

INKA BB Teilprojekt 9

Anpassung gärtnerischer Kulturen an den Klimawandel

Das Teilprojekt 9 des Innovationsnetzwerkes beschäftigte sich mit Anpassungsstrategien für den Gartenbau an Klimawandeleffekte in der Region. Untersucht werden in diesem Zusammenhang exemplarisch Arten- und Sortenstrategien (AP1), Änderungen in der Produktqualität unter Trockenstress (AP2) und Bewässerungsstrategien (AP3) in den gärtnerischen Produktionsbereichen Gemüsebau und Baumschulwesen.

Hier werden die Ergebnisse des Arbeitspakets 1: Erarbeitung von praxiserprobten Verfahren und Kriterien für die Auswahl und Bewertung von Allee- und Obstgehölzen hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit an prognostizierte Klimaveränderungen gezeigt und Empfehlungen für künftige Stadtbaumwahl ausgesprochen.

Ergebnisse (AP 1):

Vegetationslängen 2011 bis 2014

Der Wechsel zwischen Vegetations- und Ruheperiode ist maßgeblich durch die jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen sowie die jahreszeitlich schwankenden, für den Stoffwechsel mehr oder weniger 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.

Die mittleren Vegetationslängen sind in Abbildung wiedergegeben. Hierbei werden die Vegetationslängen für 2011 nur für die bereits 2010 gepflanzten Bäume angegeben und ab 2012 für alle vorhandenen Bäume, bis auf *Tilia 'Szent Istvan'*, für welche keine Boniturdaten vorhanden sind. Die Vegetationslängen sind in Tagen angegeben und für die einzelnen Pflanzen als beschriftete Balken dargestellt. Vorwegzunehmen ist, dass die Sorte *Quercus hispanica 'Wageningen'* halbwintergrün ist, welche weder ihr Laub färbt noch verliert. Dementsprechend ist das Ende der Vegetationsperiode hier auf das Ende des Jahres, den 31. Dezember festgesetzt. 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.

Abbildung zeigt eine Übersicht über die durchschnittlichen Vegetationslängen in den Jahren 2011 bis 2014 am Standort Berlin unter Angabe der Abweichung vom Mittelwert.

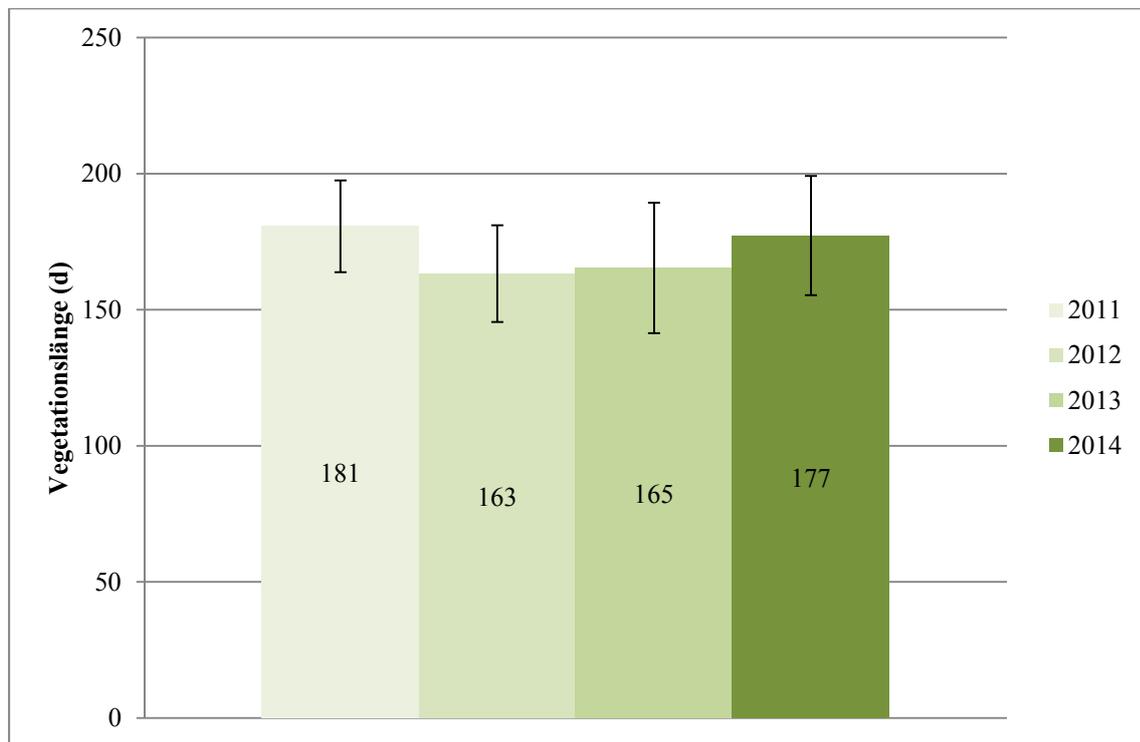


Abbildung 1 Durchschnittliche Vegetationslänge der Bäume in den Jahren 2011 bis 2014

In Tabelle sind jeweils der erste und der letzte Frost der Jahre 2011 bis 2014 aufgezeigt. Diese Werte sind als rote Linie in den folgenden Abbildungen 5 - 8 dargestellt und zeigen im Zusammenhang mit der Vegetationslänge für jede Art, deren Spätfrost- beziehungsweise Frühfrostempfindlichkeit an. Im Jahr 2011 gab es am 5. Mai ein Spätfrostereignis, welches bei einigen der Pflanzen Schäden hinterließ.

