

Beziehungen von Bodenpflanzen und Vegetationseinheiten
frühlingsgeophytenreicher Laubmischwälder der Region Hannover
zum pH-Wert und zur Stickstoff-Nettomineralisation des Bodens
(Situation nach Einwirkung des sauren Regens)

Von der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Hannover
zur Erlangung des Grades einer

Doktorin der Naturwissenschaften

Dr. rer. nat.

genehmigte Dissertation

von

Andrea Wundram
geboren am 14.04.1967 in Hannover

2006

Referent: Prof. Dr. H. Möller
Korreferent: Prof. Dr. P. Janiesch
Tag der Promotion: 21.12.2005

Danksagung

Besonders danke ich an dieser Stelle meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. H. Möller, für die Stellung des Themas zu dieser Arbeit. Er hat mich während der gesamten Bearbeitungszeit mit vielen wertvollen Anregungen und Diskussionen begleitet.

Das Institut für Geobotanik der Universität Hannover stellte mir dankenswerterweise einen Laborraum zur Verfügung.

Den umliegenden Forstdienststellen und den privaten Waldbesitzern danke ich für die Erlaubnis zur Entnahme von Bodenproben.

Ferner danke ich Frau Ass' d. Lehramtes M. Grittner und Herrn Dipl.- Ing. R. Gehrke für die Beratung bei Computerproblemen.

Frau StR' E. Matern danke ich für regen fachlichen Gedankenaustausch.

Ganz besonders bedanke ich mich bei Frau Dr. K. Sbrzesny sowohl für die kritischen Überlegungen als auch für die fachkundige Begleitung am Computer zu jeder Tageszeit.

Ohne die Geduld und Unterstützung meiner Eltern hätte ich diese Arbeit nicht leisten können. Danke!

Für Calle

Kurzzusammenfassung

Als Folge der steigenden Industrialisierung kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer gesteigerten Emission von Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxiden (NO_x). Aus der Reaktion dieser und anderer Gase mit Wasser der Atmosphäre entstanden starke Säuren, die hauptsächlich als „saurer Regen“ in die Böden eingetragen wurden.

Die in jüngerer Zeit eingetretenen Veränderungen des Bodens sowie das Stickstoffangebot des Bodens bilden die Grundlage der Untersuchungen zum heutigen standörtlichen Verhalten von Bodenpflanzen und Vegetationseinheiten in frühlingsgeophytenreichen Laubmischwäldern bei Hannover.

Diese Wälder wurden als lokal gefasste, ranglose *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesellschaft betrachtet, die weitgehend dem *Stellario-Carpinetum* (Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wald) entspricht oder diesem nahe steht.

Die Gesamtgesellschaft wurde auf der Grundlage von 190 Vegetationsaufnahmen in zwei Untergesellschaften mit insgesamt 28 enger gefassten Vegetationseinheiten gegliedert.

Die vorliegenden Bestände stellen offensichtlich entweder ursprüngliche Eichen-Hainbuchen-Wälder dar (heute entwässert), gehen auf eine Hartholzaue zurück (heute nicht mehr überflutet) oder sind forstwirtschaftlich aus Rotbuchenbeständen entstanden.

Die Beurteilung der aktuellen Bodenazidität erfolgte auf der Grundlage der pH(CaCl₂)-Werte, wobei die pH-Bereiche I 3,01-4,00; II 4,01-5,00; III 5,01-6,00; IV \geq 6,01 (bis 7,09) unterschieden wurden. Die Zuweisung der Untersuchungsflächen zu einem pH-Bereich geschah anhand der Mittelwerte für die Vegetationsperiode bei der Referenzbodentiefe 5-10cm.

Nicht nur im mäßig sauren bis neutralen Bereich (pH[CaCl₂] 5-7), sondern auch im stark sauren Bereich (pH[CaCl₂] 4-5) ist die Haupthumusform L-Mull. Im sehr stark sauren Sektor (pH[CaCl₂] 3-4) lag als Haupthumusform F-Mull vor. Nach der Literatur ist Mull im schwach sauren bis schwach alkalischen Bodenbereich entstanden. Ursachen für den vorliegenden Mull bei (sehr) niedrigen pH-Werten sind offensichtlich der saure Regen sowie in einigen Fällen das heutige Fehlen von Grund- oder Überflutungswasser.

50 Bodenpflanzen, Frühlingsgeophyten sowie mit höherer Stetigkeit auftretende Nicht-Frühlingsgeophyten wurden über den „einfachen/relationalen Bindungsgrad“ (0-100%) nach ihrem heutigen Verhalten zur aktuellen Bodenazidität in 9 Gruppen geordnet. Für 16 Arten wurden mit dem Chi-Quadrat-Test signifikante Differenzen bezüglich der relativen Häufigkeit in den vier pH-Bereichen nachgewiesen.

Das heutige Verhalten der berücksichtigten Arten gegenüber der aktuellen Bodenazidität wird mit dem Verhalten verglichen, das nach ELLENBERG (1992) und OBERDORFER (2001) zu erwarten wäre. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese Autoren die Situation vor der starken Wirksamkeit des sauren Regens wiedergeben. Wesentlicher Befund ist: Geben ELLENBERG (1992) und OBERDORFER (2001) das Verhalten der Arten aus der Zeit vor der starken Wirksamkeit des sauren Regens wieder, dann stehen heute 23 der 50 Arten saurer oder auch saurer als früher. In jedem Falle sind die Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992) heute im Untersuchungsgebiet nicht oder nur sehr eingeschränkt gültig.

Außer bei den Waldbodenpflanzen wurde auch von den acht höherrangigen Untereinheiten der Gesamtgesellschaft die Bindung an die aktuelle Bodenazidität analysiert.

Die auf 27 Untersuchungsflächen bezogenen im Geländebrutversuch erhaltenen Nettomineralisationsraten haben völlig überraschend ergeben, dass es zu keiner Abnahme der N-Freisetzung mit steigender aktueller Bodenazidität gekommen sein dürfte. Die hohen N_{min}-Werte im pH-Bereich I werden im Wesentlichen in Zusammenhang mit der noch relativ hohen Humusqualität (F-Mull!), die vor der starken Einwirkung des sauren Regens bei günstigeren pH-Verhältnissen gebildet worden ist, gesehen. Wie bei der Gesamtbetrachtung der 27 Untersuchungsflächen zeigt sich naturgemäß auch bei der Betrachtung der Böden der einzelnen Arten sowie der Böden der Gesellschaften keine Abnahme der N-Nettomineralisationsrate mit stärkerer Bodenversauerung.

Schlagworte

- Bodenazidität
- Humusformen
- Reaktionszahlen

Abstract

As a consequence of the increasing industrialization, the emission of sulphur dioxide (SO₂) and nitrogen oxide (NO_x) has been rising in the last decades. The reaction between these and other gases and the water of the atmosphere led to intense acids which have penetrated into the soil, mainly as “acid rain”.

The changes that the soil lately underwent as well as the nitrogen offered by the soil itself serve as the basis for the location analysis of ground plants and plant communities in deciduous mixed forest near Hanover which are rich in spring geophytes.

These forests were regarded as a local unitary plant community of *Carpinus betulus-Quercus robur* mainly corresponding to *Stellario-Carpinetum* or being rather similar.

The complete plant community was divided into 2 subcommunities with 190 relevés.

The existing stands obviously represent original oak-hornbeam-forests (drained today) or result from a hardwood area that is close to a river (no longer flooded today) or came into existence through forestry of stands of beech trees.

The assessment of the actual acidity of the soil was carried out on the basis of the pH(CaCl₂) values, which were divided into the pH-ranges from I 3,01-4,00; II 4,01-5,00; III 5,01-6,00; IV $\geq 6,01$ (up to 7,09). The classification of the sample plots on the basis of these pH-ranges took place with the acid of the average values of the vegetation period at a reference depth of soil of 5-10cm.

Not only in the moderate acid range up to the neutral range (pH[CaCl₂] 5-7), but also in the strongly acid range (pH[CaCl₂] 4-5) you will mainly find the L-mull. In the very strongly acid sector (pH[CaCl₂] 3-4) F-mull is the prevailing form of humus. According to literature these humus forms developed in the weakly acid up to the weakly alkaline range. Obviously the acid rain and – in some cases- today’s lacking of ground water or flood water are the reasons for the existence of humus soil at very low pH-values.

50 ground plants, spring geophytes as well as non-spring geophytes, which are appearing with increasing constancy, were divided into 9 groups according to their reaction to the actual acidity of the soil on the basis of the “simple/proportional range of bonding” (0-100%). By using the Chi Square Test, significant differences concerning the relative frequency of 16 species in those four pH-ranges could be found.

Today’s reaction of the considered species to the actual acidity of the soil is compared to the reaction that is to be expected according to ELLENBERG (1992) and OBERDORFER (2001). The comparison is based on the fact that these authors describe the situation *before* the strong effect the acid rain had on the soil. The main result is: Compared to ELLENBERG (1992) and OBERDORFER (2001) who state the situation at the time *before* the acid rain, today 23 of the mentioned 50 species live under more acid conditions or under more acid conditions too than they did before. In any case, the reaction figures based on ELLENBERG (1992) are in the area of investigation today of no or only limited validity.

The bonding of the 8 higher ranging subcommunities of the unitary plant communities to the actual acidity of the soil was also analysed.

The net mineralization rates received from brooding experiments in the soil of 27 sample plots showed absolutely surprisingly that there is no decrease in N-release with an increasing actual acidity of the soil. The high amount of N_{min}-rates in pH-range I is mainly due to the high quality of the humus form (F-mull) which has been produced under better pH-conditions before the heavy influence of the acid rain.

Similar to the final evaluation of the 27 sample plots, the examination of the soil of single species as well as the soil of the plant communities show that no decrease of N-net-mineralization rate connected with an increasing acidity of the soil can be found.

Key-words

- acidity of the soil
- humus forms
- N-net-mineralization rate

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Hintergrund	9
1.2	Zielsetzung	10
2	Der Untersuchungsraum	11
2.1	Lage und naturräumliche Gliederung	11
2.2	Klima	12
2.3	Geologische Verhältnisse	12
2.3.1	Geomorphologische Verhältnisse	12
2.3.2	Petrographische Verhältnisse	13
2.4	Berücksichtigte Waldgebiete	14
3	Methoden	15
3.1	Vegetationsuntersuchungen	15
3.1.1	Aufnahme der Pflanzenbestände	15
3.1.2	Fassung der Pflanzengesellschaften	16
3.2	Eigene Untersuchungen des Bodens	17
3.2.1	Eigene Ansprache der Bodentypen und der Humusform	17
3.2.2	Bodenchemische Analysen	17
3.2.2.1	Bestimmung des pH-Wertes	17
3.2.2.2	Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs	22
3.2.2.2.1	Konzept der Bestimmung	22
3.2.2.2.2	Probenahme	24
3.2.2.2.3	Analytische Bestimmung von NO_3^- und NH_4^+	25
3.2.2.3	Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs	26
3.2.2.4	Bestimmung des Gehalts an organisch gebundenem Stickstoff	26
3.2.2.5	Bestimmung der Ureaseaktivität	26
3.2.3	Statistische Verarbeitung der Analysedaten	27
4	Ergebnisse und Diskussion	28
4.1	Charakteristik der berücksichtigten Waldgesellschaften	28
4.1.1	Der floristische Aufbau der Waldgesellschaften	28
4.1.2	Die syntaxonomische Einordnung der Waldgesellschaften	34
4.1.3	Die Frage nach der Natürlichkeit der Waldgesellschaften	40
4.2	Die pH-Verhältnisse der untersuchten Böden	41
4.3	Allgemeine Charakteristik der Böden in den vier pH-Bereichen	47
4.3.1	Gesteine, Bodenarten und Bodentypen	47
4.3.2	Humusformen	49
4.3.3	C/N- Verhältnis und Ureaseaktivität im Oberboden	51
4.3.4	Beurteilung des Feuchtegrades anhand der Feuchtezahlen nach ELLENBERG (1992)	55
4.4	Die heutige Bindung der Waldbodenpflanzen des Untersuchungsgebietes an die pH-Verhältnisse des Bodens	56
4.5	Die Bindung der Gesellschaften an die pH-Verhältnisse des Bodens	104
4.6	Die Stickstoff-Nettomineralisation des Bodens in Beziehung zu den vier pH-Bereichen	111
4.7	Die Stickstoff-Nettomineralisation des Mineralbodens der einzelnen Arten	127
4.8	Die Stickstoff-Nettomineralisation des Mineralbodens im Bereich der einzelnen Gesellschaften	134
5	Zusammenfassung	136

6 Literaturverzeichnis 140

Anhangnach Seite 146

Anlagen:

- Vegetationstabelle 1
- Vegetationstabelle 2
- Vegetationstabelle 3
- Vegetationstabelle 4

Abkürzungsverzeichnis

Es werden keine Abkürzungen verwendet.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Verschiedene Untersuchungen in und um Hannover (u.a. MÖLLER 1987b, HELLMIEIER 1987) haben gezeigt, dass Frühlingsgeophyten, die nach ELLENBERG (1992) eine aktuelle Bodenreaktion um den Neutralpunkt indizieren, auch auf stark versauerten Böden auftreten. Eigene Voruntersuchungen ergaben einen entsprechenden Befund auch für weitere Waldbodenpflanzen in zahlreichen Wäldern in der Region Hannover. Diese Befunde erklären sich offensichtlich durch den rezenten „sauren Regen“, dessen Wirkungen im gesamten mitteleuropäischen Raum registriert wurden.

So schreibt BLUME (1990): „Die Versauerung vieler Waldböden Mitteleuropas hat während der letzten Jahrzehnte zugenommen. Das belegen im Vergleich pH-Messungen der fünfziger bzw. sechziger Jahre, die u.a. in Bayern (WITTMANN & FETZER 1982) und Berlin (BLUME 1981, GRENZIUS 1984) in den achtziger Jahren wiederholt wurden. Die dabei ermittelten pH-Unterschiede von 0,3 bis 1 pH-Einheiten werden vor allem auf den ‚sauren Regen‘ zurückgeführt.“

ELLENBERG (1996) geht näher auf die zugenommene Azidität des Regenwassers und deren Ursachen ein: „Das Jahresmittel des pH-Wertes von Regenwasser ist von etwa 5,5 im Jahre 1950 auf weniger als 4,5 im Jahre 1975 gefallen, und es sank in manchen Gebieten weiterhin.“ Dieser Autor gibt auf der Grundlage schweizerischer Untersuchungen aus dem Jahr 1985 für Regen einen pH-Wert von 3,6 an. Verantwortlich für die geringen pH-Werte der Niederschläge sind die bis in die 80er und 90er Jahre des letzten Jahrhunderts ungebremst zunehmenden Emissionen von Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden. Ein Vergleich der Zahlen ergibt folgende Darstellung:

Tab. 1: Vergleich der Emissionen von Schwefeldioxid und Stickstoffoxiden bezogen auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (West) im Zeitraum von 1850 bis 1980 (verändert nach ELLENBERG 1996)

Jahr	Emission von SO ₂ auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (West) [Mio t/a]	Emission von NO _x auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland (West) [Mio t/a]
1850	< 0,1	ca. 0,0
1950	ca. 2,5	ca. 0,5
1980	ca. 4,0 (ca. 3,3 *)	ca. 2,9 (ca. 0,7 *)

* = Rechnerisch ermittelte Emission aus durchschnittlicher Steigerungsrate von 1850 - 1950.

Die Gegenüberstellung der tatsächlichen und der sich rein rechnerisch ergebenden Emissionsmengen verdeutlichen, wie stark die Abgasbelastungen gerade während der letzten Jahrzehnte zugenommen haben: Während die tatsächliche Schwefeldioxidemission 21% über dem Durchschnitt der vorangegangenen 100 Jahre liegt, befindet sich die Abgabe von Stickstoffoxiden sogar um 314% über dem rechnerisch ermittelten Wert.

Verursacher der gestiegenen SO₂-Emissionen sind hauptsächlich zusätzliche Kraftwerke und Fernheizwerke. Während 1966 lediglich 42% der SO₂-Jahresemission aus diesen Werken stammte, waren es 1980 bereits 60% und 1982 sogar 66% (RAT DER SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1983, MÖLLER & SCHMIDT (Hrsg.) 1985).

Der Kfz-Verkehr bestimmt dagegen zunehmend die Entwicklung der NO_x -Emission. Im Jahr 1966 betrug der Anteil des Kfz-Verkehrs an der NO_x -Jahresemission lediglich 31%, er stieg auf 45% im Jahr 1978 und in den folgenden vier Jahren bis auf 55% an (RAT DER SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN 1983, MÖLLER & SCHMIDT (Hrsg.) 1985).

Bereits seit dem Ende des 19. Jahrhunderts dringt die Problematik der anthropogenen Versauerung von Atmosphäre und Böden in das Bewusstsein der Menschen. Die sich stetig entwickelnde Industrialisierung ist gekennzeichnet durch einen steigenden Energieverbrauch durch Holz-, Kohle-, Erdöl- und Erdgasverbrennung. Als Folge der Verbrennung organischer Substanzen kommt es zu einer Emission von Schwefeldioxid (SO_2) in die Atmosphäre. Hauptverursacher sind Kraft- und Fernheizwerke sowie Fabrikanlagen. Diese Emittenden setzen außerdem beträchtliche Mengen an Stickstoffoxiden (NO_x), Fluoriden, Fluorwasserstoff und Chlorwasserstoff frei. Darüber hinaus entstammen große Mengen an Stickstoffoxiden dem Kfz-Verkehr (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Sowohl Schwefeldioxid als auch die Stickstoffoxide reagieren mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasser zu Schwefelsäure (H_2SO_4) bzw. Salpetersäure (HNO_3). Ein Teil dieser starken Säuren wird durch weitere Luftverunreinigungen, wie z.B. Ammoniak oder Bodenstaub, neutralisiert. Der vorhandene Säureüberschuss löst sich jedoch in den Niederschlägen und führt auf diese Weise zum sauren Regen. Außer in Form von Niederschlägen (Regen, Schnee) kann ein Eintrag der genannten Stoffe als feuchte Deposition (Nebel, Smog) oder trockene Deposition (Gas, Staub) stattfinden (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Geschädigt werden nicht nur Böden, sondern auch Pflanzen, Tiere, Mikroorganismen, Gewässer und Bauwerke. Die Belastung der Biosphäre mit Schwefeldioxid wirkt sich, je nach Wetterlage, bis in mehrere hundert Kilometer Entfernung vom Verursacherstandort aus. Als direkte Wirkung der Gase kann z.B. bei den Pflanzen eine Chlorophyllschädigung nachgewiesen werden, während die bedeutendste indirekte Wirkung auf das Wachstum der Waldbäume im Säureeintrag in den Boden durch die Niederschläge besteht (ELLENBERG 1996, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

1.2 Zielsetzung

Zentrales Ziel dieser Arbeit ist es, die heutige Bindung von Waldbodenpflanzen, insbesondere von Frühlingsgeophyten, und Vegetationseinheiten von Laubmischwäldern in der Region Hannover an die pH-Verhältnisse des Bodens zu ermitteln. Dieses jetzige Verhalten der Pflanzen und Gesellschaften gegenüber den pH-Werten des Bodens ist mit dem zu vergleichen, was auf der Basis der Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) zu erwarten wäre. Es ist auch zu klären, welche Beziehung im Untersuchungsgebiet zwischen pH-Verhältnissen einerseits und den Geländefaktoren Gestein, Bodentyp und Humusform sowie den Analysedaten C/N-Verhältnis und Ureaseaktivität des Humuskörpers andererseits besteht. Im Rahmen der Fragestellung, wie es ernährungsphysiologisch möglich ist, dass die besagten Pflanzen auch auf stark versauerten Böden existenzfähig sind, wird das N-Angebot des Bodens ($\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N} = \text{N}_{\text{min}}$) analysiert. In der Vergangenheit dürfte das Mineralstoffangebot des Bodens zumindest in mesophilen Waldgesellschaften weitgehend eine Funktion der pH-abhängigen Tätigkeit der mineralisierenden Mikroorganismen gewesen sein: ein steigendes Stickstoffangebot vom stark sauren bis in den schwach sauren bis neutralen Bereich. Von besonderem Interesse ist daher die Frage nach dem rezenten Stickstoffangebot in den stark versauerten Böden, auf denen jetzt auch Pflanzen gedeihen, für die ELLENBERG (1992) hohe Reaktions- und hohe Stickstoffzahlen angegeben hat.

