch zu anderen INKA BB Teilprojekten aus dem Handlungsfeld Wasser, vor allem Teilprojekt 19, sowie anderen themenrelevanten Arbeitsgruppen der DHI-WASY GmbH (Niederlassung Dresden) und dem ZALF. Außerdem bestand ein themenbezogener Austausch mit Berliner Forschungsgruppen im Bereich des BMBF Verbundprojektes ELaN sowie Projektarbeitsgruppen zur Analyse der Sulfatbelastung der Berliner Grund- und Oberflächengewässer und der Berliner Forstverwaltung.



II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Arbeitspaket 1 - Bestandsanalyse zur Quantität und Qualität

Zur Vorbereitung der ersten SWOT-Analyse wurde eine detaillierte Bestandsanalyse zur Quantität und Qualität von verfügbaren Ressourcen durchgeführt. Diese ergab, dass unter Berücksichtigung der wasser- und naturschutzrechtlichen Genehmigungsfähigkeit das größte Potenzial zur Anreicherung von Grundwasser im Bereich der natürlichen oder naturnahen Systeme und bei den Riesefeldern mit Grundwasseranbindung zu finden ist. Daher wurde empfohlen, die Konzentration der Bearbeitung auf eine verstärkte Grundwasseranreicherung in natürlichen oder naturnahen Systemen, wie z.B. Grunewald / Kuhlake und die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu den künstlichen Becken-Systemen herauszustellen. Inwieweit zusätzlich noch das Riesefeld Hobrechtsfelde und ggf. Karolinenhöhe als zusätzliche Option betrachtet werden kann, musste noch entschieden werden. Das Potenzial der innerstädtischen dezentralen Regenwasserbewirtschaftung wurde nicht weiter in Betracht gezogen.

Arbeitspaket 2 - Umsetzung der Klimamodelle

Die vom PIK bereitgestellten Klimadaten basierten auf Tageswerten für zwei Szenarien (T0- und T2-Szenario) mit jeweils 100 Realisierungen und stehen für insgesamt 152 Klimastationen im Raum Berlin-Brandenburg zur Verfügung. Die Klimadaten deckten den Zeitraum 2007 – 2060 ab. Um mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das Land Berlin zu quantifizieren, wurde ein flächendeckendes Bodenwasserhaushaltsmodell für die gesamte Berliner Landesfläche auf Basis des DHI-WASY eigenen Bodenwasserhaushaltsmodells *SIWA on ArcVIEW* (Monninkhoff 2001) erstellt. Für den Modellraum Berlin wurden elf Klimastationen ausgewählt, die mittels eines inversen Distanzverfahrens und einem spezifischen Anpassungsfaktor das komplexe Niederschlagsfeld Berlins im Modell abbilden. Das Bodenwasserhaushaltsmodell wurde auf Grundlage des Datenbestandes des digitalen Umweltatlas von Berlin aufgebaut und anhand der Sickerwasserrate der Periode 1961-1990 kalibriert. Da es aus rechentechnischer Sicht nicht möglich war, alle 100 Realisierungen je Klimaszenario zu berechnen, wurde anhand der langjährigen klimatischen Wasserbilanz der Station Tempelhof eine repräsentative Auswahl von 36 Realisierungen je Klimaszenario getroffen.

Die vorliegende Studie basiert auf einem wasserwirtschaftlichem Impactmodellen, welche auf Grundlage der aktuellen Klimaszenarien mittels eines Bodenwasserhaushaltsmodells die mögliche Grundwasserneubildung für die Zukunft projiziert. Demnach kann für die Region Berlin unter der Annahme eines Temperaturanstieges von 2 K bis 2060 für die Periode 2051-2060 mit einer Reduzierung der Grundwasserneubildung von 17 bis 28 % gerechnet werden.

Die 1. SWOT-Analyse wurde im Rahmen eines Workshops im Oktober 2009 zusammen mit den Projektpartnern, sowie Vertretern der Praxispartner und der wichtigsten Stakeholder erstellt. Dabei wurden die Stärken und Schwächen möglicher Maßnahmen gemeinsam diskutiert und den Chancen und Risiken gegenübergestellt. Fazit der SWOT-Analyse war, dass das Risiko, dass aufgrund der voraussichtlich bis 2060 zu erwartenden Klimaänderungen negative Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung zu befürchten sind, als eher gering angesehen wurde. Für die Trinkwasserversorgung Berlins ist voraussichtlich keine Mangelsituation zu erwarten, da diese nur zu 30 % aus Grundwasserneubildung gewonnen wird. Eine Reduzierung der Grundwasserneubildung würde zu einer Verschiebung der Berliner Rohwassergenese hin zu mehr Uferfiltratanteilen führen.

Arbeitspaket 3 - Auswahl potenzielle Anreicherungsflächen nach hydrogeologischen Eigenschaften

Die Auswahl potenzieller Anreicherungsflächen erfolgte im Rahmen einer Reihe von Diplomarbeiten und Kartierungen, welche durch den AB-Hydrogeologie der Freien Universität Berlin



betreuten wurden. Hierzu wurde ein ganz Berlin umfassendes GIS-Projekt erstellt (Diplomkartierungen von KLEBBA und GRÄSER 2012). In diesem wurde durch die Verschneidung der wichtigsten Ausschlusskriterien: Flächennutzung, Siedlungsunverträglichkeit, Versiegelung, Kanalisationsanschluss, und grundsätzliche geologische Eignung (Geländehöhe, vorhandene Grundwasserleiter etc.), eine Kartendarstellung der grundsätzlich zur Verfügung stehenden Flächen erzeugt. Für diese Flächen wurde anschließend unter Zuhilfenahme der Lithologischen Information aus der Bohrprofildatenbank der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt die hydraulische Durchlässigkeit der ungesättigten Zone berechnet. Anschließend wurden deren räumliche Verteilung und deren Potenzial zur Grundwasseranreicherung (Versickerungsleistung) im GIS kartographisch dargestellt. Fazit dieser Arbeiten ist, dass innerhalb Berlins ausreichend Flächen (ca. 10% des Stadtgebietes) mit bei weitem genügender hydraulischer Durchlässigkeit ($> 1 \times 10^{-5}$ m/s) vorhanden sind, um den erwarteten Rückgang der Grundwasserneubildung potenziell kompensieren zu können. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um forstwirtschaftlich genutzte Flächen in Spandau, Tegel, Pankow, Köpenick und im Grunewald. Es handelt sich also um Flächen außerhalb des urbanen Zentrums und des Urstromtales auf denen nicht mit Problemen aufgrund niedriger Flurabstände, also potenzieller Siedlungsunverträglichkeit („nassen Keller“) zu rechnen ist.

Arbeitspaket 4 - Untersuchung der hydraulischen Leitfähigkeit ausgewählter Flächen

Insgesamt wurden im Rahmen einer Reihe von Diplom-Arbeiten und Kartierungen die hydraulischen Leitfähigkeiten einer Reihe von Standorten ausführlich untersucht. Die Versickerungsleistungen und deren potenzielle Erhöhung bei geänderten Oberflächenwasserständen an den einzelnen Seen der Großen Grunewaldseenkette wurden durch die Diplomkartierungen von DEMEL (2010), SCHARF (2011) und HÖHN (2012) anhand von open-end Tests untersucht. Die open-end-Tests wurden in Form von Transsekten durchgeführt, welche die Seen vollständig überspannten. Dabei zeigte sich, dass in den Seen nur die Flachwasserbereiche bis 1,5m Wassertiefe einen aktiven Beitrag zur Versickerung leisten. Bei größeren Wassertiefen dominieren, aufgrund der fehlenden Energie, Feinkornsedimentation und Mudden und verhindern die Versickerung. Ferner zeigte sich, dass bei open-end-Tests in Seen, also unter Wasserbedeckung, die Infiltrationsraten extrem überschätzt werden. Dies führte zur weiteren Vergabe einer Diplomarbeit (SCHARF 2012) zur Feststellung und Korrektur der Messfehler dieses Verfahrens (siehe Arbeitspaket 5).

Im Rahmen der Diplom-Arbeit von GRÄSER (2013) wurden im Berliner Grunewald an einer Reihe ausgewählter Standorte mittels open-end-Tests die Infiltrationskapazitäten bestimmt und die Ergebnisse mit den Resultaten des GIS (KLEBBA & GRÄSER 2012 in Arbeitspaket 3) verglichen. Dabei zeigte sich, dass die „Minimum“-Werte GIS durchaus mit den open-end Tests im Gelände reproduziert werden konnten.

Die hydraulischen Eigenschaften der beiden Standorte für mögliche Grundwasseranreicherungsanlagen in Friedrichshagen wurden mittels Feld- und Laborversuchen im Rahmen der Diplomkartierung von GEICK (2014) ermittelt. Die Ergebnisse bestätigten die im „Ständig verfügbares Modell des Wasserwerks Friedrichshagen (DHI-WASY) angesetzten hydraulischen Leitfähigkeiten des Untergrundes.