Letzter Frost des Winters	Erster Frost des Winters
05.05.2011	15.10.2011
14.04.2012	28.10.2012
08.04.2013	16.11.2013
13.03.2014	29.11.2014

Tabelle 1 Letzter und erster Frost des Winters

Im Jahr 2012 betrifft der letzte Frost lediglich *Cercidiphyllum japonicum* und der erste Frost *Alnus cordata* und *Mespilus germanica*, wobei hier *Quercus hispanica* 'Wageningen' außen vor gelassen wird. Im Jahr 2013 wird nur *Mespilus germanica* vom letzten Frost und wieder *Alnus cordata*, aber auch *Liquidamber styraciflua* und *Quercus denticata* vom ersten Frost des Jahres betroffen. Im Vergleich zu den Vorjahren war 2014 der letzte Frost so früh und der erste Frost so spät im Jahr, dass keine der Pflanzen, bis auf *Quercus hispanica* 'Wageningen' in ihrer Vegetationsperiode davon betroffen wurden.

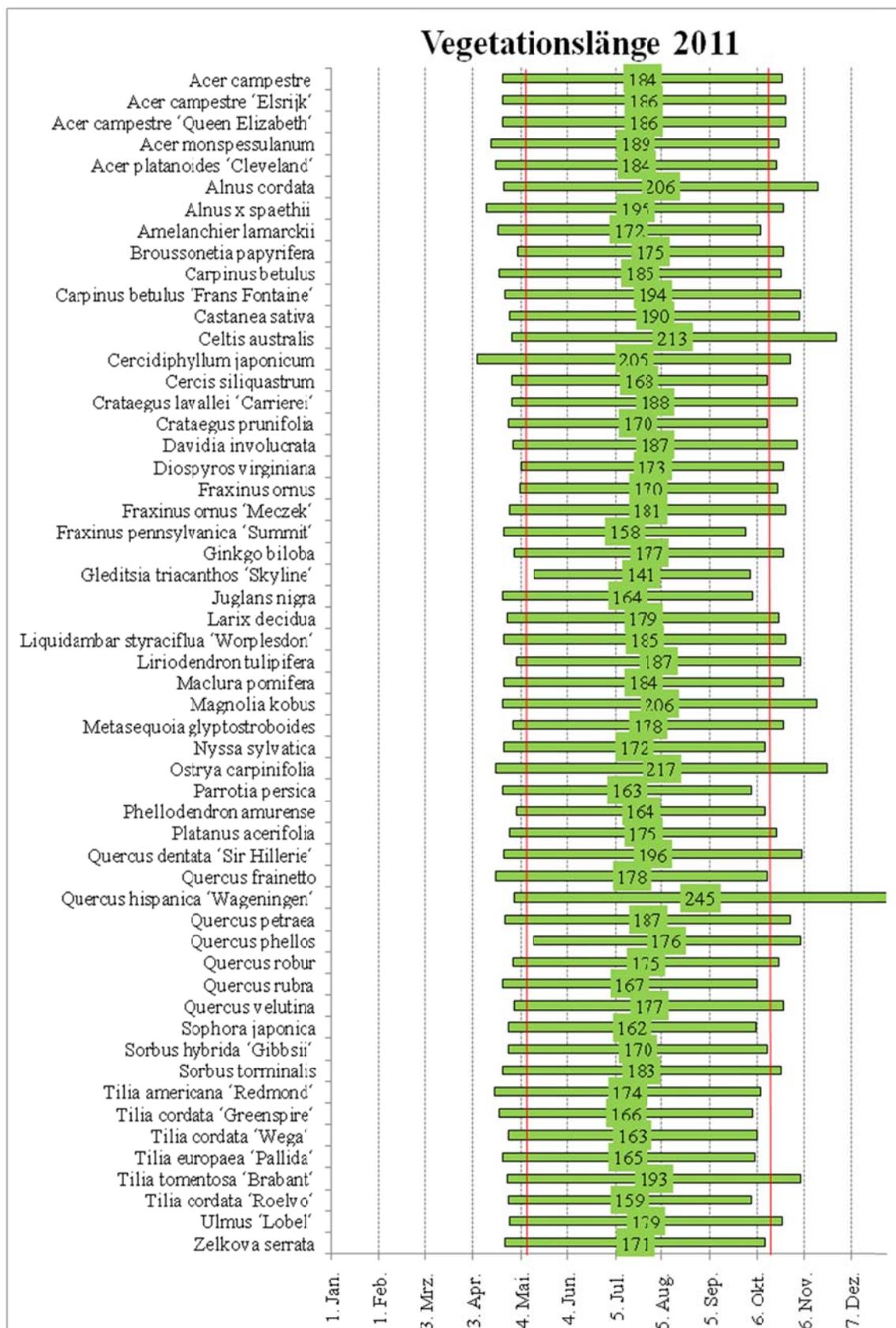


Abbildung 2 Vegetationslänge der Bäume am Standort Berlin in 2011 (*letzter und erster Frost des Jahres in Rot markiert)

