

**HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN**

**Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät**



Bachelor-Arbeit im Studiengang: Land- und Gartenbauwissenschaft

**Nährstoffbilanzen für extensive Grünlandstandorte mit Mutterkuhhaltung  
in Brandenburg**

vorgelegt von: Weder, Maike Sabrina (Matrikel-Nr. 528637)

1. Betreuer: Prof. Dr. Dr. h. c. Kaufmann, Otto

Fachgebiet Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik

2. Betreuer: Dr. Giebelhausen, Hermann

Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau

Berlin, den 24.10.2012

## Danksagung

Hiermit möchte ich allen herzlich danken, die mir bei der Entstehung meiner Bachelor-Arbeit geholfen haben.

Besonderen Dank möchte ich meinem Betreuer Herrn Dr. Giebelhausen aussprechen. Danke für die Betreuung meiner Arbeit, für Diskussionen, die immer wieder sehr anregend waren und für die vielen wichtigen Ratschläge zur Auswertung der Daten.

Vielen Dank auch an das INKA-BB-Teilprojekt 12, vor allem an Frau Anja Nährig, für die Bereitstellung der Daten, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Einen weiteren ganz besonderen Dank erhalten meine Familie und meine Freunde für ihr Verständnis, ihre Geduld und ihre antreibende Motivation, in Zeiten in denen mir diese fehlte.

## Gliederung / Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis .....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis .....	III
<b>1. Einleitung und Zielstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht .....</b>	<b>2</b>
2.1 Mutterkuhhaltung auf extensiven Grünlandstandorten.....	2
2.2 Nährstoffbedarf von Pflanze und Weidetier .....	3
2.3 Nährstoffkreislauf .....	4
2.3.1 Düngemittelgesetz, Düngemittelverordnung und Düngeverordnung .....	4
2.3.2 Nährstoffbilanzverfahren .....	6
2.3.2.1 Hoftor-Bilanz (Betriebsbilanz) .....	7
2.3.2.2 Feld-Stallbilanz .....	8
2.3.2.3 Einzelschlag- oder Flächenbilanz .....	9
2.3.3 Nährstoffflüsse, Nährstoffverluste und Nährstoffeffizienz.....	10
2.3.4 Nährstoffmineralisation .....	12
2.3.5 Symbiotische Stickstofffixierung.....	13
2.3.6 Nährstoffdeposition.....	13
2.3.7 Exkrementnährstoff-Rückfluss auf Mutterkuhweiden.....	14
2.3.8 Weidenutzungseinheit-Bilanzierung.....	14
<b>3. Material und Methodik.....</b>	<b>16</b>
3.1 Untersuchungsbetriebe .....	16
3.1.1 Geographische Lage der untersuchten Mutterkuh-Betriebe .....	16
3.1.2 Bodenverhältnisse .....	17
3.1.3 Klima und Witterung .....	17
3.1.4 Grünlandflächen und Tierbestände .....	20
3.2 Methodik zur Ermittlung von Nährstoffentzug und -zufuhr.....	21
3.2.1 Nährstoffentzug.....	21
3.2.1.1 Ermittlung des Ernteertrages für die Mahd.....	21



## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abb.	Abbildung
ANG	Deutsch Angus
Ca	Calcium
d	Tag
dt	Dezitonne
DüMV	Düngemittelverordnung
DüngMG	Düngemittelgesetz
DüV	Düngeverordnung
et al.	et alia, „und andere“
FFL	Fleckvieh
FM	Frischmasse
g	Gramm
GWT	Großviehvollweidetage
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
i.d.	in der
K	Kalium
kg	Kilogramm
KULAP	Kulturlandschaftsprogramm
MK	Mutterkühe
N	Stickstoff
P	Phosphor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphat
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
UCK	Uckermärker
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
WNE	Weidenutzungseinheit
WT	Weidetage

## Tabellenverzeichnis

Seite

Tabelle 1: Erfassungsgrößen für die Stickstoffbilanz einer Weidenutzungseinheit .....	14
Tabelle 2: Untersuchte Bodenparameter von Grünlandflächen in den Betrieben 1 und 2 im INKA-BB-Teilprojekt 12 .....	17
Tabelle 3: Temperatur- und Niederschlagswerte (°C und mm) ausgewählter Klimastationen des Landes Brandenburgs mit Bezug zu den Untersuchungsbetrieben.....	18
Tabelle 4: Anzahl und Rasse der Rinder, Größe der Fläche (WNE) und Tierbesatz der untersuchten Betriebe im INKA-BB-Teilprojekt 12 nach Betriebsangaben des Jahres 2011 .....	20
Tabelle 5: Labormesswerte von N, P und K in den Grünlandproben der Mäh- und Weideflächen der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe, 2011.....	25
Tabelle 6: Mahd-, Weide-, und WNE-Erträge sowie ihre spezifischen Nährstoffentzüge .....	26
Tabelle 7: Gesamtgewicht aller Kälber und Flächengröße der Betriebe sowie spezifische Nährstoffentzüge über den Absetzerverkauf .....	27
Tabelle 8: Leguminosenertragsanteile der Grünlandpflanzenbestände und deren Zusammensetzung in den Untersuchungsbetrieben im Jahr 2011 .....	30
Tabelle 9: Kalkulierte Stickstoffbilanzen der Weidenutzungseinheiten der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe in kg N/ha .....	32

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Ablaufschema zur Ermittlung notwendiger Nährstoffvergleiche (VON WULFFEN et al., 2007).....	5
Abbildung 2: Modell der Hoftor-Bilanz für einen Gesamtbetrieb (BAUMGÄRTEL et al., 2007) .....	7
Abbildung 3: Modell der Feldbilanz (BAUMGÄRTEL et al., 2007).....	8
Abbildung 4: Modell der Schlagbilanz (BAUMGÄRTEL et al., 2007).....	9
Abbildung 5: Stickstoffkreislauf in Weiden nach KLAPP (1971).....	10
Abbildung 6: Geographische Lage der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe im Land Brandenburg, Übersichtskarte nach stepmap.de .....	16
Abbildung 7: Kalkulierter Stickstoffrückfluss durch Weideexkreme von den Mutterkühen in den untersuchten Landwirtschaftsbetrieben .....	29
Abbildung 8: Kalkulierte Stickstofffixierung der Leguminosen in Abhängigkeit von ihren Ertragsanteilen in den untersuchten Landwirtschaftsbetrieben, Ergebnisse des Jahres 2011 ..	31

## **1. Einleitung und Zielstellung**

Natürliche Stoffausträge und große Nährstoffüberschüsse belasten die Umwelt. Die Nährstoffausträge aus der Landwirtschaft in den Boden, in das Grundwasser und in die Atmosphäre sind beachtlich. Deshalb darf der natürliche Stoffkreislauf Boden - Pflanze - Tier - Boden nicht durch zu hohe NPK-Düngergaben gestört und überlastet werden. Andererseits können Defizite zu Mangelerscheinungen bei den Pflanzen und Nutztieren führen und deren Produktivität und Gesundheit beeinträchtigen.

Um Informationen über den Einfluss der Landwirtschaft auf die Nährstoffkreisläufe in einer Region zu erhalten, werden Nährstoffbilanzen erforderlich. Dies schreibt der Gesetzgeber in der DüV vor, sodass Maßnahmen zur Entwicklung von Vermeidungsstrategien getroffen werden können, bzw. ungünstige Einflüsse bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden. Besonderheit ist dabei, dass der Boden als Mittler von Wasserstand und Nährstoffen für die Pflanzen ein „offenes System“ ist und Nährstoffinput und -output verschiedenen Einflüssen unterliegen.

Durch den Klimawandel kommt es im Sommer verstärkt zu Trockenheit oder ungünstiger Niederschlagsverteilung. Er führt ebenfalls zu milderem Wintern mit höheren Niederschlägen. Auch auf den Boden haben diese Faktoren einen erheblichen Einfluss und können somit die Nährstoffnachlieferung des Bodens verändern. Die Untersuchung von Nährstoffbilanzen verschiedener landwirtschaftlicher Produktionssysteme erhält dadurch einen noch größeren Stellenwert in Hinblick auf ihre Umweltbeeinflussungen und Kosten für die Gesellschaft.

Das Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin (INKA BB) befasst sich daher auch mit Anpassungsstrategien für Weidenutzungssysteme an den Klimawandel (Teilprojekt 12). Die vorliegende Bachelor-Arbeit nutzt Daten aus On-Farm-Untersuchungen ausgewählter Betriebe mit Mutterkuhhaltung im Land Brandenburg, die im Rahmen des INKA BB Teilprojekt 12 erfasst wurden. Es werden Kalkulationsansätze entwickelt und erprobt und erste Nährstoffbilanzen für extensive Grünlandstandorte anhand von Messdaten und Angaben aus der Fachliteratur erhoben.

Im Anschluss werden die Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die in den behandelten Bereichen vorhandene Literatur sowie die möglichen Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Erfassungsgrößen der Nährstoffbilanzen diskutiert.



## **2. Literaturübersicht**

### **2.1 Mutterkuhhaltung auf extensiven Grünlandstandorten**

„Mutterkuhhaltung ist eine Form der extensiven Rinderhaltung, bei der Kühe nicht zum Zwecke der Milchgewinnung sondern zum Zweck der Rindfleischproduktion durch die Aufzucht von Saugkälbern gehalten werden“ (BAUER & GRABNER, 2012). Das Hauptprodukt in der Mutterkuhhaltung ist das Kalb / der Absetzer. Hier gilt die Forderung nach einem Kalb pro Kuh und Jahr. Kälber werden nicht von ihren Muttertieren getrennt und bis zum Ende der Laktation (10-11 Monate) gesäugt (TERÖRDE, 1997). Bei dem geringen Anspruch an Arbeitskräften und Maschineneinsatz stellt die Mutterkuhhaltung eine kostensparende Alternative zur Milchviehhaltung dar. Meist sind die extensiven Standorte Flächen, die von Natur aus ertragsärmer und für eine intensive Futterproduktion weniger geeignet sind, wie Moor- oder Sandböden, die oft nur über eine begrenzte Versorgung mit bestimmten Mineralstoffen oder Wasser verfügen.

Durch die Einführung der Milchquotenregelung 1984 ging mit steigender Milchleistung die Anzahl der Milchkühe zurück (LELLMANN, 2005). Auch EBEL (2002) verzeichnet seit 2000 im Land Brandenburg eine Tendenz des Rückgangs der Milchviehbestände. Dadurch erfolgt eine größere Freisetzung von Grünlandfläche. Durch die extensive Mutterkuhhaltung können diese Flächen weiter genutzt und ihre ökologischen Funktionen erhalten werden. Gegenwärtig wird die Mutterkuhhaltung durch die EU gefördert. Die Förderprogramme der einzelnen Bundesländer verlangen das Einhalten geringer Besatzstärken und den Verzicht von mineralischer Stickstoffdüngung (EBEL, 2002).

Im Land Brandenburg regelt das Förderprogramm KULAP 2000 die extensive Grünlandnutzung. Das Ziel ist es, „die Belastung abiotischer und biotischer Schutzgüter durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel zu senken bzw. zu vermeiden, die Voraussetzungen für die Erhaltung artenreicher Grünlandbestände zu verbessern und einer Verbuschung und Nutzungsaufgabe des Grünlandes vorzubeugen“ (KULAP 2000). Dabei muss eine extensive Bewirtschaftung des gesamten Dauergrünlandes des Unternehmens mit höchstens 1,4 GV je ha Hauptfutterfläche eingehalten werden. Für einen Zeitraum von 5 Jahren werden mehrere Maßnahmen geregelt. Nicht zugelassen ist der Einsatz von chemisch-synthetischen Stickstoffdüngemitteln und Beregnung sowie tiefgreifende Meliorationsmaßnahmen. Des Weiteren wird auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet.

## 2.2 Nährstoffbedarf von Pflanze und Weidetier

Stickstoff ist der Motor des Pflanzenwachstums, steigert somit erheblich den Ertrag und ist ein besonders wirksamer Produktionsfaktor (LÜTKE-ENTRUP & OEHMICHEN, 2006). Des Weiteren fördert Stickstoff die Obergräser- und Kräuterfraktion, erhöht den Rohprotein- und Wassergehalt und senkt den Zuckergehalt der Pflanzen. Dadurch kommt es zum Teil zu einer schlechteren Konservierbarkeit des Futters. Stickstoff ist ein wesentlicher Bestandteil der Proteine, des Chlorophylls und von anderen Pflanzeninhaltsstoffen. Stickstoff muss als auswaschungsgefährdet angesehen werden (SCHILLING, 2000). Der Tierbedarf an Stickstoff von Wiederkäuern liegt bei 14 bis 18 % Rohprotein in der Trockensubstanz (KIRCHGEBNER et al., 2011).

Phosphor fördert die Leguminosen, Kräuter und Untergräser und erhöht die Artenvielfalt der Narben. Eine ertragssteigernde Wirkung ist vom P-Gehalt des Bodens abhängig. Phosphor ist nicht auswaschungsgefährdet. Bei der Ernährung von Rindern hat Phosphor wichtige Funktionen im Bereich der Fruchtbarkeit, der Futteraufnahme und dem Knochenbau. Phosphor wird im Skelett gespeichert und durch endogene Regulationsmechanismen freigesetzt (SCHILLING, 2000).

Ein Ca:P- Verhältnis im Futter von 2:1 ist anzustreben. Der Rinderbedarf bei Phosphor liegt bei über 0,3 % i.d. TS. Der Erhaltungsbedarf einer Kuh liegt bei 10-14 g Phosphor/Tag und pro Liter Milch bei 1,6-2 g Phosphor/Tag (KIRCHGEBNER et al., 2011).