Arbeitspaket 5 - Realisierungskonzepte und Bemessungsansätze

Zur Bemessung und Dimensionierung von Grundwasseranreicherungsanlagen werden üblicherweise open-end-tests und Doppelringinfiltrometer-Versuche durchgeführt. Da sich in den vorangegangenen Arbeiten signifikante Abweichungen zu der realen Bilanz der tatsächlichen Infiltrationsflächen zeigten, schien eine Validierung der Methoden angebracht. Diese erfolgte in der Diplomarbeit von SCHARF (2012). Aus der Synthese der Diplomarbeit von SCHARF (2012) und den Kartierungen von DEMEL (2010), SCHARF (2011) und HÖHN (2012) lässt sich ableiten, dass in



realen, lange genutzten Versickerungsanlagen gemessene Versickerungsleistungen aufgrund von Kolmation eine um bis zu drei Zehnerpotenzen geringere hydraulische Leitfähigkeit gegenüber den aus Siebanalysen berechneten Werten ergeben kann. Dies ist vor allem auch im Vergleich von Infiltrometertests zur realen großflächigen Bilanz eines Gewässers zu beobachten, da es durch das Einbringen der Infiltrometer (Rohre) zu Störungen der Biokolmationsschicht und zu Randumläufigkeiten an der Infiltrometerwandung kommen kann. Es muss also davon ausgegangen werden, dass alle bisherigen, konventionellen Bemessungsverfahren zur Dimensionierung von Grundwasseranreicherungsanlagen nur auf technische Anlagen mit intensiver Pflege (regelmäßige Entfernung der Kolmationsschicht) angewandt werden können.

Erste Voruntersuchungen im Zusammenhang mit der möglichen Grundwasseranreicherungsanlage in Friedrichshagen zeigten, dass die Wasserverfügbarkeit ein limitierender Faktor für die künstliche Grundwasseranreicherung darstellt. Die Auswertung von Simulationsergebnissen des Wasserbewirtschaftungsmodells WBalMo GLOWA Spree/Schwarze Elster (PIK, 2011) ergab, dass der Zufluss zum Müggelsee zwar durch den Klimawandel beeinflusst werden kann, jedoch aufgrund der starken anthropogenen Einflussmöglichkeiten auf den Zufluss zum Müggelsee in Zukunft eine Entnahme von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in fünf Wintermonaten als möglich erscheint. Diese mögliche Entnahme von $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ könnte zur Grundwasseranreicherung genutzt werden.

Nachdem in Zusammenarbeit mit einigen Praxispartnern eine Vielzahl von Auswahlkriterien festgelegt wurde, ergaben sich zwei mögliche Anreicherungsflächen, die innerhalb des Modellgebietes des Ständig verfügbaren Modells für das Einzugsgebiet des Wasserwerks Friedrichshagen DHI-WASY liegen. Mögliche Anreicherungsflächen liegen demnach nördlich des Großen Müggelsees und nördlich der Brunnengalerie B und südöstlich der Brunnengalerie F.

Arbeitspaket 6 - Flurabstandsentwicklung gemäß Klimamodelle

Die Entwicklung der Flurabstände wurde anhand der bestehenden Grundwasserströmungsmodelle für das Einzugsgebiet des Wasserwerks Tegel und des Wasserwerks Friedrichshagen (DHI-WASY) für die Periode 2051-2060 untersucht. Die Ergebnisse sind unter anderem in Sklorz et al (2014a, 2014b) dokumentiert. Im Modellgebiet des Wasserwerks Tegel ergibt sich in der Nähe von Fließgewässern eine ganzjährige Absenkung von weniger als 10 Zentimeter. Östlich des Tegeler Sees, im Bereich des Wasserwerks Spandau, wurde eine Absenkung von bis zu 20 cm berechnet. Die Differenzen im März sind mit denen des gesamten Jahres vergleichbar, deutlich größere Differenzen treten im September auf. So kann es durch den Klimawandel zum Ende der Sommerperiode zu einer Absenkung der Grundwasserstände zwischen 25 und 50 Zentimeter für weite Bereiche des Modellgebietes kommen. Mit zunehmender Entfernung zu größeren Gewässern steigt auch die klimabedingte Grundwasserstandsabsenkung, da größere Gewässer zum Teil eine stützende Wirkung auf die Grundwasserstände haben. Die Differenzen im zweiten Grundwasserleiterkomplex fallen generell etwas geringer aus, da hier die Grundwasserneubildung einen geringeren Einfluss auf die Grundwasserstände aufweist.

Im Modellgebiet des Wasserwerks Friedrichshagen treten Differenzen entlang der Galerie B zwischen 10 und 20 Zentimetern auf. Im September des Projektionszeitraums 2051- 2060 wurden Differenzen am östlichen Teil der Galerie B zwischen 20 bis 30 Zentimeter berechnet. Für die FFH Gebiete nordöstlich und östlich des Großen Müggelsees bedeutet dies ein Absinken der Grundwasserstände zwischen 20 bis 30 Zentimeter.

Arbeitspaket 7 - Modellkonzept zur Analyse des Schadstoffrückhaltekonzepts

Vorangegangene Studien (wie z.B. NASRI) haben gezeigt, dass im Berliner Raum im Zusammenhang mit Grundwasseranreicherung bzw. Uferfiltration zuverlässig mit dem Abbau von redoxsensitiven Stoffen vom oxischen bis hin zu eisenreduzierenden Bedingungen ausgegangen werden kann. Allerdings muss bei künstlicher Grundwasseranreicherung mit Entfernung der Kolmationsschicht aus den Becken für eine Mindestbetriebstemperatur von $14 \text{ }^\circ\text{C}$ gesorgt wer-



den. Außerdem kann der Prozess der Uferfiltration als sicher gegenüber pathogenen Keimen, Viren und endokrin wirksamen Substanzen angesehen werden. Als problematisch können sich vor allem Sulfat sowie persistente Stoffe wie Chlorit und einige anthropogene, organische Spurenstoffe zeigen. Hinzu kommt, dass bei längeren Verweilzeiten des Wassers im Oberflächenwasser bei einigen Substanzen (z.B. Diclofenac) ein photolytischer Abbau zu beobachten ist. Da diese Stoffe ansonsten nicht durch die zur Verfügung stehenden Barrieren zurückgehalten bzw. abgebaut werden können, müsste seitens der Quellen dieser Stoffe auf die Reduktion der Einträge hin gearbeitet werden.

Da die Diskussion über eine fünfte Reinigungsstufe noch nicht beendet ist, und auch die fünfte Reinigungsstufe die Problematik der persistenten Spurenstoffe nicht löst, wurde gemeinsam mit den Projektpartnern entschieden, dass eine mögliche Grundwasseranreicherungsanlage mit Oberflächenwasser betrieben werden soll. Die dafür nötige Wasserverfügbarkeitsanalyse basierte auf Ergebnissen des Teilprojekts 19 (DHI-WASY) und Szenariendaten aus dem Projekt GLOWA Elbe (PIK 2011) unter Nutzung der Elbe Expert Toolbox (DHI-WASY). Die qualitative Verbesserung bei der Infiltration von Oberflächenwasser durch die Bodenzone ist ein intensiv untersuchter und in der Literatur gut beschriebener biologischer und physikochemischer Prozess, der aktuell keiner weiteren Analyse bedarf.

Im Verlauf der Projektarbeit hat sich herausgestellt, dass für eine mögliche Grundwasseranreicherung ausschließlich Oberflächenwasser genutzt werden kann. Weiter zeigte sich, dass der Einsatz von separaten Anreicherungsbecken, wie sie bereits in Berlin zum Einsatz kommen, die günstigste Variante zur Grundwasseranreicherung darstellt. Dadurch kann auf die Erkenntnisse früherer Forschungsprojekte zurückgegriffen werden (s.o.).

Arbeitspaket 8 - Nutzung von Klarwasser in Speicherbecken

Die Nutzung von Klarwasser in Speicherbecken ist nach den aktuellen Richtlinien (Verordnung zum Schutz des Grundwassers GrWV und dem Berliner Wasserhaushaltsgesetz siehe Arbeitspaket 11) zur Grundwasseranreicherung nicht rechtskonform. Im Rahmen von Pilotanwendungen, wie es im Fall der Pilotstudie Berlin-Hobrechtsfelde getan wurde, kann für begrenzte Zeiträume eine Sondergenehmigung erteilt werden.

Arbeitspaket 9 - Bautechnische, ökologische und rechtliche Aspekte

Die bautechnischen und rechtlichen Aspekte der möglichen Grundwasseranreicherung in Friedrichshagen wurden in den Arbeitspaketen 10 und 11 bearbeitet. Für die ökologische Bewertung der möglichen Maßnahme wurde eine separate Untersuchung durchgeführt, welche die positiven und negativen Auswirkungen einer möglichen Grundwasseranreicherung darstellt. Die Ergebnisse sind im Detail dokumentiert. Demnach sind die Wälder und Forsten in der Umgebung zur Grundwasseranreicherung durch die klimawandelbedingte Reduzierung des Grundwasserstandes einem tendenziell erhöhtem Stress ausgesetzt, können sich aber innerhalb gewisser Grenzen an die wandelnden Gegebenheiten anpassen. Die deutlichen Erhöhungen des Grundwasserstandes von ca. zwei Metern durch die Grundwasseranreicherung und die durch den Betrieb verursachte innerjährliche Schwankung von bis zu einem Meter stellen jedoch eine deutliche Steigerung des Stresses dar. Für eine Prognose über die Gesamtauswirkung sind weitere Untersuchungen und ein von Anfang an begleitendes Monitoring erforderlich. Eine Übergabe des Berichtes an die Praxispartner erfolgte.