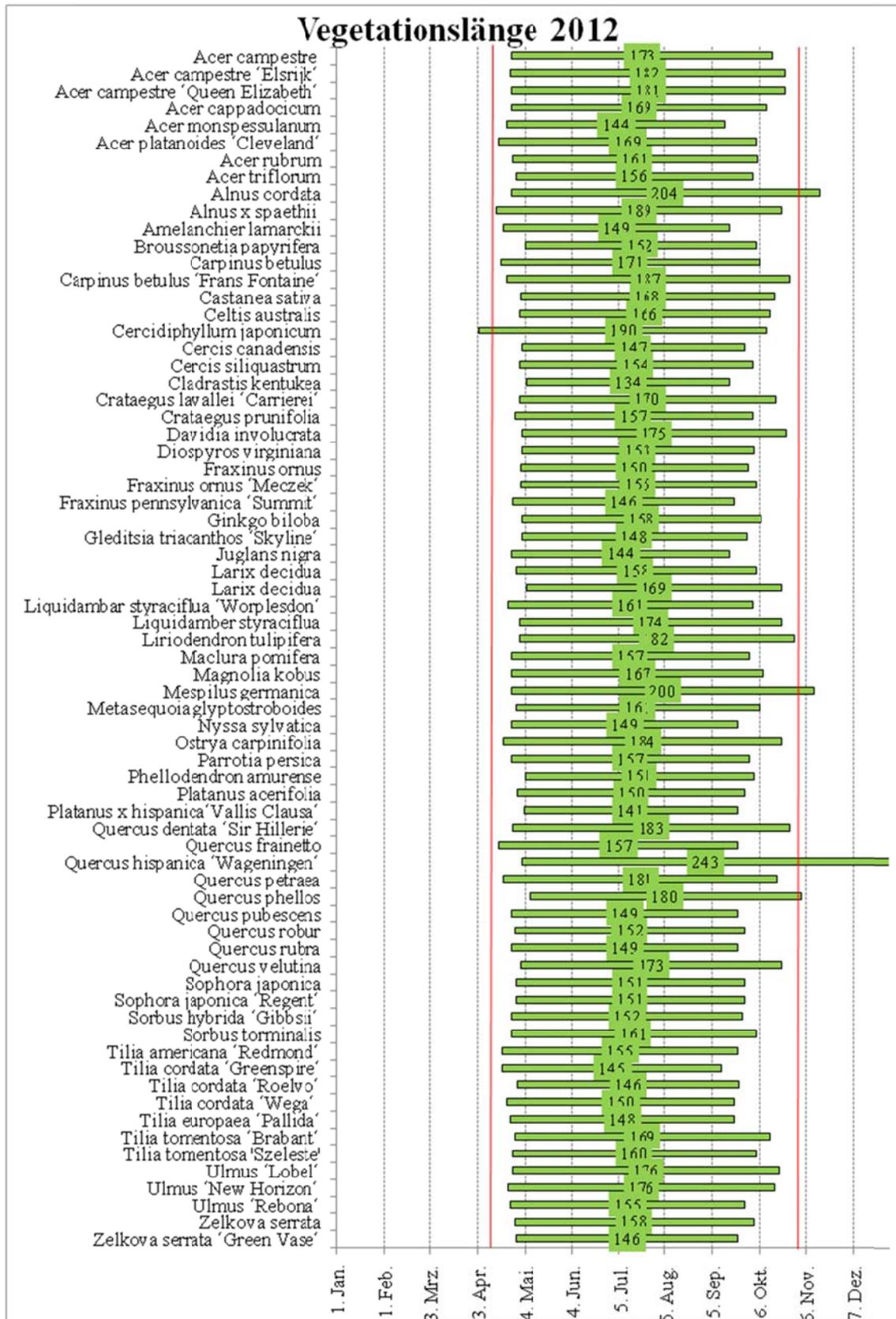


Abbildung 3 Vegetationslänge der Bäume am Standort Berlin in 2012 (*letzter und erster Frost des Jahres in Rot markiert)