Kalium steigert das Wachstum von Gräsern und Leguminosen und verbessert die Winterfestigkeit der Gräser. Durch die Regulierung des osmotischen Drucks fördert Kalium die Trockentoleranz und Konkurrenzkraft der Pflanzen. Wenn Phosphor in zu hohen Mengen vorkommt, kann es zu einem Luxuskonsum der Gräser auf den Grünlandflächen kommen. Bei einem Kaliumgehalt über 3,5 % Kalium i.d. TS hemmt dies die Aufnahme von Magnesium. Ein Magnesiummangel würde bei den Weiderindern zu einer Weidetetanie führen. Des Weiteren wird die Aufnahme von Calcium behindert, was zu Rachitis führen kann. Im Boden ist Kalium auswaschungsgefährdet, da es im Boden nur schwach sorbiert wird (SCHILLING, 2000). In der Tierphysiologie hat Kalium eine wichtige Funktion bei der elektrischen Polarisation der Nervenbahnen und der Erregungsleitung der Muskelfasern. Der Tierbedarf liegt bei 1,7-2,5 % Kalium i.d. TS und der Erhaltungsbedarf bei Milchkühen liegt bei 50-70 g Kalium/Tag und pro Liter Milch bei 3-4 g Kalium/Tag (KIRCHGEBNER et al., 2011).

## **2.3 Nährstoffkreislauf**

### **2.3.1 Düngemittelgesetz, Düngemittelverordnung und Düngeverordnung**

Am 15.11.1977 trat das Düngemittelgesetz (DüngMG) in der Bundesrepublik Deutschland in Kraft. Es bestimmt Zulassung, Kennzeichnung, Handel und Anwendung von Düngemitteln. Das Düngemittelgesetz erläutert im §1, dass Düngemittel den Pflanzen zugesetzte Stoffe sind, die den Ertrag erhöhen oder die Qualität verbessern. Zu den Wirtschaftsdüngern gehören tierische Ausscheidungen wie Gülle, Jauche, Stallmist sowie Stroh und Nebenerzeugnisse aus landwirtschaftlicher Produktion. Weitere Unterpunkte des Düngemittelgesetzes sind Sekundär-Rohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel. Speziell auf das Grünland bezogen darf bei den Sekundär-Rohstoffdüngern kein Klärschlamm auf Grünlandflächen ausgebracht werden. Der §1a definiert die Anwendung von Düngemitteln. Demnach sind Dünger nur nach guter fachlicher Praxis auszubringen, denn sie dienen der Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen und der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und dessen Förderung. Ziel dabei ist es, die menschliche Bevölkerung mit qualitativ hochwertigen und preiswerten Erzeugnissen zu versorgen. Bei der guten fachlichen Praxis muss darauf geachtet werden, dass Art, Menge und Zeitpunkt der Anwendung von Düngemitteln am Bedarf der Pflanzen und des Bodens ausgerichtet werden. Ebenfalls werden Standortbedingungen mit berücksichtigt und die daraus resultierende Ertragsfähigkeit.

Die Düngemittelverordnung (DüMV) vom 16.12.2008 und Düngeverordnung (DüV) vom 10.01.2006 bestimmen die Umsetzung des Düngemittelgesetzes näher. Die Düngemittelverordnung beschreibt, wie Düngemittel in den Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen. Hierbei müssen Düngemittel einem zugelassenen Düngertyp nach Typenliste der Verordnung entsprechen und gekennzeichnet sein, beispielsweise mit Nährstoffgehalt in Worten oder Symbolen und Gewichtsangaben in kg netto. Sie schützt vor allem die Anwender von Düngern vor mangelhaften Produkten.

Die Düngeverordnung wird auch als „Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen“ bezeichnet. Sie regelt dabei wichtige Angelegenheiten, wie die notwendige Rechtssicherheit der Landwirte für ihre Düngungsmaßnahmen und die Unterstützung des Umwelt- und Gewässerschutzes durch sachgerechte Düngungsvorschriften. Mindestens alle neun Jahre sind die Böden extensiver Grünlandstandorte auf Phosphor, Kalium und den Kalkversorgungszustand zu untersuchen. Ausgenommen von der Beprobung sind reine Weideflächen ohne zusätzliche mineralische Düngung und max. 100 kg N/ha und Jahr aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft.

Für Stickstoff ist auf Dauergrünlandflächen eine Ermittlung des N-Bodenvorrates nicht erforderlich. Für andere Nutzungsarten der Flächen muss allerdings für Stickstoff jährlich eine repräsentative Bodenuntersuchung je Bewirtschaftungseinheit erfolgen.

Generell sind alle Betriebe dazu verpflichtet, einen jährlichen Nährstoffvergleich durchzuführen (DüV §§ 5 und 6). Betriebe sind von einer Bodenuntersuchung befreit, wenn auf keinem der Schläge mehr als 50 kg/ha Gesamt-N oder 30 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ausgebracht wird (Abb. 1).

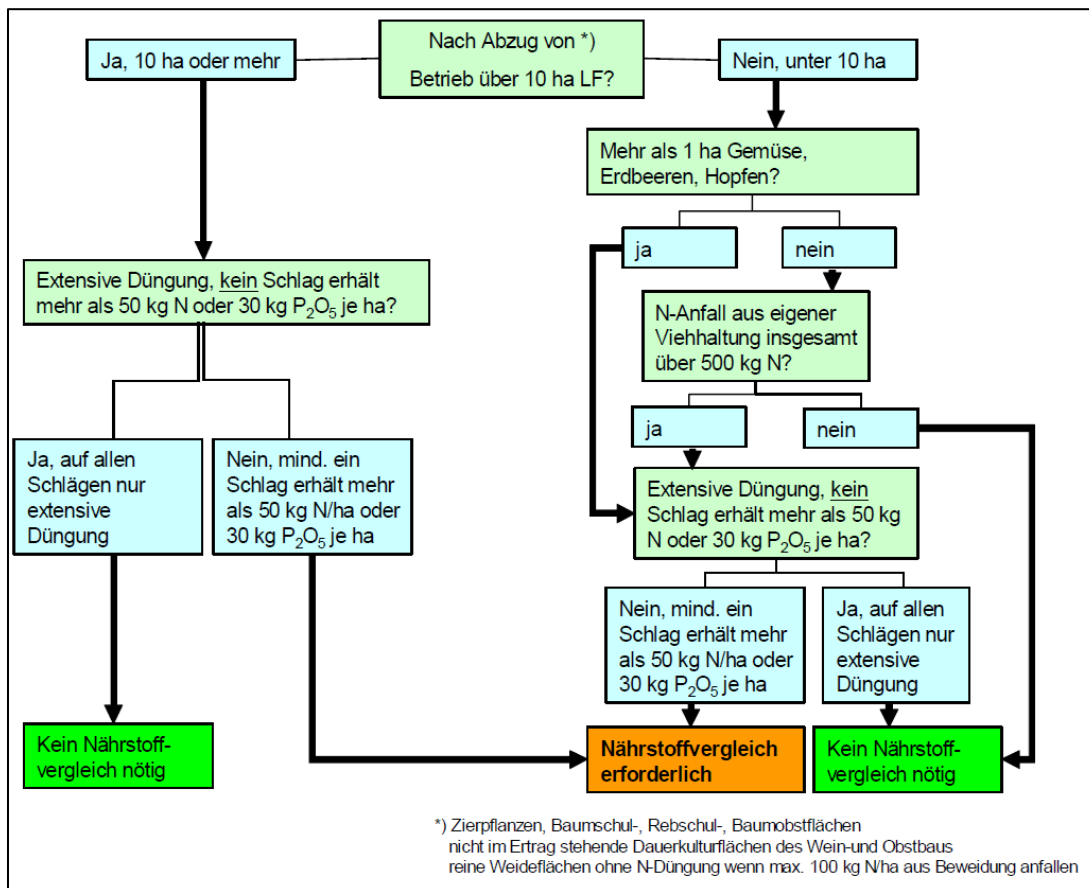


Abbildung 1: Ablaufschema zur Ermittlung notwendiger Nährstoffvergleiche (VON WULFFEN et al., 2007)

Flächen, die ausschließlich für die Weidehaltung genutzt werden, wo die jährliche Stickstoffausscheidung von 100 kg N/ha nicht überschritten wird und keine zusätzliche N-Düngung erfolgt, sind ebenfalls von der Durchführung eines Nährstoffvergleiches befreit. Kleine Betriebe mit weniger als 10 ha (einschließlich Stilllegungen) landwirtschaftlich genutzter Fläche und einem Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von unter 500 kg N/ha sind ebenso befreit.

In den Düngejahren 2009, 2010, 2011 wird die Einhaltung der guten fachlichen Praxis nur erfüllt, wenn ein Überschuss von 60 kg N/ha nicht überschritten wird. Bei Phosphat wird dies erfüllt, wenn in den letzten 6 Düngejahren kein Überschuss von mehr als 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha überschritten wird.

### **2.3.2 Nährstoffbilanzverfahren**

Die Nährstoffbilanzierung ist im Allgemeinen „der rechnerisch durchgeführte Vergleich zwischen den einem System zugeführten und aus dem System wieder entfernten oder in ihm verbleibenden Stoffen“ (ALSING et al., 2002) über einen möglichst mehrjährigen Zeitraum. Für Nährstoffbilanzierungen in landwirtschaftlichen Betrieben werden eine Reihe von verschiedenen Daten genutzt. Nach RUTTNIG (2007) ist die Genauigkeit solcher Bilanzen von der Verfügbarkeit und Verlässlichkeit der Datengrundlagen abhängig. Eine genaue Datengrundlage sind Kauf- und Verkaufsbelege und aufgezeichnete Daten des Landwirtes nach Arbeitserledigung (BAUMGÄRTEL et al., 2007). Bei bestimmten benötigten Saldierungsbereichen ist die direkte Messung unmöglich oder zu teuer und arbeitsaufwändig, sodass auf Richtwerte zurückgegriffen werden muss. Die symbiotische Stickstofffixierung und der Wirtschaftsdüngeranfall können nach feststehenden und nachvollziehbaren Algorithmen anhand von Richtwerten berechnet werden (BAUMGÄRTEL et al., 2007). In manchen Bereichen sind Schätzverfahren nötig, wie für Futtererträge und Grünlandaufwüchse.

Die Düngung sollte immer zu ausgeglichenen Nährstoffsalden führen. Die Differenz zwischen Nährstoffeintrag und Nährstoffaustrag bildet den Saldo, der sowohl als Indikator für die Nährstoffeffizienz als auch für die Gefährdung der Umwelt dient. Ein negativer Saldo kann langfristig zu einem Verlust an Bodenfruchtbarkeit führen. Ein positiver Saldo kann hingegen kurz- oder langfristig zu einer Belastung der Umwelt führen. Daher sind Nährstoffvergleiche auf Hof-, Feld-Stall- oder Einzelschlagbasis durchzuführen. Die Wahl der Bezugsebene wird von der Zielsetzung der Bilanzierung bestimmt. Zur Bewertung solcher Bilanzierungen sollte ein mehrjähriges Mittel angestrebt werden, um Jahreseinflüsse zu mindern. Laut DüV sind Betriebe über 10 ha dazu verpflichtet, eine Nährstoffbilanz für alle vom Betrieb bewirtschafteten Schläge zu erstellen.

### 2.3.2.1 Hoftor-Bilanz (Betriebsbilanz)

Die Hoftor-Bilanz oder Betriebsbilanz ermöglicht eine Abschätzung der Nährstoffzufuhr und -abfuhr auf der Ebene eines Betriebes (Abb. 2).

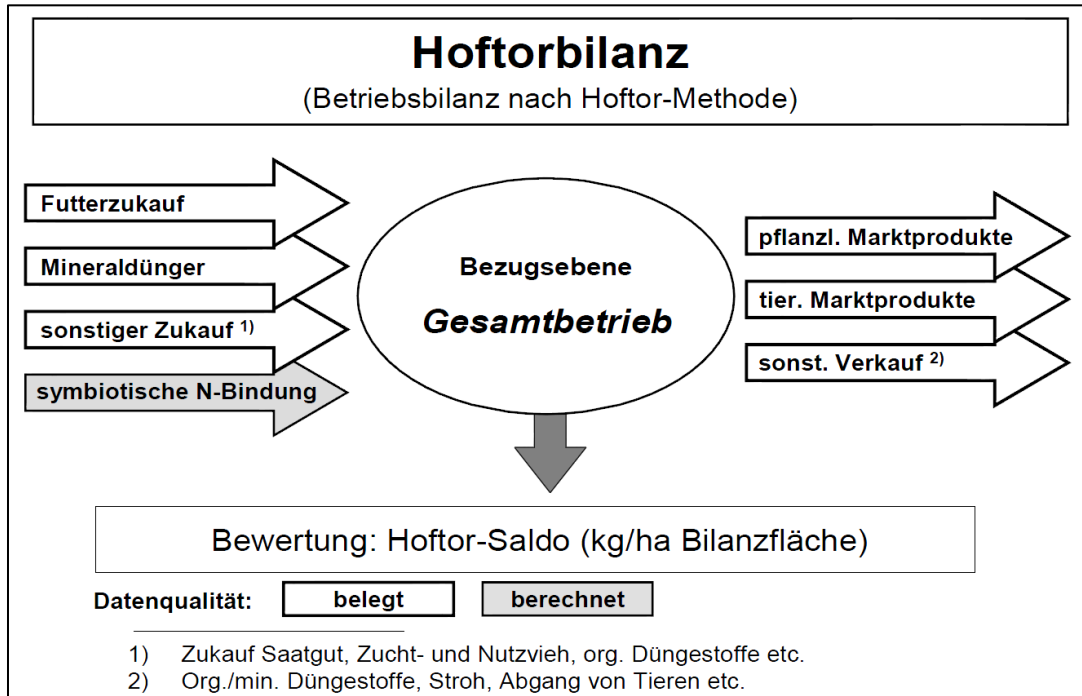


Abbildung 2: Modell der Hoftor-Bilanz für einen Gesamtbetrieb (BAUMGÄRTEL et al., 2007)

Innerbetriebliche Nährstoffflüsse, wie Nährstoffanfall aus der Tierhaltung und Futter von der Fläche, bleiben unberücksichtigt. Eine Hoftorbilanz ist umso aussagekräftiger, je länger der Zeitraum der Messung und Erhebung der Daten ist (RUTTIG, 2007). Es werden Nährstoffeinträge wie der Zukauf von Vieh, Futtermitteln oder Mineraldüngern und Wirtschaftsdüngern sowie Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe etc. und Saatgut betrachtet.