Arbeitspaket 10 - Planung technischer Aspekte

Eine mögliche Grundwasseranreicherung als Adaptionsmaßnahme wurde im Bereich des Wasserwerks Friedrichshagen untersucht (s. Arbeitspaket 4). Da dieser Modellraum nur teilweise vom Bodenwasserhaushaltsmodell Berlin (s. Arbeitspaket 2) abgedeckt wird, wurde die mittlere Grundwasserneubildung für das SVM Friedrichshagen entsprechend der Realisierungsauswahl



aus Arbeitspaket 2 mit jeweils 36 Realisierungen je Klimaszenario berechnet. Die Ergebnisse sind in Sklorz et al. (2014b) dokumentiert. Die Planung zur Grundwasseranreicherung basiert auf einer Grundwasserneubildung entsprechend dem T2-Szenario. Die Grundwasseranreicherung sollte eine möglichst hohe Speicherlamelle im Winter aufbauen, um diese im Sommer für die Grundwasserförderung zu nutzen. Gleichzeitig sollte die Grundwasseranreicherung den Grundwasserstand möglichst großflächig und besonders an grundwasserabhängigen Ökosystemen langfristig stützen und innerjährlich stabilisieren, um der klimawandelbedingten Reduzierung des Grundwasserstandes entgegenzuwirken.

Die Planung der technischen Aspekte wurde in einem technischen Vorplanungsbericht dokumentiert welcher an die Praxispartner (BWB und SenStadtUm) übergeben wurde. Die Untersuchung ergab, dass die Errichtung einer möglichen Grundwasseranreicherungsanlage nördlich der Brunnengalerie B etwa 4,6 Mio. € bei einer Anreicherungs Kapazität von 4,6 Mio. m³/Jahr kosten würde. Die Errichtung einer Anreicherungsanlage südlich der Brunnengalerie F würde etwa 2,7 Mio. € kosten und könnte mit einer Anreicherungsleistung von 3,0 Mio. m³/Jahr betrieben werden.

Aufgrund des hohen Beeinflussungsbereiches ist mit einer Grundwasseranreicherungsanlage in der untersuchten Form nur bedingt zu rechnen. Die Schaffung von einem großen Einspeisungsvolumen zusammen mit einem möglichst geringen Beeinflussungsbereich und der Stützung von Grundwasserständen innerhalb klar definierter Grenzen, ist nur sehr schwierig kombinierbar. Eine Grundwasseranreicherung als Adaptionsmaßnahme an den Klimawandel ist in Friedrichshagen zwar sinnvoll und möglich, die Zielstellung muss jedoch punktuell differenziert werden.

Arbeitspaket 11 - Planung rechtlicher Aspekte

In Abstimmung mit der Abteilung Wasserrecht der SenStadtUm Ref. Wasserrecht, Wasserwirtschaft und Geologie ergab sich folgender Befund:

1. Eine künstliche Anreicherung des Grundwassers bedarf grundsätzlich einer wasserbehördlichen Erlaubnis. Diese orientiert sich an dem (chemischen) Zustand des Wassers. Liegt eine Verunreinigung vor - z.B. Regenwasser aus urbanen Bereichen (Straßenabfluss, Metalldächer etc.) - muss vorgereinigt werden, ebenso bei Oberflächenwasser. Entsprechend der Grundwasserverordnung ist der Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund zu verhindern, bzw. muss eine nachteilige Veränderung des Grundwassers ausgeschlossen werden. In der Verordnung heißt das im Original:

§ 13 Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung von Schadstoffeinträgen in das Grundwasser

(1) Zur Erreichung der in § 47 des Wasserhaushaltsgesetzes genannten Ziele sind in den Maßnahmenprogrammen nach § 82 des Wasserhaushaltsgesetzes Maßnahmen aufzunehmen, die den Eintrag der in der Anlage 7 des WHG genannten Schadstoffe und Schadstoffgruppen in das Grundwasser verhindern. Im Rahmen der Umsetzung dieser Maßnahmenprogramme dürfen Einträge solcher Schadstoffe nicht zugelassen werden. Satz 2 gilt nicht, wenn die Schadstoffe in so geringer Menge und Konzentration in das Grundwasser eingetragen werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit ausgeschlossen ist. Die zuständige Behörde führt ein Bestandsverzeichnis über die nach Satz 3 zugelassenen Einträge. Sind Einträge zugelassen, ist das betroffene Grundwasser gemäß § 9 Absatz 2 Satz 2 oder in sonst geeigneter Weise zu überwachen.

2. Das Entnehmen d.h. das Fördern des Grundwassers bedarf wiederum einer wasserbehördlichen Erlaubnis.

3. Sollte das entnommene Wasser wieder in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden, bedarf es auch hier einer wasserbehördlichen Erlaubnis. Hier kommt die Oberflächengewässerverordnung zur Anwendung.



Alle drei Erlaubnisse können bei Bedarf auch zu einer einzigen Erlaubnis zusammengefasst werden. Die Prüfschritte ändern sich dadurch aber nicht.

4. Bei alledem ist je nach Menge des Anreicherungs- bzw. Entnahmewassers u.U. eine Umweltverträglichkeitsprüfung nach UVP-Gesetz erforderlich. Damit müssen die Auswirkungen auf andere Schutzgüter wie Naturhaushalt aber auch Siedlungen, Denkmalschutz etc. überprüft werden.

Zusammenfassend kann die künstliche Grundwasseranreicherung als rechtlich durchaus erlaubnisfähig betrachtet werden.

Arbeitspaket 12 - Pilotstudien

Im Rahmen des Projektes wurden mehrere Standorte zur Grundwasseranreicherung untersucht. Darunter fallen die Wiedervernässung der ehemaligen Rieselfelder Berlin Hobrechtsfelde mit geklärtem Abwasser (Klarwasser), die Beaufschlagung der Grunewaldseenkette mit aufbereitetem Oberflächenwasser aus der Unterhavel (Wannsee) und eine mögliche Grundwasseranreicherung in Friedrichshagen. Es ergaben sich daraus mehrere Pilotstudien, die im Rahmen des Projektes evaluiert und für tiefgreifende Bewertungen ausgewählt wurden.

Im Rahmen der Pilotstudie zur Wiedervernässung der ehemaligen Rieselfelder Berlin Hobrechtsfelde, erfolgte eine Bilanzierung der Sickerverluste des technischen Feuchtgebietes Teich13 (gedichtete Reinigungsteiche: 3, 5 und 6). Es zeigte sich, dass die untersuchten Teiche, obwohl von technisch identischer Ausführung, sehr unterschiedliche Sickerraten zeigten.

An der Großen Grunewaldseenkette erfolgten Bilanzierungen des Wasserhaushaltes im Rahmen einer BSc-Arbeit (STRESOW 2009) mit Hilfe von Abflussmessungen und einer Diplomarbeit (LANSKY 2011) mittels isopenhydrologischer Methoden und Klimadaten.

Für das Wasserwerk Friedrichshagen wurde eine mögliche Grundwasseranreicherung als Adaptionsmaßnahme untersucht. Die Ergebnisse sind in Sklorz et al. (2014a und 2014b) und dokumentiert.

Arbeitspaket 13 - Pilotstudie Fortführung

Im Rahmen der Fortführung der Pilotstudien erfolgten weitere Bilanzierungen von technischen Feuchtgebieten in Berlin Hobrechtsfelde sowie für die Grunewaldseenkette.

Im Rahmen von zwei BSc-Arbeiten (BLUME 2014 und WITT 2014), wurde die Versickerungsleistung von zwei technischen Feuchtgebieten (Teich 11, Teich 12) untersucht. Es zeigte sich an beiden Teichen, obwohl Teich12 mit Lehmsohle gedichtet ist und der Teich11 ungedichtet direkt im Sand errichtet wurde, ein nahezu identisches Versickerungsverhalten. Daraus wiederum lässt sich ableiten, dass nach einer Betriebsdauer von mehreren Jahren in ungewarteten technischen Feuchtgebieten die Versickerungseigenschaften durch Kolmation und Schaffung von Wegsamkeiten durch Rhizome von Wasserpflanzen dominiert werden.

Weiterhin erfolgten im Rahmen einer MSc-Arbeit (BERGANDER 2014) eine Bilanzierung der Gebietsabflüsse und eine Analyse des Abfluss und Speicherverhaltens des gesamten Gebietes. Aus der Analyse der Trockenwetterfalllinie, wurden die Auslaufkoeffizienten und Halbwertszeiten der Teileinzugsgebiete ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die Halbwertszeiten nur im Bereich weniger Tage (3-20) liegen. Daraus lässt sich ableiten, dass es nicht möglich ist, in der untersuchten Region einen Grundwasserspeicher so zu bewirtschaften, dass die im Winter gespeicherten Volumina bis in den Sommer hinein zur Stützung des Abflusses vorgehalten werden können. Zudem steht im Bereich des ehemaligen Rieselfeldbezirks Hobrechtsfelde im Lietzengrabeneinzugsgebiet, durch geringe Flurabstände, nur ein geringes Speichervolumen zur Verfügung.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (HÖHN 2012) erfolgte eine einjährige Bilanzierung der gesamten Grunewaldseenkette unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Arbeiten festgestellten Probleme und Unsicherheiten. Im Rahmen von Baumaßnahmen erfolgten ein Versickerungsversuch und ein erneuter Einstauversuch. Aufgrund der starken Kolmation, gemessen an



der Größe der angeschlossenen Flächen, ergab sich nur eine geringe Anreicherungsleistung. Bei der Bewirtschaftung durch starke Wasserstandsänderungen kann die Biokolmation teilweise oxidativ abgebaut werden. Dies wird aber z.Z. aufgrund des Naherholungswertes und ökologischer Aspekte kritisch gesehen. Auf der Ebene numerischer Grundwasserströmungsmodellierung wurde geprüft, ob durch Erhöhung des Überstaus (also der Infiltrationsmenge) in der Grunewaldseenkette ein Wiederanschluss von grundwasserabhängigen Biotopen, die den Anschluss ans Grundwasser verloren haben, erreicht werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass dies nur mit unrealistisch hohen Anreicherungsraten möglich wäre, die zudem zu Problemen der Siedlungsverträglichkeit im Anstrom führen würden.

