©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 29: 9–23. Göttingen 2009.

Zur Bedeutung der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in mittel- und nordwestdeutschen Eichen-Hainbuchen-Wäldern

– Andreas Mölder, Markus Bernhardt-Römermann, Christoph Leuschner, Wolfgang Schmidt –

Zusammenfassung

In einer Literaturstudie werden Vegetationsaufnahmen aus 15 Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten zwischen dem kontinental geprägten Mitteldeutschland und dem ozeanischen Nordwestdeutschland ausgewertet. Dabei können gegenläufige Abundanzen von Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) und Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) entlang dieses Klimagradienten festgestellt werden. Mit zunehmender Ozeanität nimmt die Stetigkeit der Winterlinde ab, demgegenüber gewinnt die im Gegensatz zur Winterlinde in allen betrachteten Eichen-Hainbuchen-Wäldern vorkommende Buche an Stetigkeit. Die Winterlinde kommt dabei in subatlantischen Klimaräumen, die subkontinental beeinflusst sind, mit sehr unterschiedlichen Abundanzen vor. Dies kann durch den Übergangscharakter des Klimas der entsprechenden Wuchsbezirke erklärt werden, in denen sowohl Winterlinde als auch Buche vom Klima her gut gedeihen können, so dass dann eher edaphische und anthropogene Einflüsse über die Baumartenzusammensetzung entscheiden. Im atlantisch geprägten nordwestdeutschen Flachland und in der Westfälischen Bucht kommt die Winterlinde höchstwahrscheinlich nicht natürlich vor, allerdings verwischen in diesem Bereich zahlreiche gepflanzte Winterlinden das natürliche Verbreitungsbild.
Die Literaturstudie wird um eine Fallstudie im thüringischen Nationalpark Hainich ergänzt. Diese ermöglicht zusätzliche Erkenntnisse zur Abhängigkeit der Winterlinde von edaphischen und anthropogenen Faktoren. Im subkontinental beeinflussten Hainich sind Bestände des *Stellario-Carpinetum* durch eine stärker ausgeprägte Vertikalstruktur der Baumschicht gekennzeichnet als Bestände des *Hordelymo-* und *Galio-Fagetum*. Dies weist auf eine frühere Plenter- und vor allem Mittelwaldnutzung hin, wobei letztere die Linde fördert und die Buche zurückdrängt. Einen weitaus größeren Einfluss auf die Vegetationsdifferenzierung und damit auf die Baumartenzusammensetzung im Hainich hat aber vermutlich der Tongehalt des Bodens. Erhöhte Tongehalte resultieren in einer größeren Wechselfeuchte insbesondere der tieferen Bodenhorizonte, worauf die Buche im Gegensatz zur Winterlinde empfindlich reagiert. Obwohl im östlichen Hainich die Eichen-Hainbuchen-Wälder pflanzensoziologisch wenig scharf von den artenreichen Buchenwäldern getrennt sind, ist es doch sehr wahrscheinlich, dass dieses Gebiet bereits einen natürlichen Übergangsbereich zu echten Eichen-Hainbuchen-Wäldern der zonalen Vegetation darstellt. Im Hainich wirkt sich ein zunehmender Winterlindenanteil günstig auf die Nährstoffversorgung des Oberbodens aus, auch wenn hierbei die Abnahme des Buchenanteils möglicherweise entscheidender ist.

Abstract: On the importance of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) in Central and Northwest German oak-hornbeam forests

As part of a literature survey we analysed vegetation relevés from 15 oak-hornbeam forest areas between Central Germany (affected by continental climate) and Northwest Germany (oceanic climate). Along this climate gradient, divergent proportions of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) occur. The occurrence of *T. cordata* decreases with increasing oceanity, whereas the occurrence of *F. sylvatica*, which can be found in all analysed oak-hornbeam forests, rises. Abundances of *T. cordata* vary widely in regions that are characterised by subatlantic climatic conditions with subcontinental influence. This can be explained by the transitional character of the climate in these regions, where both *T. cordata* and *F. sylvatica* thrive well. Thus, tree species composition is determined more by edaphic and anthropogenic influences than by climate. In the oceanic northwest German lowland and in the Westfalian Bay, most probably *T. cordata* does not occur naturally. However, in this area many planted small-leaved limes obscure the natural distribution range.
The literature survey is supplemented by a case study conducted in Hainich National Park (Thuringia, Germany). The study provides an insight into the connection between *T. cordata* and edaphic and anthropogenic factors. In the Hainich, which is influenced by more subcontinental climate, those forest stands that belong to the *Stellario-Carpinetum* association are characterised by a more distinctive verti-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

cal tree-layer structure than *Hordelymo-Fagetum* and *Galio-Fagetum* stands. This structure indicates selective cutting and coppicing with standards in former times. The latter promotes *T. cordata* and suppresses *F. sylvatica*. A probably more crucial factor for tree-layer composition in the Hainich is the soil clay content. Higher clay contents result in an alternating soil moisture regime, particularly of the deeper soil horizons. This affects the performance of *F. sylvatica* more negatively compared to *T. cordata*. Although the eastern Hainich oak-hornbeam forests are phytosociologically only weakly separated from the species-rich beech forests, it is very likely that this area represents a natural transition towards oak-hornbeam forests of the zonal vegetation (i. e. the climatic climax). In the Hainich, ameliorating effects of increasing *T. cordata* proportion in terms of increasingly base-saturated soils can be ascertained, even though decreasing abundance of *F. sylvatica* might be more significant than the presence of *T. cordata*.

Keywords: *Carpinion*, coppice with standards, deciduous forest, *Fagus sylvatica*, soil clay content.

1. Einleitung

„Unter den Linden pflegen wir zu singen, trinken und tanzen und fröhlich zu sein, denn die Linde ist uns ein Friede- und Freudebaum."

(Martin Luther zugeschrieben)

Auch wenn die Frage nach der natürlichen Verbreitung von Eichen-Hainbuchen-Wäldern in einer Vielzahl von Publikationen abgehandelt wurde (ELLENBERG & LEUSCHNER 2009), konzentrierte sich das wissenschaftliche Interesse weitgehend auf die Baumarten Buche (*Fagus sylvatica*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) sowie Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*). Der Winterlinde (*Tilia cordata*) hingegen, die in Eichen-Hainbuchen-Wäldern eine bedeutende und wüchsige Baumart sein kann (MEUSEL 1951/1952, SCHLÜTER 1967, KOSS 1982, PIGOTT 1991, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009), wurde in diesem Kontext kaum Beachtung geschenkt. Insbesondere gab es bisher keinen Versuch, Eichen-Hainbuchen-Wälder entlang eines klimatischen Gradienten hinsichtlich der Winterlindenanteile auszuwerten um herauszufinden, ob die Stetigkeit der Winterlinde diesem Gradienten folgt oder eher von edaphischen und anthropogenen Faktoren beeinflusst wird (PIGOTT 1991, GARVE 2007, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009).

Tilia cordata ist eine hauptsächlich subozeanisch bis kontinental verbreitete Baumart, deren Hauptverbreitungsgebiet sich von Nordostfrankreich über Mitteldeutschland und Polen bis nach Zentralrussland und in die nördliche Ukraine erstreckt. Im ozeanischen Bereich hingegen finden sich nur vereinzelte Vorkommen, z. B. in Nordwestdeutschland und der Bretagne sowie in Südwestfrankreich, England und Wales (POCKBERGER 1967, KOSS 1982, PIGOTT 1991). Die Winterlinde ist ein Baum der gemäßigten Tallagen, ihre obere Verbreitungsgrenze wird mit 600 m Seehöhe angenommen (POCKBERGER 1967, KOSS 1982), auch wenn sie vereinzelt bis über 1000 m Seehöhe aufsteigt (PIGOTT 1991). Allerdings gibt es eine große Zahl von Übergangsklimaten, die keine eindeutige Bevorzugung seitens der Winterlinde erkennen lassen (POCKBERGER 1967). Hinzu kommt der anthropogene Einfluss, der oftmals die Grenzen der natürlichen Verbreitungsgebiete verwischt hat (PIGOTT 1991, GARVE 2007, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009).