Nährstoffabgaben aus dem Betrieb sind Verkauf tierischer Produkte (Vieh, Milch, Eier), Verkauf pflanzlicher Produkte (Erntegut, Erntereste) und Verkauf von Wirtschaftsdüngern. Auf das extensive Grünland bezogen können hier Daten der symbiotischen Stickstofffixierung und Abgänge von Tieren eine wichtige Rolle für eine spätere Bilanz darstellen. Nach BAUMGÄRTEL et al. (2007) sind die erforderlichen Daten zur Erstellung der Hoftorbilanz buchmäßig belegt bzw. berechnet und sichern objektive, reproduzierbare und justiziable Ergebnisse.

### 2.3.2.2 Feld-Stallbilanz

Die Feld-Stallbilanz ermöglicht eine Abschätzung der Nährstoffflüsse zwischen Stall und der (Betriebs-)Fläche (Abb. 3).

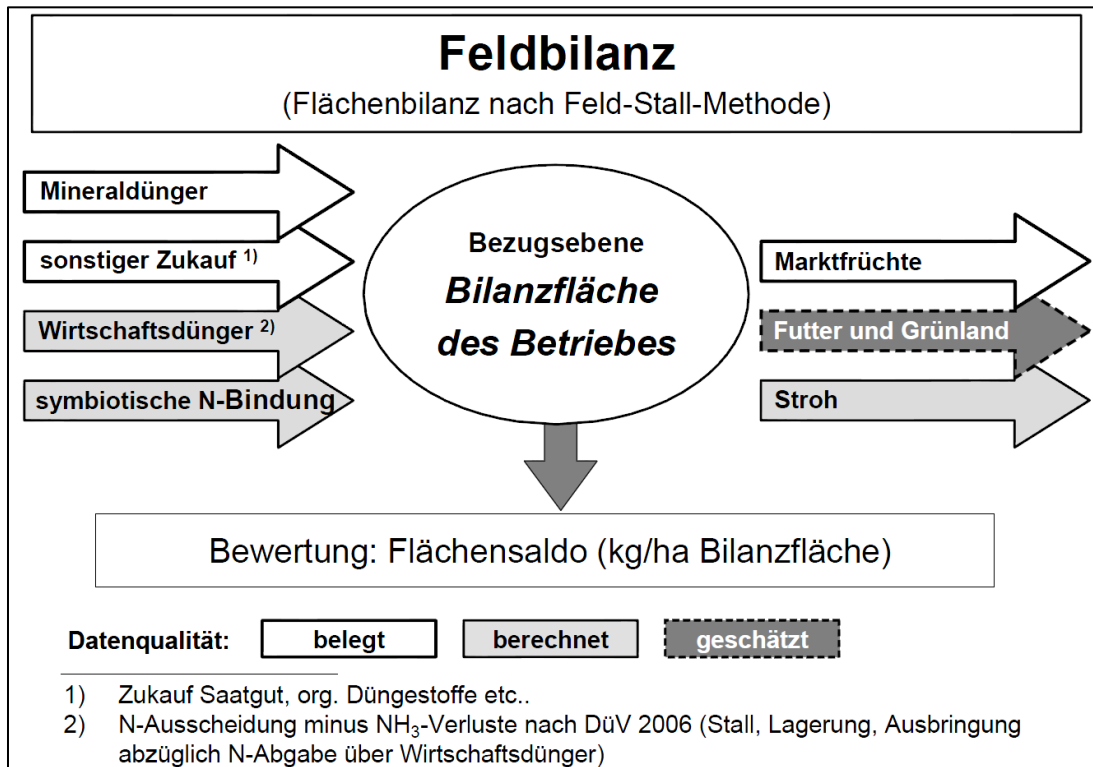


Abbildung 3: Modell der Feld-Stallbilanz (BAUMGÄRTEL et al., 2007)

Zu den Nährstoffzufuhren zählen Zufuhren aus der Tierhaltung, Mineraldünger und symbiotische N-Bindung durch Leguminosen. Die Mutterkühe auf Grünland spielen bei der Zufuhr von Wirtschaftsdüngern in Form von Exkrementen eine Rolle.

Zu den Nährstoffabgaben von der Gesamtfläche gehören Marktfrüchte, Futter und Stroh. Mineraldünger sind belegt, symbiotische Stickstofffixierung ist berechnet und Futter- und Grünlanderträge sind geschätzt. Letzteres beeinträchtigt, nach BAUMGÄRTEL et al. (2007), die Aussagesicherheit.

### 2.3.2.3 Einzelschlag- oder Flächenbilanz

Die Einzelschlag-Bilanz ermöglicht eine Bewertung von Nährstoffzufuhr und -abgabe auf der Ebene eines bestimmten (Grünland-)Schlages (Abb. 4). Der Schlag stellt eine räumlich zusammenhängende, einheitlich bewirtschaftete und mit derselben Kultur bewachsene Fläche dar (BAUMGÄRTEL et al., 2007).

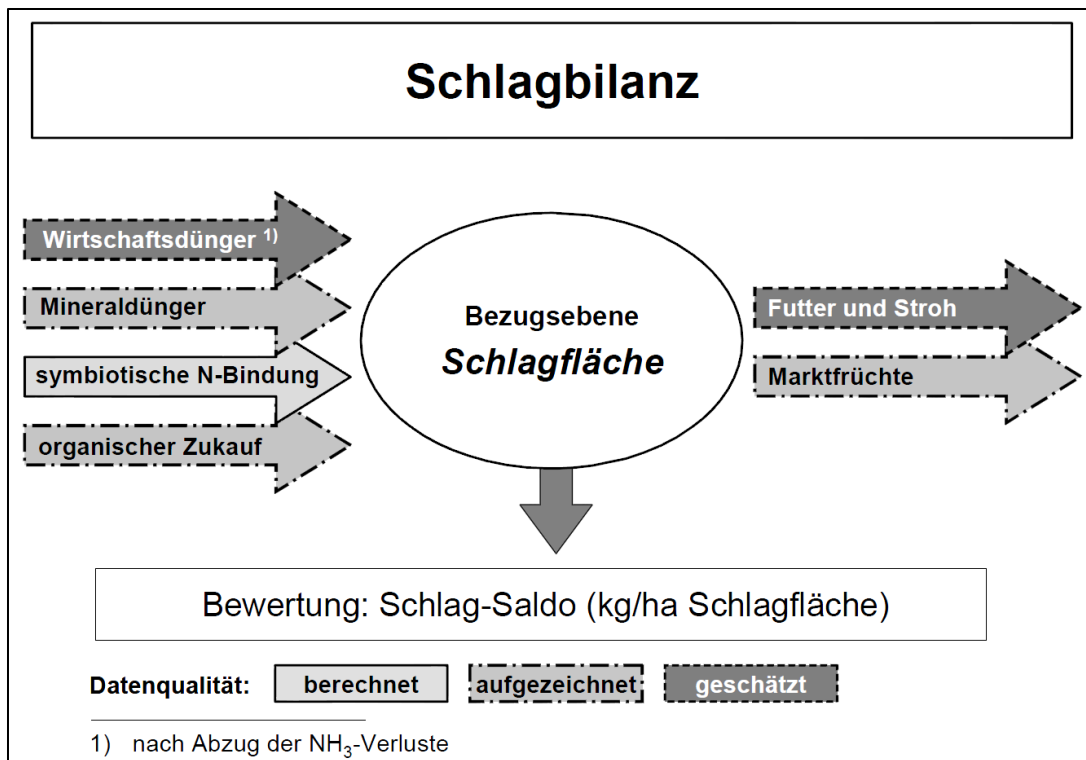


Abbildung 4: Modell der Schlagbilanz (BAUMGÄRTEL et al., 2007)

Nährstoffzufuhren auf den Einzelschlag sind Wirtschaftsdünger, mineralische Düngung und N-Bindung durch Leguminosen sowie Saatgut im Ackerbau. Nährstoffabgaben erfolgen im Pflanzenbau durch die Abfuhr des Erntegutes und der Erntereste. Nach BAUMGÄRTEL et al. (2007) ist ein Schlagflächensaldo nur eingeschränkt für die außerbetriebliche Verwendung nutzbar. Dies liegt vor allem an den überwiegend aufgezeichneten und geschätzten Daten für Wirtschaftsdünger, Futter und Grünlanderträge. Die Anwendung der Schlagbilanz könnte so ohne Einschränkungen auf das Grünland, speziell Mähstandweide, möglich sein.

### 2.3.3 Nährstoffflüsse, Nährstoffverluste und Nährstoffeffizienz

Das Modell der Nährstoffflüsse sollte alle Nährstoffströme in einem Betrieb abbilden. Die Abbildung 5 zeigt ein Modell eines Stickstoffkreislaufes in Weiden.



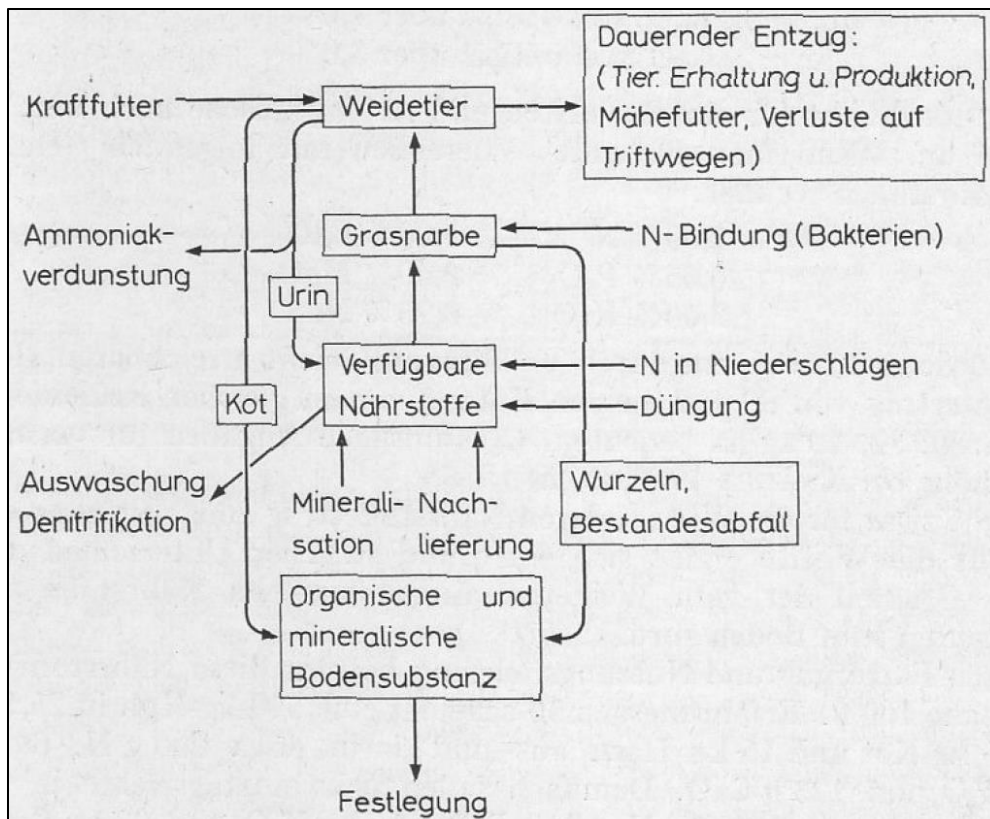


Abbildung 5: Stickstoffkreislauf in Weiden nach KLAPP (1971)

Dieses Modell kann auf das System „extensives Grünland mit Mutterkuhhaltung“ übertragen werden, welches in der vorliegenden Arbeit behandelt wird. Der Input an Stickstoff durch N-Düngung wird nicht behandelt, da auf extensiven Grünlandstandorten keine Stickstoffdüngung erfolgt. „Auf Weiden wird gegenüber Ackerland oder Wiesen der Stickstoffkreislauf durch das Verhalten der Tiere im System Boden – Pflanze – Tier – Boden wesentlich geprägt“ (GIEBELHAUSEN et al., 1999). Rinder können sich auf den Flächen frei bewegen, Kraftfutter in Form von Weidefutter weiträumig aufnehmen und Stickstoff durch den Kot und Harn an die Bodensubstanz abgeben. Allerdings werden die durch das Futter aufgenommenen Stickstoffmengen nur teilweise durch die Bindung in Milch bzw. Fleisch ausgenutzt. Man kann davon ausgehen, dass es zu einer punktuellen Abgabe von Exkrementen kommt. Dies geschieht vornehmlich in Bereichen die häufiger aufgesucht werden, beispielsweise in Bereichen von Tränke- und Ruheflächen. Hier zeichnet sich eine Schwachstelle bei der Nachlieferung von Stickstoff an die weniger frequentierten Bereiche auf und es kann zu einer geringeren Nährstoffversorgung der dortigen Pflanzenbestände kommen. Über die Nachlieferung des Nährstoffes Stickstoff über das Grund- und Sickerwasser von den stärker frequentierten Bereichen an die weniger frequentierten Bereiche liegen noch keine ausreichenden Ergebnisse vor.

Durch Mineralisation der organischen und mineralischen Bodensubstanz werden Nährstoffe wieder verfügbar. Ein weiterer Input an Stickstoff an die Grasnarbe stellt die Stickstofffixierung durch Leguminosen dar. Ebenfalls gelangt Stickstoff durch Niederschläge in den Boden und wird durch die Grasnarbe aufgenommen.