Weiterhin bleibt die wasserwirtschaftliche Prognose für die Dekaden nach 2050 unsicher. Bis heute ist eine seit 25 Jahren anhaltende Abnahme des Trinkwasserverbrauchs zu beobachten. Diese hat in vielen Bereichen der Stadt zu Grundwasseranstiegen geführt, die lokal die 2 m Marke überschreiten, also weit mehr als durch die erwarteten Klimaänderungen im betrachteten Zeitraum zu erwartende Abnahme sein wird.

Derzeit wird vor dem Hintergrund immer noch zurückgehenden Wasserverbrauchs und weiter steigender Grundwasserstände den Problemen, die Starkregenereignisse und Hochwässer mit sich bringen ein höherer Stellenwert eingeräumt. So wird seitens der Behörden versucht, die bestehenden Grundwasseranreicherungen eher zurückzufahren. Gleichzeitig wurden in den letzten Jahren vom Berliner Senat Mittel im zweistelligen Millionenbereich zur Umsetzung von Baumaßnahmen im Bereich des Regenwasserrückhalts freigegeben.

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das vorgesehene Budget war ausreichend und konnte planmäßig ausgegeben werden.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Ergebnisse wurden von den Berliner Wasserbetrieben als sehr interessant und wichtig beurteilt. Eine weitere Untersuchung im Hinblick auf die Lage und Dimensionierung der Grundwasseranreicherung in Friedrichshagen auf Grundlage der erarbeiteten Ergebnisse wurde als sinnvoll erachtet und wird aktuell weiter verfolgt.

Aus Sicht der Berliner Senatsverwaltung (Ref. VIII E) stellt die Berechnung des Rückgangs der Grundwasserneubildung auf einer belastbaren Datengrundlage einen wichtigen Baustein für weitere Diskussionen, z.B. hinsichtlich der Ausgangsparameter für das existierende HGW-Modell, dar. Zudem stehen nun erstmals saisonale Daten für die Grundwasserneubildung zur Verfügung, welche die bisherigen 30jährigen Mittel untermauern.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch Änderungen des Flussgebietsmanagements und Bergbauaktivitäten kommt es zur Erhöhung der Sulfatkonzentrationen im Oberflächenwasser der Spree (GEOS 2010). Diese können auch in Berlin den Grenzwert der TrinkwV von 250 mg/l übersteigen. Daraus können sich für die künftige Trinkwasserversorgung und Grundwasseranreicherung mit Oberflächenwasser (speziell im Bereich des WW Friedrichshagen) stark limitierende Konsequenzen ergeben.

Die Erhöhung der Sulfatkonzentration im Oberflächenwasser der Spree führt voraussichtlich nicht zu Überschreitungen der Trinkwasser Grenzwerte. Die zukünftige Entwicklung der Sulfatkonzentration ist stark an die Bergbauaktivitäten in der Lausitz und die Flutung der Tagebaurestlöcher gekoppelt. Erstere wiederum stehen in engem Zusammenhang mit der Energiepolitik der Bundesregierung und sind damit über längere Zeiträume (über 2040 hinaus) nicht prognostizierbar.

Die Ergebnisse stellen für die Hauptakteure (Berliner Wasserbetriebe und SenStadtUm) eine Übersicht möglicher Handlungsoptionen dar, auf welche im Bedarfsfall zurückgegriffen werden kann. Wann eine Verknappung der Wasserressourcen für Berlin, eintritt, kann aufgrund der



Unsicherheiten der Klimaprojektionen und deren statistischer Spannweite nicht genau bestimmt werden.

Das im Rahmen des Projektes erstellte Bodenwasserhaushaltsmodell für Berlin kann für weitere Fragestellungen genutzt werden. Die Ergebnisse sind zudem in den digitalen Umweltatlas Berlins eingeflossen. Ferner bilden die Ergebnisse eine wichtige Grundlage für das Serious Game ANAWAK "Wassermanagement im Klimawandel" www.anawak-spiel.de/index.html.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Den Projektarbeitern sind keine für das Vorhaben relevanten Ergebnisse Dritter im Bearbeitungszeitraum des Vorhabens bekannt geworden.

II.6 Veröffentlichungen

BERGANDER, SEBASTIAN (2014): Bilanzierung des Speichervolumens anhand der Abflusscharakteristik des Pankegrundwasserleiters im Lietzengrabengebiet, Berlin Hobrechtsfelde. (in Vorbereitung); MSc.-Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

BLUME, LISA (2013): Bilanzierung des Klarwasserdurchfusses von Teich 12 im Bereich der ehemaligen Rieselfelder Berlin – Hobrechtsfelde. 33 S.; BSc-Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

DEMEL, HELENA (2010): Untersuchungen zur hydraulischen Leitfähigkeit des Untergrundes an der Großen Grunewaldseenkette – Schwerpunkt Schlachtensee. 55 S.; Dipl. Kartierung, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

FISCHER, JANA (2012): Bilanzierung des Wasserhaushaltes ausgewählter technischer Feuchtgebiete im Gebiet der ehemaligen Rieselfelder Hobrechtsfelde. 40 S.; BSc-Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

GEICK, MARIO (2014): Ermittlung der potenziellen Infiltrationsleistung in der Umgebung des Großen Müggelsees in Berlin. 41 S.; Dipl. Kartierung, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

GRÄSER SEBASTIAN (2013): Bestimmung der Infiltrationskapazitäten und Abschätzung der hydraulischen Leitfähigkeiten im Berliner Grunewald. 79 S.; Dipl. Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

HÖHN, BJÖRN (2012): Kartierung der Wasserdurchlässigkeiten im Uferbereich des Grunewaldsees, Berlin. 52 S.; Dipl. Kartierung, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

HÖHN, BJÖRN (2012): Bilanzierung des Wasserhaushaltes der Grunewaldseenkette, Berlin. 81 S.; Dipl. Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

KLEBBA, BENJAMIN & GRÄSER, SEBASTIAN (2012): Kartierung potentieller Versickerungsflächen innerhalb des Berliner Stadtgebietes; 86 S.; Dipl. Kartierung, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

LANSKY, CARINA (2011): Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Berliner Grunewaldseen mithilfe isotohydrologischer und hydrochemischer Analysen. 82 S.; Dipl. Arbeit, Universität Potsdam; Institut für Erd- und Umweltwissenschaften.

SCHARF, MATTHIAS (2011): Das Uferfiltrationsvermögen der Großen Grunewaldseenkette: Am Beispiel der Krummen Lanke. 54 S.; Dipl. Kartierung, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

SCHARF, MATHIAS (2012): Methoden zur Quantifizierung der Ringinfiltration in der Uferfiltrationszone. 80 S.; Dipl. Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

SKLORZ, S., MONNINKHOFF, B., GOEDECKE, M. (2014a): Entwicklung der Grundwasserneubildung im Großraum Berlin für die Periode 2051 bis 2060 – Einfluss auf die Grundwasserstände des EZG WW Tegel. In: . In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. S. 59-80. Berlin: oekom.

SKLORZ, S., MONNINKHOFF, B., TAUTE, T., SCHNEIDER, M. (2014b): Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserstände im Einzugsgebiet WW Friedrichshagen – Grundwasseranreicherung als Adaptionsmaßnahme. In: . In: Kaden, S., Dietrich, O., Theobald, S. (Hrsg.): Wassermanagement im Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. S. 191-211. Berlin: oekom.

STRESOW, JANINA (2009): Die hydraulische Anbindung der Großen Grunewaldseenkette an den oberflächennahen Grundwasserleiter. 23 S.; BSc-Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.

WITT, LINA (2013): Untersuchung der Sickerverluste eines ungedichteten Teiches in Berlin-Hobrechtsfelde. 31 S.; BSc-Arbeit, Freie Universität Berlin; AB-Hydrogeologie.



Teilprojekt 24 - Planungsinstrumente und Pilotlösungen für eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft in ländlichen Räumen

Projektleitung: Prof. Dr. Uta Steinhardt, Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

I.1 Aufgabenstellung

Der zu erwartende Klimawandel kann erhebliche Auswirkungen auf das natürliche Wasserdargebot haben und damit die Wasserversorgung von Regionen vor erhebliche Herausforderungen stellen. Dies wird nicht nur die Offen- bzw. Freiflächen betreffen, sondern auch die Siedlungsflächen. Hinsichtlich des Klimawandels zeigen Szenarien, dass zum einen die Zunahme von Starkregenereignissen zu Überlastungen der Entwässerungssysteme führt und in Verbindung mit längeren Trockenperioden mit nachteiligen Folgen für die Gewässer zu rechnen ist.

Von zentraler Bedeutung in Nordostbrandenburg ist in diesem Zusammenhang der Umgang mit dem anfallenden Niederschlagswasser. Für die Zukunft wird es somit darauf ankommen, das vorhandene Wasserdargebot möglichst effektiv zu nutzen.