In der vorliegenden Studie werden Vegetationsaufnahmen aus 15 Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten zwischen dem kontinental geprägten Mitteldeutschland und dem ozeanischen Nordwestdeutschland ausgewertet. Dabei wird auch die Bedeutung der konkurrenzstarken Rotbuche (*F. sylvatica*) berücksichtigt, die in Mitteleuropa zumeist die Hauptbaumart der zonalen Waldvegetation darstellt. Diese Literaturstudie wird um eine Fallstudie ergänzt, die im thüringischen Nationalpark Hainich durchgeführt wurde. Dort finden sich baumartenreiche Laubmischwälder mit unterschiedlichen Winterlindenanteilen (Abb. 1; MÖLDER et al. 2006, 2008a, 2009), in denen Zusammenhänge und Interaktionen zwischen der Winterlinde und Bestandesparametern wie Baumschichtstruktur, Lichttransmissivität und insbesondere dem Bodenzustand betrachtet werden. Auch hier wird dabei die Bedeutung der Buche berücksichtigt. Zudem können Charakteristika der dortigen Eichen-Hainbuchen-Wälder herausgearbeitet werden, die diese von Buchenwaldgesellschaften abgrenzen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Abb. 1. Winterlinden-reicher Eichen-Hainbuchen-Wald (*Stellario-Carpinetum stachyetosum*) im Waldgebiet Lindig (!) im Nationalpark Hainich. Frühjahrsaspekt mit *Allium ursinum*, *Leucojum vernum*, *Anemone ranunculoides*, *Ranunculus ficaria*, *Lilium martagon* u. a. (Andreas Mölder, 28. April 2005).

Fig. 1. Oak-hornbeam forest with high abundance of *Tilia cordata* (*Stellario-Carpinetum stachyetosum*) in the Lindig area ("Linde" = lime), Hainich National Park. Vernal aspect with *Allium ursinum*, *Leucojum vernum*, *Anemone ranunculoides*, *Ranunculus ficaria*, *Lilium martagon*, and others.

In dieser Studie soll folgenden Fragen nachgegangen werden:
– Welche Rolle spielt die Winterlinde in Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten entlang eines Klimagradienten von Mittel- bis nach Nordwestdeutschland? *(Literaturstudie)*
– Welche Bestandesparameter, insbesondere edaphische Faktoren, sind mit dem Auftreten der Winterlinde in baumartenreichen Laubmischwäldern des Hainichs in Thüringen korreliert? Welche Rolle spielt dabei die konkurrenzstarke Buche? Wodurch unterscheiden sich im Hainich Eichen-Hainbuchen-Wälder von Buchenwäldern? *(Fallstudie Hainich)*

2. Material und Methoden

2.1. Literaturstudie

Es wurden 15 in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen durchgeführte pflanzensoziologische Studien zu Eichen-Hainbuchen-Wäldern ausgewertet (Abb. 2). Neben der Stetigkeit der Hauptbaumarten *T. cordata*, *F. sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* und *Quercus* spp. in der Baumschicht wurden die jeweiligen forstlichen Wuchsbezirke nebst klimatischer Einordnung bestimmt (nach GAUER & ALDINGER 2005). Die Bestimmung des Klimaquotienten nach ELLENBERG (1996) erfolgte, indem der Quotient aus dem tausendfachen Julitemperaturmittel und dem mittleren Jahresniederschlag berechnet wurde.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

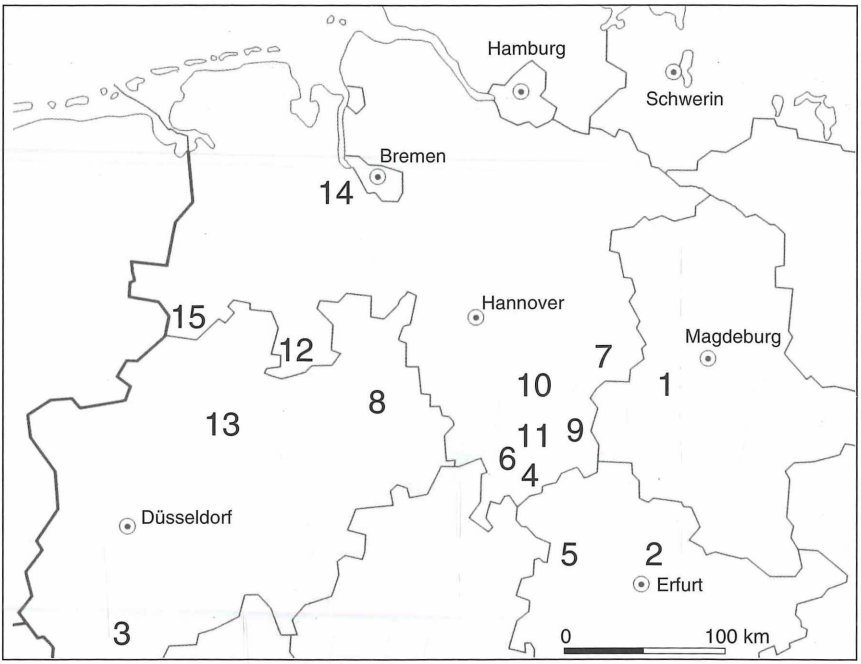

Abb. 2: Lage der in der Literaturstudie ausgewerteten Eichen-Hainbuchen-Waldgebiete. Der Zahlenschlüssel befindet sich in Tab. 2. Die Nummerierung folgt der abnehmenden Kontinentalität bzw. zunehmenden Ozeanität.

Fig. 2: Locations of the oak-hornbeam forest areas analysed in the literature survey. The coding scheme is in Table 2. Numbering follows decreasing continentality and increasing oceanity, respectively.

2.2. Fallstudie Hainich

2.2.1. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen befinden sich im südöstlichen Teil des thüringischen Nationalparks Hainich nahe der Ortschaft Weberstedt (51°05'28"N, 10°31'24"O) in einer Höhe von rund 350 m über NN. Das Klima ist subatlantisch mit subkontinentalem Einfluss. Der Jahresniederschlag beträgt zwischen 600 und 670 mm, wobei ca. 45 bis 50 % der Gesamtniederschlagsmenge in der Vegetationsperiode fallen. Die Jahresdurchschnittstemperatur beläuft sich auf 7,7° C (SCHRAMM 2005). Auf mit Lösslehm überdecktem Oberem Muschelkalk herrscht Parabraunerde, die zum Teil pseudovergleyt ist (World Reference Base for Soil Resources: (stagnic) Luvisol), als Bodentyp vor. Nach einer jahrhundertelangen, oft ungeregelten Mittelwaldwirtschaft wurden die Waldbestände ab der Mitte des 19. Jahrhunderts zumeist als Plenterwald bewirtschaftet (SCHMIDT et al. 2009). Infolge der Einrichtung der Truppenübungsplätze „Weberstedt" und „Kindel" im Jahre 1964 konnten sich naturnahe Wälder entwickeln, die seit der Gründung des Nationalparks Hainich im Jahre 1997 besonderen Schutz genießen. Waldgesellschaften im Bereich der Untersuchungsflächen sind das *Galio-Fagetum*, das *Hordelymo-Fagetum* und das *Stellario-Carpinetum* (MÖLDER et al. 2006).

2.2.2. Auswahl der Versuchsflächen

Für diese Studie wurden Daten von 21 Untersuchungsflächen mit jeweils 2.500 m² (50 m x 50 m) Größe verwendet (Tab. 1). Neben Buche (*F. sylvatica*) und Winterlinde (*T. cordata*) kommen Sommerlinde (*T. platyphyllos*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Traubeneiche (*Quercus petraea*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) als Hauptbaumarten vor. Daneben sind Stieleiche (*Quercus robur*), Vogelkirsche (*Prunus avium*), Bergulme (*Ulmus glabra*), Feldahorn (*Acer campestre*) und Elsbeere (*Sorbus torminalis*) mit wenigen Exemplaren vertreten. Alle

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Untersuchungsflächen zeichnen sich durch ebenes Gelände in übereinstimmender Höhenlage sowie eine ca. 60 cm mächtige Lösslehmauflage aus; die Bestände befinden sich in der Reifephase und weisen jeweils eine einheitliche Bestandesstruktur auf (MÖLDER et al. 2008a).

2.2.3. Bestandesparameter, Datenerhebung und -analyse

Für jede Untersuchungsfläche wurde der Anteil von *F. sylvatica* und *T. cordata* an der Gesamtstammzahl errechnet, Bestandesvolumina wurden nach Bestandesvollaufnahmen mit dem Waldwachstumssimulator SIBYLA bestimmt (FABRIKA 2003). Als ein Diversitätsmaß zur Beschreibung der vertikalen Baumschichtdiversität diente der Artenprofilindex A mit der Unterscheidung dreier Höhenzonen von 0–50 %, 50–80 % sowie 80–100 % der Bestandesmaximalhöhe (PRETZSCH 1996):

$$A = -\sum_{i=1}^{S}\sum_{j=1}^{Z} p_{ij} \ln p_{ij} \quad mit \quad p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N}$$

S Anzahl der Baumarten

Z Anzahl der Höhenzonen

p_{ij} Anteil der Bäume der Art i in der Höhenzone j

n_{ij} Stammzahl der Art i in der Höhenzone j

N Gesamtstammzahl

Zudem wurden auf jeder Untersuchungsfläche in 400 m² großen, gutachterlich ausgewählten Bereichen, auf denen auch Vegetationsaufnahmen durchgeführt wurden (MÖLDER et al. 2008a), Bodenmischproben (jeweils 16 Einstiche) aus den obersten 10 cm des Mineralbodens entnommen und im Labor der pH-Wert (H_2O) dieses Horizontes bestimmt. An jedem Einstich wurde zudem die Mächtigkeit der Streuauflage (O_l und O_f; O_h war nicht vorhanden) direkt im Bestand ermittelt. Als Humusformen wurden L-Mull, F-Mull sowie vereinzelt mullartiger Moder angesprochen. Für 12 der 21 Untersuchungsflächen liegen zudem Tongehaltsbestimmungen des Oberbodens (0–30 cm) vor (TALKNER et al. im Druck).