Für Stickstoff gilt nach LELLMANN et al. (2005) ein deutlich erhöhtes umweltrelevantes Austragungsrisiko, im Gegensatz zu anderen Nährstoffen. Dies begründet er damit, dass Stickstoff sehr stark in das Blickfeld öffentlicher Diskussionen gerückt ist. Stickstoffverluste treten vor allem in gasförmiger Form als Ammoniak und in flüssiger Form als Nitrat und Ammonium auf. Auf Grünland wird hauptsächlich Nitrat ausgewaschen, die Verlagerung von Ammonium hat eine untergeordnete Bedeutung (LELLMANN et al., 2005).

Aus Gründen der Minderung von Umweltbelastungen durch Nährstoffverluste oder durch Bilanzierungsüberschüsse und aus Gründen der Ressourcenschonung ist eine effiziente Nutzung von Nährstoffen in der Landwirtschaft wichtig. Die Nährstoffeffizienz ist vor allem von den Dünger- und Bodeneigenschaften, den Klimaeinflüssen, dem Aneignungsvermögen der Pflanzen und von dem zeitlichen und mengenmäßigen Bedarf der Pflanzen abhängig. Früher war die Düngung auf die Behebung etwaiger Mangelsituationen im Boden und in der Pflanze ausgerichtet und führte zu einer Überdüngung der landwirtschaftlichen genutzten Flächen. Heute ist eine Reduktion der Umweltbelastungen durch Nährstoffverluste und Düngefehler das Ziel der Landwirtschaft geworden, die Verabreichung optimaler (NPK-)Düngermengen stehen dabei im Vordergrund.

Nach GÄTH (1996) wird der Wirkungsgrad der eingesetzten Nährstoffe über die Nährstoff-Effizienz abgeschätzt. Er nutzt dazu folgende Formel:

$$\text{Nährstoff-Effizienz [\%]} = \left( \frac{\sum \text{Nährstoff- Abfuhr}}{\sum \text{Nährstoff-Zufuhr}} \right) * 100$$

In der Mutterkuhhaltung auf extensivem Grünland ist die Effizienz dadurch beschrieben, wie der Stickstoff aus dem Weidefutter für den Erhaltungsbedarf und die Produktion ausgenutzt wird und in welchen Mengen er durch Exkreme wieder zurück auf die Fläche gelangt. LELLMANN et al. (2005) beschreiben, dass die Nutzungseffizienz des aufgenommenen Stickstoffs im Futter auf Weiden niedriger ist als im Stall. Dies begründen sie damit, dass es zu höheren N-Aufnahmen kommt. Es werden je MK und Kalb etwa 90 % des aufgenommenen Stickstoffes ausgeschieden und daher liegt ein größeres urinbedingtes Stickstoffemissionspotential vor. Ursachen dafür sind nach LELLMANN et al. (2005) die durch das Kalb aufgenommene Milch und der darin enthaltene N, der zum größten Teil wieder

ausgeschieden wird und auf der Fläche verbleibt. Auch die geringere Milchleistung bei den MK führt zu einer höheren Urin-N-Ausscheidung.

#### **2.3.4 Nähstoffmineralisation**

Das Land Brandenburg verfügt über große zusammenhängende Niedermoorgebiete. Ihr Anteil an der Grünlandfläche beträgt ca. 55 % der Landesfläche (SCHELLER 2008). Der Stickstoff aus der Nettomineralisation der organischen Bodensubstanz ist bei extensiver Grünlandnutzung die wichtigste Stickstoff-Quelle für das Pflanzenwachstum. Des Weiteren weisen die nordostdeutschen Niedermore geringe Kaliumgehalte auf, was bei der Düngung berücksichtigt werden sollte.

Laut Rahmenempfehlung zur Düngung 2000 im Land Brandenburg verfügt das Niedermoor über einen großen Vorrat an organisch gebundenem Stickstoff (ROSCHKE et al., 2000).

Die N-Nachlieferungsrate ist von den Faktoren Bodenart, Bodenfeuchte und Temperatur abhängig, somit noch großen Schwankungen unterlegen und mit beträchtlicher Unsicherheit behaftet. Häufig werden Mengen zwischen 20...80 kg N/ha/a nachgeliefert, vor allem in dem Zeitraum von Mai bis August (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, 2010).

#### **2.3.5 Symbiotische Stickstofffixierung**

Auch die symbiotische Stickstofffixierung stellt im Grünland eine der wichtigsten natürlichen Quellen bei der N-Nachlieferung des Grünlandstandortes dar. Nach ROSCHKE et al. (2000) liefern Leguminosen aus der Stickstofffixierung rund 3-4 kg N je Prozent Ertragsanteil am Grünlandaufwuchs. Die legume N-Bindung kann somit zwischen 20...50 kg/ha im Jahr betragen. Die N-Fixierungsleistung durch Grünland-Leguminosen auf Basis pro kg N/dt TM-Ertrag ist ebenfalls eine weitere Kalkulationsmöglichkeit. Nach GIEBELHAUSEN (2011/2012) können pro dt TM Leguminosen-Ertragsanteil 2-4 kg N/ha fixiert werden.

#### **2.3.6 Nährstoffdeposition**

Nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (2010) gelangen in Deutschland über die Niederschläge jährlich etwa 28 kg Stickstoff ha<sup>-1</sup>, 0,35 kg P ha<sup>-1</sup> und etwa 5 kg K ha<sup>-1</sup> in den Boden. In

Gebieten mit hohem Tierbesatz muss mit erhöhten N-Einträgen gerechnet werden. In der Nähe von Wohn- und Industriegebieten treten ebenfalls höhere Werte auf. Durch eine rechnerische Abschätzung der Stickstoff-Gesamtdeposition an Freilandstandorten im Land Brandenburg ergeben sich jedoch geringere Eintragsraten zwischen 9 und 13 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr (ANONYMUS, 2002).

Der Verband zur Förderung extensiver Grünlandwirtschaft e. V. hat in seinen Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Mähstandweidesystemen mit Mutterkühen eine Nährstoffdeposition von 20 kg N/ha für die Berechnung von Nährstoffsalden angesetzt (GIEBELHAUSEN et al., 1999). In der Dissertation von SCHELLER (2008) werden für die Stickstoffdeposition die ermittelten Werte der Wetterstationen Paulinenaue und Thyrow herangezogen. Paulinenaue liegt im Landkreis Havelland und hat laut SCHELLER (2008) einen atmosphärischen N-Eintrag von rund 9 kg N/ha. Thyrow liegt im Landkreis Teltow-Fläming und hat einen N-Eintrag von 26 kg N/ha. Im Mittel wird mit rund 20 kg N/ha Eintrag durch Depositionen gerechnet.

### **2.3.7 Exkrementnährstoff-Rückfluss auf Mutterkuhweiden**

Der mit den tierischen Exkrementen ausgeschiedene Stickstoff ist die bestimmende Größe der Stickstoffzufuhr auf extensiven Grünlandstandorten. Nach LELLMANN et al. (2005) können durch Nährstoffausscheidungen im Stall etwa 26 N/kg/ha sowie auf Weiden etwa 55 kg N/kg/ha gelangen. EBEL (2002) schätzt, dass der Exkrementstickstoffrückfluss bei einer Besatzstärke von 1,1 GV/ha rund 50 kg N/ha beträgt. Höhere Besatzdichten führen zu einem höheren Stickstoffrückfluss pro Hektar. Bei 1,8 GV/ha liegt der Exkrementstickstoffrückfluss 1,9fach höher, also bei 95 kg N/ha.

### **2.3.8 Weidenutzungseinheit-Bilanzierung**

Da die Anwendung der besprochenen Bilanzierungsmöglichkeiten für die Kalkulation von Stickstoffbilanzen, auf Grundlage der erhobenen Daten, nur begrenzt möglich ist, wird die „WNE-Bilanz“ erstellt. Die „WNE-Bilanz“ ist eine von der Autorin neu vorgeschlagene Kombination der besprochenen Bilanzierungen, um alle untersuchten Daten in den Untersuchungsbetrieben mit einzubinden. Hierbei werden aus den verschiedenen Bilanzierungsformen die untersuchten Parameter zusammengetragen und zu einer WNE-

Bilanz zusammengefasst. In Anlehnung an GÄTH (1996) werden folgende Erfassungsgrößen für die WNE-Bilanzierung herangezogen (Tab. 1).

Tabelle 1: Erfassungsgrößen für die Stickstoffbilanz einer Weidenutzungseinheit

Nährstoff-Zufuhr [kg N/ha]	Nährstoff-Abfuhr [kg N/ha]
Deposition	N-Entzug (Mahd, Weide)
Mineralisierung aus dem Boden	Nährstoffentzug über Absetzer
N-Fixierung durch Leguminosen	
N-Rückfluss (Exkrement-N)	
$\sum$ Nährstoff-Zufuhr	$\sum$ Nährstoff-Abfuhr
Nährstoffsaldo = $\sum$ Nährstoff-Zufuhr - $\sum$ Nährstoff-Abfuhr	

Es wird insbesondere der Ernteertrag von Mahd und Weide zu einem WNE-Ertrag zusammengefasst. Die Nährstoffentzüge durch den Absetzer-Verkauf werden ebenfalls im Entzug der WNE bilanzwirksam. Zur Ermittlung / Schätzung der Nährstoffzufuhren werden Literaturwerte, wie die Nährstoffdeposition und die Nährstoffmineralisierung, verwendet. Berechnet werden die symbiotische Stickstofffixierung und der Rückfluss der Nährstoffe über die Exkremente der Weidetiere.

### 3. Material und Methodik

#### 3.1 Untersuchungsbetriebe

Die Datenerfassung erfolgte in fünf Landwirtschaftsbetrieben mit Mutterkuhhaltung im Land Brandenburg. Es sind Unternehmen mit unterschiedlicher Betriebsgröße sowie unterschiedlichem Viehbesatz. Typisch für alle Betriebe ist eine extensive Bewirtschaftung der Grünlandflächen mit Mutterkuhhaltung.

##### 3.1.1 Geographische Lage der untersuchten Mutterkuh-Betriebe

Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, befinden sich die Erhebungsbetriebe auf einem Nord / Südtransekt des Landes Brandenburg. Die Betriebe 4 und 5 liegen im Landkreis Uckermark. Der Betrieb 3 ist in der Region Barnim angesiedelt und die Betriebe 1 und 2 liegen in der Region Lausitz-Spreewald.

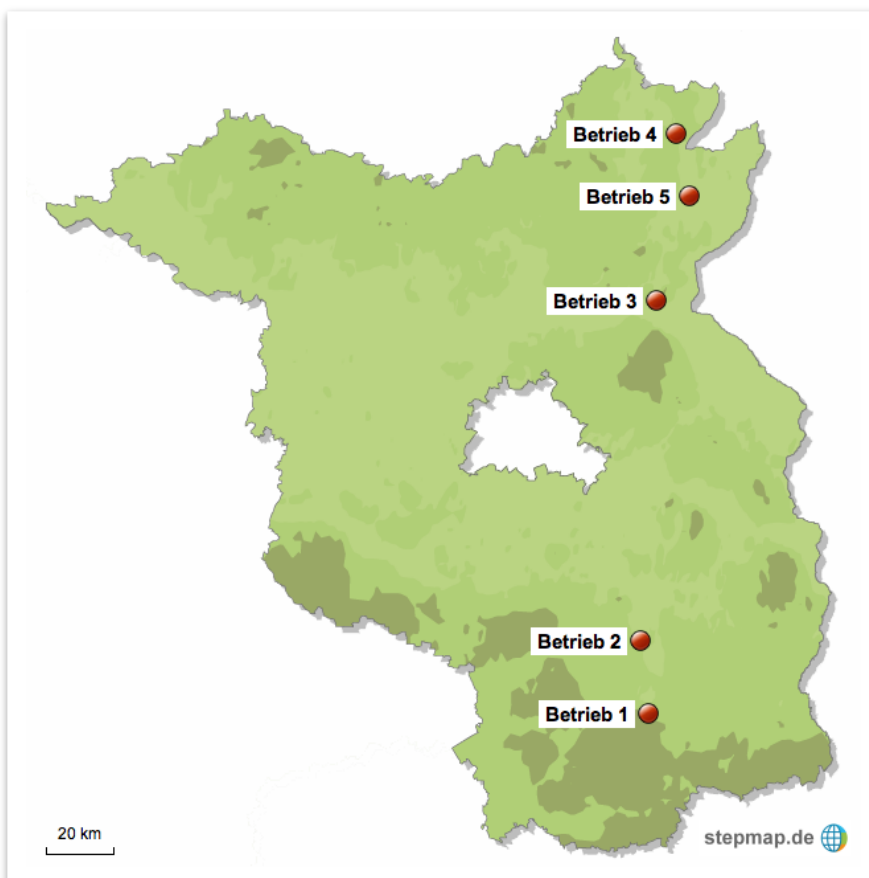


Abbildung 6: Geographische Lage der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe im Land Brandenburg, Übersichtskarte nach stepmap.de

### 3.1.2 Bodenverhältnisse

Die untersuchten Betriebe weisen als Grünlandstandorte vielfach Niedermoorböden und ebenso sandige Flächen auf. Manche Standorte sind als äußerst humos bis anmoorig einzustufen. Die Flächen sind durch einen vorherrschend hohen Grundwasserstand gekennzeichnet. Diese Daten wurden der bodengeologischen Kartierung des Landes Brandenburgs entnommen und können einer zusammenfassenden Tabelle, über die Kennzahlen der Betriebe, im Anhang entnommen werden. Die Gehalte an Phosphor und Kalium wurden in zwei Betrieben durch Bodenproben vor der Datenhebung bestimmt (Tab. 2).