Aber auch die bisherige Praxis zur Entsorgung von Abwasser (Schmutzwasser) ist im Kontext von Klimawandel in Verzahnung mit dem demographischen Wandel zu prüfen. Unter Berücksichtigung der besonderen Rahmenbedingungen im ländlichen Raum können Abwasseranlagen in überwiegend dünn besiedelten Regionen nicht nach denselben Grundsätzen und Anforderungen wie in städtischen Gebieten geplant, gebaut und betrieben werden.

Dieses Teilprojekt setzt an der Stelle des effektiven Umgangs mit der Ressource Wasser im Siedlungs- und siedlungsnahen Bereich an und verfolgt das Ziel, die vorhandenen und üblicherweise zum Einsatz kommenden Praktiken in der Integration siedlungswasserwirtschaftlicher Fragestellungen in räumliche Planungen daraufhin zu überprüfen, inwieweit sie den zukünftigen und durch die Folgen des Klimawandels bestimmten Herausforderungen an die Wasserver- und -entsorgungssysteme für Siedlungsräume noch genügen. Konkret wurden folgende Aufgabenstellungen bearbeitet:

- Integrale Siedlungswasserbewirtschaftungskonzepte mit Fokus auf eine dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung und
- (dezentrale) Abwasserbeseitigungskonzepte (durch Variantenvergleiche).

I.4 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Aktuell vollzieht sich ein Wandel beim Umgang mit Regenwasser: weg vom Ableitungsprinzip hin zur Regenwasserbewirtschaftung. Die einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen Regenwassernutzung, -versickerung und -rückhaltung können jedoch nur dann effektiv angewandt werden, wenn ihre ökonomisch und ökologisch optimale Kombination in einer ganzheitlichen Planung ermittelt werden - unter Berücksichtigung des gesamten Entwässerungssystems einschließlich Kläranlagen und betroffene Gewässer. Die Notwendigkeit einer integralen Siedlungswasserbewirtschaftung ist inzwischen in der Fachwelt anerkannt, die Umsetzung in der Praxis jedoch noch nicht ausreichend etabliert.

Bei der Suche nach Lösungen zur Reduzierung der negativen wasserwirtschaftlichen Auswirkungen, die aus der Bodenversiegelung und einer konsequenten Anwendung des Regenwasserableitungsprinzips erwachsen, ist der Blick auf alternative Entsorgungsstrategien ausgerichtet. Ein dem Stand der Technik entsprechender Lösungsansatz, den mit einer Bebauung verbundenen Konflikt zwischen Bodennutzung und Veränderung des natürlichen Niederschlag-Abfluss-Verhaltens zu reduzieren, ist eine Kombination von zwei wesentlichen Maßnahmen:



- Minimierung der Versiegelung zur Reduzierung der insgesamt zu entsorgenden Regenwassermenge und
- Dezentrale Anordnung von Elementen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung zum Ausgleich der Veränderungen des Wasserhaushaltes infolge der Flächenversiegelung.

Gerade weil die EU-Kommunalabwasserrichtlinie für gemeindliche Gebiete bis zu 2.000 Einwohnern den kommunalen Aufgabenträgern die Entscheidung über öffentliche oder dezentrale Entsorgungsvarianten freistellt, gewinnen die Abwasserbeseitigungskonzepte zunehmende kommunalpolitische Bedeutung. Auch hiernach nehmen dezentrale Entsorgungslösungen einen größeren Anteil ein, als teilweise in der Öffentlichkeit wahrgenommen wird.

Eine integrative Siedlungswasserbewirtschaftung ist im Untersuchungsgebiet bislang noch immer nicht etabliert. Eine wesentliche Steuergröße ist u.a. in der Honorierung von Versickerungsfördernden Aktivitäten und Maßnahmen zu sehen.

I.5 Zusammenarbeit im Netzwerk INKA BB

Im Ergebnis der nach Projektstart geführten Gespräche mit Aufgabenträgern aus den jeweiligen Kreisverwaltungen und Vertretern der Unteren Wasserbehörde, der Gemeinden, der Wasser- und Abwasserzweckverbände sowie der Wasser- und Bodenverbände konnten Kooperations- und Praxispartner für eine Zusammenarbeit gewonnen werden, die ebenso an den wissenschaftlichen Forschungsergebnissen als auch deren Umsetzung in die Praxis interessiert sind. In den unterzeichneten Kooperationsvereinbarungen wurden die jeweiligen Aufgaben der Praxis- und Teilprojektpartner festgelegt. Konkret waren dies die Kooperationsvereinbarungen mit der Gemeinde Panketal und dem Wasser- und Bodenverband „Finowfluss“ für die Erarbeitung eines Konzeptes zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung im Gemeindegebiet und Einzugsgebiet der Panke. Mit dem Zweckverband für Wasser- und Abwasserentsorgung Eberswalde wurde die Vereinbarung für die Erstellung eines Konzeptes für eine dezentrale Abwasserbeseitigung im Verbandsgebiet festgeschrieben. Als Schnittstelle zu diesen Kooperationen ist das Bodenschutzamt der Kreisverwaltung Barnim zu sehen, die als ausführende Behörde und mit einer gesonderten Vereinbarung fachlich und unterstützend zur Seite stand. Die Unterzeichnung der Kooperationsvereinbarung seitens des Landwirtschaft- und Umweltamtes der Kreisverwaltung Uckermark ist ebenfalls erfolgt und bietet die Basis im Projektverlauf Ergebnisse auch in den Landkreis Uckermark zu transportieren.

Im Projektverlauf wurde klar, dass bei der Verwirklichung einer dezentralen und naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung ein erhöhter Flächenanspruch entsteht, dem mit einer umfassenden Flächensicherung begegnet werden muss. Um die Flächensicherung vor Ort voranzubringen, wurde die Zusammenarbeit im Teilprojekt 24 erweitert und die Kommunalplanung der Gemeinde Panketal, aber auch die Untere Naturschutzbehörde (UNB) des Landkreises Barnim eingebunden. Ziel dieser Erweiterung der Kooperation war, hinsichtlich der Flächensicherung keine konkurrierende Situation herzustellen, sondern wo immer möglich Synergien mit anderen wasserwirtschaftlichen (bspw. GEK) aber auch naturschutzrechtlichen oder anderen Maßnahmenplanungen zu suchen. Zudem wird damit für die Niederschlagswasserbewirtschaftung konsequent dem eigens und von Beginn an aufgestellten Anspruch nachgekommen, im Umgang mit dem Wasser- und Naturschutzrecht im Sinne einer wassersensiblen Anpassung, enger Sektor übergreifend zu verzahnen und Maßnahmen zur Anpassung an Klimawandel in die Umsetzung anderer Raum- und Fachplanungsziele zu integrieren.

Im Januar 2013 kündigte der ZWA Eberswalde die Zusammenarbeit im Rahmen des Teilprojekts zum 30.04.2013 auf. Nach Abstimmung mit den Unteren Wasserbehörden der beiden Landkreise Barnim und Uckermark konnte für den verbleibenden Projektzeitraum mit dem kommunalen Eigenbetrieb Abwasserwerk der Gemeinde Boitzenburger Land (KEB) ein neuer Koopera-



tionspartner gewonnen werden. Der entsprechende Kooperationsvertrag wurde am 01.07.2013 unterzeichnet.

Mehrmals jährlich fanden Arbeitstreffen des wissenschaftlichen Projektteams mit den jeweils für das Forschungsprojekt zuständigen MitarbeiterInnen der jeweiligen Kooperationspartner (einzeln oder gemeinsam) statt; hier wurden methodische Vorgehensweise sowie (Zwischen-) Ergebnisse der Forschungsarbeit intensiv diskutiert. Präsentiert wurden die (Zwischen-) Ergebnisse auch mindestens einmal jährlich vor dem Ausschuss für Landwirtschaft, Umweltschutz und Abfallwirtschaft des Barnimer Kreistages.

II.1 Ergebnisse entsprechend Arbeitsplanung und Zielsetzung

Status Quo zu gegenwärtigen und zu erwartenden Folgen der klimatischen Veränderungen für die Bereiche der Siedlungswasserwirtschaft

Der Projektauftritt wurde im Oktober 2009 in Form eines Workshops unter Beteiligung von AkteurlInnen aus dem Bereich der Siedlungswasserwirtschaft der beiden Landkreise Uckermark und Barnim gestaltet. Gemeinsam mit ProjektpartnerInnen, regionalen AkteurlInnen und Wissenschaftlern anderer Teilprojekte aus INKA BB wurde eine SWOT-Analyse mit Blick auf die Ziel- und Aufgabenstellung des Forschungsprojekts durchgeführt; Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der bevorstehenden Forschungsarbeiten wurden ermittelt, um die wissenschaftliche Arbeit hieran ausrichten zu können.

Der Auftaktveranstaltung vorangestellt war eine intensive Best-Practice-Recherche zu bereits existierenden Ansätzen zur Integration der Anpassung an die Folgen des Klimawandels in anderen Verbandsgebieten Deutschlands sowie im europäischen Ausland. Diese Recherche schuf eine fundierte Wissensbasis und Orientierung für die Arbeit im Teilprojekt. Gleichzeitig erfolgte eine Befragung derjenigen Akteure, die zum Projektauftritt eingeladen waren, um deren Erwartungen an das Forschungsprojekt sowie ihre fachspezifische Sicht auf das Thema Anpassung an den Klimawandel zu erfahren. Beide Arbeitsschritte dienten während des Projektauftritts als Arbeitsgrundlage für die gemeinsame SWOT-Analyse und die Diskussion.