Auf Basis der Vegetationsaufnahmen wurden die mittleren qualitativen Zeigerwerte für Feuchte, Temperatur und Kontinentalität nach ELLENBERG et al. (2001) bestimmt sowie die Waldgesellschaften angesprochen (MÖLDER et al. 2006). Gehölze wurden bei diesen Auswertungen nicht berücksichtigt.

Über der Bodenvegetation jeder Vegetationsaufnahmefläche wurde durch 200 systematische Einzelmessungen an Tagen mit gleichmäßig bewölktem Himmel die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) mit LI-190 Quantum-Sensoren (Licor, Nebraska, USA) bestimmt. Je Einzelmessung wurde die relative Strahlungsintensität berechnet [PAR Bestand / PAR nächste Freifläche*100]. Für jede Untersuchungsfläche wurden Mittelwerte der in diesem Absatz genannten Bestandesparameter bestimmt (Tab. 1).

2.3. Statistische Auswertung

Regressionsanalysen der Daten wurden mit Statistica 6.1 (STATSOFT, 2004) durchgeführt. Der Vergleich der mittleren Artenprofilindizes erfolgte nach Prüfung von Gesamteffekten (Kruskal-Wallis-H-Test) mittels Mann-Whitney-U-Test.

3. Ergebnisse

3.1. Literaturstudie (inklusive Hainich)

Die Winterlinde kommt im subkontinental beeinflussten südöstlichen Hainich in der Baumschicht aller dem *Stellario-Carpinetum* zugeordneten Vegetationsaufnahmen vor (Tab. 2). In den subkontinentalen bis kontinental geprägten Eichen-Hainbuchen-Wäldern Mittelthüringens erreicht sie mehr als 80 % Stetigkeit in der Baumschicht. Im Kottenforst in der Niederrheinischen Bucht, die auf der Leeseite der Eifel liegt und daher trotz relativer Meeresnähe subkontinental getönt ist, beträgt die Stetigkeit der Winterlinde 83 %. Im kontinental getönten Hakel und subkontinental getönten Unteren Eichsfeld weist *T. cordata* Stetigkeiten von 32 % bzw. 35 % auf. Mit zunehmender Ozeanität, steigenden Niederschlägen und sinkendem Klimaquotienten wird der Winterlindenanteil deutlich geringer: *T. cordata* ist in Aufnahmen aus Süd- und Ostniedersachsen sowie dem nördlichen Harz-

Tabelle 1: Zusammensetzung der Baumschicht und Standortsfaktoren der Untersuchungsflächen im Hainich
Waldgesellschaften: GF = *Galio-Fagetum*, HF = *Hordelymo-Fagetum*, SC = *Stellario-Carpinetum*. Die Anordnung der Untersuchungsflächen folgt den Waldgesellschaften und innerhalb jeder Waldgesellschaft dem Lindenanteil. Prozentuale Angaben für die Hauptbaumarten in der Baumschicht beziehen sich auf die Anteile an der Stammzahl. n.v. = keine Daten verfügbar. * = Daten von TALKNER et al. (im Druck).

Table 1: Tree-layer composition and site factors of the Hainich research sites
Forest communities: GF = *Galio-Fagetum*, HF = *Hordelymo-Fagetum*, SC = *Stellario-Carpinetum*. Ranking of research sites follows the forest communities and within each forest community it follows the proportion of *Tilia cordata*. Percentage data of the main tree species in the canopy layer refer to stem number proportions.
n.v. = no data available. * = data from TALKNER et al. (in press).

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Waldgesellschaft	GF	GF	GF	GF	GF	GF	HF	HF	HF	HF	HF	HF	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
Stammzahl pro ha	216	220	240	360	776	512	428	224	368	212	412	436	532	660	332	392	484	468	324	340	488
Tilia cordata [%]	0,0	0,0	0,0	3,3	5,7	8,6	0,0	3,6	5,4	5,7	13,6	22,0	2,3	9,1	22,9	24,5	25,6	30,8	35,8	40,0	41,8
Fagus sylvatica [%]	83,3	100,0	96,7	67,8	73,7	87,5	93,5	87,5	73,9	64,2	75,7	47,7	59,4	60,6	2,4	3,1	13,2	41,9	3,7	0,0	36,1
Acer pseudoplatanus [%]	0,0	0,0	1,7	13,3	1,5	0,0	1,9	5,4	3,3	1,9	2,9	1,8	1,5	1,8	1,2	2,0	3,3	3,4	0,0	4,7	3,3
Fraxinus excelsior [%]	0,0	0,0	0,0	2,2	12,9	1,6	1,9	0,0	9,8	0,0	2,9	13,8	33,1	24,2	13,3	7,1	28,1	16,2	16,0	12,9	7,4
Tilia platyphyllos [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	1,0	11,0	1,5	3,0	41,0	42,9	12,4	3,4	16,0	27,1	3,3
Acer platanoides [%]	1,9	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	3,6	6,5	0,0	2,9	3,7	0,8	0,6	6,0	4,1	1,7	0,9	2,5	0,0	5,7
Carpinus betulus [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,8	0,0	0,0	0,0	0,6	10,8	9,2	9,1	3,4	12,3	4,7	0,8
Quercus petraea [%]	14,8	0,0	1,7	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Artenprofilindex A	1,14	0,00	0,43	2,72	2,46	0,99	0,77	1,97	2,67	2,02	2,27	3,35	2,72	2,96	3,41	4,43	4,92	3,16	3,27	3,82	3,75
Derbholzvolumen [m³]	665	664	672	566	561	612	706	754	413	710	477	386	480	436	405	429	376	457	433	395	403
rel. Beleuchtungsstärke [%]	3,5	2,0	2,1	1,1	1,1	1,2	1,0	2,2	1,0	2,4	1,0	0,9	0,8	1,4	1,3	1,4	1,0	0,8	1,7	1,6	1,1
pH H_2O	4,9	4,6	4,8	5,5	5,9	5,1	5,1	5,6	5,6	4,6	5,8	6,1	6,2	6,3	6,5	6,5	6,5	6,7	6,1	6,4	5,8
Streuauflage [cm]	4,5	5,3	4,6	3,1	2,4	4,5	3,8	3,4	2,3	4,5	2,2	2,2	2,8	1,6	1,9	1,9	1,9	2,6	1,9	1,9	2,7
Tongehalt 0-30 cm [%]*	15,1	15,8	n.v.	n.v.	19,6	n.v.	17,6	23,6	n.v.	n.v.	n.v.	24,1	31,5	36,2	24,4	26,2	40,7	32,7	n.v.	n.v.	n.v.
Ellenberg-Zeigerwert Feuchte	4,9	5,2	5,2	5,5	5,3	5,8	5,7	5,4	5,5	5,4	5,3	5,5	5,5	5,4	5,5	5,5	5,4	5,4	5,5	5,4	5,4
Ellenberg-Zeigerwert Temperatur	5,5	5,3	5,3	5,2	5,3	5,2	5,5	5,7	5,5	5,5	5,6	5,5	5,5	5,6	5,5	5,5	5,6	5,5	5,4	5,6	5,6
Ellenberg-Zeigerwert Kontinentalität	3,6	3,7	3,3	3,1	3,5	3,1	3,3	3,6	3,3	3,2	3,7	3,4	3,5	3,6	3,4	3,5	3,6	3,5	3,5	3,6	3,5

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft, www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tabelle 2: Kennwerte zu den in der Literaturstudie untersuchten Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten. Bei den Baumarten sind die Stetigkeiten im jeweiligen Aufnahmekollektiv in Prozent angegeben.
BS = Baumschicht, StS = Strauchschicht. Niederschlags- und Temperaturwerte nach GAUER & ALDINGER (2005); lediglich nach BUTZKE (1979) und nach SCHRAMM (2005; Niederschlagswerte der Hainich-Ostabdachung). Die Nummerierung der Untersuchungsgebiete entspricht Abb. 2.

Table 2: Characteristics of the oak-hornbeam forests analysed in the literature survey. Constancy values of tree species describe the percentage of occurrence in all analysed relevés.
BS = tree layer, StS = shrub layer, Untersuchungsgebiet = investigation area, Klima und Wuchsbezirke = climate and growth region, Klimaquotient = climate quotient, Niederschläge = precipitation, Juli-Temperatur = temperature in July, Anzahl der Aufnahmen = number of relevés. Precipitation and temperature data according to GAUER & ALDINGER (2005); only * according to BUTZKE (1979), and ** according to SCHRAMM (2005; precipitation data from the eastern Hainich). Numbering according to Fig. 2.