Tabelle 2: Untersuchte Bodenparameter von Grünlandflächen in den Betrieben 1 und 2 im INKA-BB-Teilprojekt 12

<b>Betriebe / Jahr der Beprobung</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
		mg/100g Boden nach DL-Methode	
<b>1 (2008)</b>	5,6 (4,9 - 6,4)	7,3 (3,1 - 13,3)	21,2 (12,0 - 34,0)
<b>2 (2008)</b>	4,9 (4,4 - 5,3)	2,8 (1,3 - 3,6)	9,3 (4,3 - 20,7)

Die Grünlandstandorte der Betriebe 1 und 2 weisen danach Phosphorgehalte zwischen 7,3 und 2,8 und Kaliumgehalte um 21,2 und 9,3 auf. Der Betrieb 1 hat eine ausreichende Versorgung mit Phosphor. Dagegen weist Betrieb 2 einen niedrigen bis sehr niedrigen Versorgungsstand mit Phosphor auf. Nach Tabelle 2 weist der Betrieb 1 bei der Kaliumversorgung eine ausreichende und teilweise hohe Versorgung auf. Bei Betrieb 2 schwanken die Werte von sehr niedrig bis hoch. Der Mittelwert ergibt eine niedrige Versorgung mit Kalium. Aktuelle Angaben zu dem Bodennährstoffgehalt des Grünlandes der anderen drei Betriebe lagen der Autorin nicht vor.

### 3.1.3 Klima und Witterung

Die Witterungsdaten für die einzelnen Betriebe wurden von nahegelegenen Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes erfasst. Für die Jahre 1951-1980 und 1981-2010 werden Temperatur und Niederschlag für die Betriebe dargestellt (Tab. 3).

Tabelle 3: Temperatur- und Niederschlagswerte (°C und mm) ausgewählter Klimastationen des Landes Brandenburgs mit Bezug zu den Untersuchungsbetrieben

<b>Wetterdaten / Betriebe</b>	<b>Betrieb 1</b>	<b>Betrieb 2</b>	<b>Betrieb 3</b>	<b>Betrieb 4</b>	<b>Betrieb 5</b>
<b>Klimastation</b>	Drebkau	Lieberose	Angermünde	Prenzlau	Hohenreinkendorf
<b>Ø Temperatur (1951-1980)</b>	8,7	8,9	8,0	8,0	8,1
<b>Ø Temperatur (1981-2010)</b>	9,5	9,6	8,9	8,9	9,0
<b>Ø Niederschlag (1951-1980)</b>	551,4	554,3	542,3	510,4	506,5
<b>Ø Niederschlag (1981-2010)</b>	594,8	560,2	520,1	514,2	512,3

Die mittleren Jahrestemperaturen für die Jahre 1951-1980 liegen bei 8,4 °C, für die Jahre 1981-2010 bei 9,2 °C (+ 0,8 °C) und damit in einem günstigen Bereich für gutes Wachstum von Grünlandpflanzen.

Die mittleren Niederschläge der untersuchten Betriebe in den Jahren 1951-2010 sind ungleich verteilt. Die Spanne in den Jahren 1981-2010 reicht von 512,3 mm bis zu 594,8 mm Niederschlag im Jahr. In den Jahren 1951-1980 streuen die Niederschläge von 506,5 mm bis 554,3 mm Niederschlag im Jahr. Das Land Brandenburg ist allerdings, im Vergleich mit anderen Bundesländern, eines der niederschlagärmsten Gebiete in Deutschland.

Im Süden (Lausitz und Spreewald) sind die Niederschlagswerte höher als im Vergleich zu den nordöstlichen Landesteilen. Die trockenen Regionen liegen im angrenzenden Bereich um die Hauptstadt Berlin und auch im äußersten Nordosten Brandenburgs, der Uckermark.

In Bezug auf die Klimaerwärmung ist ein Temperaturanstieg zu verzeichnen. „Die mittleren globalen bodennahen Temperaturen haben sich in den vergangenen Jahren um 0,6 °C ± 0,2 °C, in Deutschland sogar um 1 °C erhöht.“ (REINHARDT, 2012)

Wenn man nun die mittleren Temperaturen der Wetterperioden der untersuchten Betriebe vergleicht, erkennt man, dass ein Temperaturanstieg von 0,8 °C im ersten Betrieb, 0,7 °C im zweiten Betrieb und jeweils 0,9 °C in den letzten drei Betrieben festzustellen ist. Diese Daten bestätigen die Aussage von REINHARDT (2012). Bis 2100 soll die Temperatur um weitere 2 °C bis 6,4 °C ansteigen.



In 4 von 5 untersuchten Betrieben haben sich die Niederschläge erhöht. Hier kann man noch keine genaue Aussage bezüglich der Abnahme der Niederschläge infolge der Klimaveränderung machen. Zu sagen ist, dass es zu einer „Verschiebung der Maximalwerte vom Sommer in den Winter“ geben wird (REINHARDT, 2012). Es ist zu erwarten, dass es seltener regnen, aber die Niederschlagsintensität zunehmen wird. Durch die Wetterextreme wird sehr viel Niederschlag auf einmal erwartet. Es kann also möglich sein, dass über das Jahr die mittleren Niederschläge nicht abnehmen, sondern sich die Niederschläge über das Jahr anders verteilen. Gerade im Sommer sollen die Niederschläge um bis zu 40 % geringer ausfallen und in den Wintermonaten um bis zu 30 % zunehmen (REINHARDT, 2012).

Insofern kann es im Frühjahr zu längeren Perioden kommen, wo das Grünland nicht befahrbar / beweidbar sein wird. Andererseits kann es durch mehr Frühjahrsnässe (-kälte) in Einzelfällen gar eine Verzögerung des Vegetationsbeginns und der Grünlandpflegearbeiten geben. Auch wäre dafür Sorge zu tragen, dass die Meliorationsanlagen in Ordnung gehalten werden müssen, sodass mehr Wasser / Feuchte aus der Frühjahrs- in die trockene Sommerperiode „übergeleitet“ werden kann.

Das Jahr 2011 war im Land Brandenburg wettermäßig dadurch gekennzeichnet, dass vielerorts hohe Sommerniederschläge auftraten und das Grünland der Niedermoore nicht befahrbar war und nicht mehr bewirtschaftet werden konnten.

### 3.1.4 Grünlandflächen und Tierbestände

Die Anzahl an Mutterkühen, die Herdenstruktur sowie Kennzahlen der untersuchten Mutterkuhherden sind in Tabelle 4 verzeichnet.

Tabelle 4: Anzahl und Rasse der Rinder, Größe der Fläche (WNE) und Tierbesatz der untersuchten Betriebe im INKA-BB-Teilprojekt 12 nach Betriebsangaben des Jahres 2011

Betrieb	Tierzahl	Rasse	WNE in ha	GV ha <sup>-1</sup>	Weidetage
<b>1</b>	40 MK 35 Kälber 1 Bulle	UCK	40,0	1,6	165
<b>2</b>	95 MK 62 Kälber	FFL	177,4	0,74	206
<b>3</b>	34 MK 27 Kälber 1 Bulle	ANG	32,0	1,36	169
<b>4</b>	42 MK 42 Kälber 1 Bulle	UCK	59,1	1,16	149
<b>5</b>	72 MK 56 Kälber 1 Bulle	UCK	46,7	2,5	159

Die Untersuchungsbetriebe unterscheiden sich hinsichtlich der Größe der Weidenutzungseinheit und der Anzahl der Tiere deutlich. Die den Tieren zur Verfügung stehenden Flächen variieren von 32,0 ha bis 177,4 ha. Auch die Länge der Weideperioden variiert. Sie reicht von 149 Tagen bis hin zu 206 Tagen. Die Großvieheinheiten je Hektar wurden nach Angaben der Untersuchungsbetriebe berechnet. Die GV werden auf WNE bezogen und nicht auf den Gesamtbetrieb, daher ergeben sich höhere GV für die Betriebe 1 und 5, die somit nur scheinbar oberhalb der KULAP-Fördergrenze von 1,4 GV ha<sup>-1</sup> im Land Brandenburg liegen.

## 3.2 Methodik zur Ermittlung von Nährstoffentzug und -zufuhr

### 3.2.1 Nährstoffentzug

#### 3.2.1.1 Ermittlung des Ernteertrages für die Mahd

Zur Ermittlung des Mahd-Ertrags der Grünland-WNE wurden Probe-Mahden an repräsentativen Stellen der Grünlandflächen durchgeführt (siehe Anhang). Diese Probe-Mahden wurden im Labor auf Trockensubstanz, Frischmasse und Nährstoffgehalte untersucht. Die Berechnung der Grünland-Mahd-Erträge in TM dt/ha erfolgt über diese Mess- und Untersuchungswerte.

Formel 1 gibt wieder, wie nach der m<sup>2</sup>-Methode der TM-Ertrag (Mahd) berechnet wird. Aus der Trockensubstanz und dem Frischmasseertrag ergibt sich der TM-Ertrag in dt TM/ha. Dieser ist mit 5 % unvermeidbaren Verlusten belastet.

$$\text{Formel 1: } TM \text{ Ertrag}_{Mahd} = \text{TS Gehalt in \%} * \text{kg} \frac{FM}{m^2} * \text{Faktor } 0,95 = \text{dt TM/ha}$$

Nach der Berechnung der TM-Erträge werden diese mit der Größe der Einzelfläche (Probefläche) multipliziert:

$$\text{Formel 2: } dt \text{ TM} * \text{ha} = \text{dt TM} / \text{ha}$$

Um auf den Mahd-Ertrag für die gesamte Weidenutzungseinheit zu schließen, werden die jeweiligen Aufwucherträge der beprobten Teil-Koppeln der WNE aufsummiert und durch die gesamte zur Verfügung stehende Fläche dividiert:

$$\text{Formel 3: } TM \text{ Mahd Ertrag} = \frac{\Sigma \text{Ertrag}_{Mahd}}{\text{Gesamtfläche in ha}} = \text{dt TM/ha}$$

#### 3.2.1.2 Ermittlung des Ernteertrages für die Weide

In Anlehnung an PRIEBE et al. erfolgt die Berechnung des Weide-Ertrages in TM dt/ha der Weidetiere durch den Weidefuttermverbrauch der Mutterkühe.

Dazu werden zunächst die Großviehvollweidetage (GWT) berechnet, d. h. das Durchschnittsgewicht der Mutterkühe und die Weidetage werden miteinander multipliziert und durch den Wert 500 (= kg LM MK) geteilt (Formel 4). Die Gewichte der Mutterkühe in den untersuchten Betrieben kann dem Anhang 3 entnommen werden.

$$\text{Formel 4: } GWT = \frac{\text{Durchschnittsgewicht in kg} * \text{Weidetage in d}}{500 \text{ kg}}$$

Pro Großviehvollweidetag werden 13 kg Brutto-Trockenmasse als Summe vom Weidefuttermittelverzehr plus Weideverluste unterstellt, die auf der Weide vorhanden sein müssen, um die Tiere ausreichend zu versorgen. Um den Weide-Ertrag zu ermitteln werden die GWT mit der Gesamtanzahl der Rinder auf der Fläche multipliziert und wieder zur Gesamtfläche ins Verhältnis gesetzt. Daraus ergibt sich der Ausdruck der Formel 5.

$$\text{Formel 5: } TM \text{ Ertrag}_{\text{Weide}} = \frac{(GWT * 13 \text{ kg TM}) * \text{Anzahl Tiere}}{\text{Gesamtfläche in ha}} = TM \text{ dt/ha}$$

### 3.2.1.2.1 Kalkulation der spezifischen Nährstoffentzüge für Mahd und Weide

Um die spezifischen Nährstoffentzüge bzw. -entzüge für die einzelnen Nährstoffe N, P und K für die Mahd und die Weide zu kalkulieren, müssen die zuvor berechneten Mahd- bzw. Weide-Erträge mit den entsprechenden Laborwerten (siehe Tab. 5, in Gliederungspunkt 4.1.1) multipliziert werden (Formel 6).

$$\text{Formel 6: } TM \text{ Mahd Ertrag} * \text{Laborwert (Mähfläche spezieller Gehalt an N, P und K)} = \text{Nährstoffentzug Mahd}$$

Die Berechnung für die spezifischen Nährstoffentzüge der Weideflächen erfolgt analog.

### 3.2.1.3 Nährstoffabfluss durch Tierverkäufe (Absetzer)

Die Lebendmasse der Absetzer wird anhand der Wägedaten in den einzelnen Betrieben berechnet. Dazu werden alle Lebendgewichte der Absetzer addiert und pro Hektar ausgewiesen. Die Daten können für die Untersuchungsbetriebe dem Anhang 3 entnommen werden.

Für die Berechnung der dadurch abgeführten Nährstoffe wird unterstellt, dass durch 500 kg Fleisch 12 kg Stickstoff, 3 kg Phosphor und 1 kg Kalium abgeführt bzw. entzogen werden (FECHNER et. al, 1994). Aus dieser Überlegung ergibt sich die Formel 7.

$$\text{Formel 7: } N_{\text{Entzug}} = \frac{\sum \text{Gewicht}_{\text{Absetzer}} * 12 \text{ kg N}}{500 \text{ kg}} = \text{kg N}$$

Dieses Ergebnis wird anschließend ebenso auf die Gesamtfläche bezogen (Formel 8):

$$\text{Formel 8: } N_{\text{Entzug}} = \frac{\text{kg N}}{\text{ha}} = \text{kg N/ha}$$

Die Berechnungen des Phosphor- und Kaliumentzugs mit den verkauften Absetzern erfolgen analog.