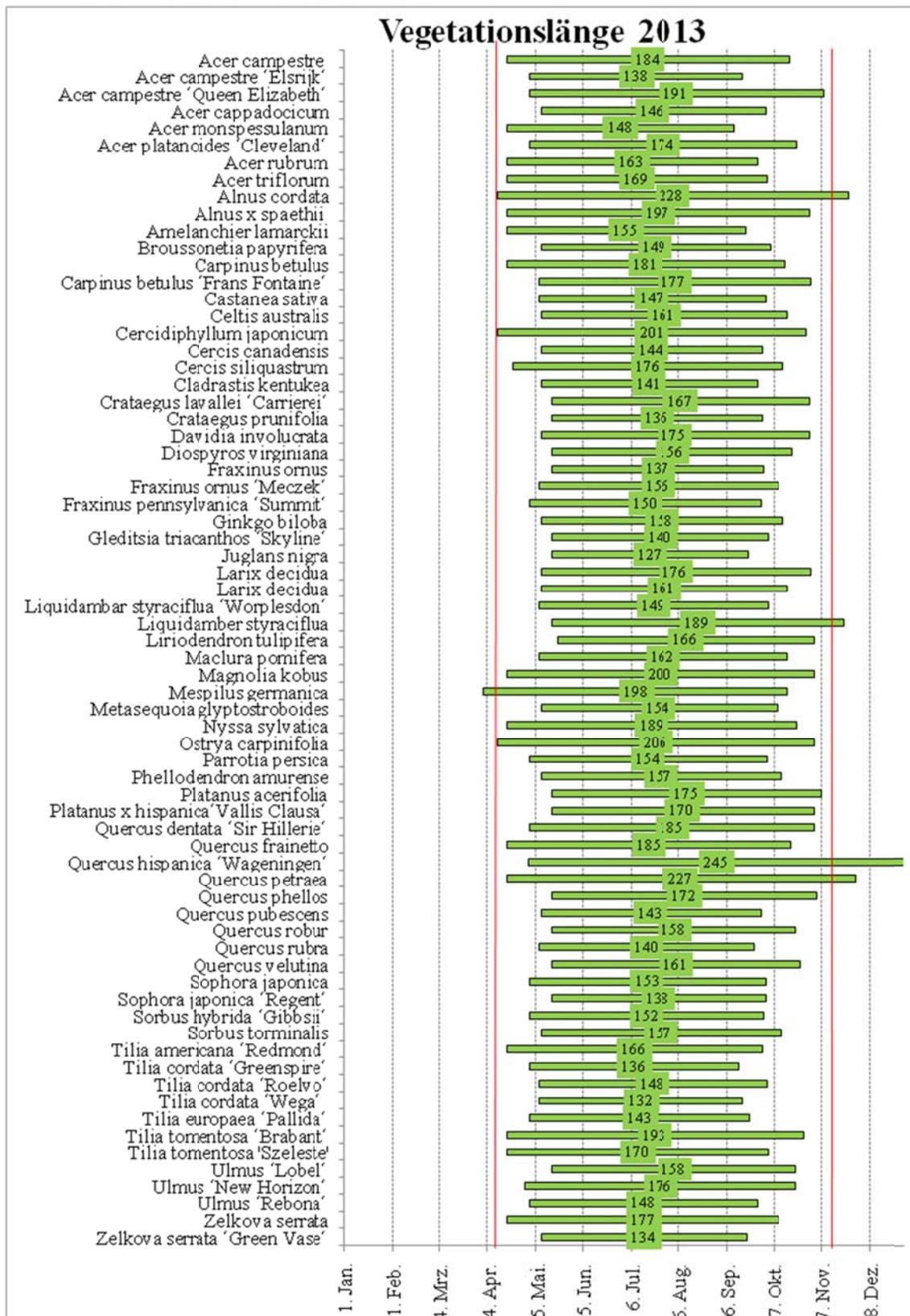


Abbildung 4 Vegetationslänge der Bäume am Standort Berlin in 2011 (*letzter und erster Frost des Jahres in Rot markiert)

Vegetationslänge 2014

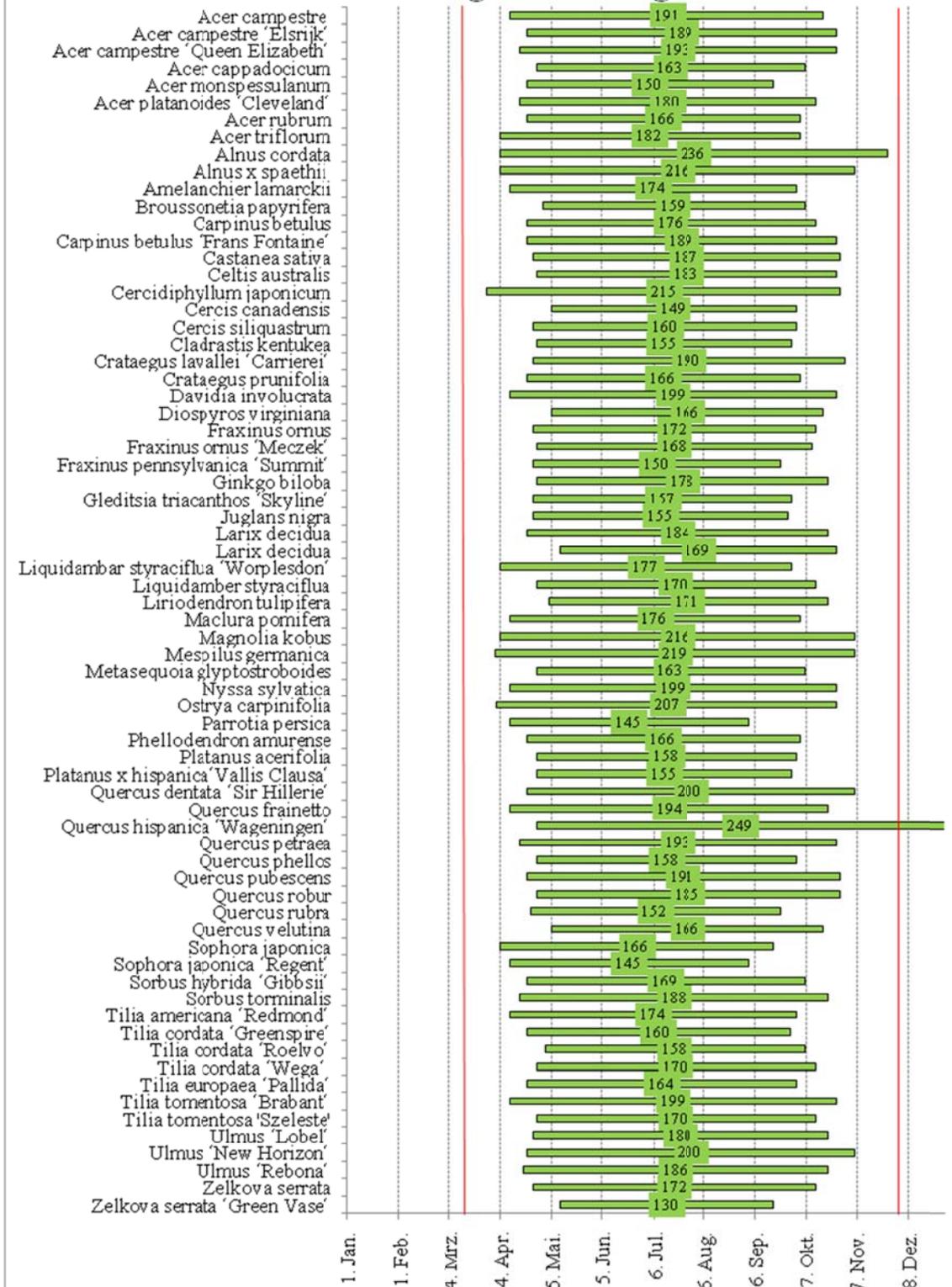


Abbildung 5 Vegetationslänge der Bäume am Standort Berlin in 2011 (*letzter und erster Frost des Jahres in Rot markiert)

Stammzuwachs 2010 bis 2014

Die Abbildung 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. 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 beiden 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 seinen 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.

Im Jahr 2012 wurden weitere Bäume gepflanzt. Der Stammzuwachs für die Arten ist in der Abbildung dargestellt. 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.