Nr.	Untersuchungsgebiet	Klima und Wuchsbezirke (GAUER & ALDINGER, 2005)	Klimaquotient n. ELLENBERG	Niederschläge [mm]	Juli-Temperatur [°C]		*Tilia cordata*	*Fagus sylvatica*	*Carpinus betulus*	*Fraxinus excelsior*	*Quercus robur*	*Quercus petraea*	Anzahl der Aufnahmen	Autor
1	Hakel (nordöstl. Harzvorland)	kontinental getönt	37,5 ↔ 33,4	458 ↔ 538	17,2 ↔ 18,0	BS	32	24	54	11	5	92	37	MICHEL & MAHN 1998
		B.20.2	35,5	498	17,6	StS	22	-	16	3	-	-		
2	Mittelthüringen	subkontinental bis kontinental	36,9 ↔ 26,2	439 ↔ 685	16,2 ↔ 18,0	BS	75-100	25-50	75-100	75-100	75-100	5-25	35	SCHLÜTER 1967
	(nur Stetigkeitsklassen)	B.34.1, 34.2, 34.3	31,6	562	17,1	StS	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.		
3	Kottenforst (bei Bonn)	subkontinental getönt	28,3 ↔ 27,6*	600 ↔ 650*	17,0 ↔ 18,0*	BS	83	100	100	8	100		12	BUTZKE 1979
		B.43.2	28,0*	625*	16,7*	StS	75	67	42	-	-	-		
4	Unteres Eichsfeld	subkontinental getönt	26,6 ↔ 22,5	608 ↔ 760	16,2 ↔ 17,1	BS	35	16	36	13	64	33	55	BLOSAT & SCHMIDT 1975
		B.37.9	24,6	684	16,7	StS	42	18	51	7	7	-		
5	Hainich	subatlantisch, subkont. Einfluss	25,0 ↔ 24,6	600 ↔ 670**	15,0 ↔ 16,5	BS	100	67	67	100	22		9	MÖLDER et al. 2006, 2008a
		B.37.23	24,8	635**	15,8	StS	78	22	-	22	-	-		
6	Südniedersachsen	subatlantisch, subkont. Einfluss	27,1 ↔ 18,6	581 ↔ 939	15,8 ↔ 17,5	BS	15	51	85	52	81	6	217	DIERSCHKE 1986
		B.37.6, 37.7, 37.8, 37.9	22,9	760	16,7	StS	6	27	10	6		-		
7	Ostniedersachsen	subatlantisch, subkont. Einfluss	32,6 ↔ 24,6	512 ↔ 723	16,7 ↔ 17,8	BS	4	57	74	13	98	14	100	SOMMER 1971
		B.18.2, 18.3	28,6	618	17,3	StS	2	15	21	7	3	1		
8	Lipper Bergland	subatlantisch, subkont. Einfluss	21,0 ↔ 17,3	752 ↔ 1003	15,8 ↔ 17,4	BS		100	25	50	100		4	GOLISCH 1996
		B.17.2	19,2	878	16,6	StS	-		-		-	-		
9	Harz (tiefere Lagen bis 450 m)	subatlantisch, subkont. Einfluss	28,4 ↔ 13,2	506 ↔ 1295	14,4 ↔ 17,2	BS		56	67		6	65	48	PFLUME 1999
		B.36.1, 36.7, 36.8, 36.9, 36.10	20,9	901	15,8	StS	-	23	25	-	4	6		
10	nördliches Harzvorland	subatlantisch	34,5 ↔ 18,4	457 ↔ 956	15,8 ↔ 17,6	BS	6	49	91	20	77	23	35	ZACHARIAS 1996
		B17.5, B19.4	26,5	707	16,7	StS	5	20	14	-	-	-		
11	südwestlicher Harz	subatlantisch	17,6 ↔ 12,8	818 ↔ 1295	14,4 ↔ 16,6	BS		71	81	29	52	24	21	SEIFARTH 1988
		B.36.1	15,2	1057	15,5	StS	-	-	-	10	-	-		
12	Osnabrücker Osning	subatlantisch	23,8 ↔ 18,1	694 ↔ 959	16,5 ↔ 17,4	BS		96	96	65	96		26	BURRICHTER 1953
		B17.1	21,0	827	17,0	StS	-	96	88	46	54	-		
13	Münsterland	atlantisch	23,5 ↔ 20,5	718 ↔ 858	16,9 ↔ 17,6	BS		57	100	29	100		109	LOHMEYER 1967
		B16.2	22,0	788	17,3	StS	-	18	28	6		-		
14	Hasbruch (bei Bremen)	atlantisch	23,4 ↔ 21,1	698 ↔ 813	16,4 ↔ 17,2	BS		84	97	24	58		38	SOYKA 1998, SCHMIDT 2000
		B.15.1	22,3	756	16,8	StS	-	79	50	21	-	-		
15	Bentheimer Wald	atlantisch	23,0 ↔ 21,0	747 ↔ 854	17,2 ↔ 18,0	BS		77	100	9	100		22	POTT & BURRICHTER 1983
	(bei Bad Bentheim)	B16.1	22,1	801	17,6	StS	-	59	100	23	45	-		

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft, www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

vorland noch mit bis zu 15 % Stetigkeit beteiligt, um dann im Harz, Lipper Bergland, Osnabrücker Osning, Münsterland, in der Grafschaft Bentheim sowie im Urwald Hasbruch zwischen Oldenburg (Oldb.) und Bremen gänzlich zu fehlen. Die Rotbuche ist in allen aufgeführten Eichen-Hainbuchen-Wäldern in der Baumschicht vertreten, am schwächsten mit weniger als 25 % Stetigkeit im Hakel und Unteren Eichsfeld. In den übrigen Aufnahmen weist *F. sylvatica* Stetigkeiten von mehr als 45 % auf, im Lipper Bergland und in der Niederrheinischen Bucht kommt sie in allen Aufnahmen vor.

3.2. Fallstudie Hainich

3.2.1. Waldgesellschaften

Auf Basis der Vegetationsaufnahmen können neun Untersuchungsflächen dem *Stellario-Carpinetum* zugeordnet werden, die übrigen zwölf Untersuchungsflächen gehören zu gleichen Teilen dem *Hordelymo-* und dem *Galio-Fagetum* an. Innerhalb des *Stellario-Carpinetum* erreicht die Winterlinde eine Stetigkeit von 100 %, im *Hordelymo-Fagetum* sind es 50 % und im *Galio-Fagetum* 33 %. Demgegenüber beträgt die Stetigkeit der Rotbuche sowohl im *Galio-* als auch im *Hordelymo-Fagetum* 100 % und im *Stellario-Carpinetum* 67 %. Die dem *Stellario-Carpinetum* zugeordneten Untersuchungsflächen weisen im Mittel einen signifikant höheren Artenprofilindex auf als die dem *Hordelymo-* und *Galio-Fagetum* angehörigen Flächen (Abb. 3).

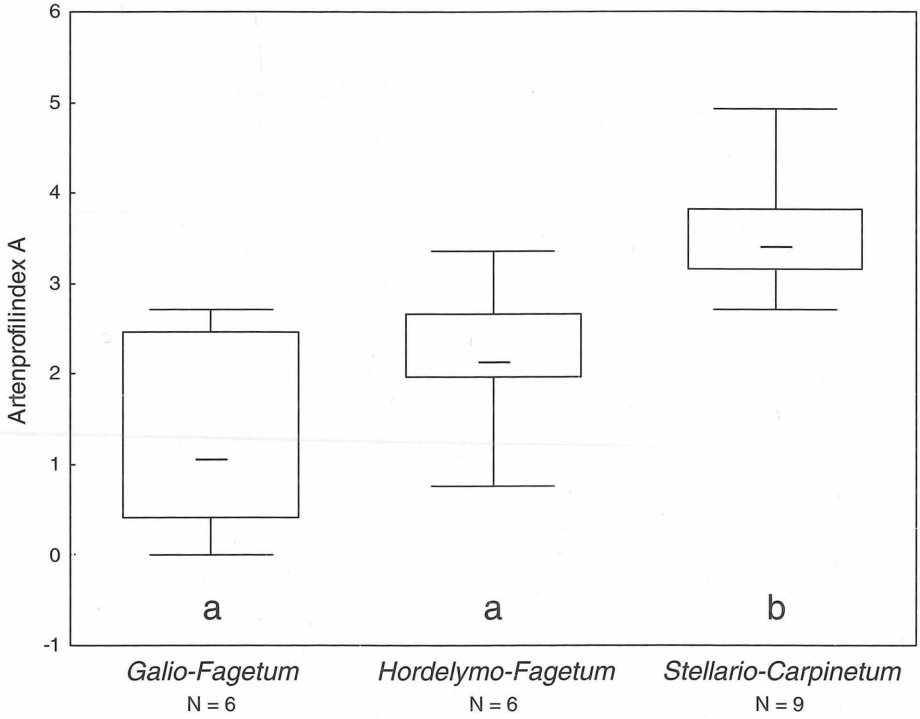

Abb. 3: Artenprofilindex A (nach PRETZSCH 1996) in den drei Waldgesellschaften des Hainichs, dargestellt als Box-Whisker-Plots. Signifikante Unterschiede zwischen den Waldgesellschaften sind durch Kleinbuchstaben gekennzeichnet ($p < 0{,}01$). N = Anzahl der Untersuchungsflächen pro Waldgesellschaft.