### **3.2.2 Nährstoffzufuhr**

#### **3.2.2.1 Nährstoffrückflüsse durch Weideexkrement**

Für die Ermittlung der N-Ausscheidungen von Exkrementen auf der Weide wird eine Schätzgleichung von WEISSBACH (1993) genutzt (Formel 9).

$$\text{Formel 9: } N_{\text{Ausscheidung}} = BS * WT * \left(\frac{A}{T}\right) * F$$

Die Besatzstärke (BS in GV/ha) muss dazu je WNE berechnet werden. Alle Gewichte der Tiere der betrachteten Mutterkuhherden, werden in Großvieheinheiten umgerechnet, aufsummiert und durch die Größe der Weidefläche (WNE) geteilt. Die Weidetage (WT) in Tagen (d) beziehen sich auf die gesamte Zeit, die die Mutterkuhherden im Jahr auf der Weide stehen. Der erste Tag (Auftrieb) und der letzte Tag (Abtrieb) werden als 1 Tag gerechnet. Die Aufenthaltsdauer (A) auf der Weide in Stunden (h) bei der untersuchten (Mäh-) Standweide beträgt stets 24 Stunden (1 Tag, T). Der Faktor (F) für die tägliche N-Ausscheidung in kg N/GV/d ergibt sich aus Rohproteingehalt im verzehrten Weidefutter und der Milchleistung und beträgt nach PICKERT und PRIEBE (2001) 0,25 kg N als Summe für Mutterkuh mit wachsendem Fresser. Die abgegebenen Weideexkreme werden zusätzlich mit 20 % Verlusten belastet, da der aufgenommene Stickstoff durch den Weidefuttermverzehr nicht 1:1 durch den Kot und Harn zurück auf die Fläche gelangt, sondern auch an unbewachsenen Tränke- und Zufutterplätzen abgesetzt wird.

#### **3.2.2.2 Symbiotische Stickstofffixierung**

Nach der Rahmenempfehlung zur Düngung 2000 im Land Brandenburg liefern Leguminosen aus der Stickstofffixierung rund 3-4 kg N je Prozent Ertragsanteil am Grünlandaufwuchs. Die legume N-Bindung kann zwischen 20...50 kg/ha im Jahr betragen (ANONYMUS, 2000).

Eine Bonitur der Einzelflächen auf die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände für jeden Betrieb gibt Auskunft über die jeweiligen Leguminosen-Anteile in Grünlandpflanzenbeständen. Für alle WNE-Teilflächen der untersuchten Betriebe wurde im Jahr 2011 eine Bonitur durchgeführt. Die ermittelten Ertragsanteile werden zu einem Mittelwert zusammengefasst und mit dem Faktor 3 kg N je Prozent Ertragsanteil Leguminosen multipliziert. Die Ertragsanteile der Leguminosen auf den bonitierten Flächen können in der Tabelle 8 (in Gliederungspunkt 4.2.2) eingesehen werden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Nährstoffentzüge aus den Weidenutzungseinheiten

#### 4.1.1 TM-Erträge der Mahd und Weide sowie deren Nährstoffentzüge

Um spezielle Nährstoffentzüge der Mahd und Weide zu erläutern, müssen die spezifischen Nährstoffgehalte an N, P und K in den Grünlandproben (Labormesswerte 2011) betrachtet werden (Tab 5).

Tabelle 5: Labormesswerte von N, P und K in den Grünlandproben der Mäh- und Weideflächen der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe, 2011

		N	K	P
		g/kg TS		
<b>Betrieb 1</b>	Mähfläche (n=2)	15,9	18,8	2,7
	Weidefläche (n=2)	32,2	33,9	3,9
<b>Betrieb 2</b>	Mähfläche (n=5)	19,6	12,7	2,5
	Weidefläche (n=1)	26,9	25,1	2,9
<b>Betrieb 3</b>	Mähfläche (n=2)	18,9	11,9	1,8
	Weidefläche (n=1)	21,6	19,5	1,7
<b>Betrieb 4</b>	Mähfläche (n=4)	19,3	10,5	2,9
	Weidefläche (n=1)	15,1	15,4	2,4
<b>Betrieb 5</b>	Mähfläche (n=2)	17,2	18,9	2,4
	Weidefläche (n=2)	21,7	19,3	2,5
<b>Mittelwert</b>	Mähflächen	18,2	14,6	2,5
	Weideflächen	23,5	22,6	2,9

Bei Stickstoff ergibt das Mittel auf den Mähflächen 18,2 g/kg TS. Der höchste Anteil an Stickstoff auf den Mähflächen wurde in Betrieb 2 ermittelt und liegt bei 19,6 g/kg TS. Im Gegensatz dazu wurde der geringste Wert in Betrieb 1 mit 15,9 g/kg TS gemessen. Bei Kalium schwanken die Werte auf den Mähflächen zwischen 10,5 g/kg TS (Betrieb 4) und 18,9 g/kg TS (Betrieb 5). Der Mittelwert liegt hier bei 14,6 g/kg TS. Phosphor liegt zwischen 1,8 g/kg TS in Betrieb 3 und 2,9 g/kg TS in Betrieb 4, mit einem Mittel von 2,5 g/kg TS.

Die Labormesswerte der Pflanzeninhaltsstoffproben von den Weideflächen unterscheiden sich teilweise recht deutlich. Alle Weideflächen ergeben bei Stickstoff ein Mittel von 23,5 g/kg TS, wobei der höchste Wert bei 32,2 g/kg TS (Betrieb 1) und der niedrigste Wert bei 15,1 g/kg TS (Betrieb 4) liegt. Diese beiden Betriebe unterscheiden sich um genau 50 % im

Stickstoffgehalt der Weideaufwüchse. Auch bei Kalium wurde der höchste Gehalt in Betrieb 1 mit 33,9 g/kg TS gemessen. Das Mittel liegt bei 22,6 g/kg TS. Der geringste Wert wurde wieder in Betrieb 4 gemessen und liegt bei der Hälfte des Kaliumgehaltes von Betrieb 1 mit 15,4 g/kg TS. Das Mittel des Phosphorgehaltes ist 2,9 g/kg TS. Phosphor liegt zwischen 1,7 g/kg TS in Betrieb 3 und 3,9 g/kg TS in Betrieb 1.

Die Erhebungen zu den TM-Erträgen der Mähteilflächen der WNE zeigen, dass der Betrieb 5 den höchsten Mahdertrag mit 22,8 dt TM/ha hat und Betrieb 1 hingegen mit 5,4 dt TM/ha den niedrigsten Mähteilflächen-Ertrag aufweist (Tab. 6). Betrieb 2 und 4 weisen in etwa gleiche Mahderträge von 13 dt TM/ha auf. Betrieb 3 hat einen Mahdertrag von 16,1 dt TM/ha. Im Mittel wird ein Mahdertrag von 14,3 dt TM/ha erreicht.

Tabelle 6: Mahd-, Weide- und WNE-Erträge sowie ihre spezifischen Nährstoffentzüge

<b>Parameter / Betriebe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>
<b>Ertrag Mahd [dt TM/ha]</b>	<b>5,4</b>	<b>13,9</b>	<b>16,1</b>	<b>13,4</b>	<b>22,8</b>	<b>14,3</b>
N-Entzug (Mahd) [kg N/ha]	8,5	27,3	30,4	25,9	39,2	26,3
P-Entzug (Mahd) [kg P/ha]	1,5	3,5	2,9	3,9	5,4	3,4
K-Entzug (Mahd) [kg K/ha]	10,1	17,1	19,2	14,1	43,1	20,7
<b>Ertrag Weide [dt TM/ha]</b>	<b>35,1</b>	<b>20,6</b>	<b>32,2</b>	<b>19,9</b>	<b>45,9</b>	<b>30,7</b>
N-Entzug (Weide) [kg N/ha]	113,0	55,4	70	30	99,5	73,6
P-Entzug (Weide) [kg P/ha]	13,6	5,9	5,5	4,8	11,5	8,3
K-Entzug (Weide) [kg K/ha]	118,9	51,7	62,8	30,6	88,1	70,4
<b>WNE-Ertrag [dt TM/ha]</b>	<b>40,5</b>	<b>34,52</b>	<b>48,3</b>	<b>33,3</b>	<b>68,7</b>	<b>45,1</b>
N-Entzug [kg N/ha]	121,5	82,7	100,4	55,9	138,7	99,8
P-Entzug [kg P/ha]	15,1	9,4	8,4	8,7	16,9	11,7
K-Entzug [kg K/ha]	129	69,4	82	44,7	131,2	91,3

Die Nährstoffentzüge der Mahd berechnen sich nach Formel 6, indem die berechneten Erträge mit den spezifischen Nährstoffgehalten der Grünlandproben (Laborwerte) multipliziert werden. Da die Erträge der beprobten Teil-Koppeln der WNE auf die Gesamtfläche der WNE umrechnen muss (siehe Formel 3), erkennt man deutliche Unterschiede in den Nährstoffentzügen.

Die Weideerträge (siehe Tab. 6) ergeben sich aus dem Weidefuttermittelverbrauch der Weidetiere und den Futtermittelverlusten. Für die Nährstoffentzüge der Weide werden wie bei der Mahd



ebenfalls Labormesswerte zur Berechnung herangezogen und die Gesamtfläche der WNE mit berücksichtigt.

Betrieb 5 hat auch beim Weidertrag den besten Ertrag mit 45,9 dt TM/ha. Mit 19,9 dt TM/ha hat Betrieb 4 den niedrigsten Weideertrag, dicht gefolgt von Betrieb 2 mit 20,6 dt TM/ha. Im mittleren Feld mit den Erträgen liegen Betrieb 1 und Betrieb 3 mit jeweils 35,1 dt TM/ha und 32,2 dt TM/ha.

Die WNE-TM-Erträge (Mahd plus Weide) pro Hektar ergeben im Mittel 45,1 dt TM/ha. Den höchsten WNE-Ertrag zeigt Betrieb 5, den niedrigsten Ertrag Betrieb 4. Auch Betrieb 2 weist nur einen sehr geringen WNE-Ertrag auf. Der Betrieb 1 und der Betrieb 3 liegen mit den WNE-Erträgen von 40,5 und 48,3 dt TM/ha im Mittel.

#### 4.1.2 Nährstoffentzüge durch Absetzerverkäufe

Während der Weideperiode wurden in den Betrieben unterschiedlich viele Kälber geboren. Dadurch ergeben sich in allen Betrieben unterschiedliche Gesamtgewichte der Absetzer. In Tabelle 7 sind die Verkaufsgewichte der Kälber dargestellt und die damit verbundenen Nährstoffentzüge.

Tabelle 7: Gesamtgewicht aller Kälber und Flächengröße der Betriebe sowie spezifische Nährstoffentzüge über den Absetzerverkauf

<b>Parameter / Betriebe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>
<b>Summe Gewicht</b>	<b>10115,5</b>	<b>11856,0</b>	<b>4397,5</b>	<b>9301,5</b>	<b>13203,5</b>	<b>9774,8</b>
<b>Kälber [kg]</b>						
<b>Fläche in ha</b>	<b>40</b>	<b>177,4</b>	<b>32</b>	<b>59,1</b>	<b>46,7</b>	<b>71,0</b>
Nährstoffentzug N [kg N/ha]	6,1	1,6	3,3	3,8	6,8	4,3
Nährstoffentzug P [kg P/ha]	1,5	0,4	0,8	0,9	1,7	1,1
Nährstoffentzug K [kg K/ha]	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	0,4

In Betrieb 1 waren es 35 Kälber mit 10115,5 kg Gesamtlebendmasse der Rasse Uckermärker. In Betrieb 4 waren es 42 Kälber mit 9301,5 kg Gesamtlebendmasse und in Betrieb 5 waren es 56 Kälber mit 4397,5 kg der Rasse Uckermärker. In Betrieb 2 waren es 62 Kälber mit einem Gesamtgewicht von 11856,5 kg der Rasse Fleckvieh und in Betrieb 3 waren es 27 Kälber mit 4397,5 kg Gesamtlebendmasse der Rasse Deutsch Angus.

Die Nährstoffentzüge an N, P und K werden durch das Gesamtgewicht der Absetzer sowie durch die gesamte Größe der WNE bestimmt (siehe Formel 7 und 8). Die unterschiedlichen Größen der WNE in den einzelnen Betrieben und die unterschiedliche Lebendmasse der Absetzer führen zu unterschiedlichen Nährstoffentzügen. Vergleichbare Absetzergewichte, wie in den Betrieben 1 (1011,5 kg) und 2 (11856,0 kg), zeigen hinsichtlich des Stickstoffentzugs deutliche Unterschiede. Dies liegt vor allem an der zur Verfügung stehenden Fläche.

## 4.2 Nährstoffzufuhr in die Weidenutzungseinheiten

### 4.2.1 Nährstoffrückflüsse durch Weideexkremate

Der mit den tierischen Exkrementen ausgeschiedene Stickstoff ist die bestimmende Größe der Stickstoffzufuhr auf den betrachteten extensiven Grünlandstandorten mit Mutterkuhhaltung. Die folgende Abbildung 7 gibt den Stickstoffrückfluss durch Weideexkremate in den Untersuchungsbetrieben wieder.