Von Bedeutung ist zusätzlich, ob sich die zu untersuchenden sehr sauren Böden von denen im schwach sauren bis neutralen Bereich hinsichtlich der Form des pflanzenverfügbaren Stickstoffs ($\text{NH}_4^+\text{-N}$ oder $\text{NO}_3^-\text{-N}$) unterscheiden.

2 Der Untersuchungsraum

2.1 Lage und naturräumliche Gliederung

Der Raum, in dem sich die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Wälder befinden, stellt einen orographischen Übergangsbereich dar. Hier grenzt das Niedersächsische Berg- und Hügelland an die Niedersächsische Tiefebene. Die Abb. 1 gibt die naturräumlichen Einheiten wieder. Es sind dies hauptsächlich:

1. das Weser-Leine-Bergland;
2. die Niedersächsischen Börden.

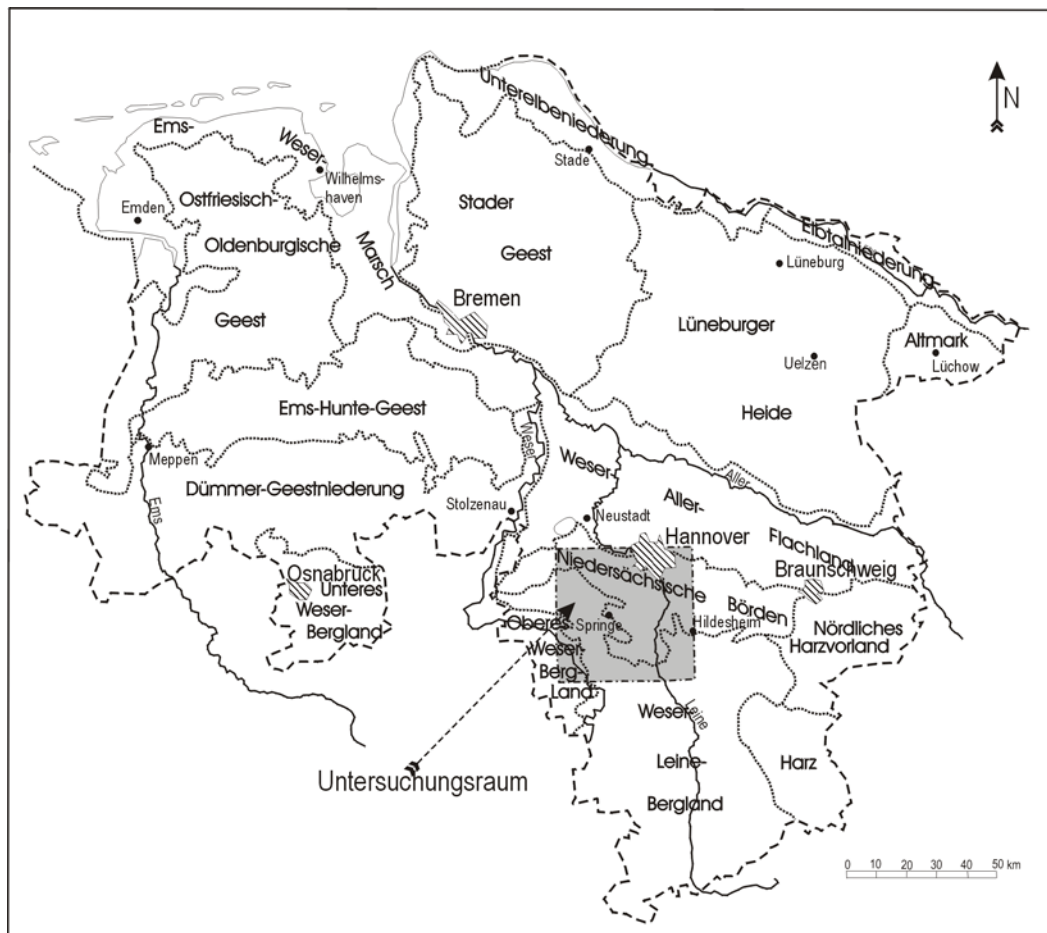


Abb. 1: Lage des Untersuchungsraumes; naturräumliche Einteilung nach MEYNEN & SCHMIDTHÜSEN (1953)

Die Naturräume des Untersuchungsraumes und ihre Zuordnung zu einer der zwei naturräumlichen Einheiten gehen aus folgender Übersicht hervor:

Naturräumliche Einheit	Naturraum
Weser-Leine-Bergland	Calenberger Bergland
Niedersächsische Börden	Calenberger Lössbörde Braunschweig-Hildesheimer Lössbörde

2.2 Klima

In Niedersachsen hat sich ein Übergangsbereich zwischen atlantischem und kontinentalem Klima ausgebildet. Der atlantische Klimaeinfluss, der im allgemeinen stärker hervortritt, macht sich bis weit in das Binnenland hinein bemerkbar und wird erst nach Südosten des Landes abgeschwächt. Im Verlauf eines Jahres verändert sich die Grenze zwischen den atlantischen und kontinentalen Klimaeinflüssen. Im Gegensatz zu dem im Untersuchungsraum erwarteten einheitlichen Klima herrscht aufgrund der orographischen Unterschiede zwischen Bergland und Tiefland ein differenziertes Wetter (SINGER & FLIEDNER 1970).

Im Untersuchungsraum werden drei Klimaregionen unterschieden:

Die maritim-subkontinentale Flachlandregion verfügt über ein mittelfeuchtes Klima mit einer mittleren Jahresniederschlagsmenge von 650-700mm. „Die mittlere Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt liegt bei 8,4 °C, die mittlere Jahrestemperaturschwankung beträgt 16,4 °C, die Vegetationszeit ist mit durchschnittlich 220 Tagen im Jahr relativ lang“ (SBRZESNY 2002, S. 5, nach LÜDERS, MÜLLER & OELKERS 1974).

Die subkontinentale Bergvorlandregion dagegen ist von einem recht trockenen Klima mit mittleren Jahresniederschlägen von 550-650mm geprägt. „Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,5 °C, wobei hier jedoch eine rasche Erwärmung im Frühjahr auftritt. Gelegentlich ist ein Föhneinfluss zu bemerken. Die Jahrestemperaturschwankungen liegen wie bei der maritim-subkontinentalen Flachlandregion mit 16,8 °C in einem mittleren Bereich. Die Vegetationszeit ist mit durchschnittlich 230 Tagen im Jahr länger als in der subkontinentalen Flachlandregion“ (SBRZESNY 2002, S. 5, nach LÜDERS, MÜLLER & OELKERS 1974).

Die submontane Berglandregion wird von unterschiedlichen Höhenlagen und von Hanglagen bestimmt. Aus diesem Grund bilden sich große mikroklimatische Differenzen aus. Das Klima gilt als mittelfeucht bis feucht. „Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,5 °C, sinkt mit zunehmender Höhenstufe bis auf 7,5 °C ab. Die mittlere Jahrestemperaturschwankung ist je nach Lage bei 16,3-17,5 °C mittel bis hoch. Die Vegetationszeit beträgt 220-230 Tage im Jahr, kann sich jedoch mit zunehmender Höhenstufe auf 220-200 Tage verkürzen“ (SBRZESNY 2002, S. 6, nach LÜDERS, MÜLLER & OELKERS 1974).

2.3 Geologische Verhältnisse

2.3.1 Geomorphologische Verhältnisse

Der orographischen Zweigliederung des Untersuchungsraumes folgend zeigt sich eine stratigraphische Zweigliederung: Hauptsächlich mesozoische Gesteinsgruppen prägen das Relief des niedersächsischen Berg- und Hügellandes.

Die Niedersächsische Tiefebene dagegen wird von den Ablagerungen des Känozoikums, hauptsächlich des Pleistozäns und des Holozäns, strukturiert (SINGER & FLIEDNER 1970).

Die Oberflächengestalt des Calenberger Berglandes präsentiert sich als typisches Schichtstufenland, wobei der Wealdensandstein (Deister) und der Korallenoolith des Weißen Jura (Kleiner Deister) stufenbildend sind. Die zwischen den Bergkomplexen eingebetteten Becken und Talmulden sind hauptsächlich mit weichselzeitlichem Löss oder drenthezeitlichem Geschiebemergel ausgefüllt (MEYNEN & SCHMIDTHÜSEN 1957).

An das Calenberger Bergland schließen sich in Richtung Norden die Niedersächsischen Lössbörden an, die sich an der Leine bis weit in das sich nach Norden öffnende Bergland ausdehnen. Dieses durchschnittlich 20 km breite Gebiet wird zwar orographisch schwerpunktmäßig dem Niedersächsischen Tiefland zugeordnet, differiert jedoch aufgrund seiner Geogenese deutlich von diesem, so dass es z.B. von SEEDORF & MEYER (1992) als Bergvorland vom Tiefland unterschieden wird. Die Mächtigkeit der Lössdecke in diesem

Gebiet beträgt 0,5 bis 3 m (zur Verwendung des Terminus „Löss“ s. Kapitel 2.3.2). Lediglich holozäne Täler der Flüsse und Bäche stellen eine Unterbrechung dieser Löss-Schicht dar. Die meistens deutlich ausgebildete Nordgrenze der Lössverbreitung bildet die Grenze zum darauf folgenden Weser-Aller-Flachland (MEYNEN et al. 1959).

2.3.2 Petrographische Verhältnisse

In diesem Kapitel werden lediglich die Gesteine dargestellt, auf denen die hier berücksichtigten Wälder stehen. Die Ansprache der Gesteine steht im Einklang mit SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002) und der AG BODENKUNDE (1994)

Kalkstein: Verfügt der Hauptgesteinsbestandteil eines Festgesteins über einen Kalkgehalt von mehr als 75%, so liegt Kalkstein vor. Zu dieser Gruppe zählen die Gesteine des Muschelkalks mit dem Unteren Muschelkalk, dem Trochitenkalk des Oberen Muschelkalks und den Nodosusschichten des Oberen Muschelkalks. Lagen mit tonigem Mergel und Ton sind für die Nodosusschichten kennzeichnend, dagegen sind die beiden erstgenannten Schichten reine Kalksteine (HOFFMANN 1927).

Kalke und Mergelkalke aus dem Unteren und Mittleren Kimmeridge des Jura sind wechselnd mit Mergel und Ton gelagert. Es ist möglich, dass im Unteren Kimmeridge Sandsteine an den Grenzflächen auftreten. Auf dem Kalkstein ist häufig eine Lösslehmauflage anzutreffen.

Im Rahmen dieser Untersuchung ist der Kulf das einzige Gebiet mit Kalkstein.

Mergelstein: Schichten aus Festgestein, deren Hauptgesteinsbestandteil einen Kalkgehalt von 5-75% aufweist, wurden als Mergelstein zusammengefasst. Die aus der Kreide hervortretenden Schichten des Campan und des Maastricht setzen sich jeweils aus hellgrauen Kalkmergelsteinen zusammen (DIETZ 1973). Aus dem Trias werden Ablagerungen des Mittleren Keuper, des Mittleren und des Oberen Muschelkalks berücksichtigt. Wie beim Kalkstein liegen auch hier oft Lösslehmauflagen vor.

Von den untersuchten Flächen befinden sich sowohl Bereiche des Limbergs als auch des Hallerburger Holzes auf Mergelstein.

Tonstein: Gesteine mit hohem Gehalt der Kornfraktion $< 2\mu\text{m}$ werden hier aufgeführt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung tritt Tonstein neben Mergelstein lediglich im Limberg und im Hallerburger Holz auf. Im Mittleren Keuper, im Mittleren und Oberen Muschelkalk liegt Tonstein in Wechsellagerungen mit Mergelstein vor.

Geschiebelehm / Geschiebemergel: Das Eis des Drenthe-Stadiums ließ Geschiebemergel als Grundmoränenmaterial im Untersuchungsgebiet zurück. Schichten älterer Eiszeiten sind hier nicht nachweisbar. Teilweise entwickelte sich aus dem (ehemals kalkhaltigen) Geschiebemergel bis zu einer Tiefe von 1,5 bis 2m (entkalkter) Geschiebelehm, der überwiegend aus einem kiesigen Schluff-Ton-Sand-Gemisch mit einigen Blöcken besteht. Die Einarbeitung älterer Schichten verursacht einen stellenweise typischen lokalen Charakter, der besonders beim Anteil der Tonkomponente deutlich wird (HÖFLE & SCHNEEKLOTH 1974 und EBERT, GRUPE & GÖRZ 1928). In dieser Untersuchung wird nicht zwischen schwach bis stark tonigem Geschiebelehm unterschieden.

Geschiebelehm und Geschiebemergel treten bei den berücksichtigten Flächen lediglich in der Gaim und im Bockmer Holz auf.

Löss: Im Untersuchungsraum ist im Verlauf der eisfreien und vegetationslosen Weichselkaltzeit Löss als äolisches, kalkhaltiges Staubsediment in der Körnungsklasse Schluff abgelagert worden. Aufgrund der damals vorherrschenden Ostwinde tritt Löss

hauptsächlich im Bergvorland auf. Im Durchschnitt ist der Löss 1,5 bis 2m mächtig, erreicht jedoch z.T. eine Mächtigkeit von bis zu 5m. Unter dem humiden Klima der Nacheiszeit wurde der Löss oberflächlich entkalkt und „verlehmt“ und liegt nun als „Lösslehm“ vor (GRUPE 1927a).

Dieses Gestein wird in den geologischen Karten nicht nur als Löss, sondern auch als Lösslehm geführt. Im Rahmen dieser Untersuchung wird jedoch ausschließlich die Bezeichnung „Löss“ verwendet.

Der überwiegende Anteil der untersuchten Flächen basiert auf Löss. Hier sind das Lohnder Holz, der Elmschebruch, der Wald bei Kirchwehren, das Stamstorfer Holz, die Flächen am Bodelschwingh-Hof und Teile des Hallerburger Holzes zu nennen.

Auelehm: Dieser ist ein holozänes fluviatives Sediment, welches sich in der Regel aus einem humosen, sandig-tonigen Schluff zusammensetzt. Der Auelehm kommt schwerpunktmäßig sowohl in den Talauen des Lössgebietes als auch in denen jener Flüsse, die aus den Lössgebieten kommen, vor. Diese Tatsache und die deutliche Ähnlichkeit mit dem Löss lassen den Auelehm als verschwemmten Löss erscheinen, der lediglich durch das Wasser stärker sortiert worden ist (SEEDORF & MEYER 1992).

Entsprechend der Nähe zum Fluß Leine tritt Auelehm ausschließlich im Ricklinger Holz und am Ricklinger Bad auf.

Die Ansprache der Bodenarten und der Bodentypen auf den einzelnen Gesteinen erfolgte, außer beim Kalkstein des Kulf, auf der Basis der 30 Bodenprofile (vgl. auch Tabelle 13). Im Falle des Kulf wurden die Bodenart und die Bodentypen ohne detaillierte Profilaufnahme nach einer Geländebegehung angesprochen.

Auf dem Kalkstein des Kulf ist die Bodenart ein lehmiger Ton, und die Bodentypen sind Rendzina und Terra fusca bzw. Übergänge zwischen diesen Typen.

Auf Tonstein und Mergelstein liegt ohne Ausnahme Schluff vor, meistens sogar reiner Schluff. Dagegen variieren die Bodentypen deutlich. Es lassen sich u.a. Terra fusca-Rendzina, Mullrendzina und pseudovergleyte Braunerde-Terra fusca nachweisen.

Von den fünf Untersuchungsflächen auf Geschiebelehm weisen vier dieser Flächen jeweils schwach schluffigen Sand und nur eine Fläche sandigen Schluff auf. Als Gemeinsamkeit all dieser fünf Flächen liegt jedoch Typischer Gley vor.

Im Untersuchungsgebiet ist bei Löss fast ausschließlich reiner Schluff anzutreffen. Auch die Bodentypen zeigen ein recht einheitliches Bild, da sie eng an Ausprägungen der Parabraunerde gebunden sind. Es kommen neben (Norm-)Parabraunerden u.a. pseudovergleyte Parabraunerde oder auch Gley-Parabraunerde vor.

Die Bodenarten auf Auelehm lassen zwar eine Tendenz zum reinen Schluff (drei von insgesamt fünf Flächen) erkennen, jedoch liegt ebenfalls mittel schluffiger bis schluffiger Sand und stark schluffiger Ton vor. Entsprechend der Beeinflussung durch Grundwasser bzw. ehemaligen Beeinflussung durch Grundwasser sind z.B. typischer Gley, Gley-Vega (Gley-Braunauenboden) und Gley-Parabraunerde vorhanden.

Weitere Angaben zu der Verteilung der Untersuchungsflächen auf die pH-Bereiche mit Angabe sowohl der Bodentypen als auch der Bodenarten sind Tabelle 13 zu entnehmen.