Fig. 3: Species profile index A (according to PRETZSCH 1996) of the three forest communities in the Hainich, presented as Box-and-Whisker plots. Plots that do not share the same letter differ significantly ($p < 0.01$). N = Number of research sites per forest community.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

3.2.2. Beziehungen zwischen Bestandesparametern und Winterlinden- sowie Buchenabundanz

Während zwischen dem Winterlindenanteil an der Baumschicht und den Parametern Artenprofilindex, pH-Wert sowie Tongehalt des Oberbodens signifikant positive Beziehungen bestehen, ist der Buchenanteil an der Baumschicht signifikant negativ mit diesen Parametern korreliert (Tab. 3). Andererseits finden sich zwischen dem Buchenanteil und den Parametern Derbholzvolumen sowie Mächtigkeit der Streuauflage signifikant positive Zusammenhänge, die Beziehung zwischen dem Winterlindenanteil und diesen Parametern ist signifikant negativ. Zwischen den Anteilen beider Baumarten und der relativen Beleuchtungsstärke sowie den Zeigerwerten für Feuchte, Temperatur und Kontinentalität bestehen keine signifikanten Korrelationen.

4. Diskussion

4.1. Literaturstudie

In der Literaturstudie konnten entlang des Klimagradienten zwischen Mittel- und Nordwestdeutschland gegenläufige Abundanzen von Winterlinde und Rotbuche festgestellt werden. Mit zunehmender Ozeanität, steigenden Niederschlagsmengen und sinkendem Klimaquotienten nimmt die Stetigkeit der teils subozeanisch, hauptsächlich aber subkontinental-kontinental verbreiteten Winterlinde ab (POCKBERGER 1967, KOSS 1982, PIGOTT 1991). Demgegenüber gewinnt die im Gegensatz zur Winterlinde in allen betrachteten Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten vorkommende Buche mit zunehmender Ozeanität an Stetigkeit und Konkurrenzstärke (POCKBERGER 1967, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009). Im Gegensatz

Tabelle 3: Korrelationen zwischen den Baumschichtanteilen von *Tilia cordata* und *Fagus sylvatica* und den Bestandesparametern
N = Anzahl der in die Regressionen eingegangenen Untersuchungsflächen. = p ≤ 0,001; = p ≤ 0,01; = p ≤ 0,05; n.s. = p > 0,05.

Table 3: Correlations between tree-layer percentages of *Tilia cordata* and *Fagus sylvatica* and stand parameters
N = Number of research sites included in the regression, Artenprofilindex = species profile index, Derbholzvolumen = tree layer volume, relative Beleuchtungsstärke = relative irradiance, Streuauflage = litter layer thickness, pH-Wert = pH value, Tongehalt = clay content, Ellenberg-Zeigerwert für Feuchte (Temperatur, Kontinentalität) = Ellenberg indicator value for moisture (temperature, continentality) *** = p ≤ 0.001, = p ≤ 0.01, = p ≤ 0.05, n.s. = p > 0.05.

		Tilia cordata			*Fagus sylvatica*		
	N	F-Wert	r	p-Wert	F-Wert	r	p-Wert
Artenprofilindex	21	**24,37**	**0,75**	**<0,000 *****	**58,76**	**-0,87**	**<0,000 *****
Derbholzvolumen	21	**22,26**	**-0,73**	**<0,000 *****	**26,63**	**0,76**	**<0,000 *****
relative Beleuchtungsstärke	21	2,09	-0,31	0,165 n.s.	1,25	0,28	0,442 n.s.
Streuauflage	21	**11,79**	**-0,62**	**0,003 ****	**21,60**	**0,73**	**<0,000 *****
pH-Wert 0-10 cm	21	**16,10**	**0,68**	**0,001 *****	**30,19**	**-0,78**	**<0,000 *****
Tongehalt 0-30 cm	12	**5,11**	**0,58**	**0,047 ***	**5,02**	**-0,58**	**0,049 ***
Ellenberg-Zeigerwert für Feuchte	21	0,93	0,22	0,347 n.s.	0,97	-0,22	0,337 n.s.
Ellenberg-Zeigerwert für Temperatur	21	1,85	0,30	0,189 n.s.	2,18	-0,32	0,156 n.s.
Ellenberg-Zeigerwert für Kontinentalität	21	1,52	0,27	0,233 n.s.	0,91	-0,21	0,353 n.s.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

zu ELLENBERGS (1996) Schlussfolgerung, dass die Buche bei Klimaquotienten von über 30 geschwächt ist bzw. fehlt, gehen HERTEL et al. (2004) und FRECH (2006) von einer weiteren Standortsamplitude der Buche aus. Diesbezüglich ist es bemerkenswert, dass der Rückgang der Buche unter Mittel- oder gar Niederwaldnutzung im subatlantischen Bereich schwächer ausgeprägt ist als unter subkontinentalen Klimabedingungen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2009).

Auffallend ist, dass die Winterlinde in denjenigen Eichen-Hainbuchen-Wäldern, die in subatlantischen Klimaräumen mit subkontinentalem Einfluss stocken, teils in allen (Hainich), teils in wenigen (Südniedersachsen, Ostniedersachsen) und teils in keinen Vegetationsaufnahmen (Lipper Bergland, niedere Harzlagen) vorkommt. Dies kann durch den besonderen Übergangscharakter der entsprechenden Wuchsbezirke erklärt werden, in denen sowohl Winterlinde als auch Buche vom Klima her gut gedeihen können, so dass dann eher edaphische und anthropogene Einflüsse über die Baumartenzusammensetzung entscheiden (POCKBERGER 1967, PIGOTT 1991, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009). Gleiches gilt auch für das benachbarte subatlantisch geprägte nördliche Harzvorland, wo außerhalb des Staubereiches des Harzes subkontinentale Einflüsse wirksam werden, was durch einen recht hohen Klimaquotienten von 26,5 zum Ausdruck kommt. Nach POCKBERGER (1967) soll die Winterlinde insbesondere im westlichen Kalkhügelland Thüringens und Sachsen-Anhalts durch einseitige Nutzung und Buchenaufforstung zurückgedrängt worden sein.

Im nordwestdeutschen Flachland, Osnabrücker Osning und in der Westfälischen Bucht kommt die Winterlinde höchstwahrscheinlich nicht natürlich vor (PIGOTT 1991, WEBER 1995). Lediglich im Wildenloh bei Oldenburg (Oldb.) gibt es ein *T. cordata*-Reliktvorkommen, das als autochthon angesehen wird (HESMER & SCHROEDER 1963). Allerdings verwischen in diesem Bereich zahlreiche gepflanzte Winterlinden das natürliche Verbreitungsbild, und der floristische Status vieler Vorkommen lässt sich heute kaum ermitteln (GARVE 2007). Ein besonders bemerkenswertes Vorkommen der Winterlinde ist dasjenige im Kottenforst bei Bonn, von dem BUTZKE (1979) annimmt, dass es natürlich sei, was aus heutiger Sicht aber zweifelhaft erscheint. Ebenso wie im Hainich handelt es sich beim Kottenforst um ehemalige Mittelwaldbestände mit periodisch staunassen Böden, auf denen sowohl *T. cordata* als auch *F. sylvatica* gut gedeihen (BUTZKE 1979). Auch hier wird die Buche die Winterlinde zurückdrängen, wenn die Bestandesentwicklung nicht waldbaulich zugunsten der Winterlinde beeinflusst wird.

4.2. Fallstudie Hainich

Durch die Fallstudie Hainich können weiterführende Betrachtungen zur Abhängigkeit der Winterlinde von edaphischen und anthropogenen Faktoren gemacht werden. Die hier untersuchten Bestände liegen alle in dem durch die Literaturstudie identifizierten Bereich, wo sowohl Winterlinde als auch Buche gut gedeihen können. Jedoch erreicht die Winterlinde nur im *Stellario-Carpinetum* eine Stetigkeit von 100 %. Untersuchungsflächen mit Beständen des *Stellario-Carpinetum* weisen dabei einen signifikant höheren Artenprofilindex auf als Flächen, die dem *Hordelymo-* und *Galio-Fagetum* angehören.