Stammzuwachs der 2010 gepflanzten Bäume 2010 - 2014

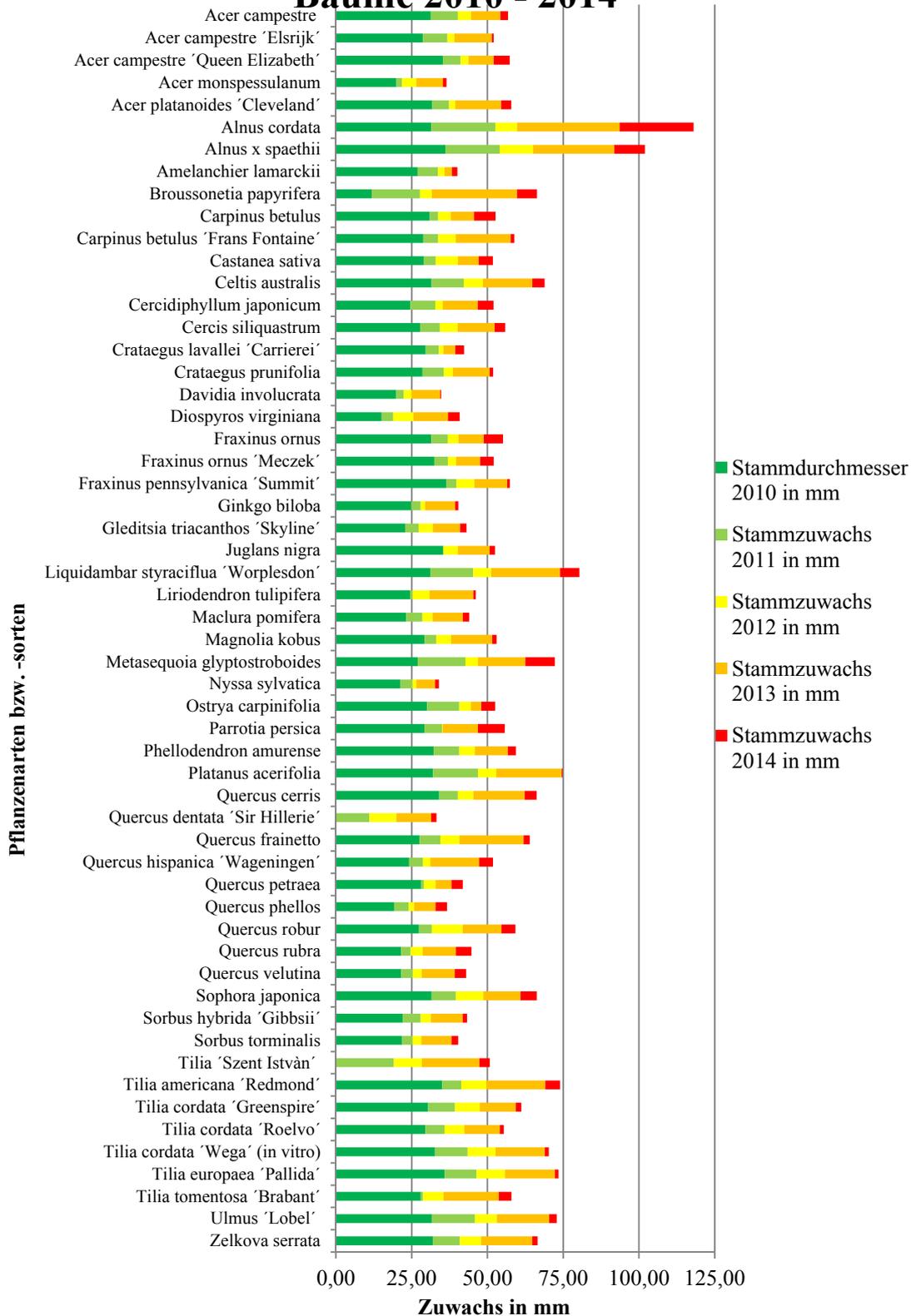


Abbildung 6 Stammzuwachs der 2010 gepflanzten Bäume in den Jahren 2010 - 2014

Pflanzenname	Zuwachs von 2010 bis 2014 in %
Durchschnittlicher Zuwachs 2010-2014	108
<i>Broussonetia papyrifera</i>	463
<i>Alnus cordata</i>	275
<i>Quercus dentata</i> 'Sir Hillerie'	201
<i>Alnus x spaethii</i>	182
<i>Diospyros virginiana</i>	172
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	168
<i>Tilia</i> 'Szent István'	165
<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'	158
<i>Platanus acerifolia</i>	134
<i>Quercus frainetto</i>	132
<i>Ulmus</i> 'Lobel'	130
<i>Celtis australis</i>	118
<i>Quercus robur</i>	116
<i>Tilia cordata</i> 'Wega'	115
<i>Quercus hispanica</i> 'Wageningen'	115
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	112
<i>Tilia americana</i> 'Redmond'	111
<i>Sophora japonica</i>	110
<i>Zelkova serrata</i>	108
<i>Quercus rubra</i>	108
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'	107
<i>Tilia europaea</i> 'Pallida'	105
<i>Carpinus betulus</i> 'Frans Fontaine'	104
<i>Cercis siliquastrum</i>	101
<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire'	101
<i>Quercus velutina</i>	99
<i>Sorbus hybrida</i> 'Gibbsii'	96
<i>Quercus cerris</i>	94
<i>Quercus phellos</i>	91
<i>Parrotia persica</i>	91
<i>Maclura pomifera</i>	90
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	89
<i>Liriodendron tulipifera</i>	88
<i>Tilia cordata</i> 'Roelvo'	88
<i>Sorbus torminalis</i>	85
<i>Phellodendron amurense</i>	84
<i>Acer monspessulanum</i>	83
<i>Acer platanoides</i> 'Cleveland'	82
<i>Crataegus prunifolia</i>	82
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	82
<i>Acer campestre</i>	81
<i>Magnolia kobus</i>	81
<i>Castanea sativa</i>	78
<i>Davidia involucrata</i>	75

Pflanzenname	Zuwachs von 2010 bis 2014 in %
<i>Fraxinus ornus</i>	75
<i>Ostrya carpinifolia</i>	75
<i>Carpinus betulus</i>	70
<i>Acer campestre</i> 'Queen Elizabeth'	63
<i>Ginkgo biloba</i>	62
<i>Fraxinus ornus</i> 'Meczek'	60
<i>Nyssa sylvatica</i>	59
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> 'Summit'	58
<i>Quercus petraea</i>	49
<i>Amelanchier lamarckii</i>	49
<i>Juglans nigra</i>	48
<i>Crataegus lavallei</i> 'Carrierei'	43