Ermittlung von Entsiegelungs- und Versickerungspotenzialen in Siedlungsbereichen

Zunächst wurden eine übertragbare Methodik zur Ermittlung von Retentionsflächen auf kommunaler Ebene mit Hilfe Geografischer Informationssysteme entwickelt und potentielle Retentionsflächen verortet, die der Entlastung des Entwässerungssystems und der Vorflut bei Spitzenabflüssen dienen können. Dazu wurden digitale Daten und weitere Informationen zum Naturraum und der Nutzung in der Gemeinde Panketal ausgewertet. Die ausschlaggebenden Einflussfaktoren zur Ermittlung von Retentionspotentialen in der Landschaft sind einerseits die naturräumlichen Gegebenheiten wie Topographie, Bodenbeschaffenheit und Grundwasserverhältnisse sowie andererseits die Landnutzung und der sich daraus ergebende Versiegelungsgrad, der Verschmutzungsgrad des anfallenden Niederschlagswassers, besondere Schutzgebiete aber auch die Eigentumsverhältnisse. Für die jeweiligen Einflussfaktoren wurde ein Kriterienkatalog und anhand dessen ein Schema zur Auswertung der Flächen erstellt. Innerhalb der Gemeindefläche wurden so die natürlichen Senken identifiziert, in denen umliegend anfallendes Niederschlagswasser verbracht werden könnte. Durch Abwägung einzelner Kriterien und der konkreten Gegebenheiten vor Ort wurden durch Modifikation einiger Kriterien in Absprache mit den Praxispartnern weitere potentielle Retentionsflächen ausgewiesen. Die so generierte Aufstellung wurde den Praxispartnern anschließend zur Bewertung vorgelegt. Das vorliegende Ergebnis gibt die bereits in vorhergehenden Planungen zur Straßenentwässerung aufgetretenen Probleme in Bezug auf den verfügbaren Raum und die Nutzung wieder. Ein Vergleich mit den bereits installierten dezentralen Entwässerungsanlagen ergab mehrfach Übereinstimmungen in der Wahl der Örtlichkeit. Defizite ergeben sich aus der vorhandenen Datengrundlage, vor allem



bei der Bodeninformation (bspw. Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes, Grundwasserflurabstand). Mit der Ermittlung und Verortung von Retentionsflächen wurde daher der Weg zu einer Umgestaltung in Richtung naturnaher Niederschlagswasserbewirtschaftung beschritten.

Ein weiterer Baustein hierfür ist auch die Ermittlung des Entsiegelungspotenzials. Hierbei sollten geeignete Flächen identifiziert werden, die einer Entsiegelung zugeführt werden können und auf denen Niederschlagswasser versickert und/oder verbracht werden kann. Die Analyse der potentiellen Entsiegelungsflächen sollte in Abstimmung mit den Praxis- und Kooperationspartnern im Anschluss in Vorschläge für geeignete und prioritär durchzuführende Maßnahmen münden. Das könnten sowohl Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gemäß Eingriffs-/Ausgleichsregelung nach dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG 2010) sein, aber auch die Identifizierung von Abkopplungspotenzialen vom zentralen Entwässerungssystem bei Gebäude- und Straßensanierungs- und/oder Stadtumbau-Maßnahmen. Desgleichen sollten die Entsiegelungspotenziale auch die Grundlage bilden für weiterführende Überlegungen zur Auflage von kommunalen Förderprogrammen bzw. der Auslotung weiterer Maßnahmen und/oder Förderprogrammen dienen, die als Anreiz für die Entsiegelung von versiegelten Flächen geeignet erscheinen. Bei der Ermittlung des Entsiegelungspotenzials wurde der flusseinzugsgebietsbezogenen Betrachtungsweise der Vorzug gegeben und der Umfang potenzieller Entsiegelungsflächen im brandenburgischen Einzugsgebiet der Panke ermittelt. Zur Auswertung kamen digitale Daten zur Bebauung und Nutzung. Zudem wurde eine visuelle Interpretation und Bewertung von Luftbilddaten vorgenommen um anhand von ausgewählten Testflächen für die jeweiligen Bebauungsstrukturen in Wohngebieten auf den Versiegelungsgrad zu schließen. Differenziert wurde in der Auswertung der versiegelten Flächen in bebaut versiegelte und unbebaut versiegelte Flächen. Die theoretisch ermittelten Flächen, die potenziell entsiegelt werden können, wurden für unbebaut versiegelte Flächen ausgegeben. Für bebaut versiegelte Flächen wurde kein Versiegelungspotenzial ermittelt, wenngleich ein geringes Potenzial bei ungenutzten Gebäuden besteht, das aber in der Gesamtbetrachtung eher einen Sonderfall darstellt und vernachlässigt wurde.

Abschließend kann festgehalten werden, dass Gewerbegebiete aufgrund des relativ hohen Versiegelungsgrades der Flächen gezielt mit dem Flächenpool Barnim im Hinblick auf Entsiegelungsmaßnahmen abgeglichen werden sollten. Für eine Reduzierung der Versiegelung auf privaten Flächen mit Einzel- und/oder Doppelhausbebauung scheint dagegen die Erstellung einer Satzung, in der Entsiegelungsmaßnahmen oder Versiegelungsvermeidung honoriert werden bzw. Versiegelung sanktioniert wird als geeignetes Instrument, um weitere Versiegelungen auf privaten Grundstücken zu vermeiden bzw. aufzuheben. Dies kann in Kombination mit einem kommunalen Förderprogramm für den Altbestand einhergehen, um entsprechende Anreize zu schaffen.

Die derzeitige Niederschlagswasserbewirtschaftung in der Gemeinde Panketal wurde einer SWOT-Analyse unterzogen und Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken auf der politischen, institutionellen, Kommunikations- und Wissensebene seitens des Teilprojekts formuliert. Diese Analyse wurde mit den im Antrag verfassten Projektzielen und der bisherigen strategische Ausrichtung abgeglichen und zum Teil neu formuliert. Die SWOT-Analyse wurde den Praxispartnern im Vorfeld des im September 2011 abgehaltenen SWOT-Workshops mit der Bitte um Ergänzung und zur Diskussionsvorbereitung ausgehändigt.

Als wesentliches Ergebnis wurde herausgearbeitet, dass siedlungswasserwirtschaftliche Belange auf den verschiedenen Ebenen der räumlichen Planung integriert betrachtet werden müssen und nicht nur auf Ebene der jeweiligen Fachplanungen entschieden werden sollten. Dies ist vor allen Dingen wichtig, da eine dezentrale Bewirtschaftung von Niederschlagswasser, wie es die Anpassung im Zuge des Klimawandels und der demografischen Entwicklung, aber auch die Situation vor Ort (Gemeinde Panketal) erfordert, mit einem zusätzlichen Flächenanspruch einher-



geht. Dazu ist es notwendig, rechtzeitig und umfassend eine Flächensicherung zu betreiben und die Instrumente der Raumordnung auf regionaler wie kommunaler Ebene konsequent anzuwenden aber auch z.T. die Flächensicherung in diesen Instrumenten ergänzend zu verankern. Vorrangig sind bei der Flächensicherung Synergien mit anderen wasserwirtschaftlichen (bspw. Gewässerentwicklungskonzepte) aber auch naturschutzrechtlichen (bspw. Eingriffs-/Ausgleichsregelung) oder anderen Maßnahmenplanungen bzw. Programmen (EFRE) zu suchen und für die Niederschlagswasserbewirtschaftung im Umgang mit dem Wasser- und Naturschutzrecht im Sinne einer wassersensiblen Anpassung besser/enger Sektor übergreifend zu verzahnen. Die fehlende Satzung ist für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers in der Gemeinde Panketal ein wesentliches Defizit, das kurzfristig behoben werden sollte, da sonst der Handlungsspielraum für notwendige Anpassungen eingeschränkt ist und bleibt.

Da die Beschlussfassung der Niederschlagswassersatzung für die Gemeinde Panketal zum Ende des Jahres 2012 erwartet wurde, erarbeitete das Teilprojekt parallel zum Verfahren um die Satzung im Berichtszeitraum auch eine „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur naturnahen dezentralen Regenwasserbewirtschaftung sowie Flächenentsiegelung“. Diese sollte in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Panketal nach Beschlussfassung diskutiert werden, um weitere Details auszuhandeln. Ebenso wurde exemplarisch ein Flyer zur Regenwassernutzung erstellt, dem thematisch weitere zu verschiedenen Aspekte der naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung folgten.

Eine einzugsgebietsbezogene konzeptionelle Herangehensweise für die Niederschlagswasserbewirtschaftung unter Einbeziehung der Gemeinde Bernau (als Oberlieger an der Panke) konnte nicht realisiert werden, wie 2011 favorisiert und anvisiert. Hierfür standen die digitalen Daten nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung. Auch wenn dadurch dem eigenen und integrierenden Anspruch für eine nachhaltige Siedlungswasserbewirtschaftung nicht gerecht werden konnte, ist im Ergebnis der Bemühungen der Sektor übergreifenden Zusammenarbeit und interkommunalen bzw. regionalen Zusammenarbeit ein Baustein erwähnenswert. Auf konzeptioneller Ebene konnten in Zusammenarbeit mit Teilprojekt 4 „Klimaadaptive Regionalplanung“ gezeigt werden, wie sich die auf sektoraler und kommunaler Ebene erzielten Ergebnisse mit jenen auf regionaler Ebene verknüpfen lassen.