Trotz der offensichtlichen Annäherung an urwaldähnliche Verhältnisse finden sich in den Eichen-Hainbuchen-Wäldern des Hainichs Hinweise auf die frühere Mittel- und Plenterwaldwirtschaft: geringe Holzvorräte, eine starke Besetzung der mittleren und unteren Baumschicht sowie eine breite Altersklassenspanne (SCHMIDT et al. 2009, MÖLDER et al. 2009). Zugleich steigen parallel zum zunehmenden Strukturreichtum in der Baumschicht der Tongehalt des Bodens und der Anteil der Winterlinde an, während der Buchenanteil abnimmt. Dass die Buche auch in Gebieten, in denen sie natürlicherweise vorherrscht, von langjährigem Mittelwaldbetrieb zurückgedrängt werden kann, wurde vielfach beschrieben (u. a. GEB et al. 2004, STEGMANN & SCHMIDT 2005).

Einen größeren Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung im Hainich übt aber möglicherweise der Tongehalt des Bodens aus, auch wenn sich die Untersuchungsflächen hinsichtlich der ökologischen Feuchtestufe kaum unterscheiden. Erhöhte Tongehalte bedingen eine größere Wechselfeuchte insbesondere der tieferen Bodenhorizonte, worauf die Buche

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

empfindlicher als andere Baumarten reagiert (MEYER et al. 2000, SCHMIDT 2000, CZAJKOWSKI et al. 2006). Die Winterlinde gilt dagegen als eine Baumart, die auf schweren und schlecht durchlüfteten Tonböden gut gedeiht und an Konkurrenzkraft gewinnt (MEUSEL 1935, HESMER 1960, HOFMANN 1963, POCKBERGER 1967, SCHLÜTER 1968, PIGOTT 1991). Diese enge Bindung zwischen der Winterlinde, dem Tongehalt, der Staunässe und der Wechselfeuchte der Böden ist auch aus anderen lindenreichen Eichen-Hainbuchen-Wäldern bekannt (HESMER 1960, SCHLÜTER 1968, BUTZKE 1979, PIGOTT 1991). Die Winterlinde erreicht auf den Untersuchungsflächen im Hainich jedoch nicht die von BÖCKMANN (1991) beschriebenen Maximalhöhen und -volumina. Bereits MEUSEL (1951/52) stellte diesbezüglich fest, dass die Winterlinde im mitteldeutschen *Stellario-Carpinetum* aufgrund besonderer edaphischer und klimatischer Bedingungen selten die obere Baumschicht erreicht und nur geringe Holzqualitäten liefert.

Im Hainich (MÖLDER et al. 2006), wie auch in Südniedersachsen (DIERSCHKE 1985, 1986), sind die Eichen-Hainbuchen-Wälder pflanzensoziologisch wenig scharf von den artenreichen Buchenwäldern getrennt. Vermutlich bildet der östliche Hainich bereits einen Übergangsbereich zu natürlichen Eichen-Hainbuchen-Wäldern als zonale Vegetation, wie sie im Thüringer Becken vorkommen bzw. vermutet werden (SCHLÜTER 1967, 1968, BOHN et al. 2003). Diese Übergangssituation zwischen dem subatlantischen Rotbuchengebiet und den lindenreichen, subkontinentalen Eichen-Hainbuchen-Wäldern ist dabei sicher ein weiterer Grund für das ausgeprägte Nebeneinander unterschiedlich baumartenreicher Waldgesellschaften auf den Untersuchungsflächen am Ostrand des Hainichs. Zusammenhänge zwischen Baumschichtanteilen von Winterlinde und Buche und den Zeigerwerten für Temperatur und Kontinentalität konnten dort allerdings nicht gefunden werden, was nicht weiter überrascht, da die Untersuchungsflächen räumlich nahe beieinander liegen. Der natürliche Übergangscharakter wird sicher durch die unterschiedlichen Tongehalte des Bodens und damit verbundene Feuchteunterschiede sowie die frühere anthropogene Nutzung verstärkt. Das fast durchgehende Auftreten von Buchennaturverjüngung in den Eichen-Hainbuchen-Wäldern des Hainichs (MÖLDER et al. 2006; MÖLDER et al. 2009) lässt jedoch vermuten, dass sich die Buche auch hier bei fehlenden forstlichen Eingriffen auf Kosten anderer Baumarten ausbreiten dürfte. Dies ist bereits in vielen durchgewachsenen Mittelwäldern Mitteleuropas zu beobachten, in denen anthropogen entstandene Carpineten die naturnahen Buchenwälder ersetzten (BLOSAT & SCHMIDT 1975, DIERSCHKE 1985, 1986, GEB et al. 2004, STEGMANN & SCHMIDT 2005, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009).

Entscheidend für die zukünftige Waldstruktur und Baumartenzusammensetzung im Nationalpark Hainich werden neben den standörtlichen und historischen Gegebenheiten auch der Schalenwildeinfluss sowie die Intensität und Häufigkeit von Sturmereignissen und Trockenperioden sein (SCHMIDT 1998, FRECH 2006, GILL 2006, MÖLDER et al. 2009). Im Gegensatz zu Linden, Hainbuche und Edellaubhölzern wird die Buche weniger häufig verbissen, wenn es hochwertigere Nahrungsalternativen gibt (ELLENBERG jun. 1988, GILL 2006, MÖLDER et al. 2009). Großflächige Störungen können Baumarten wie Winterlinde, Esche und Ahorn einen Wuchsvorsprung gegenüber der Buche verschaffen (LAMBERTZ & SCHMIDT 1999, KOMPA 2004).

Die Streuauflage und der pH-Wert des Oberbodens auf den Untersuchungsflächen im Hainich werden maßgeblich von Baumarteneffekten geprägt (MÖLDER et al. 2008a). Vor allem *F. sylvatica* wirkt hier als „Ökosystemingenieur" (SCHMIDT 2007): Buchenstreu ist aufgrund ihrer hohen Ligningehalte meist schwer zersetzbar und kann dicke Streuauflagen bilden (KRAUSS 1926), die zu einer Absenkung der pH-Werte führen (NORDÉN 1994, AUGUSTO et al. 2002, SCHMIDT & STREIT 2008). Demgegenüber bildet insbesondere die schnell zersetzbare Streu von *T. cordata* dünnere Streuauflagen und bedingt höhere pH-Werte sowie eine größere Basensättigung im Oberboden (PIGOTT 1991, AUGUSTO et al. 2002, AUBERT et al. 2004, VAN OIJEN et al. 2005, HOMMEL et al. 2007). Sowohl die Krautschichtdiversität und -produktivität (MÖLDER et al. 2008a, 2008b) als auch die Verjüngungsdiversität (MÖLDER et al. 2009) profitieren im Hainich von den guten Oberbodenbedingungen auf den winterlindenreichen Untersuchungsflächen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Mit Werten von 0,8 bis 3,5 % der Freilandhelligkeit sind alle untersuchten Bestände sehr dunkel (MÖLDER et al. 2008a, ELLENBERG & LEUSCHNER 2009). Auswirkungen unterschiedlicher Baumschichtanteile von Winterlinde und Buche auf den Lichtgenuss am Waldboden sind im Hainich nicht feststellbar. Auch HAGEMEIER (2001) fand unter beiden Schlussbaumarten nur relative Beleuchtungsstärken um 1,4 %, während es in Eichen- und Pionierwäldern deutlich heller war.

5. Schlussfolgerungen

In der Literaturstudie konnten gegenläufige Abundanzen von Winterlinde und Rotbuche entlang des Klimagradienten zwischen Mittel- und Nordwestdeutschland festgestellt werden. Mit zunehmender Ozeanität, steigenden Niederschlagsmengen und sinkendem Klimaquotienten nimmt die Stetigkeit der Winterlinde ab, demgegenüber gewinnt die im Gegensatz zur Winterlinde in allen betrachteten Eichen-Hainbuchen-Waldgebieten vorkommende Buche mit zunehmender Ozeanität an Stetigkeit. Die Winterlinde kommt in denjenigen Eichen-Hainbuchen-Wäldern, die in subatlantischen Klimaräumen mit subkontinentalem Einfluss stocken, teils in allen, teils in wenigen und teils in keinen Vegetationsaufnahmen vor. Dies kann durch den klimatisch besonderen Übergangscharakter der entsprechenden Wuchsbezirke erklärt werden, in denen sowohl Winterlinde als auch Buche vom Klima her gut gedeihen können, so dass dann eher edaphische und anthropogene Einflüsse die Baumartenzusammensetzung bedingen. Im atlantisch geprägten nordwestdeutschen Flachland und in der Westfälischen Bucht kommt die Winterlinde höchstwahrscheinlich nicht natürlich vor, allerdings verwischen in diesem Bereich zahlreiche gepflanzte Winterlinden das natürliche Verbreitungsbild.