2.4 Berücksichtigte Waldgebiete

Abbildung 3 (im Anhang) gibt die berücksichtigten Waldgebiete wieder. Es sei darauf hingewiesen, dass die betreffenden Wälder meist auch andere Waldtypen als frühlingsgeophytenreiche Laubmischwälder enthalten.

3 Methoden

3.1 Vegetationsuntersuchungen

3.1.1 Aufnahme der Pflanzenbestände

Die vorliegenden Untersuchungen fanden in an Frühlingsgeophyten reichen Laubmischwäldern der Region Hannover statt. Reine Rotbuchenwälder oder Wälder mit absoluter Dominanz der Rotbuche blieben unberücksichtigt. Die Vegetationsaufnahmen erfolgten ohne spezifische syntaxonomische Vorgaben.

Die Pflanzenbestände wurden fast ausschließlich innerhalb der Vegetationsperiode 1996 aufgenommen. Lediglich eine Vegetationsaufnahme datiert aus dem Jahre 1997.

Im Rahmen der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Fragestellung war im Besonderen das Auftreten der Frühlingsgeophyten von Interesse. Zur Erfassung der vollständigen Vegetation musste die Aufnahme der Pflanzenbestände pro Untersuchungsfläche zweimal durchgeführt werden: Im Frühjahr wurden die Frühlingsgeophyten und einige früh blühende Kräuter erfasst, während in einem weiteren Durchgang die später entwickelte Vegetation unter Einbeziehung der Baum-, Strauch-, Kraut- und Mooschicht berücksichtigt wurde.

Um die Vielfalt der bereits im Frühjahr erkennbaren Pflanzenbestände im Untersuchungsgebiet möglichst vollständig zu erfassen, wurde versucht, mit einer großen Anzahl an Aufnahmen alle sich physiognomisch unterscheidenden Vegetationstypen zu berücksichtigen. Auf 83 der insgesamt 190 Aufnahmeflächen fanden Bodenuntersuchungen statt.

Gegenstand der Untersuchung sind Waldgebiete, die sich häufig auf Erhebungen, von landwirtschaftlich genutzter Fläche umgeben, befinden. Nur ein geringer Anteil der Waldgebiete grenzt an die Siedlungen der Stadt Hannover. Berücksichtigung fanden ausschließlich Waldböden, die nicht durch Kalkung verändert wurden. Aus diesem Grund blieb auch die Eilenriede (Stadtwald von Hannover), deren Böden aufgekalkt wurden, unberücksichtigt.

Innerhalb der Wälder wurden jeweils floristisch und physiognomisch einheitliche Bestände mit Aufnahmen belegt. Die Größe der Flächen betrug ca. 150m². DIERSCHKE (1994, Tab. 6) hält für die Erfassung der Krautschicht von Waldbeständen eine Aufnahmefläche von 100-200m² für geboten. Unmittelbar an einen Weg, Graben, Acker oder an eine Wiese angrenzenden Bereiche fanden keine Berücksichtigung.

Die Aufnahme der Pflanzenbestände richtet sich nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964). Zusätzlich wurden die Artmächtigkeitsstufen 2a (Deckung 5-15%), 2b (Deckung 16-25%) und 2m (Deckung < 5%; Individuenanzahl > 50) in Anlehnung an BARKMAN, DOING & SEGAL (1964) verwendet. Wurde nur ein Individuum angetroffen, so ist dieses mit „1 Ex.“ vermerkt worden (Deckung <1%). Für die Artmächtigkeit ergibt sich danach folgende Skala:

1 Ex.	1 Individuum, Deckung < 1%
r	wenige Individuen, Deckung < 1%
+	2 bis 5 Individuen, Deckung $\geq 1\% < 5\%$
1	6 bis 50 Individuen, Deckung $\geq 1\% < 5\%$
2a	Deckung 5% bis 15%
2b	Deckung 16% bis 25%
2m	Individuenanzahl > 50, Deckung < 5%
3	Deckung 26% bis 50%
4	Deckung 51% bis 75%
5	Deckung 76% bis 100%

Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen bezieht sich auf OBERDORFER (2001).

3.1.2 Fassung der Pflanzengesellschaften

Die vorliegende Waldvegetation lässt sich zwanglos einer definierten Klasse und in dieser einer definierten Ordnung zuweisen. Ihre Einordnung auf Assoziations- oder auf Verbandsebene ist nur mit Einschränkungen möglich. Die Wälder wurden daher als ranglose Gesellschaft innerhalb der Ordnung gefasst. Diese Gesamtheit wurde induktiv weiter untergliedert.

Die Begriffe Gesamtgesellschaft, Untergesellschaft, Variante, Subvariante, Ausbildung und Form kennzeichnen die Stellung der Vegetationseinheiten innerhalb der hier erarbeiteten Ordnung.

Einheiten ohne eigene Trennarten werden mit der neutralen Bezeichnung „trennartenfrei“ gekennzeichnet. Das Attribut „typisch“ wird deshalb vermieden, weil es leicht im Sinne von „charakteristisch“ gedeutet wird. Eine „trennartenfreie“ Vegetationseinheit stellt jedoch nicht unbedingt den Normalfall bzw. die reine Ausbildungsform einer Vegetationseinheit dar, sondern ist oft als deren Verarmung zu verstehen (MÖLLER 1970).

Die nicht innerhalb der Tabelle differenzierenden *Carpinion*-, *Fagetalia*- und *Querc-Fagetea*-Arten der Krautschicht wurden jeweils in Gruppen zusammengestellt. Würde nicht der syntaxonomische Bezug der lokalen Gesellschaften diskutiert werden, so wären alle nicht in der Tabelle differenzierenden Arten durchgehend nach ihrer Stetigkeit zu ordnen. Charakterarten anderer Klassen (inkl. der entsprechenden Ordnungs-, Verbands- und Assoziationscharakterarten) als der vorliegenden Klasse (*Querc-Fagetea*) wurden zusammen mit denjenigen Arten, die ein soziologisch indifferentes Verhalten zeigen, in der Rubrik „Übrige Arten“ zusammengefasst.

Die syntaxonomischen Einheiten Verband, Ordnung und Klasse sowie die entsprechenden Charakterarten richten sich nach OBERDORFER (2001).

Die Gliederung der vorliegenden Vegetation erfolgte auf der Basis einer Gesamttabelle. Zur besseren Übersichtlichkeit wurde die Tabelle in vier Teiltabellen aufgelöst.

Die Vegetation der untersuchten Laubmischwälder wurde unter Bezug auf DIERSCHKE (1986) mit „etablierten“ Assoziationen verglichen. Aus dieser Zuweisung ergaben sich nach OBERDORFER (2001) die entsprechenden höheren Einheiten (Verband, Ordnung, Klasse).

Unterhalb der Ebene der Assoziation erfolgte eine induktive, lokale Gliederung. Es wurde jedoch versucht, die so erhaltenen Einheiten in Beziehung zu Subassoziationen zu setzen, welche DIERSCHKE (1986) für die entsprechende Assoziation genannt hat.

Im Einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen: Die Daten aller Vegetationsaufnahmen wurden ungeordnet in einer Rohtabelle zusammengefasst, wobei das Vorkommen der Pflanzen aus dem zweiten Durchgang der Vegetationsaufnahmen fett und kursiv dargestellt wurde. „Die Anordnung der Arten nach abnehmender Häufigkeit führte zu Stetigkeitstabellen. Aus den Stetigkeitstabellen wurden über mehrere sortierende Zwischenschritte die vorliegenden Vegetationstabellen entwickelt. In den sortierenden Zwischenschritten erfolgte die Zusammenstellung der Aufnahmen vorrangig nach der größtmöglichen gemeinsamen Artenkombination, ...“ (SBRZESNY 2000, S.17.).

Die Bezeichnung der Vegetationseinheiten unterhalb der Assoziation soll deren lokalen Charakter zum Ausdruck bringen.

3.2 Eigene Untersuchungen des Bodens

3.2.1 Eigene Ansprache der Bodentypen und der Humusform

Die Bestimmung der Humusform erfolgte auf allen 83 Untersuchungsflächen, auf denen die pH-Werte des Bodens ermittelt wurden (s. Kap. 3.2.2.1), und zwar durch flächenhaftes Abdecken der jeweiligen Horizonte als auch anhand eines mit dem Spaten hergestellten Profilschnitts. Bodentyp, Bodenart und Ausgangsgestein der Bodenbildung wurden lediglich auf den 30 Flächen festgestellt, auf denen die Brutversuche zur Stickstoff-Nettomineralisation stattfanden. Bodentyp und Ausgangsgestein wurden anhand von Bohrstockprofilen bis 1m Bodentiefe angesprochen. Die Bodenart bestimmte ich mit der Fingerprobe. Die bodenmorphologischen Analysen richten sich nach den Kriterien der AG BODENKUNDE (1994).

3.2.2 Bodenchemische Analysen

3.2.2.1 Bestimmung des pH-Wertes

Die Anzahl an Vegetationsaufnahmen war zu groß, als dass von jeder Fläche mit einer Vegetationsaufnahme in einem vertretbaren Zeitrahmen die pH-Werte des Bodens ermittelt werden konnten. Es erfolgte eine Beschränkung auf 83 Untersuchungsflächen. Diese sind innerhalb des Areals der berücksichtigten Laubmischwälder (annähernd) gleichmäßig verteilt (vgl. hierzu auch in der Anlage Abb. 3 und Tab. 2). Hierdurch ergab sich zum einen, dass die pH-Bereiche I und II mit einer größeren Anzahl von Untersuchungsflächen vertreten sind als die pH-Bereiche III und IV (vgl. Tab. 9). Zum anderen wurden innerhalb der einzelnen pH-Bereiche die Vegetationseinheiten, Gesteine, Bodentypen und Humusformen (annähernd) entsprechend ihrer relativen Häufigkeit berücksichtigt.

Die pH-Werte bestimmte ich sowohl von den einzelnen organischen Horizonten (falls vorhanden) als auch vom Mineralboden bis 40cm Bodentiefe (sofern nicht bereits in höheren Bodenschichten Festgestein anstand) zu 6 verschiedenen Zeitpunkten. Mit der Bestimmung der pH-Werte konnte im Februar 1997 aufgrund der Arbeitsplanung noch nicht begonnen werden, so dass die Vorfrühlings-Probenahme im Jahre 1998 nachgeholt wurde.

Die Zeiträume für die pH-Bestimmungen waren:

1. April bis Mitte Mai 1997
2. Mitte Mai bis Juni 1997
3. Juli bis Mitte August 1997
4. Mitte August bis September 1997
5. Oktober bis Mitte November 1997
6. Mitte Februar bis März 1998

Die Ergebnisse aus dem Vorfrühling 1998 wurden statistisch so behandelt, als wären sie bereits 1997 gewonnen worden, um die Zeitspanne einer (dann gewissermaßen „virtuellen“) ganzen Vegetationsperiode darzustellen, was zu verantworten ist: Die mittlere Lufttemperatur des Zeitraums Mitte Februar-März 1998 ist mit 6,7°C so gut wie identisch mit der des Zeitraums Februar-März 1997, die 6,6°C betrug. Auch die entsprechenden Niederschlagssummen sind vergleichbar: Mitte Februar-März 1998: 74mm, Mitte Februar-März 1997: 99mm (Datenbasis: Deutscher Wetterdienst). Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Wetterdaten nicht im Untersuchungsgebiet, sondern ca. 15km nördlich von diesem (Station Hannover-Flughafen) erhoben worden sind.

Es wird jedoch auch überprüft, ob und ggf. inwieweit sich die Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem der vier pH(CaCl₂)-Bereiche von der Berechnung auf der Basis aller sechs Untersuchungszeitpunkte unterscheidet, wenn

- a) nur die pH(CaCl₂)-Werte des Kontinuums der (fünf) Untersuchungszeiträume des Jahre 1997,
- b) nur die pH(CaCl₂)-Werte des Untersuchungszeitraums Mitte Februar bis März 1998 zu Grunde gelegt werden.

Die Proben zur Bestimmung der pH-Werte der organischen Horizonte wurden mittels einer Handschaufel von der Untersuchungsfläche abgetragen. An dieser Stelle erfolgte mit einem Spaten ein 40cm tiefer Bodenaufschluss. Um möglichst vergleichbare Werte zu erhalten, wurden die Proben nicht entsprechend den Horizonten entnommen, sondern aus vier definierten Bodentiefen: 1-3cm, 5-10cm, 15-20cm und 35-40cm. Der Transport sämtlicher Bodenproben fand unter Kühlung in gasdurchlässigen Polyethylenbeuteln statt. Noch am selben Tag erfolgte die Bestimmung der pH-Werte elektrometrisch mit einer Einstabmesselektrode. Es wurde sowohl der pH(H₂O)- als auch der pH(CaCl₂)-Wert bestimmt (Volumenverhältnis Bodenmaterial : Flüssigkeit = 1 : 2,5). Die pH-Messung fand nach einer Ruhezeit von mind. 30 Minuten statt (vgl. SCHLICHTING, BLUME & STAHR 1995), und zwar bei Mineralbodenmaterial im Überstand der Probe und bei organischen Auflagen unterhalb des schwimmenden Materials.

„Bei dieser Methode bezieht sich der pH-Wert also nicht auf eine definierte Bodenmasse, sondern auf einen definierten Bodenraum. Dies geht in Richtung der Forderung: ‚Für ökologische Aussagen sind die Verhältnisse im Wurzelraum entscheidend. Stoffliche Eigenschaften von Böden müssen daher volumenbezogen gekennzeichnet werden (s. SCHLICHTING und BLUME 1966)‘ (BLUME 1990, S. 257). Dies ist nicht zuletzt beim Vergleich der pH-Werte von Böden mit sehr unterschiedlichem Gehalt an organischer Substanz und somit sehr unterschiedlicher Lagerungsdichte von Belang (Of-Material hat ein Volumengewicht von ca. 0,1 [g · ml⁻¹ Boden], Ah-Material ein solches von ca. 1 [g · ml⁻¹ Boden]). Die Methode ist im Übrigen technisch wenig aufwendig und daher für Serienanalysen besonders geeignet.

Durch die Verwendung naturfeuchter Proben (vgl. z.B. STEUBING & FANGMEIER 1992) wird eine etwaig durch Trocknung der Probe eintretende pH-Veränderung ausgeschaltet.

STEUBING & FANGMEIER (1992) legen der pH-Messung bei ‚normalen‘ Proben eine Relation Bodenmasse : Flüssigkeit = 1 : 2,5 zugrunde, wobei ‚1‘ für eine der naturfeuchten

Probe entsprechenden Trockenmasse steht. Die Bestimmung einer solchen Trockenmasse ist allerdings aufwendig, was Serienanalysen erschwert. Bei Proben mit hohem Gehalt an organischer Substanz und damit einer geringen Lagerungsdichte (Torf-, Anmoor-, Of-, Oh-Material) wird die Flüssigkeit bei einem Verhältnis Bodenmasse : Flüssigkeit = 1 : 2,5 vom Bodenmaterial ‚verschluckt‘, wodurch eine pH-Messung in klarer Flüssigkeit nicht mehr möglich ist. STEUBING & FANGMEIER (1992) nennen daher für ‚Humusböden‘ einen Ansatz Bodenmasse : Flüssigkeit = 1 : 10. (Dieses Verfahren tendiert bereits in Richtung konstante Relation Bodenraum : Flüssigkeit.)

SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995) bestimmen den pH-Wert über die lufttrockene (lutro.) Bodenmasse, wobei sie von einem Ansatz g Boden : g 0,01 M CaCl₂-Lösung = 1 : 2,5 ausgehen (ml Flüssigkeit = hier g Flüssigkeit).

Bei Ah-Material von Waldböden dürfte der auf der Basis ml lutro. Bodenmaterial : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 gemessenen pH-Wert nicht oder kaum von dem pH-Wert abweichen, welcher bei einem Verhältnis g lutro. Boden : g Flüssigkeit = 1 : 2,5 bestimmt wird, da bei diesem Material das Volumengewicht bei ca. 1 [g · ml⁻¹ Boden] liegt (vgl. z.B. REHFUESS 1990, div. Tabellen).

Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Masse des lufttrockenen Bodens pro Volumeneinheit praktisch mit der des bei 105°C getrockneten Bodens pro Volumeneinheit (= Volumengewicht im definitorischen Sinne) deckt.

Bei einem Volumengewicht von 1 [g · ml⁻¹ Boden] ist der beim Ansatz ml lutro. Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 gemessene pH-Wert identisch mit dem bei einem Ansatz g lutro. Boden : g Flüssigkeit = 1 : 2,5 erhaltenen pH-Wert : 1 ml lutro. Bodenmaterial ≙ hier 1g lutro. Bodenmaterial. Auch bei den folgenden Modellrechnungen wird von ml bzw. g lufttrockenem Material ausgegangen.

Zumindest bei der relativ geringen Streuung des Volumengewichts des Ah-Horizonts von Waldböden (ca. 0,75 – 1,25 [g · ml⁻¹ Boden]) ist davon auszugehen, dass sich hier allgemein der beim Ansatz 1ml Boden : 2,5ml Flüssigkeit erhaltene pH-Wert (weitgehend) mit dem deckt, welcher beim Ansatz 1g Boden : 2,5g Flüssigkeit gemessen wird:

Nach BLUME (1990, S. 256) ist der in 0,01 M CaCl₂ ermittelte pH-Wert ‚in bestimmten Grenzen weitgehend unabhängig‘ vom Verhältnis Boden : Lösung.

Tab. 2: a) Relation g Boden : g Flüssigkeit beim Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 in Abhängigkeit vom Volumengewicht des Bodens
 b) pH-Wert in Abhängigkeit von der Relation g Boden : g Flüssigkeit bei strikt umgekehrt proportionaler Abhängigkeit der H₃O⁺-Konzentration in der Untersuchungslösung vom Ansatz g Boden : g Flüssigkeit (Annahme: bei Volumengewicht 1 bzw. bei Relation 1g Boden : 2,5g Flüssigkeit pH = 4,0)

Volumengewicht (g · ml ⁻¹ Boden)	1 Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit	2 entspricht Ansatz g Boden : g Flüssigkeit	3 pH-Wert
a 0,5	1 : 2,5	1 : 5	4,3
b 0,6	1 : 2,5	1 : 4,17	4,2
c 0,75	1 : 2,5	1 : 3,33	4,1
d 1	1 : 2,5	1 : 2,5	4,0
e 1,25	1 : 2,5	1 : 2	3,9
f 1,5	1 : 2,5	1 : 1,67	3,8

Dementsprechend dürfte der pH(CaCl₂)-Wert, der beim Ansatz 1ml Boden : 2,5ml CaCl₂-Lösung bei einem Volumengewicht des Bodens von 0,75 oder von 1,25 [g · ml⁻¹ Boden] gemessen wird, in Anbetracht der hier nur geringen Abweichung der Relation g Boden : g CaCl₂-Lösung vom Verhältnis 1g Boden : 2,5g CaCl₂-Lösung nicht von dem pH(CaCl₂)-Wert abweichen, der beim Ansatz 1g Boden : 2,5g CaCl₂-Lösung bestimmt wird (vgl. in Tab. 2 Spalte 2, Zeilen c und e mit Zeile d).