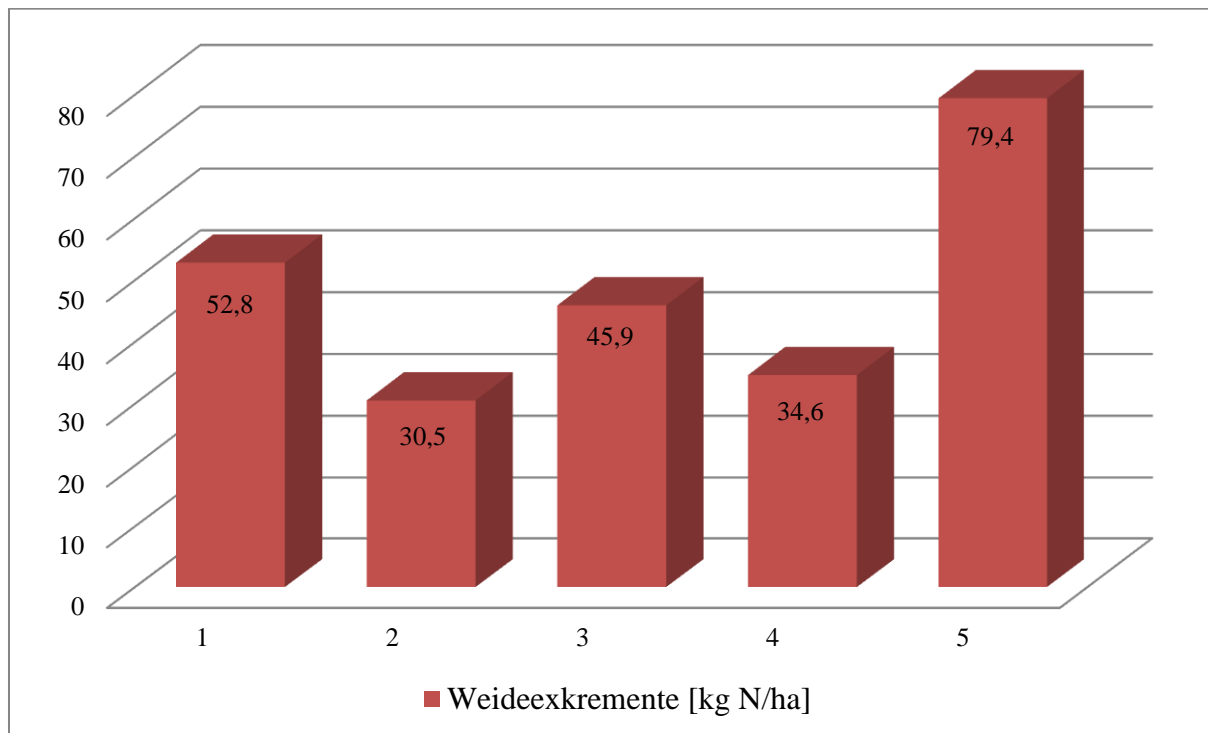


Abbildung 7: Kalkulierter Stickstoffrückfluss durch Weideexkremate von den Mutterkühen in den untersuchten Landwirtschaftsbetrieben

Der ermittelte Stickstoffwert liegt, bezogen auf die Größe der genutzten Fläche in den Untersuchungsbetrieben und bezogen auf 1,5 GV/ha als Mittel der GV in den Betrieben, im Mittel bei 48,6 kg N/ha.

Der ausgeschiedene Stickstoff erhöht sich mit dem Tierbesatz pro Fläche. In Betrieb 5, wo mit 2,5 GV/ha den höchsten Tierbesatz vorliegt, liegt der höchste Exkrement-Stickstoffrückfluss vor. Dieser beträgt 79,4 kg N/ha. Dem gegenüber steht der Betrieb 2 mit 0,74 GV/ha und einem Stickstoffrückfluss von 30,5 kg N/ha.

Untersuchungsbetrieb 1 weist einen Tierbesatz von 1,6 GV/ha auf und hat einen „Rückfluss-Stickstoffwert“ von 52,8 kg N/ha. Der Tierbesatz von 1,36 GV/ha in Betrieb 3 liefert einen Stickstoffrückfluss von 45,9 kg N/ha und Betrieb 4, mit 1,16 GV/ha, einen Rückfluss von 34,6 kg N/ha.

#### 4.2.2 Symbiotische Stickstofffixierung

Die botanische Zusammensetzung der Grünlandflächen wurde durch eine Bonitur der Flächen zu einem bestimmten Zeitpunkt im Jahr 2011 vorgenommen. Über die Zusammensetzung der Leguminosen-Arten und ihrer Ertragsanteile in den untersuchten Betrieben informiert Tabelle 8.

Tabelle 8: Leguminosenertragsanteile der Grünlandpflanzenbestände und deren Zusammensetzung in den Untersuchungsbetrieben im Jahr 2011

<b>Anteil Leguminosen-Arten [%]</b>	<b>Betrieb 1</b>	<b>Betrieb 2</b>	<b>Betrieb 3</b>	<b>Betrieb 4</b>	<b>Betrieb 5</b>
<b>Weißklee</b>	6,2	3,4	0,2	0,03	0,4
<b>Luzerne</b>	0,2	-	-	-	-
<b>Wiesenplatterbse</b>	-	0,2	0,1	-	0,02
<b>Gelbklee</b>	0,2	-	-	-	-
<b>Erdbeerklee</b>	-	-	0,1	-	-
<b>Wicken-Spezies</b>	-	-	0,2	-	-
<b>Wiesenrotklee</b>	-	-	0,1	-	-
<b>Leguminosen gesamt</b>	6,6	3,5	0,7	0,03	0,42

In den fünf Betrieben wurden in den Grünlandpflanzenbeständen Weißklee, Luzerne, Wiesenplatterbse, Wicken, Erdbeerklee sowie Rotklee gefunden. Die Ertragsanteile des Weißkleees waren nur in Betrieb 1 und 2 mit 6,2 bzw. 3,4 % nennenswert. Dort, wo der Weißkleeanteil abnimmt, nimmt auch der prozentuale Anteil der Leguminosen ab. Der Betrieb 3 hat zwar eine abwechslungsreiche Zusammensetzung der Leguminosen, doch wird er nur in sehr geringen Anteilen an der Gesamtzusammensetzung der Pflanzenarten auf den Flächen wirksam. Mit 0,7 % Leguminosenanteil liegt Betrieb 3 im mittleren Feld. Der Betrieb 4 dagegen hat den geringsten Anteil und dabei auch nur vereinzelt Weißklee auf seinen Mähweideflächen. Auch der Betrieb 5 hat mit 0,42 % einen sehr geringen Ertragsanteil an Leguminosen in der untersuchten Weidenutzungseinheit.

Je Prozent Leguminosen-Ertragsanteile auf den untersuchten Flächen werden 3 kg N/ha aus der Stickstofffixierung geliefert. Daraus resultieren folgende Leistungen der Grünland-Leguminosen in den WNE der untersuchten Betriebe (Abb. 6).

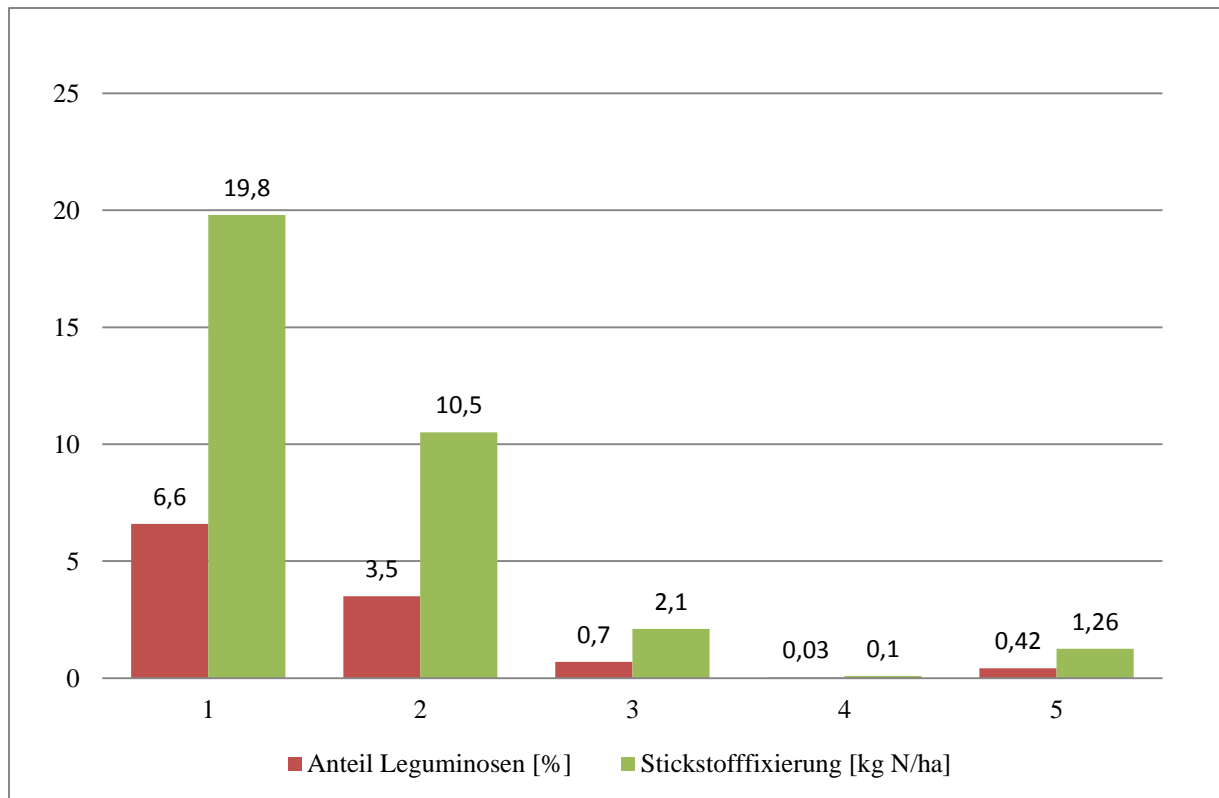


Abbildung 8: Kalkulierte Stickstofffixierung der Leguminosen in Abhängigkeit von ihren Ertragsanteilen in den untersuchten Landwirtschaftsbetrieben, Ergebnisse des Jahres 2011

Diese Stickstoffwerte gehen dann für jeden Betrieb in die WNE-Stickstoffbilanz mit ein bzw. werden hier berücksichtigt.

### 4.3 Stickstoffbilanzen der untersuchten Weidenutzungseinheiten

Zur WNE-Bilanzierung werden sowohl Betriebsdaten als auch aus der Literatur abgeleitete Werte für die Berechnungen genutzt. Die Mineralisationsrate des Bodenstickstoffs ist von der Bodentemperatur und Bodenfeuchte sowie vom Gehalt an organischer Substanz abhängig. Dazu sind die standörtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

In Betrieb 1 findet man schwach- bis mittellehmige Grünlandstandorte, wodurch es zu einer sehr geringen Stickstoff-Mineralisation kommt (Tab. 9). Betrieb 2 hat zwar ebenfalls einen hohen Grundwasserstand, allerdings handelt es sich hierbei um stauende Nässe. Dadurch kommt es nur selten zu einer Durchlüftung des Bodens und somit zu einer geringeren Mineralisation (Tab. 9).

Die Grünlandflächen in den Betrieben 3, 4 und 5 sind durch einen vorherrschend hohen Grundwasserstand geprägt und bei allen Böden handelt es sich um Niedermoorböden. Im Sommer kommt es bei niedrigem Wasserspiegel (< 60 cm unter Flur) und guter Durchlüftung

zu einer Zersetzung und Humifizierung der Bodensubstanz. Daher werden hier die höchsten N-Mineralisationsraten in den betreffenden Untersuchungsbetrieben auftreten (Tab. 9).

Da es nur vereinzelt genaue Angaben von Wetterstationen zu Stickstoffdepositionen im Land Brandenburg gibt, wird das Mittel der Literaturwerte der Stickstoffdepositionen mit 20 kg N/ha für die WNE-Bilanzierungen aller Untersuchungsbetriebe genutzt.

Tabelle 9: Kalkulierte Stickstoffbilanzen der Weidenutzungseinheiten der untersuchten Landwirtschaftsbetriebe in kg N/ha

<b>Parameter</b>	<b>Betrieb 1</b>	<b>Betrieb 2</b>	<b>Betrieb 3</b>	<b>Betrieb 4</b>	<b>Betrieb 5</b>
<b>Nährstoff- Zufuhr</b>					
N-Deposition	20	20	20	20	20
Mineralisierung	35	60	80	80	80
N-Fixierung	19,8	10,5	2,1	0,1	1,26
N-Exkrement- Rückfluss	52,8	30,5	45,9	34,6	79,44
<b>Summe</b>	<b>127,6</b>	<b>121</b>	<b>146</b>	<b>134,7</b>	<b>180,7</b>
<b>Nährstoff- Abfuhr</b>					
WNE-Ertrag	121,5	82,7	100,4	55,9	138,7
Absetzer	6,1	1,6	3,3	3,8	6,8
<b>Summe</b>	<b>127,6</b>	<b>84,3</b>	<b>103,7</b>	<b>59,7</b>	<b>145,5</b>
<b>Nährstoffsaldo</b>	<b>0,0</b>	<b>36,7</b>	<b>44,3</b>	<b>75,0</b>	<b>35,2</b>

Die kalkulierten Stickstoffbilanzen für die Untersuchungsbetriebe zeigen sehr differenzierte Ergebnisse. Die Nährstoffsalden für Stickstoff schwanken zwischen 0,0 kg N/ha in Betrieb 1 und 75 kg N/ha in Betrieb 4. Im Mittel ergibt sich für die fünf Untersuchungsbetriebe ein Nährstoffsaldo von Stickstoff von 38,2 kg N/ha.

## **5. Diskussion**

### **5.1 Sicherheit und Qualität der Bilanzdatengrundlage**

Bei den hier kalkulierten Nährstoffbilanzen handelt es sich um erste Bilanzierungsmöglichkeiten für Stickstoff auf extensiven Grünlandstandorten mit Mutterkuhhaltung. Diese wurden auf erhobene Datengrundlagen aus der Praxis bezogen. Die Datengrundlage dieser Arbeit war sehr umfangreich, was zu einer eventuellen Ungenauigkeit der Ergebnisse geführt haben könnte.

Auch die Ausgangsbedingungen für die Kalkulation waren in den fünf untersuchten Betrieben nicht einheitlich. Hinsichtlich der Größe der untersuchten Flächen in den Betrieben und des Tierbestandes ist kein Versuchsaufbau durchgeführt worden, was eine Vergleichbarkeit der einzelnen Betriebe erschwert. Die Entnahme der Grünlandproben erfolgte auf ausgewählten Flächen, da sich zum Zeitpunkt der Bonitur die MK-Herden auf Weideflächen befanden. Somit wurden teilweise sehr kleine ausgewählte Flächen bonitiert, die Weide- bzw. Mahderträge aber auf die Gesamtfläche der WNE umgerechnet. Dies führt zu einer Verringerung der WNE-Erträge (siehe Anhang 2) und zu einer eventuellen Abweichung in den spezifischen Nährstoffentzügen.