Wie in der Fallstudie gezeigt wurde, sind im subkontinental beeinflussten Hainich Bestände des *Stellario-Carpinetum* durch eine ausgeprägtere Vertikalstruktur der Baumschicht charakterisiert als Bestände, die dem *Hordelymo-* und *Galio-Fagetum* angehören. Dies weist auf eine frühere Plenter- und vor allem Mittelwaldnutzung in diesen Eichen-Hainbuchen-Wäldern hin, wobei letztere die Linde fördert und die Buche zurückdrängt. Einen größeren Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung im Hainich übt aber möglicherweise der Tongehalt des Bodens aus. Erhöhte Tongehalte resultieren in einer größeren Wechselfeuchte insbesondere der tieferen Bodenhorizonte, worauf die Buche im Gegensatz zur Winterlinde empfindlich reagiert. Obwohl im östlichen Hainich die Eichen-Hainbuchen-Wälder pflanzensoziologisch wenig scharf von den artenreichen Buchenwäldern getrennt sind, ist es doch sehr wahrscheinlich, dass dieses Gebiet bereits einen natürlichen Übergangsbereich zu echten Eichen-Hainbuchen-Wäldern der zonalen Vegetation darstellt. Im Hainich können positive Effekte eines zunehmenden Winterlindenanteils auf den Bodenzustand festgestellt werden, auch wenn die Abnahme des Buchenanteils hier möglicherweise entscheidender ist.

6. Waldbauliche Schlussbemerkungen

In Zeiten des Klimawandels wird vielerorts insbesondere aus Gründen der Risikominimierung die Entwicklung von Laubmischwäldern forciert (KNOKE et al. 2005, SPIECKER 2006). Unter diesen Vorzeichen ist es äußerst wünschenswert, auch die Winterlinde, die jahrzehntelang ein waldbauliches Schattendasein geführt hat, wieder in den Fokus der Forstwirtschaft zu rücken. Die Vielzahl von günstigen Eigenschaften wie Schattentoleranz, Erzeugung nährstoffreicher Streu, Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit sowie Unempfindlichkeit gegenüber Staunässe und Sommertrockenheit (HESMER 1960, POCKBERGER 1967, KOSS 1982, NORDÉN 1994, VAN OIJEN et al. 2005, HOMMEL et al. 2007) macht *T. cordata* zu einer wertvollen Begleitbaumart. So ist die Winterlinde insbesondere auf gleyartigen, staunassen Böden sehr viel besser zur Schaftpflege von Stieleichen geeignet als die staunässempfindliche Buche und die stark unter Wildverbiss leidende Hainbuche (HESMER 1960, KOSS 1982, GILL 2006).

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Danksagung

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Graduiertenkollegs 1086 „Die Bedeutung der Biodiversität für Stoffkreisläufe und biotische Interaktionen in temperaten Laubwäldern" finanziell unterstützt. Mascha Jacob und Karl-Maximilian Daenner sei für die Bereitstellung zahlreicher Baumschichtdaten aus dem Hainich gedankt, Ulrike Talkner für Angaben zu den Tongehalten. Für die Hilfe bei der Feldarbeit und Datenauswertung möchten wir Andrea Bauer, Christoph Fischer, Andreas Parth, Heiko Rubbert und Inga Schmidt unseren Dank aussprechen. Ginamarie Gemma Lopez korrigierte den englischen Text.

Literatur

AUBERT. M., BUREAU, F., ALARD, D. & BARDAT, J. (2004): Effect of tree mixture on the humic epipedon and vegetation diversity in managed beech forests (Normandy, France). – Can. J. For. Res. 34: 233–248.

AUGUSTO, L., RANGER, J., BINKLEY, D. & ROTHE, A. (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. – Ann. For. Sci. 59: 233–253.

BLOSAT, P. & SCHMIDT, W. (1975): Laubwaldgesellschaften im Unteren Eichsfeld. – Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 18: 239–257.

BÖCKMANN, T. (1991): Ertragstafel für Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.) in Niedersachsen und Nordhessen. – Allg. Forst- Jagdztg. 162: 28–34.

BOHN, U., GOLLUB, G., HETTWER, C., NEUHÄUSLOVÁ, Z., SCHLÜTER, H., & WEBER, H. (Edit.) (2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas. – Landwirtschaftsverlag, Münster: 655 S.

BURRICHTER, E. (1953): Die Wälder des Meßtischblattes Iburg, Teutoburger Wald. Eine pflanzensoziologische, ökologische und forstkundliche Studie. – Abh. Landesmus. Naturk. Münster (Westf.) 15: 1–91.

BUTZKE, H. (1979): Bodenkundliche und vegetationskundliche Untersuchungen in den lindenreichen Stieleichen-Hainbuchenwäldern (*Stellario-Carpinetum*) der südlichen Niederrheinischen Bucht. – Phytocoenologia 6: 403–423.

CZAJKOWSKI, T., KOMPA, T. & BOLTE, A. (2006): Zur Verbreitungsgrenze der Buche (*Fagus sylvatica* L.) im nordöstlichen Mitteleuropa. – Forstarchiv 77: 203–216.

DIERSCHKE, H. (1985): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen in Wäldern Süd-Niedersachsens. II. Syntaxonomische Übersicht der Laubwald-Gesellschaften und Gliederung der Buchenwälder. – Tuexenia 5: 491–521.

– (1986): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen in Wäldern Süd-Niedersachsens. III. Syntaxonomische Gliederung der Eichen-Hainbuchenwälder, zugleich eine Übersicht der *Carpinion*-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. – Tuexenia 6: 299–323.

ELLENBERG jun., H. (1988): Eutrophierung – Veränderungen der Waldvegetation – Folgen für den Rehwildverbiss und dessen Rückwirkungen auf die Vegetation. – Schweiz. Z. Forstwes. 4: 171–186.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 5. verb. Aufl. – Ulmer, Stuttgart: 1096 S.

WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scr. Geobot. 18: 1–264.

– & LEUSCHNER, C. (2009): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. vollständig neu bearbeitete Auflage von C. Leuschner. – Ulmer, Stuttgart: 1300 S.

FABRIKA, M. (2003): Rastový simulátor SIBYLA a možnosti jeho uplatnenia pri obhospodarovaní lesa. – Lesnícky časopis 49: 135–151.

FRECH, A. (2006): Walddynamik in Mischwäldern des Nationalparks Hainich. Untersuchung der Mechanismen und Prognose der Waldentwicklung. – Ber. Forsch.zent. Waldökosyst. (Reihe A) 196: 1–120.

GARVE, E. (2007) (Edit.): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. – Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. 43: 1–507.

GAUER, J. & ALDINGER, E. (Edit.) (2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. – Mitt. Ver. forstl. Standortskd. Forstpflanzenzücht. 43: 1–324.

GEB, M., SCHMIDT, W. & MEYER, P. (2004): Das Mittelwaldprojekt Liebenburg – Entwicklung der Bestandesstruktur. – Forst Holz 59: 567–573.

GILL, R. M. A. (2006): The influence of large herbivores on tree recruitment and forest dynamics. – In: DANELL, K., BERGSTROM, R., DUNCAN, P. & PASTOR, J. (Edit.): Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation: 170–202. Cambridge University Press, Cambridge.

GOLISCH, A. (1996): Buchenwälder im Kreis Lippe (NRW) mit einer Übersicht über die *Querco-Fagetea*. – Tuexenia 16: 3–24.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

HAGEMEIER, M. (2001): Funktionale Kronenarchitektur mitteleuropäischer Baumarten am Beispiel von Hängebirke, Waldkiefer, Traubeneiche, Hainbuche, Winterlinde und Rotbuche. – Diss. Bot. 361: 1–154.

HERTEL, D., CONERS, H., MUHS, A., SCHIPKA F. & STROBEL J. (2004): Zur Trockenheitsgrenze der Buche in Mittel- und Ostdeutschland: Eine ökosystemare Transektstudie an unterschiedlich wasser- und nährstoffversorgten Buchen-Altbeständen. – Ber. Landesamt Umw.schutz Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2: 28–37.

HESMER, H. (1960): Unterbauversuche mit Winterlinde, Buche und Hainbuche in verschiedenen Verbänden unter Stieleichenstangenholz. – Forstarchiv 31: 185–192.

– & SCHROEDER, F. G. (1963): Waldzusammensetzung und Waldbehandlung im Niedersächsischen Tiefland westlich der Weser und in der Münsterschen Tieflandsbucht bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Forstgeschichtlicher Beitrag zur Klärung der natürlichen Holzartenzusammensetzung und ihrer künstlichen Veränderungen bis in die frühe Waldbauzeit. – Decheniana, Beiheft 11: 1–304.

HOFMANN, G. (1963): Der Hainbuchen-Buchenwald in den Muschelkalkgebieten Thüringens. – Arch. Forstw. 12: 706–716.

HOMMEL, P. W. F. M., DE WAAL, R. W., MUYS, B., DEN OUDEN, J. & SPEK, T. (2007): Terug naar het lindewoud: strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. – KNVV Uitgeverij, Zeist: 72 S.