Selbst für den theoretisch gesetzten Fall einer strikt umgekehrt proportionalen Abhängigkeit der H₃O⁺-Konzentration in der Bodenlösung [mol · l⁻¹] von der Relation g Boden : g Flüssigkeit (unter Annahme eines Verdünnungseffekts bei Vergrößerung dieser Relation) ergäben sich bei einem Volumengewicht von 0,75 oder 1,25 [g · ml⁻¹ Boden] nur ganz geringe Abweichungen von dem pH-Wert, der bei einem Volumengewicht von 1 [g · ml⁻¹ Boden] bzw. beim Ansatz 1g Boden : 2,5g Flüssigkeit bestimmt wird (vgl. in Tab. 2 Zeilen c und e mit Zeile d). Dies heißt, dass zumindest auch bei um 1 streuenden Volumengewichten des Bodens der beim Ansatz 1ml Boden : 2,5ml Flüssigkeit ermittelte pH-Wert praktisch dem entsprechen dürfte, welcher beim Ansatz 1g Boden : 2,5g Flüssigkeit gemessen wird.

Selbst bei einem Volumengewicht von 0,5 oder 1,5 befänden sich die pH-Werte noch in einer Größenordnung, die bei einem Volumengewicht von 1 und damit bei einem Ansatz 1g Boden : 2,5g Flüssigkeit vorliegt (vgl. in Tab. 2 Zeilen a und f mit Zeile d).

Die in den obigen Modellrechnungen aufgeführten pH-Werte differieren erheblich geringer, als es bei pH-Werten der Fall ist, die auf derselben Untersuchungsfläche in derselben Bodentiefe zum selben Zeitpunkt an verschiedenen Stellen gemessen werden (vgl. u.a. ELLENBERG 1958).

Die obigen Vergleiche des pH-Werts, der beim Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 ermittelt wird, mit dem beim Ansatz g Boden : g Flüssigkeit = 1 : 2,5 erhaltenen pH-Wert beziehen sich auf die Untersuchung lufttrockenen Bodenmaterials bzw. auf den Fall, dass kein Unterschied zwischen dem pH-Wert der naturfeuchten Probe (des Ansatzes 1 ml naturfeuchter Boden : 2,5 ml Flüssigkeit) und dem der entsprechenden lufttrockenen Probe besteht. Für den Fall einer Veränderung der pH-Werte des Bodenmaterials durch Trocknung gilt: Der beim Ansatz ml naturfeuchter Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 ermittelte pH-Wert gibt zumindest bei einem Volumengewicht um 1 [g · ml⁻¹ Boden] die aktuelle Azidität in der Bodenlösung besser wieder als der beim Ansatz g lufttrockener Boden : g Flüssigkeit = 1 : 2,5 gemessene pH-Wert.

Für den theoretisch gesetzten Fall einer strikt umgekehrt proportionalen Abhängigkeit der H₃O⁺-Konzentration [mol · l⁻¹] in der Untersuchungslösung von der Relation ml Bodenvolumen : ml Flüssigkeit ergeben sich auch bei deutlichen Abweichungen vom Ansatz ml Bodenmaterial : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 nur geringe Unterschiede im Messergebnis, wie Tabelle 3 zeigt:

Tab. 3: pH-Wert bei unterschiedlichem Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit bei strikt umgekehrt proportionaler Abhängigkeit der H₃O⁺-Konzentration in der Untersuchungslösung vom Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit (Annahme: bei Relation ml Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 pH = 4,0)

Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit	pH-Wert
1 : 5	4,3
1 : 4	4,2
1 : 3	4,1
1 : 2,5	4,0
1 : 2	3,9
1 : 1,5	3,8

Solche pH-Unterschiede liegen ganz erheblich unter denen, die im Bereich einer Untersuchungsfläche (in derselben Bodentiefe zum selben Zeitpunkt) gemessen werden (vgl. z.B. ELLENBERG 1958).

Aus der relativen Unabhängigkeit des Ergebnisses der pH-Messung von der Relation Bodenmaterial : Flüssigkeit folgt:

1. Eine leichte Abweichung vom Ansatz ml Boden : ml Flüssigkeit = 1 : 2,5 ist für das Ergebnis der pH-Messung irrelevant.
2. Etwaige Unterschiede zwischen der Masse von 1ml Bodenmaterial in natürlicher Lagerung und 1ml Bodenmasse in gestörter Lagerung bedingen praktisch keine Unterschiede im Ergebnis der pH-Messung.

Der Vergleich von nach verschiedenen Methoden gewonnenen pH-Werten ist i.a. nur begrenzt möglich. So kann das Ergebnis der pH-Messung unterschiedlich ausfallen, je nachdem, ob naturfeuchte oder lufttrockene Proben verwandt wurden, ob man in überstehender Flüssigkeit, in Suspension oder im Bodenbrei gemessen hat, ob die Messung in aqu. dest. oder in Salzlösung erfolgte (vgl. u.a. ELLENBERG 1958). Beim Vergleich von pH(H₂O)- und pH(Salz)-Werten ist mit einer "Kompatibilitätsgröße" (KG) zu operieren [pH(H₂O) = pH(Salz) + KG; pH(Salz) = pH(H₂O) - KG].

Bei Vorliegen von pH-Mittelwerten ist nicht unerheblich, ob diese durch direktes arithmetisches Mitteln der pH-Zahlen oder über Entlogarithmieren der pH-Zahlen gewonnen wurden (vgl. MÖLLER 2003).

Unterschiede zwischen nach verschiedenen Verfahren erhaltenen pH-Werten sollten [auch nach ‚Umrechnung‘ von pH(H₂O)- in pH(Salz)-Werte bzw. von pH(Salz)- in pH(H₂O)-Werte] nur dann als ‚signifikant‘ bewertet werden, wenn diese Differenzen evident sind. Als ‚evident‘ sollte ein pH-Unterschied von mindestens 0,5 Einheiten gelten.“ (MÖLLER 2005 Mskr.)

Anmerkung von WUNDRAM: Bei meinen vorliegenden Untersuchungen wurden die Untersuchungsflächen auf der Basis der pH(CaCl₂)-Werte im Ah (Bodentiefe 5-10cm) jeweils einer von vier pH-Stufen zugewiesen. Bezüglich der Lagerungsdichte des lufttrockenen Materials wurden folgende Daten ermittelt:

$$\bar{x} = 0,84 \text{ [g} \cdot \text{ml}^{-1} \text{ Boden]}, s = 0,18 \text{ [g} \cdot \text{ml}^{-1} \text{ Boden]}, n = 210.$$

„Auf die pH-Analyse von Mischproben, wie es ELLENBERG (1958) empfiehlt, wurde verzichtet: Eine relativ saure Teilprobe beeinflusst das Messergebnis über Gebühr. So ließe eine Mischprobe aus Teilproben mit den pH-Werten 6,7,7,7,7 (rechnerisch) einen pH-Wert von 6,55 erwarten (Entlogarithmieren der pH-Zahlen, Bildung des arithmetischen Mittels dieser H₃O⁺-Konzentration [mol · l⁻¹], Logarithmieren dieses Mittelwertes). Repräsentativ für die betreffende Untersuchungsfläche wären hingegen das arithmetische Mittel aus den 5 pH-Zahlen ($\bar{x} = 6,8$) (zum arithmetischen Mitteln von pH-Werten s. MÖLLER 2003) oder der Median dieser Zahlen (Md = 7).“ (WUNDRAM & MÖLLER 2005 Mskr.).

Es wurden Einfachbestimmungen durchgeführt: Bei der Ermittlung der pH-Werte von ca. 5000 Proben [83 Untersuchungsflächen, 4-6 Bodenbereiche, 6 Untersuchungszeitpunkte, Bestimmung sowohl des pH(CaCl₂) als auch des pH(H₂O)-Werts] wäre eine Verdopplung der pH-Messungen auf 10000 aus zeitlichen Gründen schwer möglich gewesen.

Einfachbestimmungen waren im vorliegenden Fall zu verantworten:

1. Es geht hier nicht um den pH-Wert der Einzelprobe an sich, sondern der betreffende Wert ist lediglich Grundlage für die Bildung des Mittelwerts für die Vegetationsperiode (aus 6 Einzelwerten).
2. Der Analysefehler ist äußerst gering: Die Differenzen zwischen pH(CaCl₂)-Werten aus Mehrfachbestimmungen an Material derselben Probe waren sehr niedrig:

Untersuchungsfläche	Bodenbereich	pH(CaCl ₂)-Spannweite	maximale pH(CaCl ₂)-Differenz	n der Bestimmungen
144	5-10cm	3,83-3,91	0,08	20
154	5-10cm	6,43-6,53	0,10	20

Das Standardverfahren zur Bestimmung des Analysefehlers (vgl. z.B. SACHS 1992) kam nicht zur Anwendung, da die pH-Werte Logarithmen darstellen.

3.2.2.2 Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs

3.2.2.2.1 Konzept der Bestimmung

Da im Rahmen dieser Arbeit nicht sämtliche für die Pflanzen notwendigen Mineralstoffe untersucht werden konnten, musste eine Auswahl getroffen werden. Der mengenmäßig bedeutendste der durch die Wurzel aufgenommenen Mineralstoffe ist Stickstoff. Diese Tatsache begründet den getroffenen Schwerpunkt. „Die Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff war bereits vielfach Gegenstand vegetationsökologischer Untersuchungen (z.B. DIERSCHKE 1974, ELLENBERG 1964 und 1977, MEDERAKE & SCHMIDT 1991, RUNGE 1970, 1974a, 1974b und 1978, VOGEL 1981). Es zeigte sich, dass zur Beurteilung der Versorgung eines Standortes mit Mineralstickstoff umfangreiche Messungen erforderlich sind.“ (SBRZESNY 2000, S.27.) Insbesondere beim Vergleich des Stickstoffhaushaltes der frühlingsgeophytenreichen Wälder der Region Hannover sind einmalige Messungen nicht ausreichend, da die Frühlingsgeophyten bereits vor den später austreibenden Pflanzen der Krautschicht ihr Entwicklungsmaximum und damit den Maximalbedarf an Stickstoff erreichen. In diesen Wäldern müssen sich die vergleichenden Untersuchungen des Angebots an Mineralstickstoff über die gesamte Vegetationsperiode erstrecken.

Der Bodenstickstoff liegt häufig zu mehr als 95% organisch gebunden vor, aber nur der anorganisch gebundene Stickstoff in Form von NH_4^+ und/oder NO_3^- kann von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen werden. Obwohl dieser Stickstoff lediglich zu einem sehr geringen Anteil dem Ausgangsgestein der Böden entspringt, bezeichnet man ihn als Mineralstickstoff (Nmin). Für die Freisetzung von Mineralstickstoff aus der organischen Bodensubstanz sind Bodenorganismen verantwortlich. Den eigentlichen Prozess der Stickstoff-Mineralisierung stellt die Ammonifizierung dar: Nach der mikrobiellen Freisetzung von NH_3 aus organischen Substanzen des Bodens folgt rasch eine weitere Reduktion zu NH_4^+ ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$). In der in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen möglichen Nitrifikation wird NH_4^+ über NO_2^- als kurzfristigem Zwischenprodukt zu NO_3^- mikrobiell oxidiert.

Bereits ELLENBERG (1977) hat dargelegt, dass die im Boden vorliegenden aktuellen Mineralstickstoffgehalte kein geeignetes Maß für die im Stickstoffversorgung der Pflanzen sind, da der Mineralstickstoff im Verlauf der Vegetationsperiode als Minimumfaktor häufig nicht mehr nachweisbar ist.

Eine bessere Beurteilung des Stickstoffangebotes des Bodens erfolgt über den Brutversuch.

„Mit der Bestimmung der Stickstoff-Nettomineralisation im Brutversuch, die von HESSELMANN (1917) eingeführt und von ZÖTTL (1958), ENO (1960), ELLENBERG (1964) und RUNGE (1970) weiterentwickelt wurde, war es möglich, die Menge an Stickstoff zu bestimmen, die in anorganischer Form nach Abzug des Eigenbedarfs der Mikroorganismen im Boden vorliegt und somit den Pflanzen zur Verfügung steht. Zur Bestimmung der N-

Nettomineralisationsrate muss die N_{min} -Entnahme durch die Pflanze sowie die N_{min} -Auswaschung aus dem Boden für diesen Zeitraum unterbunden werden. Die Differenz zwischen dem N_{min} -Gehalt zu Beginn der Probenahme und dem der Brutprobe nach erfolgter Lagerung ergibt die N-Nettomineralisationsrate für den Bebrütungszeitraum. Der N_{min} -Gehalt ergibt sich jeweils aus der Summe von NH_4^+ -N und NO_3^- -N.“ (SBRZESNY 2000, S.27f.).

Ursprünglich erfolgte der Brutversuch unter konstanten Temperaturverhältnissen im Labor (vgl. z.B. ZÖTTL 1958). Heute ist anstelle des Labor-Brutversuchs i.a. der im Gelände getreten. Doch auch dessen Ergebnisse sind zu relativieren: Durch die Lagerung der Bodenproben am Ort der Entnahme unterliegen diese zwar den dort herrschenden Temperaturschwankungen. „Andere Faktoren, die weiterhin die Höhe der N-Nettomineralisationsrate beeinflussen, entsprechen nicht den standörtlichen Gegebenheiten. So wird der Wassergehalt des Bodens im Versuchsverlauf konstantgehalten, die Bodenstruktur und die damit verbundenen Belüftungsverhältnisse werden verändert, die Makrofauna wird ausgeschlossen, und das Wechselspiel zwischen Pflanze und Boden wird gestört.“ (SBRZESNY 2000, S. 28) Der Eintrag von mineralischem Stickstoff durch Niederschläge während des Brutversuchs kann bei der Bestimmung der N-Nettomineralisationsrate nicht berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Brutversuch in leicht abgewandelter Form nach RUNGE (1970) durchgeführt.

Die Bestimmung der N-Nettomineralisationsrate erfolgte auf den jeweiligen Probeflächen ausgehend von den stationären organischen Horizonten (Of/Oh) bis zu einer Mineralbodentiefe von 14,8cm, obwohl entsprechende Untersuchungen darlegen, dass selbst in noch größeren Bodentiefen eine N-Nettomineralisation stattfindet (MEDERAKE & SCHMIDT 1991, MEINS 1996, RUNGE 1970, 1978).

Über die unseren Laubmischwäldern vergleichbare Wälder hat bereits ELLENBERG (1939) berichtet, dass die Kräuter schwerpunktmäßig bis zu einer Bodentiefe von ca. 15cm wurzeln. Es kann also davon ausgegangen werden, dass fast die gesamte Wurzelmasse der Krautschichtvegetation in dem Bereich bis 14,8cm Bodentiefe angetroffen wird.

Der einzelne von mir durchgeführte Brutversuch erstreckte sich über einen Zeitraum von 7 Wochen. Pro Untersuchungsfläche fanden 5 Brutversuche statt:

1. April bis Juni 1997
2. Juni bis Juli 1997
3. Juli bis September 1997
4. September bis November 1997
5. Februar bis April 1998

Die Ergebnisse aus dem Zeitraum Februar bis April 1998 wurden in der Weise behandelt, als wären sie bereits 1997 gewonnen worden, um die Zeitspanne einer ganzen Vegetationsperiode darzustellen.

Zu Beginn einer jeden Brutperiode musste der aktuelle N_{min} -Gehalt des Bodens bestimmt werden, um nach Abschluss des Brutversuchs die N-Nettomineralisationsrate ermitteln zu können.

Um eine zügige Bestimmung der Gehalte des Bodens an anorganischem Stickstoff zu gewährleisten, schloss sich an jeden Probetag ein Labortag an. Ein Probenahmezyklus bzw. Zyklus beginnender Brutversuche erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Wochen.

Die N_{min} -Werte wurden jeweils in flächenbezogene Werte umgerechnet (Bodenoberfläche von $1m^2$ und Mineralbodentiefe von 14,8cm).

Als repräsentativ für die einzelne Untersuchungsfläche wurde der arithmetische Mittelwert aus den N-Nettomineralisationsraten aus allen 5 (jeweils siebenwöchigen) Brutversuchen („N-Nettomineralisationsrate pro 7 Wochen“) betrachtet.

Es ist die Frage, inwieweit Stickstoff durch die in jüngerer Zeit verstärkten Stickstoff-Depositionen (vgl. z.B. FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1996) seinen Minimumcharakter zu verlieren beginnt. In jedem Fall bleibt jedoch die Stickstoff-Nettomineralisation eine entscheidende Größe zur Beurteilung der N-Versorgung der Pflanze.

3.2.2.2 Probenahme

Die Anzahl der Untersuchungsflächen beschränkte sich auf 30. Die Flächen wurden so ausgewählt, dass alle vorliegenden pH-Bereiche und ein möglichst breites pflanzensoziologisches Spektrum Berücksichtigung fanden.

Bei den organische Auflagen erfolgte die Probenahme getrennt nach Horizonten (Of, Oh). Aus einem organischen Horizont wurde jeweils Material in 2 Polyethylenbeutel gegeben. Die eine Probe diente dem Brutversuch, die andere der Bestimmung des aktuellen N_{min}-Gehalts ($\hat{=}$ Ausgangssituation in der Brutperiode). Beide Beutel wurden mit einem Knoten verschlossen.

Zur Erfassung des Hauptwurzelbereichs im Mineralkörper (s. 3.2.2.2.1) wurde ein 7,4cm hoher Stechzylinder nach Entfernung des organischen Auflagematerials mit einem Aufsatzisen senkrecht in den Boden getrieben und anschließend seitlich aus dem Boden herauspräpariert. Eine zweite Probenahme mit demselben Stechzylinder an dem nun 7,4cm tiefen Loch erreichte eine Untersuchungstiefe von 14,8cm. Die beiden Stechzylinder-Inhalte wurden in einem einzigen Polyethylenbeutel überführt und möglichst gleichmäßig von Hand durchmischt. Ein Anteil dieser Mischprobe wurde für den Brutversuch verwendet, ein anderer diente der Bestimmung des N_{min}-Gehalts zu Beginn des Brutversuchs (= aktueller N_{min}-Gehalt). Die beiden Proben gab ich in separate Polyethylenbeutel, welche jeweils mit einem Knoten verschlossen wurden.