Analyse eines Abwasserbeseitigungskonzeptes

Das Abwasserbeseitigungskonzept des ZWA Eberswalde wurde für den Planungszeitraum 2011 - 2015 einer SWOT –Analyse unterzogen. Grundlage für die Analyse war die Zielvorstellung, dass sowohl Klimawandel als auch demographischer Wandel in einem Abwasserbeseitigungskonzept Berücksichtigung finden sollen. Neben der eigentlichen SWOT-Analyse des Abwasserbeseitigungskonzeptes wurden hierfür Einwohnerzahlen, Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung sowie derzeit zurückzulegende Transportstrecken für die Schmutzwasserentsorgung ausgewertet. Im Folgenden findet sich ein Überblick über die Ergebnisse:

Stärken

- Der ZWA Eberswalde erkennt Kleinkläranlagen (KKA) als ökologisch günstigere Variante gegenüber der mobilen Entsorgung an und befürwortet somit KKA in noch nicht durch Abwasserkanäle erschlossenen Gebieten.
- In zwei Studien wurden den Bürger Entscheidungshilfen bezüglich KKA zur Verfügung gestellt
- Leitungsgebundene Schmutzwasserentsorgung erfolgt zu 100% über Trennkanalisation
- Fortschritte bei der mobilen Entsorgung seit den 90er Jahren: durch die flächendeckende Koordination des mobilen Schmutzwassertransportes und die Einführung einer Entsorgungsgebühr nach Frischwassermaßstab, konnten ungenehmigte Einleitungen – wie sie noch vor 1990 vorkamen – vermieden werden. Das erste Grubenkataster wur-



de 1996 erarbeitet. Durch die Einführung von Grundgebühren in der mobilen Entsorgung konnte der Verband das Sammelgrubenkataster entsprechend fortschreiben. Die Erhöhung der Entsorgungsgebühr zum 1.1.2012 kann zudem ein Anreiz zur Umstellung auf KKA sein.

Schwächen

- Teilweise lange Kanalstrecken (>10km) in Teilentwässerungsgebieten mit geringen Einwohnerzahlen
- Nicht angeschlossene Gebiete werden derzeit hauptsächlich über Sammelgruben entsorgt
- Nur 1% der Einwohner entsorgen über KKA
- Hohe Gesamtinvestitionssumme
- Planungszeitraum relativ kurz im Verhältnis zur Höhe der getätigten Investitionen.
- Die Auswirkungen des demographischen Wandels haben keinen Einfluss auf im Planungszeitraum getätigte Vorhaben. Im vorangegangenen ABK gab es außerdem eine Fehleinschätzung bezüglich der demographischen Entwicklung im Verbandsgebiet: es wurde eine Zunahme erwartet; stattdessen ist das Gegenteil eingetroffen
- Keine Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels

Chancen

- KKA können aufgrund der Abwasserbehandlung direkt am Ort des Abwasseranfalles und damit entfallenden Transportwegen die ökologisch und ökonomisch günstigere Variante gegenüber der mobilen Entsorgung darstellen.
- Einbindung in größere Verbände wie die Kooperationen Wasser und Abwasser Brandenburg (KOWAB) bieten dem ZWA Eberswalde die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch. Über die Teilnahme an Benchmarking-Verfahren (MUGV 2010, MUGV 2012) erhält der Verband eine gute Möglichkeit zur Selbstkontrolle.
- Kooperation mit HNE Eberswalde
- Bundesweite Forschungsprojekte stellen neuste Erkenntnisse zur Verfügung
- Potenzial der BürgerInnen nutzen, die zu Eigenverantwortung und Partizipation bereit sind

Risiken

- An einigen Orten ist der Einsatz von KKA nicht möglich (z.B. bindige Böden, geringer Grundwasserflurabstand)
- Schutzgebiete sind zu beachten
- potentielle Gefährdung des Grundwassers durch geringere Reinigungsleistung und Alterung der Bevölkerung (Medikamentenrückstände)
- Rückgang der Bevölkerung im Verbandsgebiet
- Geringe Planungssicherheit wegen unsicherer Prognosen
- Begrenzte Fördermittel
- Konflikte mit Bevölkerung bezüglich Anschluss- und Benutzungszwang sowie Gebührenerhöhungen

Die Ergebnisse wurden in einem Arbeitspapier zusammengestellt und der Unteren Wasserbehörde sowie dem ZWA vorgestellt. Die SWOT-Analyse wurde durch Untersuchungen zur demographischen Entwicklung im Untersuchungsgebiet und der Planungsregion Uckermark-Barnim, zur Gebührenstruktur von Wasser- und Abwasserzweckverbänden in der Region sowie zu projizierten Klimaentwicklungen für das Untersuchungsgebiet ergänzt.



Entwässerungssystem zur Regenwasserbewirtschaftung

Ursprünglich von ingenieurwissenschaftlichem Charakter wurden die Arbeiten im Zuge der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der SWOT-Analyse angepasst. Eine Kombination strategisch-instrumenteller Ansätze wurde an dessen Stelle gesetzt, um modellhaft Lösungen zu entwickeln, durch die abflusswirksames Niederschlagswasser vermieden, genutzt, versickert, zurückgehalten und/oder verzögert abgeleitet wird. Die Arbeiten zur Niederschlagswassersatzung ersetzen in Teilen den ursprünglichen Ansatz, der um kommunikative und kooperative Instrumente ergänzt wurde. Bereitgestellt wurden der Gemeinde Informationen zu Boden und (Hydro-)Geologie, die aus vorangegangenen Untersuchungen und nicht digital vorliegenden Daten für das Gemeindegebiet zusammengestellt wurden, um diese Informationen über die Internetseite der Gemeinde einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen (Wissenstransfer). Ebenso wurden klimatische Daten für eben diesen Zweck aufgearbeitet und der Gemeinde zur Verfügung gestellt.

Prüfung des Einsatzes alternativer Entwässerungssysteme

Dieser Arbeitsschritt entfiel als logische Konsequenz aus der Zusammenarbeit mit der Gemeinde Panketal als Praxispartnerin. Zunächst mussten die Voraussetzungen geschaffen werden, eine flächendeckende Regelung für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers in der Gemeinde zu ermöglichen, die sich bislang nur auf den öffentlichen Straßenraum bezog. Die flächendeckende Regelung wurde über den Weg beschritten, eine kommunale Satzung zur dezentralen naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung zu verabschieden, die die bereits oben genannte Priorisierung berücksichtigt. Daher wurde 2012 um die Gestaltung dieser Satzung gerungen und die Bemühungen insbesondere durch den Praxispartner verstärkt darauf ausgerichtet, das politische Umfeld auf kommunaler Ebene zu bereiten, um eine solche Satzung mit breiter politischer Unterstützung aber auch mit Zustimmung durch die Bürger verabschieden zu können.

Dokumentation naturnahe Regenwasserbewirtschaftung

In enger Kooperation mit den Praxispartnern Gemeinde Panketal, Untere Wasserbehörde des Landkreises Barnim (UWB) und dem Wasser- und Bodenverband Finowfließ (WBV) folgende Ergebnisse erarbeitet:

- Verzahnung von Belangen der Niederschlagswasserbewirtschaftung mit dem Konzept der Gewässerentwicklung an der Panke
- Entwurf einer kommunale Niederschlagswassersatzung für die Gemeinde Panketal; Diskussion mit Praxispartnern; Lesungen und Beteiligung der Öffentlichkeit vor Ort; Beginn der Einvernehmensherstellung mit der Unteren Wasserbehörde; Beteiligung der TöB
- Erarbeitung einer „Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur naturnahen dezentralen Regenwasserbewirtschaftung sowie Flächenentsiegelung“ für die Gemeinde Panketal
- Übernahme der identifizierten Retentionsflächen in den Entwurf zur Fortschreibung des Flächennutzungsplanes der Gemeinde: Ausweisung als „Flächen für die Wasserwirtschaft, den Hochwasserschutz und die Regelung des Wasserabflusses“ oder als „Flächen für die Regenwasserrückhaltung“
- Erprobung innovativer kooperativer und kommunikativer (Planungs-)Instrumente im Rahmen der Sommerschule Landschaftskommunikation „Siedlung – Wasser – Panke“ vom 15.-20.09.2013: Wasserzeitung „DER PANKER“

Die o.g. Aufgabenstellung wurde durch folgende Ergebnisse studentischer Projektarbeiten ergänzt:



- Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung des Biotopflächenfaktors als ökologische Kenngröße
- Analyse der Bürgerpartizipation und Konzeptionierung eines Teilnehmungsmodells am Beispiel der geplanten Umgestaltung der Dransewiesen in der Gemeinde Panketal

Dokumentation alternative Abwasserbeseitigung

Bei der kompletten Neubearbeitung der Fragestellung mit einem anderen Kooperationspartner wurden folgende Ergebnisse erarbeitet:

- Analyse der Schmutzwasserbeseitigung im Kommunalen Eigenbetrieb Abwasserwerk der Gemeinde Boitzenburger Land
- methodische Überlegungen zur Erstellung eines zukunftsorientierten Abwasserbeseitigungskonzeptes:

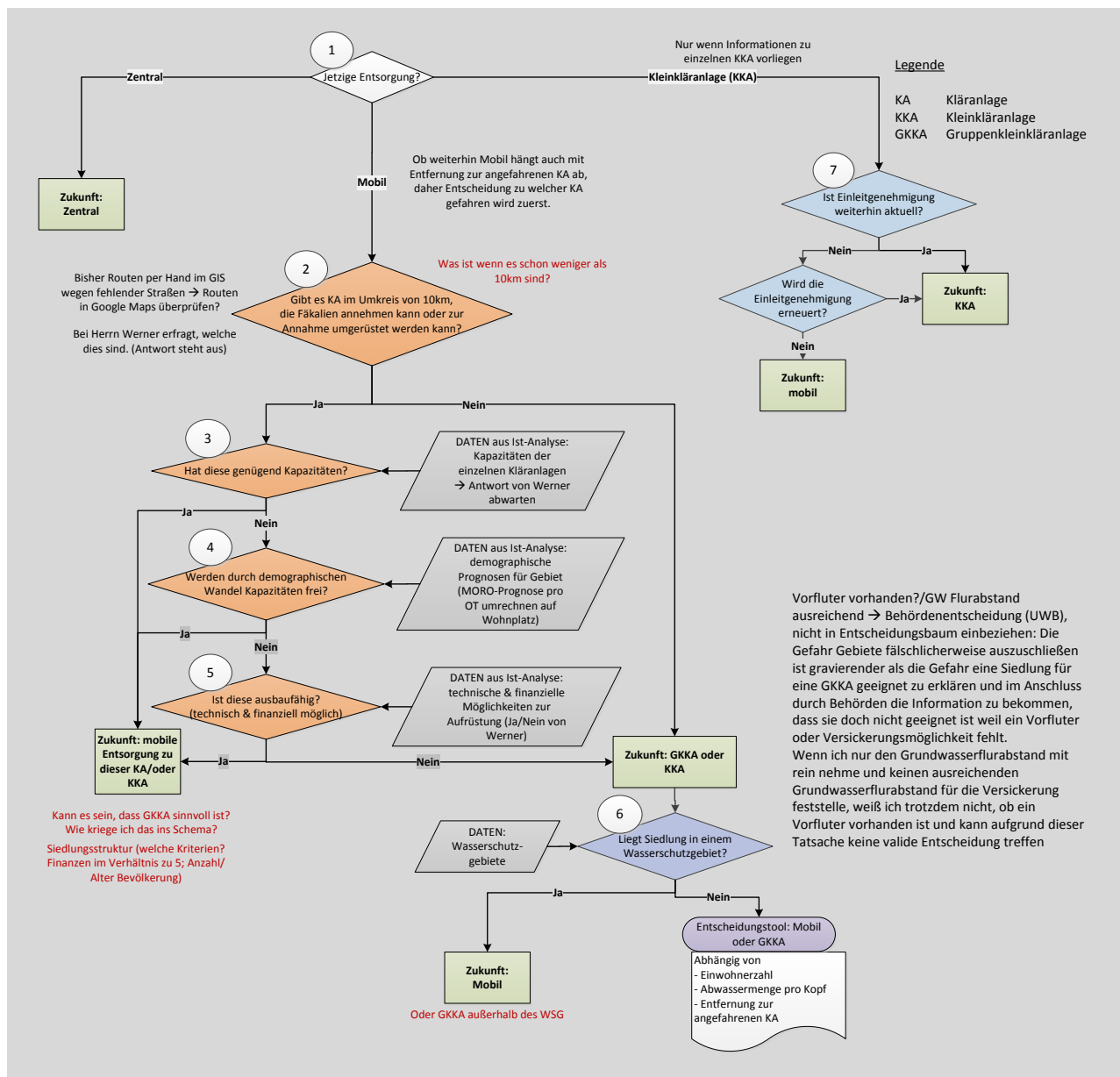


Tabelle 24.1: Methodische Überlegungen zur Erstellung eines zukunftsorientierten Abwasserbeseitigungskonzeptes

II.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das vorgesehene Budget war ausreichend und wurde planmäßig ausgegeben.



II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten Forschungsarbeiten erfolgten im Rahmen des genehmigten Finanzierungs- und Arbeitsplans. Sie erwiesen sich (auch aus Sicht der Praxispartner) als fachlich notwendig und angemessen.

II.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der aktuell erkennbare Nutzen der Forschungsarbeit und ihrer Ergebnisse ist darin zu sehen, dass eine solide Grundlage für zukünftige Anpassungen an die Folgen des Klimawandels im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft geschaffen wurde. Die in Kooperation mit der Gemeinde Panketal erarbeitete kommunale Niederschlagswassersatzung hat Pilotcharakter für den gesamten Landkreis Barnim. Die Übernahme der identifizierten Retentionsflächen in den Flächennutzungsplan der Gemeinde ist Grundlage für eine Fortführung des Ansatzes der wassersensitiven Planung auf kommunaler Ebene.

Darüber hinaus ist ein nicht zu vernachlässigender Nutzen der erfolgten Forschungsarbeit darin zu sehen, dass durch die erfolgte Akteursarbeit ein wichtiger Beitrag zur Schaffung eines Bewusstseins für die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel auf kommunaler Ebene geleistet werden konnte.

II.5 Während des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritte

Mit Beginn der Kooperation mit dem Kommunalen Eigenbetrieb abwasserwerk Boitzenburger Land zum 01.07.2013 wurde mit der Entwicklung einer Methode zur Entscheidungsunterstützung für mögliche Abwasserbeseitigungsvarianten und deren Anwendung im Verbandsgebiet begonnen. Die Arbeiten erfolgten in enger Abstimmung mit dem Landkreis Uckermark, der am Modellvorhaben der Raumordnung MORO des BMVBS und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR beteiligt ist, das sich an ländlich strukturierte Modellregionen richtet, sich den Herausforderungen des demografischen Wandels zu stellen, um sich mit den Auswirkungen auf die Infrastrukturen der Daseinsvorsorge auseinander zu setzen und Anpassungen vorausschauend und kooperativ zu gestalten.

Zudem wurden Anregungen wie die der Emschergenossenschaft „Regen auf richtigen Wegen“ aufgegriffen, deren abgeschlossene Zukunftsvereinbarung Regenwasser sowohl als Ergebnis als auch im Prozess als best practice Beispiel gelten kann.

Berücksichtigung fanden auch die während der Projektbearbeitung erschienenen Positionspapiere der Brandenburgischen Landesregierung:

- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) (Hrsg. 2010): Positionspapier Verwendung von gereinigtem Abwasser für Maßnahmen zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes.
<http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/wasserhh.pdf>
- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) (Hrsg. 2010): Wegweiser für den Einsatz von Kleinkläranlagen und Sammelgruben. Dezentrale Lösungen von der Planung bis zum dauerhaften Betrieb.
http://www.mugv.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/ka_wegweiser.pdf
- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (MUGV) (Hrsg. 2011): Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten. Fachinformation.
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/fi_regenwasser.pdf
- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (MUGV) (2012): Naturnaher Umgang mit Regenwasser – Leitfaden für Eigenheimbesitzer und Bauherren.
http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/umgang_regenwasser.pdf



- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (MUGV) (Hrsg. 2012): Kennzahlenvergleich Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung Brandenburg. Bericht für das Erhebungsjahr 2011
- http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/kennzahlen-vergleich_bericht2011.pdf

Berücksichtigt wurde im Projekt auch die am 31.07.2009 beschlossene Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie das in Folge am 20.12.2011 in Kraft getretene neue Brandenburgische Wassergesetz (BbgWG) mit seinen Implikationen.

Das Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg hat zudem im Herbst 2013 den Leitbildprozess „Zukunft der öffentlichen Trinkwasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg“ initiiert, in den einerseits Ergebnisse von INKA BB eingespeist wurden. Andererseits wurden auch Anregungen aus den verschiedenen Workshops im Projekt aufgenommen.

II.6 Veröffentlichungen

ADAM, SASCHA (2010): GIS-gestützte Ermittlung von Retentionsflächen in der Gemeinde Panketal. Bachelorarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH).

HERRMANN, MAREIKE (2010): Niederschlagswasserbewirtschaftung in der Gemeinde Panketal. Bachelorarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH).

SPRINGER, EVA (2011): Der Beitrag von Kleinkläranlagen zu einer nachhaltigen Wassernutzung im Verbandsgebiet des Zweckverbandes für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Eberswalde. Bachelorarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH).

STEPHANI-PESSEL, H., GEIGER, B., STEINHARDT, U. (2012): Von kommunalen Anpassungsmaßnahmen zu einer regionalen Strategie eines adaptiven Wassermanagements. In: Bens, O., Grünewald, U., Hüttl, R., Kaiser, K., Knierim, A. [Hrsg.]: „Wasserbezogene Anpassungsmaßnahmen an den Landschafts- und Klimawandel“, ISBN 978-3-510-65274-7

STEPHANI-PESSEL, H.; BUGEY, A.; STEINHARDT, U. 2014. Planungsinstrumente und Lösungen für den Umgang mit Niederschlagswasser im brandenburgischen Einzugsgebiet der Panke. In: Kaden, S.; Dietrich, O.; Theobald, S. (Hrsg.). Wassermanagement im Klimawandel — Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen. Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten/ Band 3. Oekom-Verlag, S. 327-346

STEPHANI-PESSEL, H.; BUGEY, A.; STEINHARDT, U. 2014. Tapping the full scope of Action: Experiences from a case study on storm water Management. In: Martinez, G.; Meier, H.-J.; Fröhle, P. (Hrsg.) Social Dynamics of Adaptation to a Changing Climate in Coastal Regions. An interdisciplinary perspective on findings from KLIMZUG-Projects. Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten/ Band X. Oekom-Verlag (im Druck)