KNOKE, T., STIMM, B., AMMER, C. & MOOG, M. (2005): Mixed forests reconsidered: a forest economics contribution on an ecological concept. – For. Ecol. Manage. 213: 102–116.

KOMPA, T. (2004): Die Initialphase der Vegetationsentwicklung nach Windwurf in Buchen-Wäldern auf Zechstein- und Buntsandstein-Standorten des südwestlichen Harzvorlandes. – Dissertation Univ. Göttingen.

KOSS, H. (1982): Verbreitung, ökologische Ansprüche und waldbauliche Verwendung der Winterlinde (*Tilia cordata* Mill.). – Forst- Holzwirt 37: 382–385.

KRAUSS, G. A. (1926): Über die Schwankungen des Kalkgehaltes im Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort. – Forstwiss. Cent.bl. 48: 401–429, 452–473.

LAMBERTZ, B. & SCHMIDT, W.: Auflichtungen in Buchen- und Buchenmischbeständen auf Muschelkalk und Buntsandstein – Untersuchungen zur Verjüngungs- und Vegetationsstruktur. – Verh. Ges. Ökol. 29: 81–88.

LOHMEYER, W. (1967): Über den Stieleichen-Hainbuchenwald des Kernmünsterlandes und einige seiner Kontaktgesellschaften. – Schr.reihe Veg.kd. 2: 161–180.

MEYER, P., UNKRIG, W. & GRIESE, F. (2000): Dynamik der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in nordwestdeutschen Naturwäldern. – Forst Holz 55: 470–477.

MEUSEL, H. (1935): Die Waldtypen des Grabfeldes und ihre Stellung innerhalb der Wälder zwischen Main und Werra. – B.B.C. 53: 175–251.

– (1951/52): Die Eichen-Mischwälder des Mitteldeutschen Trockengebietes. – Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg 1: 49–72.

MICHEL, S. & MAHN, E.-G. (1998): Untersuchungen zur Entwicklung der Waldvegetation des Hakels (nordöstliches Harzvorland). – Hercynia N.F. 31: 65–102.

MÖLDER, A., BERNHARDT-RÖMERMANN, M. & SCHMIDT, W. (2006): Forest ecosystem research in Hainich National Park (Thuringia): First results on flora and vegetation in stands with contrasting tree species diversity. – Waldökologie online 3: 83–99.

–, – & – (2008a): Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? – For. Ecol. Manage. 256: 272–281.

–, – & – (2008b): Zur Beziehung zwischen Baumschichtvielfalt und Produktivität der Krautschicht in Laubwäldern. – Nat.schutz Biol. Vielf. 60: 139–144.

–, – & – (2009): Vielfältige Baumschicht – reichhaltige Verjüngung? Zur Naturverjüngung von artenreichen Laubwäldern im Nationalpark Hainich. – Allg. Forst-Jagdztg. 180: 49–60.

NORDÉN, U. (1994): Influence of broad-leaved tree species on pH and organic matter content of forest topsoils in Scania, South Sweden. – Scand. J. For. Res. 9: 1–8.

PFLUME, S. (1999): Laubwaldgesellschaften im Harz. Gliederung, Ökologie, Verbreitung. – Arch. naturw. Diss. 9: 1–238.

PIGOTT, C. D. (1991): *Tilia cordata* Miller. – J. Ecol. 79: 1147–1207.

POCKBERGER, J. (1967): Die Verbreitung der Linde, insbesondere in Oberösterreich. – Mitt. Forstl. Bundes-Vers.anst. Wien 78: 1–160.

POTT, R. & BURRICHTER, E. (1983): Der Bentheimer Wald – Geschichte, Physiognomie und Vegetation eines ehemaligen Hude- und Schneitelwaldes. – Forstwiss. Centralbl. 102: 350–361.

PRETZSCH, H. (1996): Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. – Allg. Forst-Jagdztg. 167: 213–221.

SCHLÜTER, H. (1967): Buntlaubhölzer in collinen Waldgesellschaften Mittelthüringens. – Kulturpflanze (Berlin) 15: 115–138.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

– (1968): Zur systematischen und räumlichen Gliederung des *Carpinion* in Mittelthüringen. – Feddes Repert. 77: 117–141.

SCHMIDT, I., LEUSCHNER, C., MÖLDER, A. & SCHMIDT, W. (2009): Structure and species composition of the seed bank in monospecific and tree species-rich temperate broad-leaved forests. – For. Ecol. Manage. 257: 695–702.

SCHMIDT, W. (1998): Dynamik mitteleuropäischer Buchenwälder – Kritische Anmerkungen zum Mosaik-Zyklus-Konzept. – Nat.schutz Landsch.plan. 30: 242–249.

– (2000): Eiche, Hainbuche oder Rotbuche? – Zur Vegetation und Baumartenzusammensetzung von stau- und grundwasserbeeinflussten Wäldern des nordwestdeutschen Tieflandes. Ergebnisse aus den Naturwäldern Hasbruch und Pretzetzer Landwehr. – Tuexenia 20: 21–43.

– (2007): Ökologische Folgen des Waldumbaus von Fichtenreinbeständen: Die Buche als „Ökosystemingenieur"? – In: NATIONALPARKVERWALTUNG HARZ (Edit.): Walddynamik und Waldumbau in den Entwicklungszonen des Nationalparks: 41–54.

– & STREIT, M. (2008): Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Diversität der Baumschicht und der Bodenvegetation? – Untersuchungen in Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern des Göttinger Waldes (Süd-Niedersachsen). – Waldökol., Landsch.forsch. Nat.schutz 7: 5–19.

SCHRAMM, H. (2005): Naturräumliche Gliederung der Exkursionsgebiete. – In: TLWJF (Edit.): Exkursionsführer zur Tagung der AG Forstliche Standorts- und Vegetationskunde vom 18. bis 21. Mai 2005 in Thüringen: 8–19. TLWJF, Gotha.

SEIFARTH, R. (1988): Laubwaldgesellschaften im Südwest-Harz. – Dipl.-Arb. Univ. Göttingen: 157 S.

SOMMER, W.-H. (1971): Wald- und Ersatzgesellschaften im östlichen Niedersachsen. – Diss. Bot. 12: 1–101.

SOYKA, Y. (1998): Flora und Vegetation im Naturwald Hasbruch. – Dipl.-Arb. Univ. Osnabrück: 106 S.

SPIECKER, H. (2006): Broadleaves for the future – a view from Central Europe. – Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 145: 43–50.

STATSOFT INC. (2004): STATISTICA for Windows, Version 6. – StatSoft, Tulsa, Oklahoma, USA.

STEGMANN, F. & SCHMIDT, W. (2005): Der Northeimer Mittelwald – Wald- und vegetationskundliche Untersuchungen zu einem Naturschutzprojekt. – Gött. Naturk. Schr. 6: 141–158.

TALKNER, U., JANSEN, M. & BEESE, F. O. (im Druck): Soil phosphorus status and turnover in central-European beech forest ecosystems with differing tree species diversity. – Eur. J. Soil Sci., DOI: 10.1111/j.1365–2389.2008.01117.x

VAN OIJEN, D., FEIJEN, M., HOMMEL, P. W. F. M., DEN OUDEN, J. & VAN DER WAAL, B. H. C. (2005): Effects of tree species composition on within-forest distribution of understorey species. – Appl. Veg. Sci. 8: 155–166.

WEBER, H. E. (1995): Flora von Südwest-Niedersachsen und dem benachbarten Westfalen. – Wenner, Osnabrück: 770 S.

ZACHARIAS, D. (1996): Flora und Vegetation von Wäldern der *Querco-Fagetea* im nördlichen Harzvorland Niedersachsens – unter besonderer Berücksichtigung der Eichen-Hainbuchen-Mittelwälder. – Nat.schutz Landsch.pflege Niedersachsen 35: 1–150.

Andreas Mölder
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich WWF-Auen-Institut
Universität Karlsruhe (TH)
Josefstraße 1, D-76437 Rastatt
E-Mail: andreas.moelder@iwg.uni-karlsruhe.de

Markus Bernhardt-Römermann, Wolfgang Schmidt
Abteilung Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen
Georg-August-Universität Göttingen
Büsgenweg 1, D-37077 Göttingen
E-Mail: markus.bernhardt@forst.uni-goettingen.de, wschmid1@gwdg.de

Christoph Leuschner
Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung
Georg-August-Universität Göttingen
Untere Karspüle 2, D-37073 Göttingen
E-Mail: cleusch@gwdg.de

Manuskript eingereicht am 29.09.2008, endgültig angenommen am 18.12.2008.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: NS_29

Autor(en)/Author(s): Mölder Andreas, Bernhardt-Römermann Markus, Leuschner Christoph

Artikel/Article: Zur Bedeutung der Winterlinde (Tilia cordata Mill.) in mittel- und nordwestdeutschen Eichen-Hainbuchen-Wäldern 9-23