Die Polyethylenbeutel waren wasserundurchlässig, jedoch durchlässig für Gase. Sämtliche Brutproben wurden für 7 Wochen in ihrer Entnahmetiefe im Boden zurückgelassen.

Zur Angabe flächenbezogener N_{min}-Werte (hier Bodenraum unter 1m² Oberfläche von der Of-Lage bis 14,8cm Tiefe im Mineralboden) waren Volumenproben erforderlich.

Bei den organischen Horizonten wurde dazu ein 1cm hoher (24,63ml) Stechzylinder verwendet, während die Volumenproben des Mineralbodens mit einem 100ml-Stechzylinder (Höhe = 4cm) entnommen wurden.

Die Entnahme der Proben mit dem 24,63ml-Stechzylinder bei organischen Auflagen geschah folgendermaßen: In den unteren Bereich der betreffenden Of- bzw. Oh-Lage wurde ein Blech waagrecht eingeführt. Anschließend wurde der Stechzylinder von oben auf das Material bis zum Blech gedrückt (auch bei O-Lagen <1cm, bei O-Lagen >1cm Entfernung des aus dem Stechzylinder überstehenden Materials mit einem Messer). Da die „Exaktheit“ dieser Bestimmung des Volumengewichts bezweifelt werden könnte, wurden die N_{min}-(Mittel-) Werte der organischen Auflagen gerundet (s. Kap. 4.6).

Die Gewinnung von Volumenproben aus dem Mineralboden erfolgte mit Verwendung eines Aufsatzisens unter seitlicher Einführung des 100ml-Stechzylinders in die Profilwand mit einem Hammer und anschließendem Herauspräparieren des Zylinders.

Lagen im Mineralboden bis 14,8cm Tiefe zwei (Sub-) Horizonte vor, so wurde von jedem mit einem 100ml fassenden Stechzylinder eine Volumenprobe entnommen. Trat innerhalb des Mineralbodenbereichs 0-14,8cm ein zweiter Horizont (bzw. Subhorizont) von <5,64cm Mächtigkeit (Weite des 100ml-Stechzylinders = 5,64cm) auf, so wurde die 2. Stechzylinderprobe unter Einschluss des nach unten angrenzenden Bodenbereichs entnommen. Existierte dagegen, so im Regelfall, im Bereich von 0-14,8cm nur 1 Horizont (durchgehend humoses A-Material), so wurde aus zwei unterschiedlichen Tiefen je eine 100ml-Volumenprobe gewonnen. Im letzteren Fall wurde der Mittelwert der Volumenproben für die Bezugnahme auf den Bodenraum verwendet. Die Volumenproben wurden bei zwei

(Sub-)Horizonten bis 14,8cm Tiefe im Mineralkörper anteilig entsprechend der jeweiligen Horizontmächtigkeit gewichtet. Der humose A-Horizont maß bei allen 30 Böden mindestens 7cm.

Alle naturfeuchten Volumenproben wurden in Polyethylenbeutel gefüllt und gewogen. Nach durchgeführter Lufttrocknung erfolgte die zweite Wägung, um im Falle der Ureaseaktivität eine Bezugnahme auf lufttrockenen Boden zu ermöglichen.

Sämtliche Bodenproben, in denen jeweils der Gehalt an mineralischem Stickstoff bestimmt werden sollte, wurden beginnend mit der Entnahme im Gelände bis zur Analyse im Labor in einer Kühlbox gelagert.

Die Erhebung der Messwerte an nur einem Bodenaufschluss pro Untersuchungsfläche liefert nur einen begrenzten Einblick in die tatsächlich vorliegenden Bodenverhältnisse. Die Berücksichtigung von Proben mehrerer Bodenaufschlüsse pro Fläche war jedoch aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Aus demselben Grund wurde auf sich zeitlich überschneidende Brutserien verzichtet.

3.2.2.2.3 Analytische Bestimmung von NO_3^- und NH_4^+

Die Gehalte der Bodenproben an NO_3^- und NH_4^+ wurden anhand des naturfeuchten Bodens ermittelt. Bei den mineralischen Horizonten erfolgte die Extraktion aus jeweils 10g und bei den organischen Horizonten jeweils aus 3g des Bodens mit 40ml einer 1%-igen K_2SO_4 -Lösung durch halbstündiges Schütteln auf einer Schüttelapparatur. Um Störungen bei den folgenden photometrischen Bestimmungen zu vermeiden, sind die häufig verwendeten Extraktionsmittel KCl und $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ durch K_2SO_4 ersetzt worden (SBRZESNY 2002). Die vorliegende Bodensuspension wurde anschließend filtriert. Da das Filtrat häufig eine Eigenfärbung aufwies, wurde in diesen Fällen die zu untersuchende Probe photometrisch gegen das gefärbte Filtrat als Blindwert gemessen. In einem Teil des Filtrates wurde der NH_4^+ -Gehalt unter Verwendung einer modifizierten Berthelotschen Reaktion nach der Methode von Kandeler & Gerber (vgl. SCHINNER, ÖHLINGER & KANDELER 1991) ermittelt. Ein weiterer Teil des Filtrates wurde zur photometrischen Bestimmung des NO_3^- -Gehaltes nach der Methode „Bestimmung von Nitraten mit Natriumsalicylat“ (LANGE & VEJDELEK 1987) verwendet.

NO_3^- und NH_4^+ wurden in NO_3^- -N und NH_4^+ -N umgerechnet. $N_{\text{min}} = \text{NO}_3^-$ -N + NH_4^+ -N.

Die am naturfeuchten Boden erhaltenen NO_3^- -N-Werte, NH_4^+ -N-Werte und N_{min} -Werte wurden jeweils auf die Masse der naturfeuchten Volumenproben bezogen. Auf dieser Basis erfolgte die Berechnung der entsprechenden Werte pro 1m^2 Oberfläche bei Berücksichtigung des Bodenraums bis zu einer Mineralbodentiefe von 14,8cm.

Bei den NH_4^+ - und NO_3^- -Analysen erfolgten jeweils Doppelbestimmungen.

3.2.2.3 Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs

Die Gehalte der Bodenproben an organisch gebundenem Kohlenstoff wurden für die mineralischen Horizonte bis 14,8cm Bodentiefe anhand von im September 1997 entnommenen Bodenproben der 30 der Nmin-Bestimmung dienenden Untersuchungsflächen ermittelt. Für den Hauptwurzelbereich bis 14,8cm Tiefe wurde abermals eine Mischprobe hergestellt. Im Gegensatz zur sowohl analytischen Bestimmung von NO_3^- und NH_4^+ als auch zur Bestimmung des pH-Wertes wurde zur Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs ausschließlich lufttrockene Feinerde verwendet. Da sich beim Trocknen der Bodenproben an der Luft häufig feste Aggregate ausbilden, ist vor der Versuchsdurchführung eine mechanische Zerkleinerung und damit verbundene Homogenisierung des Bodens durchgeführt worden. Die sich anschließende Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs wurde photometrisch durch die nasse Veraschung nach der Lichtfelder Methode (vgl. SCHLICHTING, BLUME & STAHR 1995) durchgeführt.

Da die C-Bestimmungen lediglich einer Zusatzinformation dienten (Ermittlung des C/N-Verhältnisses der organischen Substanz), fanden hier nur Einfachbestimmungen statt.

3.2.2.4 Bestimmung des Gehalts an organisch gebundenem Stickstoff

Zur Ermittlung des C/N-Verhältnisses der organischen Bodensubstanz war es notwendig, einen Anteil der in Kapitel 3.2.2.2.2 erwähnten Bodenproben auch für die Untersuchung der Stickstoffgehalte in den mineralischen Horizonten bis 14,8cm Bodentiefe zu verwenden. Abermals wurde luftgetrocknete Feinerde benötigt, die mechanisch zerkleinert und homogenisiert werden musste. Die Versuche wurden nach STEUBING & FANGMEIER (1992; Kjeldahlmethode) durchgeführt.

Streng genommen umfasst der so bestimmte N-Gehalt der organischen Bodensubstanz auch das im Boden vorhandene NH_4^+ -N. Dieses ist hier aber mengenmäßig zu vernachlässigen.

Da die Bestimmungen des organisch gebundenen Stickstoffs nur einer Zusatzinformation dienten (Ermittlung des C/N-Verhältnisses der organischen Substanz), fanden hier nur Einfachbestimmungen statt. Der relative Messfehler bei Norg-Bestimmungen im Rahmen von MÖLLER, AGENA & WETTERAU (2001) belief sich auf 5,59% (Analysen durch SBRZESNY und WUNDRAM).

3.2.2.5 Bestimmung der Ureaseaktivität

Die Ureaseaktivität wurde nach der „gepufferten Methode“ nach KANDELER & GERBER (1988) im humosen Oberboden bis 14,8cm Tiefe für alle 30 der Nmin-Bestimmung dienenden Untersuchungsflächen ermittelt. Dazu wurde die bereits in Kapitel 3.2.2.2.2 beschriebene Mischprobe vom September 1997 herangezogen. Unter Bezugnahme auf MÖLLER (1979; 1981 a,b; 1987 a,b) wurden luftgetrocknete Proben verarbeitet. Nach diesem Autor ergab sich eine sehr enge Beziehung zwischen der an lufttrockenem Material bestimmten Ureaseaktivität und anerkannten Größen der biologischen Bodenaktivität wie dem C/N-Verhältnis humoser Bodenhorizonte. Die Bestimmung des Trockensubstanz-Volumengewichts ist in Kapitel 3.2.2.2.2 dargestellt.

Es fanden Doppelbestimmungen statt.

3.2.3 Statistische Verarbeitung der Analysedaten

Als repräsentative Größe für die pH-Verhältnisse einer Bodentiefe innerhalb einer Untersuchungsfläche wurde das arithmetische Mittel (\bar{x}) aus den Ergebnissen der entsprechenden über den gesamten Untersuchungszeitraum verteilten 6 Einzelmessungen betrachtet.

Bislang galt es in der Vegetationsökologie als kritisch, das arithmetische Mittel der pH-Werte von Böden anzugeben (s. z.B. ELLENBERG 1992, S. 17), da die pH-Zahlen logarithmische Werte sind. MÖLLER (2003) legt dar, dass das arithmetische Mitteln von pH-Zahlen mathematisch legitimiert ist: Das arithmetische Mittel von pH-Werten ist der (negative dekadische) Logarithmus des geometrischen Mittels der auf mol/l bezogene Zahlenwerte von H_3O^+ -Konzentrationen. Das geometrische Mittel der Zahlenwerte der H_3O^+ -Konzentrationen bzw. der entsprechende Logarithmus gibt die zentrale Tendenz einer Menge von Aziditätswerten besser wieder als das arithmetische Mittel der entlogarithmierten pH-Zahlen. (Zum allgemeinen Gebrauch des geometrischen Mittels s. u.a. WEBER 1980.)

Es kamen folgende statistischen Verfahren zur Anwendung:

1. Berechnung von linearer Regression und „linearem Korrelationskoeffizienten“;
2. t-Test für den isolierten Vergleich von zwei arithmetischen Mittelwerten;
3. einfache (Standard-)Varianzanalyse beim multiplen Vergleich arithmetischer Mittelwerte;
4. Grenzvariationsbreiten-Test (LSR-Test) auf der Basis einer einfachen Varianzanalyse für den multiplen Vergleich arithmetischer Mittelwerte;
5. Rangvarianzanalyse für mehrere verbundene Stichproben nach WILCOXON & WILCOX zum Vergleich der N-Nettomineralisationsraten in den verschiedenen Untersuchungszeiträumen bzw. in den Böden der verschiedenen Untersuchungsflächen; (Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit 1. Faktor = pH-Bereich, 2. Faktor = Untersuchungszeiträume kam nicht zur Anwendung, da die Stichproben in den einzelnen pH-Bereichen sehr unterschiedlichen Umfang haben. Zur Problematik der zweifaktoriellen Varianzanalyse bei ungleicher Besetzung der Zellen s. z.B. RENNER 1970; KÖHLER, SCHACHTEL & VOLESKE 1984.)
6. Chi-Quadrat-Test gemäß SACHS (1992; Formel 441 für Chi-Quadrat-Stern, Verfahren für mehrfache Anwendung auf denselben Datenkörper gemäß Kap. 621) zur Überprüfung der Differenzen zwischen relativen Häufigkeiten der Arten in verschiedenen pH-Bereichen auf Signifikanz.

Auch die Verfahren 1,2,3,5 erfolgten gemäß SACHS (1992), das Verfahren 4 wurde nach KÖHLER, SCHACHTEL & VOLESKE durchgeführt.

Die Brutversuche zur Stickstoff-Nettomineralisation wurden auf 30 Untersuchungsflächen zu jeweils fünf verschiedenen Zeitpunkten angesetzt. Auf drei Untersuchungsflächen wurden die „Brutbeutel“ zum Ende jeweils eines Untersuchungszeitraums zerstört vorgefunden. Die Daten von diesen drei Untersuchungsflächen blieben bei den statistischen Berechnungen zur Stickstoff-Nettomineralisation unberücksichtigt.

Die Überprüfung eines Befundes auf Signifikanz erfolgte für eine (vorab festgelegte) Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$. (Beim Chi-Quadrat-Test zusätzlich Überprüfung mit $\alpha = 10\%$, falls Differenz nicht signifikant bei $\alpha = 5\%$.)

Statistische Symbole:

—	
x	= arithmetischer Mittelwert
s	= Standardabweichung
r	= Korrelationskoeffizient nach PEARSON
B (=r ²)	= Bestimmtheitsmaß
n	= Umfang der Stichprobe; Anzahl der Wiederholungen (bei Rangvarianzanalyse)
k	= Anzahl der Faktorstufen (hier: Anzahl der Untersuchungszeiträume bei der Rangvarianzanalyse)
h	= relative Häufigkeit
*	= signifikant bei $\alpha = 5\%$
(*)	= signifikant nicht bei $\alpha = 5\%$, jedoch bei $\alpha = 10\%$ (beim Chi-Quadrat-Test)
n.s.	= nicht signifikant

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Charakteristik der berücksichtigten Waldgesellschaften

4.1.1 Der floristische Aufbau der Waldgesellschaften

Die dieser Arbeit zu Grunde liegenden 190 Vegetationsaufnahmen wurden induktiv nach dem Grad der floristischen Ähnlichkeit geordnet. Auf diese Weise ergaben sich die in den vier Vegetationstabellen dokumentierten Einheiten (s. jeweils die Vegetationstabellen 1-4).

Wie oben dargelegt, basieren diese Teiltabellen auf einer Gesamttabelle mit allen 190 Aufnahmen.

Sowohl die Baumschicht als auch die Strauch- und die Krautschicht der vorliegenden Laubmischwälder weisen gemeinsame Grundzüge auf:

In der Baumschicht sind über das gesamte Spektrum der Vegetationsaufnahmen in unterschiedlichen Kombinationen und mit hoher Stetigkeit anzutreffen: *Quercus robur* und *Carpinus betulus* mit besonders hoher Stetigkeit, des weiteren *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus*.

Eine Strauchsicht ist nur auf einigen Untersuchungsfeldern vorhanden, wobei die Vegetationsbedeckung durch die Sträucher i.d.R. nur gering ist. *Corylus avellana*, *Sambucus nigra* und *Crataegus x macrocarpa* erscheinen jedoch mit vergleichbarer Stetigkeit über das gesamte Spektrum der Vegetationsaufnahmen.

In der Krautschicht treten mehr oder minder durchgehend mit hoher Stetigkeit auf: *Anemone nemorosa*, *Ficaria verna*, *Impatiens parviflora*, *Polygonatum multiflorum* und *Geum urbanum*.

Die genannten gemeinsamen Grundzüge rechtfertigen die Zusammenfassung der vorliegenden Vegetation zu einer einzigen lokal gefassten, ranglosen „Gesamtgesellschaft“, die hier als „*Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft“ bezeichnet wird. Dabei steht diese Bezeichnung für eine umfassende Artenkombination. Sie setzt nicht voraus, dass die in der Bezeichnung genannten Arten in jeder Aufnahme vorkommen.

Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über die gemeinsamen Grundzüge der vorliegenden *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft.

Tabelle 4: Übersicht über gemeinsame Grundzüge der *Carpinus betulus-Quercus robur-*Gesamtgesellschaft

Baumschicht:	<i>Quercus robur, Carpinus betulus, Fraxinus excelsior, Fagus sylvatica, Acer pseudoplatanus</i>
Strauchschicht:	<i>Corylus avellana, Sambucus nigra, Crataegus x macrocarpa</i>
Krautschicht:	<i>Anemone nemorosa, Ficaria verna, Impatiens parviflora, Polygonatum multiflorum, Geum urbanum</i>

Die vier Vegetationstabellen sind sehr umfangreich und stark gegliedert, so dass ein Gesamtüberblick über die Untereinheiten der Gesamtgesellschaft erschwert wird. Zur besseren Orientierung wird nachstehend die systematische Untergliederung der vorliegenden *Carpinus betulus-Quercus robur-*Gesamtgesellschaft anhand von Übersichts-Teiltabellen mit jeweiliger Nennung der wichtigsten Differentialarten vorgenommen. Es bedeuten:

***Carpinus betulus-Quercus robur-*Gesamtgesellschaft**

A = trennartenfreie Untergesellschaft

AI = trennartenfreie Variante

AII = Variante von *Milium effusum*

AIIa = trennartenfreie Subvariante

AIIaa = trennartenfreie Ausbildung

AIIab = Ausbildung mit *Deschampsia cespitosa*

AIIb = Subvariante von *Lamium galeobdolon*

AIIba = trennartenfreie Ausbildung

AIIbb = Ausbildung mit *Deschampsia cespitosa*

AIIc = Subvariante von *Luzula pilosa*

AIIca = trennartenfreie Ausbildung

AIIcb = Ausbildung mit *Deschampsia cespitosa*

B = Untergesellschaft von *Arum maculatum*

BI = trennartenfreie Variante

BIa = trennartenfreie Subvariante

BIaa = trennartenfreie Ausbildung

BIaaa = trennartenfreie Unterausbildung

BIaab = Unterausbildung mit *Stachys sylvatica*

BIab = Ausbildung mit *Oxalis acetosella*

BIaba = trennartenfreie Unterausbildung

BIabaa = trennartenfreie Form

BIabab = Form mit *Carex sylvatica*

BIabb = Unterausbildung mit *Lonicera periclymenum*

BIabba = trennartenfreie Form

BIabbb = Form mit *Ficaria verna*

BIb = Subvariante von *Aegopodium podagraria*

BIba = trennartenfreie Ausbildung

BIbb = Ausbildung mit *Atrichum undulatum*

BIbba = trennartenfreie Unterausbildung

BIbbaa = trennartenfreie Form

BIbbab = Form mit *Galium odoratum*

BIbbb = Unterausbildung mit *Urtica dioica*

BIbbba = trennartenfreie Form

BIbbbb = Form mit *Galium odoratum*

BII = Variante von *Leucojum vernum*

BIIa = trennartenfreie Subvariante

BIIaa = trennartenfreie Ausbildung

BIIaaa = trennartenfreie Unterausbildung

BIIaab = Unterausbildung mit *Impatiens parviflora*

BIIab = Ausbildung mit *Melica uniflora*

BIIaba = trennartenfreie Unterausbildung

BIIabb = Unterausbildung mit *Primula veris*

BIIabc = Unterausbildung mit *Acer pseudoplatanus* juv.