Die ermittelten Stickstoffbilanzierungen ergeben im Mittel aller Betriebe 38,2 kg N/ha. Die Salden schwanken zwischen 0,0 kg N/ha in Betrieb 1 und 75 kg N/ha in Betrieb 4. Der Betrieb 2 weist einen Saldo von 36,7 kg N/ha und der Betrieb 3 einen Saldo von 44,3 kg N/ha auf. Der Betrieb 5 zeigt einen Überschuss an Stickstoff von 35,2 kg N/ha auf.

Man sollte die Salden vorläufig betrachten, da sich innerhalb des Systems „Mähstandweide“ Verschiebungen ergeben und kalkulierte Überschüsse geringer ausfallen können. Absolute Weide-Nährstoff-Abfuhr gibt es in diesem Sinne nicht, denn der mit dem Weidefutter aufgenommene Stickstoff wird über die Exkreme zurück auf die Weide gebracht. Wenn man also die kalkulierten WNE-Bilanzierungen unter dem Aspekt betrachtet, dass die MK sich fortwährend auf der Fläche befinden, muss der N-Exkrementrückfluss und der N-Weideentzug miteinander verrechnet werden. Über diese „Stellschraube“ können die Stickstoffsalden verringert werden. Der Mahd-Ertrag hingegen kann als echter Entzug angesehen werden, da die Nährstoffe in der Mahd das WNE-System vollständig verlassen.

Betrachtet man die Ergebnisse zu dem kalkulierten Stickstoffrückfluss durch Weideexkreme von den MUK auf die Flächen, kann eine gewisse Übereinstimmung zu den Angaben von EBEL (2002) und LELLMANN (2005) festgestellt werden. Der

ausgeschiedene Stickstoff erhöht sich mit dem Tierbesatz pro Fläche, was auch schon EBEL (2002) beschrieben hat. Im Mittel liegt der kalkulierte Stickstoffrückfluss bei 48,6 kg N/ha und somit im Rahmen der angegebenen Literaturwerte. Durch die Schätzgleichung nach WEISSBACH (1993) können demnach genaue N-Ausscheidungen errechnet werden.

Auch bei der symbiontischen Stickstofffixierung der Leguminosen kann es zu Abweichungen kommen. Nach ROSCHKE, et al. (2000) liefern Leguminosen aus der Stickstofffixierung rund 3 - 4 kg N je Prozent Ertragsanteil am Grünlandaufwuchs. Die legume N-Bindung kann somit zwischen 20...50 kg/ha im Jahr betragen. Nur der Betrieb 1 kommt mit 19,8 kg N/ha annähernd an diesen Literaturwert von 20 kg N/ha. Die anderen Betriebe weisen noch geringere Stickstofffixierungen auf.

Die Bonitur der Pflanzenbestände erfolgte zu einem bestimmten Zeitpunkt und nicht über einen längeren Zeitraum. Somit werden keine Schwankungen erfasst. Regelmäßige Bonituren in jedem Jahr würden eventuell Sicherheit in der Leguminosenzusammensetzung garantieren und die daraus resultierende Stickstofffixierung gegebenenfalls erhöhen oder noch weiter verringern. Die sehr niedrigen Leguminosen-Anteile in den Grünlandpflanzenbeständen der Betriebe (siehe Tabelle 8) sind folglich nach Aussage von GIEBELHAUSEN et al. (1999) mit auf Kalium- und Phosphormangel im Boden, der auf Sand- und Niedermoorböden bei unterlassener PK-Düngung eintritt, zurückzuführen. Betrachtet man die in der Tabelle 2 untersuchten Bodenparameter der Betriebe 1 und 2 ist ein deutlicher Phosphormangel zu erkennen. Die Versorgung der Grünlandbestände an Kalium ist deutlich besser. Die untersuchten pH-Werte der beiden Betriebe liegen bei 5,6 für den Betrieb 1 und bei 4,9 für den Betrieb 2.

Inwiefern eine PK-Düngung und eine Kalkung die Anteile von wertvollen Leguminosen auf den untersuchten Grünlandstandorten erhöhen würde, müsste in weiteren Versuchen geprüft werden. Für Weißklee beispielsweise sind pH-Werte um 5,5 optimal. Dies spiegelt sich auch an den höheren Weißkleeertragsanteilen im Betrieb 1 wieder (siehe Tabelle 8). Jedoch kommt Weißklee auch auf saureren Böden vor, aber dann mit eingeschränkter N-Fixierungsleistung.

Zu den genannten Kritikpunkten kommt, dass die aus der Literatur abgeleiteten Werte für die Deposition und Stickstoffmineralisation nicht standortspezifisch sind und Abweichungen enthalten können.

Die in der Literatur angesprochenen Stickstoff-Depositionen sind sehr variabel. Ein Mittelwert dieser Daten kann als eine Annäherung, an eventuelle Stickstoffeinträge über die



Niederschläge, angesehen werden. Es ist kein absoluter Wert für die untersuchten Landwirtschaftsbetriebe in den verschiedenen Regionen Brandenburgs. Dies soll bedeuten, dass Nährstoffdepositionen ebenso geringer, als auch höher sein könnten. Mit einer Verminderung dieses Wertes, würde auch ein verringerter Stickstoffsaldo einhergehen.

Ein weiterer Punkt ist, dass jeder Boden eine standortspezifische Nettomineralisation besitzt. Dies bedeutet, dass der im Boden festgelegte Stickstoff durch die Mineralisation wieder pflanzenverfügbar wird. Die Nettomineralisation liegt zwischen 20...80 kg N/ha/a. Diese Mineralisation kann auf allen Böden schwanken, da sie humusabhängig ist. Ebenfalls ist die Nettomineralisation klimaabhängig und dadurch nicht beeinflussbar. Durch Unwetter, starke Trockenheit und hohe Temperaturen kann die Mineralisationsrate in verschiedenen Jahren schwanken. Somit könnte in den Betrieben 3, 4 und 5 durchaus weniger kg N/ha/a veranschlagt werden. Wenn man die Nettomineralisation in diesen Betrieben verringert, ergeben sich daraus andere Stickstoffsalden.

## **5.2 Auswirkung des Klimawandels auf Stickstoffbilanzen**

In Hinsicht auf den Klimawandel haben starke, sandige Böden in Zukunft mit einer Verschlechterung der Stickstoffversorgung zu rechnen. Durch den Wassermangel und die Temperaturerhöhung im Sommer nimmt die mikrobielle Stickstoffmineralisation ab, auch Leguminosen gehen zurück, welche sonst die entsprechenden Luftstickstoffmengen fixieren. Die milden Winter mit hohen Niederschlägen können darüber hinaus zu Nitrat-Auswaschungen führen. Bezogen auf die Betriebe könnte es in Betrieb 1 insgesamt zu einem Rückgang der Stickstoffnachlieferungsrate in das System WNE-Mutterkuhweide kommen, da es sich hierbei um schwach- bis mittellehmige Sandstandorte handelt. In den anderen Betrieben sind die Grünlandstandorte Niedermoorböden, welche einen hohen Humusgehalt haben und dadurch einen Stickstoffpuffer darstellen.

## **6. Zusammenfassung**

Fragestellung dieser Arbeit ist es, wie hoch Nährstoffsalden in 5 untersuchten Landwirtschaftsbetrieben im Land Brandenburg sind. Dieser Arbeit liegen Datengrundlagen aus Untersuchungen des INKA-BB-Teilprojekts 12, aus dem Jahre 2011, zu Grunde.

Die Bilanzen für Stickstoff wurden eigenhändig erstellt und ausgewertet. Es wurden 2 Betriebe im Landkreis Uckermark, 2 Betriebe der Region Lausitz-Spreewald und ein Betrieb der Region Barnim ausgewertet. Nährstoffbilanzen sind für die meisten landwirtschaftlichen Betriebe Pflicht. Sie dienen der Kontrolle von Zufuhren und Abfuhren der Nährstoff in das landwirtschaftliche System. Die genannten Betriebe sind Betriebe mit extensiver Grünlandbewirtschaftung mit Mutterkuhhaltung und somit nach der „Umsetzung der novellierten Düngeverordnung für das Land Brandenburg“ und DüV von einer Stickstoff-Bilanz ausgenommen, da die Flächen ausschließlich für die Weidehaltung genutzt werden und keine zusätzliche Stickstoffdüngung erfolgt. Dennoch legt diese Arbeit erste Ansätze einer Stickstoffbilanz dar, die Anhand entwickelter Kalkulationsansätze durchgeführt wurden.

Laut DüV dürfen Nährstoffsalden für Stickstoff nicht über 60 kg N/ha liegen. Darüber liegende Werte entsprechen nicht dem Prinzip der „guten fachlichen Praxis“. Die Betriebe erreichten für Stickstoff einen mittleren Überhang von 38,2 kg N/ha. 4 von 5 Betrieben liegen unter diesen 60 kg N/ha, was ein gutes Ergebnis aufweist. Nur ein Betrieb liegt mit 75 kg N/ha darüber.

Allerdings zeigt sich, dass die Dynamik von Stickstoff sehr variabel ist und Schwankungen unterworfen ist. Kalkulierte Ansätze können u.U. durch gewisse „Stellschrauben“ herunterreguliert werden, was die Nährstoffsalden geringer ausfallen lassen würde.

## 7. Literaturverzeichnis

ALSING, INGRID et al. (2002): Lexikon Landwirtschaft, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer

ANONYMUS et al. (2002): Staubniederschlag und Niederschlagsdeposition im Land Brandenburg, Studien und Tagungsberichte, Schriftenreihe des Landesumweltamtes Brandenburg, Band 36, S. 53

BAUER und GRABNER (2012): Mutterkuhhaltung, 3. überarbeitete Auflage, Stocker Leopold Verlag

BAUMGÄRTEL, et al. (2007): VDLUFA-Standpunkt, Nährstoffbilanzierung im landwirtschaftlichen Betrieb

DüMV- Düngemittelverordnung (2008)

DüngMG- Düngemittelgesetz (1977)

DüV- Düngeverordnung (2006)

EBEL, GUNTER (2002): Einfluss des Tierverhaltens auf die Exkrementstellenverteilung, den Exkrementstickstoffrückfluss und die Mengen an mineralischem Bodenstickstoff auf Mähstandweiden mit Mutterkühen, Mensch- und Buch- Verlag

GÄTH, STEFAN (1996): Methoden der Nährstoffbilanzierung und ihre Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Fachtagung am 11. Und 12. Juli 1996 in Wittenberg. Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen

GIEBELHAUSEN, et al. (1999): Verband zu Förderung extensiver Grünlandwirtschaft e.V., Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Mähstandweidesystemen mit Mutterkühen

GIEBELHAUSEN, HERMANN (Wintersemester 2011/2012): Vorlesungsskript Grünland- und Futterbau

KIRCHGEßNER, et al. (2011): Tierernährung, Dlg-Verlag ; Auflage: 13., neu bearbeitete Auflage

KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden – Eine Grünlandlehre. 4. neubearbeitete Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

KULAP Förderprogramm (2000): Förderung extensive Grünlandnutzung (Stand: 15.09.2012)  
<http://www.mil.brandenburg.de/sixcms/detail.php/bb1.c.213922.de>

LELLMANN, A., KÜHBAUCH, W. UND SCHELLBERG, J. (2005): Untersuchungen zum Nährstoffkreislauf, zur Leistung des Grünlands und der Rinder bei Nährstoff-extensiver Mutterkuhhaltung und ausschließlicher Grünlandnutzung im Mittelgebirge. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr.136

LELLMANN, A., SCHELLBERG, J. UND KÜHBAUCH, W. (2005): Kreislauf und Nutzungseffizienz der Nährstoffe im Mutterkuhbetrieb, in Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 49. Jahrestagung, S. 30-34

LÜTKE ENTRUP, N., & OEHMICHEN, J. (2006): Lehrbuch des Pflanzenbaus- Band 1: Grundlagen, Verlag AGROCONCEPT

REINHARDT, JULIA (2012): Neue Landwirtschaft, 9. Ausgabe, Artikel: „Wird das Wetter immer extremer?“, S. 20-23

ROSCHKE, et al. (2000): Rahmenempfehlung zur Düngung 2000 im Land Brandenburg, Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg

RUTTIG, STEFANIE (2007): Nährstoffbilanzen, Nährstoffflüsse und Nährstoffeffizienz eines biologisch bewirtschafteten Betriebes im alpinen Grünland. Universität für Bodenkultur Wien

SCHEFFEER/SCHACHTSCHABEL (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, Heidelberg Spektrum Akademischer Verlag

SCHELLER, PETER (2008): Untersuchungen zum Stickstoff-Überschuss und den Möglichkeiten seiner Verminderung in Futterbaubetrieben mit hohem Grünlandanteil auf Niedermoor. Justus-Liebig-Universität Gießen

SCHILLING (2000): Pflanzenernährung und Düngung, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer

TERÖRDE; HILDEGARD (1997): Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkuhherden auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg- Vorpommern. Freie Universität Berlin

VON WULFFEN et al. (2007): Umsetzung der novellierten Düngeverordnung für das Land Brandenburg, LVLf- Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung

Für die Auswertung der Standortverhältnisse (BÜK – 200 – Daten):

(1) Bodenarten:

<http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Bodenuuebersichtskarte.htm>  
↓

(2) Oberboden:

[http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Bodenarten\\_Oberboden.html](http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Bodenarten_Oberboden.html)

(3) Vernässung:

<http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Vernaessungsverhaeltnisse.html>

(4) Bodenzahlen:

[http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Landwirtschaftliches\\_Ertragspotenzial.html](http://www.geo.brandenburg.de/mapbender/metadata/Landwirtschaftliches_Ertragspotenzial.html)