Tabelle 2 Stammzuwachs der 2010 gepflanzten Bäume bis 2014 (%)

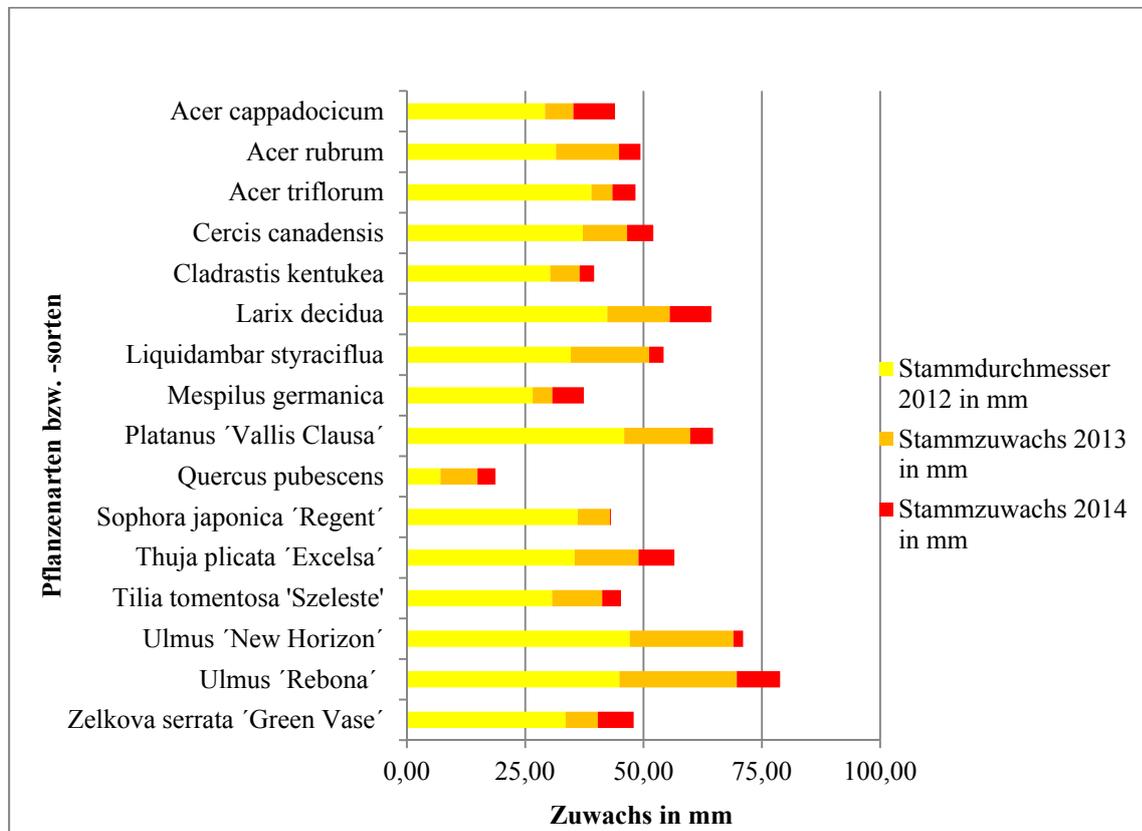


Abbildung 7 Stammzuwachs der 2011 nachgepflanzten Bäume in den Jahren 2012-2014

Pflanzenart	Zuwachs von 2012 bis 2014 in %
Durchschnittlicher Zuwachs 2012-2014	53
<i>Quercus pubescens</i>	164
<i>Ulmus</i> 'Rebona'	76
<i>Thuja plicata</i> 'Excelsa'	59
<i>Liquidambar styraciflua</i>	57
<i>Acer rubrum</i>	57
<i>Larix decidua</i>	52
<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	51
<i>Acer cappadocicum</i>	51
<i>Tilia tomentosa</i> 'Szeleste'	47
<i>Zelkova serrata</i> 'Green Vase'	43
<i>Platanus</i> 'Vallis Clausa'	41
<i>Mespilus germanica</i>	41
<i>Cercis canadensis</i>	40
<i>Cladrastis kentukea</i>	31
<i>Acer triflorum</i>	24
<i>Sophora japonica</i> 'Regent'	19

Tabelle 3 Stammzuwachs der 2011 gepflanzten Bäume bis 2014 (%)

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 Bsc.-Arbeit von Sebastian Wunder untersucht. Die BSc.-Arbeit von Hanna Paulsen befasste sich mit „Monitoring zum *Verticillium*- und *Fusarium*-Inokulumpotential in der Rhizosphäre von Gehölzen auf einer ehemaligen Ackerbaufläche“.

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 Mehltaupilzes (*Uncinula bicornis*) zu beobachten. Dagegen 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 Spätfrostgefährdung

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 Spätfrostgefahr 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 (Tab. 4). Bei einer zusätzlichen Bonitur der Arten mit starken Blatt- und Tribschäden 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.