BIIb = Subvariante von *Aegopodium podagraria*

BIIba = trennartenfreie Ausbildung

BIIbb = Ausbildung mit *Atrichum undulatum*

BIIbba = trennartenfreie Unterausbildung

BIIbbaa = trennartenfreie Form

BIIbbab = Form mit *Evonymus europaea* juv.

BIIbbb = Unterausbildung mit *Carex sylvatica*

BIIbbba = trennartenfreie Form

BIIbbbb = Form mit *Evonymus europaea* juv.

Tabellen 5a-5i: Untergliederung der Gesamtgesellschaft

Tabelle 5a: Differenzierung der Gesamtgesellschaft in Untergesellschaften

Untergesellschaft	A	B
	-	<i>Arum maculatum, Anemone ranunculoides, Glechoma hederacea, Adoxa moschatellina, Viola reichenbachiana, Pulmonaria obscura</i>

Tabelle 5b: Differenzierung der Untergesellschaft A

Untergesellschaft	A						
Variante	AI	AII					
	-	<i>Milium effusum, Dryopteris carthusiana, Oxalis acetosella, Athyrium filix-femina, Atrichum undulatum, Lonicera periclymenum, Polytrichum formosum</i>					
Subvariante		AIIa	AIIb		AIIc		
		-	<i>Lamium galeobdolon</i>		<i>Luzula pilosa</i>		
Ausbildung		AIIaa	AIIab	AIIba	AIIbb	AIIca	AIIcb
		-	<i>Deschampsia cespitosa, Carex sylvatica, Stachys sylvatica, Circaea lutetiana</i>	-	<i>Deschampsia cespitosa, Carex sylvatica, Stachys sylvatica, Circaea lutetiana</i>	-	<i>Deschampsia cespitosa, Carex sylvatica, Stachys sylvatica, Circaea lutetiana</i>
n Vegetationsaufnahmen	6	4	6	5	4	4	2

Tabelle 5c: Differenzierung der Untergesellschaft B in die Varianten BI und BII

Untergesellschaft	B	
Variante	BI	BII
	-	<i>Leucojum vernum, Corydalis cava, Mercurialis perennis</i>

Tabelle 5d: Differenzierung der Variante BI in die Subvarianten BIa und BIb

Variante	BI	
Subvariante	BIa	BIb
	-	<i>Aegopodium podagraria, Allium ursinum, Primula elatior</i>

Tabelle 5e: Differenzierung der Subvariante BIa

Subvariante	BIa					
Ausbildung	BIaa			BIab		
Unterausbildung	-			Oxalis acetosella, Athyrium filix-femina,, Dryopteris carthusiana, Lamium galeobdolon, Milium effusum		
Unterausbildung	BI aaa	BI aab	BI aba		BI abb	
Form	-	<i>Stachys sylvatica</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i> , <i>Lonicera xyloste-mum</i> juv.	-		<i>Lonicera periclymenum</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Luzula pilosa</i>	
Form			BI abaa	BI abab	BI abba	BI abbb
Form			-	<i>Carex sylvatica</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Stachys sylvatica</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i>	-	<i>Ficaria verna</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Stachys sylvatica</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i>
n Vegetationsaufnahmen	3	3	8	15	5	13

Tabelle 5f: Differenzierung der Subvariante BIb

Subvariante	BIb					
Ausbildung	BIba		BIbb			
Unterausbildung	-		<i>Atrichum undulatum</i> , <i>Lamium galeobdolon</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i> , <i>Carex sylvatica</i>			
Unterausbildung			BI bba	BI bbb		
Form			-	<i>Urtica dioica</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i>		
Form			BI bbaa	BI bbab	BI bbba	BI bbbb
Form			-	<i>Galium odoratum</i> , <i>Impatiens parviflora</i>	-	<i>Galium odoratum</i> , <i>Impatiens parviflora</i>
n Vegetationsaufnahmen	4		10	2	3	14

Tabelle 5g: Differenzierung der Variante BII in die Subvarianten BIIa und BIIb

Variante	BII	
Subvariante	BIIa	BIIb
	-	<i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Allium ursinum</i> , <i>Primula elatior</i>

Tabelle 5h: Differenzierung der Subvariante BIIa

Subvariante	BIIa				
Ausbildung	BIIaa		BIIab		
	-		<i>Melica uniflora</i> , <i>Stellaria holostea</i> , <i>Chaerophyllum temulum</i> , <i>Acer campestre</i> juv., <i>Geranium robertianum</i> , <i>Galium odoratum</i>		
Unterausbildung	BIIaaa	BIIaab	BIIaba	BIIabb	BIIabc
	-	<i>Impatiens parviflora</i> , <i>Urtica dioica</i>	-	<i>Primula veris</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i> juv., <i>Circaea lutetiana</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Ficaria verna</i>
n Vegetationsaufnahmen	7	9	3	8	15

Tabelle 5i: Differenzierung der Subvariante BIIb

Subvariante	BIIb					
Ausbildung	BIIba		BIIbb			
	-		<i>Atrichum undulatum</i> , <i>Lamium galeobdolon</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i> ,			
Unterausbildung			BIIbba		BIIbbb	
			-		<i>Carex sylvatica</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>Dryopteris filix-mas</i> , <i>Cardamine pratensis</i>	
Form			BIIbbaa	BIIbbab	BIIbbba	BIIbbbb
			-	<i>Evonymus europea</i> juv., <i>Scrophularia nodosa</i> , <i>Corylus avellana</i> juv., <i>Dactylis polygama</i> , <i>Crataegus x macrocarpa</i> juv.	-	<i>Evonymus europea</i> juv., <i>Scrophularia nodosa</i> , <i>Corylus avellana</i> juv., <i>Dactylis polygama</i> , <i>Crataegus x macrocarpa</i> juv.
n Vegetationsaufnahmen	7		3	7	17	3

4.1.2 Die syntaxonomische Einordnung der Waldgesellschaften

Die Bewertung von Spezies als Charakterarten und die darauf beruhende Zuordnung der Waldgesellschaften auf Verbands-, Ordnungs- und Klassenebene richten sich nach OBERDORFER (2001).

Die *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft tendiert zum Verband *Carpinion betuli* Issl. 24. Begründet wird diese Zuordnung mit dem Auftreten der entsprechenden Charakterart *Carpinus betulus* in 143 von insgesamt 190 Vegetationsaufnahmen ($\approx 75\%$).

Sporadisch treten weitere Charakterarten des Verbandes *Carpinion betuli* auf: *Prunus avium*, *Tilia cordata*, *Dactylis polygama* und *Galium sylvaticum*. HÄRDTLE (1995, S. 212) stellt im Gegensatz zu OBERDORFER (2001) *Stellaria holostea* lediglich als Charakterart der Klasse *Quercu-Fagetea* und nicht als Charakterart des Verbandes *Carpinion betuli* dar.

Grundlage der Diskussion des syntaxonomischen Bezugs der untersuchten Wälder unterhalb der Verbandsebene ist die von DIERSCHKE (1986) erstellte Übersicht der *Carpinion*-Gesellschaften Nordwestdeutschlands. Dort werden die Assoziationen *Stellario-* und *Galio-Carpinetum* unterschieden. Das *Stellario-Carpinetum* "besitzt als sogenannte Rumpfgesellschaft oder Zentralassoziation keine eigenen Kennarten" (DIERSCHKE 1986, S. 303). Als Differentialarten des *Stellario-Carpinetum* führt DIERSCHKE (1986) folgende Spezies auf: *Deschampsia cespitosa*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Oxalis acetosella* und *Circaea lutetiana*. Im Gegensatz dazu dienen im *Galio-Carpinetum* außer *Sorbus torminalis* als Trennarten *Campanula rapunculoides*, *Lilium martagon*, *Primula veris*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Vincetoxicum hirundinaria* und *Viola hirta* in Nordwest-Deutschland. "Von den Gehölzen sind *Rosa canina* (meist nur als Jungwuchs) und *Crataegus monogyna* als Trennarten brauchbar" (DIERSCHKE 1986, S. 303).

Von den Differentialarten von Untereinheiten des *Stellario-Carpinetum* Nordwestdeutschlands (vgl. Tab. 6) kommen u.a. folgende nicht im *Galio-Carpinetum* vor und sind damit gleichzeitig Differentialarten des *Stellario-Carpinetum* gegen das *Galio-Carpinetum*: *Stachys sylvatica*, *Ficaria verna*, *Carex sylvatica*, *Cardamine pratensis*, *Urtica dioica*, *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale* und *Valeriana officinalis* agg..

Ob ein *Galio-* oder ein *Stellario-Carpinetum* entsteht, wird durch klimatische Bedingungen bestimmt. Im subatlantischen Nordwestdeutschland erscheint im wechselfeuchten bis feuchten Bereich das *Stellario-Carpinetum*, gekennzeichnet durch das Auftreten vieler Frische- bis Feuchtezeiger wie *Deschampsia cespitosa*, *Athyrium filix-femina*, *Carex remota* und *Circaea lutetiana*.

Im Gegensatz dazu ist das *Galio-Carpinetum* subkontinental und auf sommertrockenen Standorten anzutreffen. Das Erscheinen von Kalk- und Wärmezeigern wie *Campanula rapunculoides*, *Lilium martagon*, *Primula veris*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Vincetoxicum hirundinaria* und *Viola hirta* weist darauf hin. Ausläufer des *Galio-Carpinetum* mit *Rosa canina* und *Crataegus monogyna*, die bis in das subatlantisch geprägte Nordwest-Deutschland vordringen, kommen nur auf kleinklimatisch günstigem Raum, auf Kalkhängen mit hoher Sonneneinstrahlung, vor (DIERSCHKE 1986).

In der subatlantisch geprägten Region Hannover ist das Auftreten eines naturnahen *Galio-Carpinetum* unwahrscheinlich. DIERSCHKE (1986) geht davon aus, dass sich einige Trennarten erst durchsetzen konnten, nachdem die Wälder anthropogen aufgelichtet wurden (POTT 1981, 1985 zitiert nach DIERSCHKE 1986).

An der Grenze seines nordwestlichen Verbreitungsgebietes ist das *Galio-Carpinetum* wesentlich schwieriger zu definieren als das im subatlantischen Klima der Region Hannover stark vertretene *Stellario-Carpinetum*.

Die im Rahmen dieser Arbeit zu treffende Zuordnung zu einer der beiden diskutierten Assoziationen des *Carpinion betuli* erfolgt ausschließlich nach soziologischen Kriterien.

Die Bestände der vorliegenden *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft mit *Carpinus betulus* sind in Anbetracht des Auftretens von *Deschampsia cespitosa*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Oxalis acetosella* und *Circaea lutetiana*, die DIERSCHKE (1986) (s.o.) als Differenzialarten des *Stellario-Carpinetum* nennt, problemlos dieser Assoziation zuzuordnen. Bestände der Gesamtgesellschaft ohne *Carpinus betulus* stellen gewissermaßen ein „*Stellario-Carpinetum* ohne *Carpinus betulus*“ dar. Die *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft wird voll abgedeckt durch den „mesophilen Eichen-Hainbuchen-Mischwald“ in der Fassung von DRACHENFELS (1994).

Dieser Mischwald besteht nach dortiger Definition aus Eiche und/oder Hainbuche mit Buche, Ahorn, Esche und Linde. Die Einbeziehung von Eichen-Reinbeständen in den mesophilen Eichen- und Hainbuchen-Mischwald zeigt auch hier das stellenweise Ausbleiben der Hainbuche an.

Zusammenfassend lässt sich auf der Ebene der Assoziation festhalten, dass keine völlige Gleichsetzung der vorliegenden *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft mit dem *Stellario-Carpinetum* erfolgt, da *Carpinus betulus* in 25% der Vegetationsaufnahmen nicht vorkommt.

Einheit BIIab zeigt eine leichte Tendenz in Richtung *Galio-Carpinetum* mit dem vereinzelt Auftreten von *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Primula veris* und *Campanula rapunculoides*. *Sorbus torminalis*, in Nordwest-Deutschland gut zu verwendende Differentialart des *Galio-Carpinetum* (DIERSCHKE 1986), fällt vollständig aus. Auch die weiteren Differentialarten des *Galio-Carpinetum* fehlen. Es dürfte kein Zufall sein, dass gerade in Einheit BIIab der Übergang vom *Stellario-* zum *Galio-Carpinetum* deutlich wird: Viele Vegetationsaufnahmen dieser Einheit stammen aus dem Kulf, dem südlichsten der im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigten Gebiete, von z.T. geneigten Flächen mit Kalkstein.

Völlig eindeutig ist die Zuordnung der *Carpinus betulus-Quercus-robur*-Gesamtgesellschaft zur Ordnung *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 28. Entsprechende Charakterarten sind in der Baumschicht *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus*, in der Strauchschicht außer *Fraxinus excelsior* und *Acer pseudoplatanus* *Ribes rubrum* var. *rubrum* (letztere als *Alno-Ulmion*-Art) und in der Krautschicht *Arum maculatum*, *Pulmonaria obscura* und *Lamium galeobdolon*.

Damit gehört die vorliegende Gesamtgesellschaft zur Klasse *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg in Vlieg. 37 (europäische Sommerwälder und Sommergebüsche). Entsprechende Charakterarten sind in der Baumschicht *Quercus robur* und *Fagus sylvatica*, in der Strauchschicht *Corylus avellana* und *Ilex aquifolium* und in der Krautschicht *Anemone nemorosa*, *Melica uniflora* und *Convallaria majalis*.

Weitere Charakterarten der *Fagetalia sylvaticae* und der *Querco-Fagetea* siehe Vegetationstabellen 1-4.

Die Untereinheiten der *Carpinus betulus-Quercus-robur*-Gesamtgesellschaft werden im Folgenden zu den von DIERSCHKE (1986) für Nordwestdeutschland genannten Untereinheiten des *Stellario-Carpinetum* in Beziehung gesetzt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass streng genommen nur die untersuchten Bestände, in denen *Carpinus betulus* vorkommt, den Untereinheiten des *Stellario-Carpinetum* nach DIERSCHKE (1986) entsprechen.

Tabelle 6 gibt die von DIERSCHKE (1986) vorgenommene Untergliederung der genannten Assoziation wieder:

Tab. 6: Schema des *Stellario-Carpinetum* Oberd. 1957 em. Th. Müller 1966 in Nordwestdeutschland nach DIERSCHKE (1986)

- 1-2 Subass.-Gruppe von *Lonicera periclymenum*
 1 *Stellario-Carpinetum lonicero-luzuletosum*
 2 *Stellario-Carpinetum lonicero-typicum*
 3-6 Subass.-Gruppe von *Stachys sylvatica*
 3 *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum*, artenarme Variante
 4 *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum*, Variante von *Primula elatior*
 5 *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum*
 6 *Stellario-Carpinetum stachyo-filipenduletosum*

	Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6
	Zahl der Aufnahmen	11	11	18	91	73	13
	Mittlere Artenzahl	27	24	23	41	37	40
Baumschicht							
	<i>Carpinus betulus</i> V	I ¹⁻³	V ¹⁻⁵	IV ¹⁻⁵	V ¹⁻⁵	V ¹⁻⁵	V ¹⁻⁴
	<i>Quercus robur</i>	III ¹⁻³	V ¹⁻³	V ¹⁻⁴	V ¹⁻⁵	IV ¹⁻⁴	V ²⁻⁵
	<i>Tilia cordata</i> V	IV ²⁻⁴	+ ¹⁻³	II ¹⁻³	I ⁺⁴	+ ¹⁻⁴	+ ¹
	<i>Betula pendula</i>	V ¹⁻³	I ¹	II ¹⁻³	+ ¹⁻³	.	.
	<i>Quercus petraea</i>	IV ²⁻⁵	.	.	+ ¹⁻²	r	.
	<i>Fagus sylvatica</i>	.	II ⁺³	II ²⁻³	IV ⁺³	III ⁺³	I ¹⁻²
	<i>Prunus avium</i> V	.	I ⁺¹	II ⁺³	II ⁺²	II ¹⁻²	+ ¹
	<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	+ ³	IV ⁺³	III ⁺⁴	V ¹⁻³
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	+ ¹	III ⁺³	III ⁺³	I ¹
	<i>Acer campestre</i>	.	.	.	III ⁺³	III ⁺⁴	II ⁺¹
Strauchschicht							
	<i>Corylus avellana</i>	III ⁺⁴	II ⁺²	II ⁺⁴	I ⁺²	I ⁺³	II ⁺²
	<i>Carpinus betulus</i> V	III ⁺²	II ⁺¹	III ⁺²	r	+ ⁺¹	r
	<i>Crataegus laevigata</i>	I ⁺¹	II ⁺²	+ ¹	I ⁺¹	II ⁺³	II ⁺¹
	<i>Fagus sylvatica</i>	.	+ ⁺	II ⁺²	II ⁺²	II ⁺²	II ¹
	<i>Tilia cordata</i> V	V ¹⁻⁴	.	I ⁺¹	r	r	.
	<i>Sorbus aucuparia</i>	.	IV ⁺	I ⁺¹	r	.	.
	<i>Fraxinus excelsior</i>	+ ⁺	.	+ ⁺	+ ¹⁻³	+ ⁺²	II ⁺
	<i>Sambucus nigra</i>	.	II ⁺	+ ¹	+ ⁺²	r	.
	<i>Rubus fruticosus</i> agg.	.	I ¹	.	+ ⁺²	r	II ⁺²
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	II ⁺	+ ⁺²	r	.
Krautschicht							
V	<i>Stellaria holostea</i>	II ⁺²	V ⁺²	III ⁺³	V ⁺³	V ⁺⁴	V ¹⁻²
	<i>Dactylis polygama</i>	IV ⁺²	I ⁺²	I ⁺¹	IV ⁺³	III ⁺²	V ⁺¹
	<i>Carpinus betulus</i>	III ⁺	II ⁺²	II ⁺¹	III ⁺²	I ⁺¹	IV ⁺¹
	<i>Galium sylvaticum</i>	IV ¹⁻²	I ⁺²	I ⁺	III ⁺²	III ⁺¹	II ⁺¹
	<i>Prunus avium</i>	I ⁺	II ⁺	I ⁺	II ⁺¹	II ⁺¹	.
	<i>Tilia cordata</i>	III ⁺¹	+ ⁺	+ ⁺	.	r	.