keine Blatt- und Tribschäden	schwache bis mittlere Blatt- und Tribschäden	starke Blatt- und Tribschäden
<i>Acer campestre</i>	<i>Alnus cordata</i>	<i>Broussonetia papyrifera</i>
<i>Acer platanoides</i> 'Cleveland'	<i>Alnus x spaethii</i>	<i>Castanea sativa</i>
<i>Amelanchier lamarckii</i>	<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	<i>Davidia involucrata</i>
<i>Celtis australis</i>	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	<i>Diospyros virginiana</i>
<i>Crataegus x lavalleyi</i> 'Carrierei'	<i>Nyssa sylvatica</i>	<i>Fraxinus ornus</i>
<i>Crataegus x persimilis</i> 'Prunifolia'	<i>Phellodendron amurense</i>	<i>Ginkgo biloba</i>
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	<i>Quercus cerris</i>	<i>Juglans nigra</i>
<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Quercus dentata</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i>
<i>Magnolia kobus</i>	<i>Quercus frainetto</i>	<i>Maclura pomifera</i>
<i>Ostrya carpinifolia</i>	<i>Quercus velutina</i>	<i>Platanus x acerifolia</i>
<i>Parrotia persica</i>	<i>Sophora japonica</i>	
<i>Quercus x hispanica</i> 'Wageningen'	<i>Zelkova serrata</i>	
<i>Quercus petraea</i>		
<i>Quercus phellos</i>		
<i>Quercus robur</i>		
<i>Quercus rubra</i>		
<i>Sorbus hybrida</i> 'Gipsii'		
<i>Sorbus torminalis</i>		
<i>Tilia americana</i> 'Redmond'		
<i>Tilia cordata</i>		
<i>Tilia</i> 'St. Istvan'		
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'		

<i>Tilia europaea</i> 'Pallida'		
<i>Ulmus</i> 'Lobel'		

Tabelle 4 Bonitur von Spätfrostschäden im Mai 2011 (nur Frühjahrspflanzung 2010 berücksichtigt)

Empfehlungen für zukunftsträchtige Stadtbäume

Basierend auf den im Beobachtungszeitraum gewonnenen Ergebnissen werden nachfolgend Empfehlungen für zukunftsträchtige Baumarten für den urbanen Raum abgeleitet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Es sei an dieser Stelle noch einmal angemerkt, dass es zum jetzigen Zeitpunkt keine exakten Vorhersagemodelle für das zukünftige 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 (Tabelle , **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). 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.

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 lavalleei</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'	

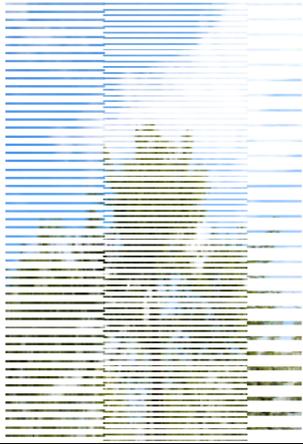
<i>Thuja plicata</i> 'Exelsa'	<i>Tilia tomentosa</i> 'Szeleste'	
<i>Ulmus</i> 'Lobel'	<i>Sorbus torminalis</i>	
	<i>Ulmus</i> 'Rebona'	
	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	
	<i>Zelkova serrata</i>	

Tabelle 5 Vorläufige Bewertung der Arten und Sorten (SF = spätfrostgef#hrdet)

Geeignete Stadtbäume für die Zukunft nach Auswertung aller Ergebnisse der verschiedenen Versuchsstandorte

Pflanzenname	Eigenschaften
<p><i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'</p> 	<p>Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität</p> 
<p><i>Acer monspessulanum</i></p> 	<p>Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität</p> 

Alnus cordata



Erlenblattkäfer leicht fraßschäden, leicht spätfröstgefährdet, sehr wüchsig, trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



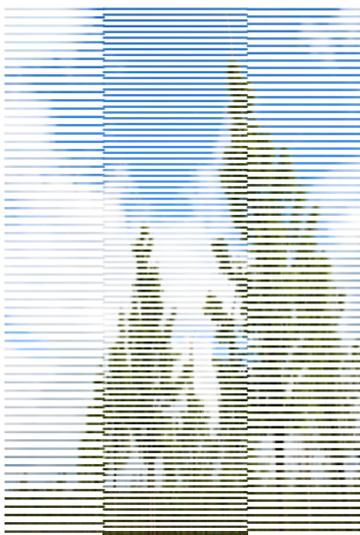
Alnus spaethii



Erlenblattkäfer, leicht spätfröstgefährdet, sehr wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Carpinus betulus 'Frans Fontaine'



Frei von Krankheiten, frosthart, sehr wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Fraxinus ornus



Leichte Fraßschäden, leicht spätfrostgefährdet, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Fraxinus ornus 'Meczek'



Frei von Krankheiten, leicht spätfrostgefährdet, schwach wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Fraxinus pennsylvanica 'Summit'



Leichte Fraßschäden, leicht spätfrostgefährdet, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



*Larix decidua**



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Liquidambar styraciflua 'Worplesdon'



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



Magnolia kobus



Frei von Krankheiten, frosthart, gut bis durchschnittlich wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Ostrya carpinifolia



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



Quercus cerris



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



Thuja plicata 'Excelsa'



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Tilia americana 'Redmond'

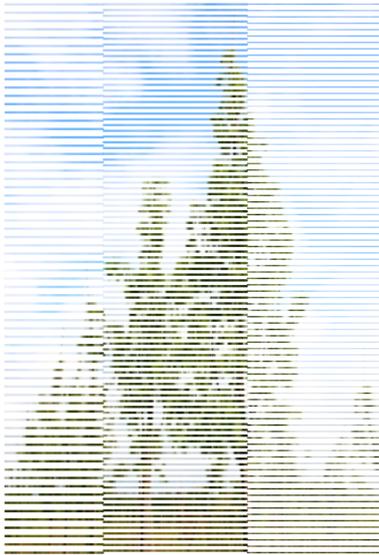


Leichte Fraßschäden in Berlin und Veitshöchheim, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



(Foto: Daniel Behrendt)

Tilia cordata 'Greenspire'



Leichte Fraßschäden in Berlin und Quedlinburg, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



Tilia cordata 'Roelvo'



Leichte Fraßschäden in Berlin und Quedlinburg, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Tilia cordata 'Wega'*



Leichte Fraßschäden, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



(Foto: Daniel Behrendt)

Tilia europaea 'Pallida'



Leichte Fraßschäden in Berlin und Quedlinburg, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Tilia 'Szent István'*



Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Ulmus hollandica 'Lobel'

Vorwiegend frei von Krankheiten*, frosthart, gut wüchsig, trockenheitstolerant, gute allgemeine Vitalität