D Ass.

Deschampsia cespitosa	I ⁺	IV ⁺¹	III ⁺²	IV ⁺⁴	I ⁺¹	V ¹⁻³
Athyrium filix-femina	II ⁺¹	I ⁺¹	IV ⁺³	II ⁺²	r	III ⁺²
Dryopteris carthusiana	I ⁺¹	V ⁺¹	III ⁺²	+	.	II ⁺¹
Oxalis acetosella	.	V ⁺²	IV ⁺³	II ⁺³	II ⁺²	+
Circaea lutetiana	.	+	I ¹	I ⁺²	r	V ¹⁻³

d Subass.-Gruppe von Lonicera periclymenum

Lonicera periclymenum	V ⁺²	V ⁺²	I ¹	r	.	.
Moehringia trinervia	III ⁺²	III ⁺¹	II ⁺¹	I ⁺¹	+	+
Maianthemum bifolium	II ⁺	III ⁺¹	II ⁺²	I ⁺¹	r	.
Sorbus aucuparia	II ⁺¹	IV ⁺¹	I ⁺	+	+	.

d1

Luzula luzuloides	V ⁺²	.	.	.	.	.
Calamagrostis arundinacea	V ⁺⁵	.	.	.	.	.
Atrichum undulatum	V ⁺¹	+	II ⁺¹	I ⁺²	+	.
Plagiothecium denticulatum	III ⁺¹	.	I ⁺	I ⁺¹	r	.

d Subass.-Gruppe von Stachys sylvatica

Stachys sylvatica	.	+	II ⁺	III ⁺²	IV ⁺³	IV ⁺³
Ficaria verna	.	I ¹	III ⁺⁵	IV ⁺⁵	IV ⁺⁴	V ¹⁻⁵
Carex sylvatica	.	.	II ⁺	IV ⁺²	II ⁺²	V ¹⁻³
Cardamine pratensis	.	.	+	III ⁺²	II ⁺¹	IV ⁺²
Urtica dioica	I ⁺	.	I ⁺¹	I ⁺²	I ⁺¹	IV ⁺³

Asarum europaeum	.	.	II ⁺¹	V ⁺³	V ⁺³	IV ¹⁻²
Hordelymus europaeus	.	.	II ⁺	V ⁺²	V ⁺²	II ⁺
Lilium martagon	.	.	+	I ⁺²	II ⁺²	.
Ranunculus lanuginosus	.	.	.	IV ⁺²	V ⁺²	IV ⁺²
Lathyrus vernus	.	.	.	III ⁺²	IV ⁺²	+

d 4-6

Primula elatior	.	+	I ⁺¹	V ⁺²	V ⁺²	V ¹⁻³
Pulmonaria officinalis agg.	.	+	I ¹	IV ⁺³	V ⁺²	IV ⁺¹
Ranunculus auricomus	.	.	+	V ⁺³	V ⁺²	V ⁺²
Arum maculatum	.	.	+	IV ⁺²	V ⁺²	II ⁺¹
Acer campestre	.	.	.	III ⁺²	III ⁺¹	III ⁺
Geum urbanum	.	.	I ⁺	II ⁺²	III ⁺²	III ⁺²
Fragaria vesca	+	+	+	II ⁺²	I ⁺¹	III ⁺¹
Bromus ramosus ssp. benekenii	.	.	.	II ⁺²	II ⁺¹	II ⁺¹
Galium aparine	.	.	.	+	II ⁺³	I ⁺¹
Anemone ranunculoides	.	+	.	IV ⁺²	V ⁺³	I ⁺
Mercurialis perennis	.	.	+	IV ⁺⁴	V ⁺⁵	I ⁺¹
Campanula trachelium	+	.	+	III ⁺²	III ⁺¹	.
Hepatica nobilis	.	.	.	II ⁺²	II ⁺²	.
Vicia sepium	.	+	.	V ⁺²	IV ⁺²	.

d 5	<i>Allium ursinum</i>	.	.	.	II ⁺¹	IV ⁺⁵	I ⁺	
	<i>Aegopodium podagraria</i>	.	+	I ⁺¹	I ⁺²	IV ⁺⁴	+ ¹	
	<i>Corydalis cava</i>	.	.	.	r	III ⁺⁵	.	
	<i>Leucojum vernum</i>	.	.	.	r	III ⁺³	I ⁺	
	<i>Aconitum vulparia</i>	.	.	.	r	II ⁺⁴	.	
	<i>Lamium maculatum</i>	.	.	.	r	II ⁺²	.	
	<i>Gagea lutea</i>	.	.	+ ¹	.	I ⁺²	.	
d 6	<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	+ ⁺¹	r	V ⁺³	
	<i>Crepis paludosa</i>	.	.	.	.	.	V ⁺²
	<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	.	.	.	IV ⁺²
	<i>Rumex sanguineus</i>	+ ⁺	.	.	+ ⁺¹	.	IV ⁺¹	
	<i>Carex remota</i>	.	+ ⁺	.	r	.	IV ⁺¹	
	<i>Festuca gigantea</i>	.	.	.	I ⁺	r	IV ⁺¹	
	<i>Poa remota</i>	.	.	.	r	.	IV ⁺²	
	<i>Geum rivale</i>	.	.	.	.	.	IV ⁺³
	<i>Valeriana officinalis agg.</i>	.	.	.	.	.	IV ⁺²
	<i>Poa trivialis</i>	I ⁺	.	+ ⁺	.	.	III ⁺²	
	<i>Taraxacum officinale</i>	.	.	.	I ⁺	+ ⁺	III ⁺¹	
	<i>Valeriana dioica</i>	.	.	.	.	.	III ⁺²
	<i>Lysimachia nummularia</i>	.	.	.	r	.	III ⁺²	
	<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	.	II ¹
	<i>Platanthera bifolia</i>	.	.	.	.	.	II ⁺
O-K	<i>Anemone nemorosa</i>	V ⁺⁴	V ¹⁻⁵	IV ⁺⁵	V ¹⁻⁴	V ⁺³	V ⁺²	
	<i>Milium effusum</i>	III ⁺²	V ⁺²	IV ⁺¹	V ⁺²	IV ⁺²	V ⁺¹	
	<i>Fraxinus excelsior</i>	V ⁺¹	+ ⁺²	II ¹	V ⁺²	III ⁺²	V ¹⁻²	
	<i>Hedera helix</i>	III ⁺¹	IV ⁺²	II ⁺²	IV ⁺²	IV ⁺²	II ⁺¹	
	<i>Phyteuma spicatum</i>	IV ⁺¹	II ⁺¹	+ ⁺	IV ⁺²	IV ⁺²	II ⁺¹	
	<i>Poa nemoralis</i>	V ⁺³	II ⁺¹	II ⁺¹	IV ⁺²	II ⁺³	I ¹	
	<i>Galium odoratum</i>	+ ⁺	II ⁺²	II ⁺²	V ⁺⁴	IV ⁺⁴	II ⁺¹	
	<i>Acer pseudoplatanus</i>	I ⁺¹	II ⁺¹	+ ⁺	IV ⁺³	III ⁺¹	II ⁺¹	
	<i>Acer platanoides</i>	II ⁺	+ ⁺	II ⁺²	III ⁺¹	II ⁺¹	II ⁺	
	<i>Scrophularia nodosa</i>	III ⁺	+ ⁺	I ⁺	I ⁺¹	I ⁻¹	II ⁺	
	<i>Melica uniflora</i>	III ⁺³	V ⁺³	IV ⁺²	IV ⁺⁴	IV ⁺⁴	.	
	<i>Lamium galeobdolon</i>	I ⁺²	V ¹⁻³	IV ⁺³	V ⁺³	V ⁺⁴	.	
	<i>Convallaria majalis</i>	V ⁺²	IV ⁺²	III ⁺²	I ⁺³	I ⁻²	.	
	<i>Polygonatum multiflorum</i>	.	IV ⁺¹	III ⁺¹	IV ⁺²	IV ⁺²	II ⁺¹	
	u.a.							
	Übrige	<i>Quercus spec.</i>	V ⁺²	IV ⁺²	III ⁺¹	II ⁺¹	I ⁺	.
		<i>Luzula pilosa</i>	I ⁺¹	+ ⁺	II ⁺	II ⁺¹	+ ⁺¹	.
<i>Sambucus nigra</i>		II ⁺	I ⁺	II ⁺	r	+ ⁺	.	
<i>Dicranella heteromalla</i>		I ⁺¹	+ ⁺	II ⁺	I ⁺¹	r	.	
<i>Crataegus laevigata et spec.</i>		II ⁺¹	.	+ ⁺	III ⁺¹	III ⁺¹	II ⁺¹	
u.a.								

Einheit A der vorliegenden Arbeit vermittelt zwischen dem *Stellario-Carpinetum lonicero-typicum* und der artenarmen Variante des *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum*. Die Differentialarten der Subassoziations-Gruppe von *Lonicera periclymenum* sind vollständig vorhanden, während die Differentialarten des *Stellario-Carpinetum lonicero-luzuletosum* bis auf *Atrichum undulatum* ausbleiben. Von den Elementen der Subassoziations-Gruppe von *Stachys sylvatica* fällt lediglich *Cardamine pratensis* aus. Die Zuordnung zu einer Subassoziation in der Gruppe von *Stachys sylvatica* ist nur zur artenarmen Variante des *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum* möglich, da wichtige Differentialarten der drei anderen Subassoziationen fehlen.

Die Untergesellschaft von *Arum maculatum* (Einheit B) stellt mit dem Erscheinen aller Differentialarten der Subassoziations-Gruppe von *Stachys sylvatica* eine Verbindung zu dieser Gruppe her. *Arum maculatum*, *Anemone ranunculoides* und *Pulmonaria obscura* als Differentialarten der Einheit B stellen eine Beziehung zur Subassoziations-Gruppe von *Stachys sylvatica* her. Darüber hinaus bestätigt das Auftreten von z.B. *Primula elatior*, *Mercurialis perennis* und *Geum urbanum* die getroffene Zuordnung zum o.g. Komplex. Diese Arten haben dort ihren Verbreitungsschwerpunkt und sind in der gegenübergestellten Subassoziations-Gruppe von *Lonicera periclymenum* nicht bzw. nur mit geringer Stetigkeit vorhanden.

Einheit BIa steht in Beziehung zur Variante von *Primula elatior* des *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum*. Die Differentialarten des *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum* und des *Stellario-Carpinetum stachyo-filipenduletosum* treten hier bis auf *Filipendula ulmaria* und *Rumex sanguineus* (beide Arten sind Differentialarten der letztgenannten Subassoziationen) mit je einem Vorkommen nicht auf. Das Vorhandensein von *Arum maculatum*, *Anemone ranunculoides* und *Pulmonaria obscura* lässt nur die Verbindung zur Variante von *Primula elatior* zu. Lediglich Einheit BIabbb zeigt eine geringe Tendenz zum *Stellario-Carpinetum lonicero-typicum*. Von den Differentialarten des *Stellario-Carpinetum lonicero-luzuletosum* kommt nur *Atrichum undulatum* vor, die Differentialarten der Subassoziations-Gruppe von *Lonicera periclymenum* sind bis auf *Moehringia trinervia* vertreten, so dass die Tendenz zum *Stellario-Carpinetum lonicero-typicum* gegeben ist. Der Charakter des *Stellario-Carpinetum stachyo-typicum* mit der Variante von *Primula elatior* bleibt in der Einheit BIabbb aber dominierend, da weiterhin z.B. *Arum maculatum* und *Geum urbanum* auftreten.

Die Zuordnung der Einheit BIb kann zum *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum* erfolgen. *Aegopodium podagraria* und *Allium ursinum* sind gleichzeitig Differentialarten von Einheit BIb und des *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum*. *Gagea lutea* ist ebenfalls Differentialart dieser Subassoziation, aber nur mit einem Vorkommen vertreten. Eine Verbindung zum *Stellario-Carpinetum stachyo-filipenduletosum* kommt aufgrund des Fehlens der dortigen Differentialarten nicht in Frage.

Die Verbindung der Einheit BIb (Subvariante von *Aegopodium podagraria*) zum *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum* wird hergestellt durch das Erscheinen der Differentialarten dieser Subassoziation (mit Ausnahme von *Gagea lutea*). Eine Tendenz zum *Stellario-Carpinetum stachyo-filipenduletosum* besteht praktisch nicht, da von den Differentialarten dieser Subassoziation nur *Rumex sanguineus* mit einem Vorkommen in der untersuchten Gesellschaft auftritt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die meisten Flächen der *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft im Untersuchungsgebiet enthalten Elemente des *Stellario-Carpinetum stachyo-corydaletosum*, während eine Beziehung zum *Stellario-Carpinetum stachyo-filipenduletosum* nie nachgewiesen werden konnte. Im Gegensatz zu den bei DIERSCHKE (1986) deutlich differenzierten Subassoziationen der Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wälder ist in der Region Hannover eine Verbindung zwischen den beiden von DIERSCHKE (1986) genannten Subassoziations-Gruppen vorhanden. Die Übergangsposition

einer Gesellschaft zwischen *Stellario-Carpinetum* und *Galio-Carpinetum* stellt eine weitere Besonderheit dar.

Die eigenen Vegetationstabellen weisen außerdem eine hohe Übereinstimmung in der Artenkombination mit den von ADAM & DIERSCHKE (1990) untersuchten Eichen-Hainbuchen-Wäldern der nordwestdeutschen Lössgebiete auf.

Schon ELLENBERG (1939) beschreibt bereits ähnliche Bestände in Nordwestdeutschland, wie sie in der vorliegenden *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft auftreten.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Wälder mit ihrem spezifischen Artengefüge nicht nur eine lokale Ausprägung einer bestimmten Zeit sind. Sie sind vielmehr über die Region Hannover hinaus verbreitet und in ihrem Pflanzenbestand über längere Zeit recht beständig.

4.1.3 Die Frage nach der Natürlichkeit der Waldgesellschaften

Die Standorte natürlicher Eichen-Hainbuchen-Wälder im subatlantisch-sommerfeuchten Klima Nordwestdeutschlands sind stark von Grund- oder Stauwasser beeinflusste Böden (u.a. Gley und Pseudogley) (DRACHENFELS 1994). Auch ADAM & DIERSCHKE (1990) berichten über Nordwestdeutschland, dass artenreiche Eichen-Hainbuchen-Wälder auf stärker wasserbeeinflussten Böden (Gleye, Pseudogleye) vorkommen. Ausschließlich auf den Hildesheimer Wald beschränkte Untersuchungen (HOFMEISTER 1990) geben für das *Stellario-Carpinetum* überwiegend lössbedeckte Böden in Senken und Mulden sowie schwach geneigten Hangfußlagen an. Teilweise wird von hochanstehendem Grundwasser, Quellmulden oder kleinen Bächen im Wuchsgebiet berichtet. Selbst auf ganz Niedersachsen bezogene Untersuchungen (PREISING, WEBER & VAHLE 2003) belegen Braunerde-Pseudogleye bis Mullgleye als Standorte natürlicher Sternmieren-Eichen-Hainbuchen-Wälder. Eigene Untersuchungen weisen z.B. für die Gaim (Untersuchungsfläche-Nr. 87, 88 und 91) vom Grundwasser beeinflusste Böden (Gley, teilentwässert; vgl. Tab. 13) nach. Diese Böden mit ehemals hochanstehendem Grundwasser sind heute mehr oder weniger stark entwässert, wodurch die benachbarten landwirtschaftlichen Flächen nun intensiver genutzt werden können. Der heutige Grundwasserstand der Untersuchungsflächen liegt selbst im Frühjahr und Herbst mindestens 40cm unterhalb der Bodenoberfläche.

Aufgrund der verringerten Bodenfeuchtigkeit erfüllen die betreffenden Untersuchungsflächen nun wohl die Standortbedingungen von Rotbuchenwäldern, die sich ohne forstwirtschaftliche Eingriffe aus den nunmehr reliktschen Eichen-Hainbuchen-Wäldern entwickeln würden. Neben der Grundwasserabsenkung hat auch eine ehemalige Nutzung als Hudewald die Struktur des Eichen-Hainbuchen-Waldes oftmals verändert. In diesen Wäldern wurden häufig Waldweide, Streu- und Laubheugewinnung durchgeführt (PREISING, WEBER & VAHLE 2003).

Im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen feuchten Standorten treten Eichen-Hainbuchen-Wälder auch auf nicht vom Grundwasser beeinflussten Böden auf. Zum einen haben sich diese Wälder aus ehemaligen natürlichen Buchenwäldern durch Nieder- und Mittelwaldwirtschaft entwickelt. Auf diese Art und Weise wurden sowohl die Buche als auch die sie begleitenden Arten zurückgedrängt (DRACHENFELS 1994; POTT 1995; PREISING, WEBER & VAHLE 2003).

Andererseits könnten auch gezielte Aufforstungen u.a. nach Waldweide oder Kahlschlag dazu geführt haben, dass auf einem Rotbuchen-Standort ein Eichen-Hainbuchen-Wald stockt.

Für die Existenz etlicher Eichen-Hainbuchen-Wälder (und verwandter Bestände) auf Rotbuchen-Standorten spricht auch das Vorhandensein der (terrestrischen) Bodentypen Parabraunerde und Mullrendzina sowohl unter mesophilen Fageten (vgl. z.B. DRACHENFELS 1994) als auch unter der vorliegenden Gesamtgesellschaft (vgl. Tab. 13).

Besonders eindeutig sind auch die Verhältnisse auf einem Kalkhang im Kulf, der grund- und stauwasserfrei ist und daher von Hause aus einen Rotbuchenwald tragen dürfte, aber heute von einem *Stellario-Carpinetum* eingenommen wird (Untersuchungsflächen 207, 210-213, 218, 219).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Eichen-Hainbuchen-Wälder im Untersuchungsgebiet seit langer Zeit vielfältigen anthropogenen Veränderungen unterworfen sind, die heute noch andauern. Aus diesem Grund kann man in den meisten Fällen nicht mehr von natürlichen Eichen-Hainbuchen-Wäldern sprechen. ADAM & DIERSCHKE (1990) bezeichnen deshalb das *Stellario-Carpinetum* als „häufig halbnatürlich“.