Ulmus 'New Horizon'

Frei von Krankheiten, frosthart, gut wüchsig, vorwiegend trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



Ulmus pumila 'Rebona'

Frei von Krankheiten, leichte Spätfrostschäden in Quedlinburg, sehr wüchsig, trockenheitstolerant, sehr gute allgemeine Vitalität



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 vermehrt, indem 20 cm lange Steckhölzer geschnitten und in Kleincontainer mit Steck- und Aussaaterde (Grammoflor, mit geringem Perlitanteil) abgesteckt wurden, in denen sie bis zur Versuchseinrichtung kultiviert wurden. Das Material wurde 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 (Gewächshausfolie aus 0,2 mm Polyäthylen, UV-stabilisiert; Schattennetz Typ j 56 aus Polyäthylen mit ca. 45 % Schattierwert; Firma Hermann Meyer, Rellingen) auf den Versuchsflächen des Fachgebiets Urbane Ökophysiologie in Berlin-Dahlem angelegt. Zur Angleichung an das Außenklima wurden die Längsseiten des Tunnels durch Aufrollen der Folie ca. 70 cm geöffnet. Der Boden wurde mit Mypexgewebe bedeckt, um das Aufwachsen von Wildkraut zu minimieren. Als Pflanzgefäße dienten Mitscherlichgefäße aus Metall mit 10 l Volumen. Als Substrat wurde Floraton 2, mit 25 % Perlit gemischt, verwendet. Zur Durchführung des Trockenstressversuchs wurden drei Bewässerungsvarianten installiert, eine Kontrollvariante mit optimaler Bewässerung und zwei abgestufte Trockenstressvarianten mit leichtem und starkem Trockenstress. Angestrebt wurde für die Kontrolle (K) eine Saugspannung im Substrat von -20 hPa, im leichten Trockenstress (TS I) von -110 bis -130 hPa und im starken Trockenstress (TS II) von -200 bis -220 hPa. Einfache Tensiometer dienten dazu den Verlauf der Wasserversorgung bzw. der Austrocknung zu überprüfen. Zur Realisierung der drei Bewässerungsvarianten wurde eine Tropfbewässerung (Netafim Miracle 6) mit 3 getrennten Bewässerungskreisen installiert, wobei jedes Pflanzgefäß 2 Tropfer erhielt. Die Wasserversorgung wurde über die tägliche Zeit der täglichen Bewässerung gesteuert:

Kontrolle: 8 min

Trockenstress I: 4 min

Trockenstress II: 2 min

Dies entsprach durchschnittlichen täglichen Wassergaben von:

Kontrolle: 300 ml

Trockenstress I: 190 ml

Trockenstress II: 80 ml

Die Wiederholungsanzahl pro Bewässerungsvariante und Klon betrug je 5 Pflanzen, sodass je Klon 15 Pflanzen benötigt wurden und somit insgesamt 270 Pflanzen in den Trockenstresssimulationsversuch aufgenommen wurden. Zur Ermittlung von Klimaparametern im Folientunnel (Temperatur, Luftfeuchte) diente ein Datenlogger, der in

der Mitte des Tunnels an einem Band von der Decke in den Bestand hinunter hängend angebracht wurde. Es wurden folgende Untersuchungen unter Berücksichtigung aller klimatischen und abiotischen Faktoren durchgeführt:

- Bestimmung Triebfrisch- und –trockenmasse
- Messung der Chlorophyllfluoreszenz
- Trieblänge und Höhe
- Bestimmung des Wasserpotentials/Scholanderbombe
- Blattanzahl
- Phenole bei Pflanzen
- Bestimmung des Prolin-Gehaltes

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. Die Trockenmasseproduktion wurde dabei am höchsten gewichtet, da ihr das größte Interesse zukam. Anhand der Ergebnisse des Rankings wurden die 9 besten Klone ausgewählt (DA 56, 1, 136, 50, 108, 131, 86, 27, 74), wobei v. a. die Leistung unter akutem Trockenstress ausschlaggebend war. Sie können als trockenheitstoleranter eingestuft werden. Aus diesen konnte DA 56 aufgrund sehr guter Leistungen in allen Behandlungen besonders hervorgehoben 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.

Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

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. Von den ersten Projekttagen an begleiteten Institutionen aus der Region den Versuch, so dass eine breite Öffentlichkeit hergestellt werden konnte. Das mediale Interesse an den Neuen Alleebäumen war enorm. Nicht nur im regionalen Fernsehen sondern auch eine eigene Sendung im Rahmen der populärwissenschaftlichen Sendung „X:enius“ interessierten sich für den Versuch. Viele jährlich wiederkehrende Radiointerviews von unterschiedlichen Sendern wurden gegeben. Auch Print – und Onlinemedien berichteten über INKABB. Zur Verstärkung 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 Pflanzenzettes. 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.

Bedarfszahlenermittlung hinsichtlich des Wasseranspruchs unterschiedlicher Baumarten

Zur Ermittlung des Wasseranspruchs der unterschiedlichen Baumarten – und sorten wurden jeweils fünf Pflanzen jedes Versuchsgliedes einer unterschiedlichen Bewässerung unterzogen. Die Wassergaben der drei differenzierten Trockenstressmodelle erfolgte Tensiometer gesteuert. Die Technik wurde in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Biosystemtechnik der Humboldt-Universität zu Berlin entwickelt. Es wurde, seit der Etablierung der Bewässerungsanlage im zweiten Projektjahr, der vorher definierte optimale Bereich in der Wasserhaltekapazität nur einmal für eine Woche in den darauf folgenden Vegetationsperioden bis zum Projektende verlassen. Daher konnten die Bedarfszahlen für den Wasseranspruch nicht ermittelt werden. Als Ergebnis kann eine Tensiometer gesteuerte Bewässerungsanlage für die Baumschulwirtschaft mit Pumpensteuerung vorgewiesen werden