Eine Zuordnung der Eichen-Hainbuchen-Wälder und verwandter Bestände des Untersuchungsgebietes zum *Fagion*-Verband erfolgt jedoch nicht, da die für diese Arbeit zu treffende syntaxonomische Zuordnung unabhängig vom Grad der Natürlichkeit der Wälder erfolgt. Lediglich die zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme vorkommenden Baumarten werden zur syntaxonomischen Bewertung herangezogen.

4.2 Die pH-Verhältnisse der untersuchten Böden

Insgesamt wurden der pH(CaCl₂)- und der pH(H₂O)-Wert des Bodens sowohl in den organischen Horizonten Of und Oh (falls vorhanden) als auch im Mineralbodenhorizont bestimmt. Um möglichst den gesamten durchwurzelteten Bodenraum der vorliegenden Arten zu berücksichtigen, wurde innerhalb des Mineralbodens der pH-Wert in vier Tiefen untersucht: 1-3cm, 5-10cm, 15-20cm und 35-40cm.

Die Beurteilung der aktuellen Bodenazidität erfolgte auf der Grundlage der pH(CaCl₂)-Werte. Die Messung der pH-Verhältnisse von Böden geschieht „konventionell wegen besserer Reproduzierbarkeit in verdünnter Elektrolytsuspension (meist 0,01 M CaCl₂-Suspension)“ (SCHROEDER 1992, S. 74).

Vorteil einer Messung in einer 0,01 M CaCl₂-Lösung ist ferner: „Die Salzkonzentration in der Suspension entspricht dabei in etwa den Verhältnissen in einer Bodenlösung und soll die bei der Verdünnung eingetretenen Veränderungen kompensieren“ (BLUME 1990, S. 256). Dabei ist der pH-Wert „in bestimmten Grenzen weitgehend unabhängig“ vom Verhältnis Boden : Lösung (BLUME 1990, S. 256). Darüber hinaus wird der Suspensionseffekt durch die CaCl₂-Lösung verhindert, so dass der pH-Wert in der Bodensuspension an der Vergleichselektrode durch Diffusionspotentiale nicht mehr tiefer ist als in der überstehenden Lösung (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Aus den für die einzelnen Untersuchungsflächen erhaltenen mittleren pH(CaCl₂)-Werten lassen sich beim vorliegenden Bodenmaterial mit hoher Sicherheit die entsprechenden pH(H₂O)-Werte nach den in Tabelle 7 aufgeführten Regressionen ableiten (Bestimmtheitsmaße sämtlich über 90%).

Tabelle 7: Berechnung der pH(H₂O)-Werte aus den pH(CaCl₂)-Werten

Horizont/Tiefe		Regression	
Of	a	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 0,93 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 1,19$	r = 0,96* B = 92,2% n = 47
Oh	b	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 1,01 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 0,89$	r = 0,98* B = 96,0% n = 15
1-3cm	c	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 0,94 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 1,24$	r = 0,99* B = 98,0% n = 83
5-10cm	d	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 0,97 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 1,13$	r = 0,99* B = 98,0% n = 83
15-20cm	e	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 0,99 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 1,01$	r = 0,99* B = 98,0% n = 83
35-40cm	f	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 1,01 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)] + 0,93$	r = 0,99* B = 98,0% n = 74

Nach den obigen Regressionen sind die vorliegenden pH(H₂O)-Werte um etwa eine pH-Einheit größer als die pH(CaCl₂)-Werte. Dieser Befund deckt sich tendenziell mit den von SCHROEDER (1992) gemachten Angaben zur Relation von pH(H₂O) und pH(CaCl₂) in Böden. Dieser Autor gibt eine entsprechende Differenz von 0,3 bis 1 mit einem Mittel von in etwa 0,6 an.

Bei Zugrundelegung der pH(H₂O)-Werte des Bodens würden an die Stelle der pH(CaCl₂)-Zahlen (im Mittel) nur um den Zahlenwert 1 erhöhte pH-Zahlen treten (vgl. Tab. 7). Für die Bodentiefe von 5-10cm ergibt sich nach Regression d in Tabelle 7 (B = 98% !):

pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)
3,00	4,04
3,50	4,53
4,00	5,01
4,50	5,50
5,00	5,98
5,50	6,47
6,00	6,95
6,50	7,44
7,00	7,92

In Tabelle 9 sind die insgesamt 83 Untersuchungsflächen anhand der mittleren pH(CaCl₂)-Werte jeweils vier pH-Bereichen zugewiesen worden, und zwar auf der Basis der Bodentiefen a) 1-3cm, b) 5-10cm und c) 15-20cm. Tabelle 8 nennt die pH(CaCl₂)-Stufen und die entsprechende Bewertung des Bodens durch SCHROEDER (1992).

Tabelle 8: pH(CaCl₂)-Bereiche und entsprechende Bewertung des Bodens durch SCHROEDER (1992)

pH(CaCl ₂)-Bereich	Klasseneinteilung	verkürzt	Bewertung des Bodens (SCHROEDER 1992)
I	$3,00 < \text{pH}(\text{CaCl}_2) \leq 4,00$	pH(CaCl ₂) 3,01-4,00	sehr stark sauer
II	$4,00 < \text{pH}(\text{CaCl}_2) \leq 5,00$	pH(CaCl ₂) 4,01-5,00	stark sauer
III	$5,00 < \text{pH}(\text{CaCl}_2) \leq 6,00$	pH(CaCl ₂) 5,01-6,00	mäßig sauer
IV	$6,00 < \text{pH}(\text{CaCl}_2)$ ¹⁾	pH(CaCl ₂) $\geq 6,01$ ¹⁾	schwach sauer - neutral

¹⁾ faktisch pH 6,01-7,00 [nur 1 Wert > 7,00 (7,09)]

Eine Einstufung der Arten nach pH-Klassen des Bodens <1 wäre nicht sinnvoll gewesen:

1. Es fragt sich, ob eine Art einen Schwerpunkt <1 pH-Einheit haben kann [Ausnahme u.U. pH(CaCl₂)-Bereich unter ca. 3].
2. Je kleiner die pH-Stufen gewählt werden, desto schwerer lässt sich ein (vorhandener) pH-Schwerpunkt statistisch sichern.

Die Einteilung in die obigen pH-Klassen erfolgte primär unabhängig von den Bezeichnungen für bestimmte pH-Bereiche, zumal die Bezeichnungen nicht einheitlich sind (vgl. z.B. SCHROEDER 1992 mit ELLENBERG 1958, 1992 oder OBERDORFER 2001).

Die übrigen untersuchten Bodenbereiche wurden in Tabelle 9 nicht berücksichtigt: Ein Of und ein Oh fehlen einem großen Teil der Böden, und aus der Bodentiefe 35-40cm konnten auf etlichen Flächen (kompaktes Gestein) keine Proben entnommen werden (vgl. Tab. 10).

Tabelle 9: Anzahl der Untersuchungsflächen in den einzelnen pH-Bereichen bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm, 5-10cm und 15-20cm
Relative Häufigkeit der Humusformen und der Pflanzengesellschaften in den einzelnen pH-Bereichen bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

Symbole

- n UF = Anzahl der Untersuchungsflächen in den einzelnen pH-Bereichen bei verschiedenen Referenz-Bodentiefen
- Humusformen (h%) = relative Häufigkeit (%) der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Humusform im betreffenden pH-Bereich
- Gesellschaften (h%) = relative Häufigkeit (%) der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Gesellschaft im betreffenden pH-Bereich
- (pH 5-10cm) = auf der Basis der pH-Werte für die Bodentiefe 5-10cm
- TM,fa = Typischer Moder (feinhumusarm)
- MM = Mullartiger Moder
- F = F-Mull
- L/F = Übergang von L- zu F-Mull
- L = L-Mull

Anzahl der Untersuchungsflächen: 83		pH-Bereich			
		I 3,01- 4,00	II 4,01- 5,00	III 5,01- 6,00	IV ≥6,01
n UF	1-3 cm	27	25	20	11
		5-10 cm	33	25	11	14
	15-20 cm	29	27	12	15
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	36	4	-	-
	MM	3	4	-	-
	F	55	24	18	-
	L/F	3	4	9	21
	L	3	64	73	79
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	Al	6	-	-	-
	Alla	12	4	-	-
	Allb	21	-	-	-
	Allc	3	-	-	-
	Bla	36	36	27	21
	Blb	6	20	9	-
	Blla	15	20	27	43
	Bllb	-	20	36	36

Tabelle 10: Anzahl der Untersuchungsflächen (nUF) mit Of, mit Oh sowie mit pH-Messungen in der Bodentiefe 35-40cm in den vier pH-Bereichen, jeweils bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

Anzahl der Untersuchungsflächen: 83		I	II	III	IV
pH-Bereich		3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥6,01
pH(CaCl ₂)		33	25	11	14
nUF insgesamt		33	25	11	14
n UF	Of	32	9	3	3
	Oh	13	2	-	-
	35-40cm	33	23	10	8

Wie aus Tabelle 9 ersichtlich ist, ergeben sich unterschiedliche Zuordnungen der Untersuchungsflächen zu einem pH-Bereich, je nachdem, ob von den pH-Werten der Bodentiefe 1-3cm, 5-10cm oder 15-20cm ausgegangen wird. Für die Klärung der Bindung der Arten und der Gesellschaften an die verschiedenen pH-Bereiche der Böden sollen die pH-Werte einer bestimmten Bodentiefe zu Grunde gelegt werden.

Von den drei zur Diskussion stehenden Tiefenbereichen des Mineralbodens wurde der Bereich von 5-10cm als entsprechende Referenztiefe ausgewählt: Viele Kräuter und Stauden haben hier ihren Hauptwurzelbereich. Selbst einige Wurzeln der Flachwurzler reichen bis 5cm Tiefe hinab, und zumindest die Jungpflanzen der Tiefwurzler durchwurzeln den Boden in 5-10cm Tiefe. Letzteres gilt z.B. für *Allium ursinum* und *Corydalis cava*, deren Wurzelwerk bei ausgewachsenen Pflanzen bis ca. 20cm reicht.

Nach Tabelle 12 sind die pH(CaCl₂)-Werte für die Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm nur wenig von denen für die Bodentiefe 5-10cm unterschieden. Sie liegen jeweils geringfügig höher.

Tabelle 11: Regressionen zur Berechnung der pH(CaCl₂)-Werte verschiedener Bodentiefen aus den pH(CaCl₂)-Werten in 5-10cm Bodentiefe

Regression

- | | | |
|---|--|--|
| a | $\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{Of}) = 0,57 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{5-10 cm})] + 2,39$ | $r = 0,81^*$
$B = 65,6\%$
$n = 47$ |
| b | $\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{Oh}) = 1,48 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{5-10 cm})] - 1,11$ | $r = 0,79^*$
$B = 62,4\%$
$n = 15$ |
| c | $\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{1-3 cm}) = 0,91 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{5-10 cm})] + 0,54$ | $r = 0,96^*$
$B = 92,2\%$
$n = 83$ |
| d | $\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{15-20 cm}) = 0,95 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{5-10 cm})] + 0,39$ | $r = 0,97^*$
$B = 94,1\%$
$n = 83$ |
| e | $\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{35-40 cm}) = 0,92 [\text{pH}(\text{CaCl}_2)(\text{5-10 cm})] + 0,73$ | $r = 0,91^*$
$B = 82,8\%$
$n = 74$ |

Tabelle 12: pH(CaCl₂)-Bereiche verschiedener Bodentiefen in Relation zu denen in 5-10cm Bodentiefe nach Tabelle 11

Bodentiefe bzw. Horizont	pH(CaCl₂)	pH(CaCl₂)	pH(CaCl₂)	pH(CaCl₂)
5-10 cm	3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥ 6,01
Of	4,11-4,67	4,68-5,24	5,25-5,81	entfällt
Oh	3,35-4,82	4,84-6,31	entfällt	entfällt
1-3 cm	3,27-4,17	4,18-5,07	5,08-5,98	≥ 5,99
15-20 cm	3,24-4,17	4,18-5,12	5,13-6,06	≥ 6,07
35-40 cm	3,51-4,42	4,43-5,35	5,36-6,27	≥ 6,28

Anmerkung: Berechnung der pH-Werte mit dem Computer über die ungerundeten Zahlenwerte in den Regressionen.

In räumlich geschlossenen Waldbeständen auf einheitlichem Gestein ergaben sich (in der Bodentiefe 5-10cm) i.a. nur pH-Werte von zwei nebeneinander liegenden Stufen: Die Böden der pH-Bereiche I und II sind fast ganz auf das Löss-, das Geschiebemergel / Geschiebelehm- und das Auelehmgebiet beschränkt, während die Böden der pH-Stufen III und IV weitgehend an die Karbonatgesteine gebunden sind. (Diese Aussagen erfolgen in Verbindung mit der Geol. Wanderkarte 1979. Eigene Ansprache der Gesteine von 30 Böden s. Kap. 4.3.1).

Würde die Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem der vier pH(CaCl₂)-Bereiche (bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm) lediglich auf der Basis der Daten aus dem zeitlichen Kontinuum des Jahres 1997 (fünf Untersuchungszeiträume) erfolgen, so ergäbe sich genau dieselbe Zuweisung wie auf der Basis aller sechs Untersuchungsflächen. Auch auf der Grundlage lediglich der Daten aus dem Vorfrühling 1998 ergäbe sich eine im Prinzip ähnliche Zuordnung wie auf der Basis aller sechs Untersuchungszeiträume (bzw. der fünf Untersuchungszeiträume des Jahres 1997): Bei 66 (80%) der Flächen wäre die Zuweisung identisch mit der auf der Grundlage aller sechs Untersuchungszeiträume.

Bei einer Ablehnung des arithmetischen Mittels von pH-Werten: Würde bei den jeweils sechs nach ihrer Größe angeordneten pH-Werten pro Untersuchungsfläche der mittlere Bereich (3. und 4. Wert) bei der Zuordnung der Flächen zu einem der vier pH-Bereiche herangezogen werden, so ergäbe sich bei 81 der 83 Flächen dieselbe Zuordnung wie auf der Basis des arithmetischen Mittels aus allen sechs pH-Werten (3. und 4. Wert hier jeweils in demselben der vier pH-Bereiche). Bei Zugrundelegung des Medians ergäbe sich im Übrigen die Zuordnung auch der Untersuchungsfläche 150 zu demselben pH-Bereich wie bei Ausgang vom arithmetischen Mittels aus den sechs pH-Werten. Bei der mit sechs geraden Anzahl von Untersuchungsflächen wird der Median der pH-Werte als arithmetisches Mittel aus dem 3. und 4. Wert berechnet.

4.3 Allgemeine Charakteristik der Böden in den vier pH-Bereichen

4.3.1 Gesteine, Bodenarten und Bodentypen

Die Vorstellung der Gesteine, Bodenarten und Bodentypen der vorliegenden Böden erfolgt in einem eigenen Kapitel, da diese Untersuchungen im Gegensatz zu denen der pH-Werte lediglich auf 30 Untersuchungsflächen basieren. Dies sind die Flächen, auf denen die Brutversuche zur Stickstoffmineralisation durchgeführt wurden.

Die Ausgangsgesteine der Bodenbildung sind im pH-Bereich I überwiegend Geschiebemergel und Löss; Mergelstein hat seinen Schwerpunkt im pH-Bereich IV. Bei Schluff über Mergelstein war z.T. unklar, ob bzw. inwieweit dieses Material auf Verwitterung des Mergelsteins oder auf eine Lössauflage zurückgeht.

Abgesehen von der Beschränkung der Mullrendzina auf den pH(CaCl₂)-Bereich IV sind die vier pH-Bereiche bezüglich der Bodentypen nicht deutlich voneinander unterschieden.

Neben Böden ohne Grund- und ohne Stauwassereinfluss [(Norm-) Parabraunerde, Mullrendzina, Terra fusca (mit Übergängen zwischen diesen Typen)] erscheinen solche mit Stauwassereinfluss (Übergänge von Parabraunerde und Braunerde zum Pseudogley) oder (ehemals) grundwasserbeeinflusste Böden [teilentwässerter Gley oder Böden mit G-Horizonten in größere Tiefe (Gley-Parabraunerde, Gley-Vega)].

Tabelle 13: Gesteine, Bodenarten und Bodentypen in den vier pH-Bereichen

pH-Bereich	Untersuchungsfläche Nr.	Ausgangsgestein des Bodens bzw. C-Horizont	Bodenart	Bodentyp
I	102 91	Geschiebemergel Geschiebemergel	sandiger Schluff schwach schluffiger Sand	} Gley (teilentwässert)
	103	Geschiebemergel	schwach schluffiger Sand	
	262 254 79	Löss Löss Auenlehm	reiner Schluff reiner Schluff mittel schluffiger Sand	} Parabraunerde
	150	Löss	mittel toniger Schluff	Pseudogley-Parabraunerde
	294 130	Löss Löss	reiner Schluff reiner Schluff	} pseudovergleyte Parabraunerde
	285	Löss	stark schluffiger Sand	schwach podsolige pseudovergleyte Parabraunerde
	153	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	pseudovergl. Terra fusca-Parabraunerde
	67	Auenlehm	reiner Schluff	Gley-Parabraunerde
	277	Löss	reiner Schluff	Parabraunerde-Pseudogley
	164	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	pseudovergl. Braunerde-Terra fusca
II	87	Geschiebemergel	schwach schluffiger Sand	} Gley (teilentwässert)
	65	Auenlehm	stark schluffiger Ton	
	198	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	Parabraunerde
	123	Löss	reiner Schluff	Gley-Parabraunerde
	138	Löss	reiner Schluff	pseudovergleyte Parabraunerde
	195	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	Braunerde-Parabraunerde
	183	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	Parabraunerde-Terra fusca
	54	Auenlehm	reiner Schluff	Gley-Vega (reliktisch)
III	88	Geschiebemergel	schwach schluffiger Sand	Gley (teilentwässert)
	125	Löss	reiner Schluff	Gley-Parabraunerde
	59	Auenlehm	reiner Schluff	Gley-Vega (reliktisch)
IV	117	Löss	reiner Schluff	Gley-Parabraunerde
	301	Löss ?/ Mergelstein	reiner Schluff	Braunerde-Pseudogley
	155	Mergelstein	reiner Schluff	Terra fusca-Rendzina
	154 176	Mergelstein Mergelstein	reiner Schluff reiner Schluff	} Mullrendzina

4.3.2 Humusformen

Die hier diskutierten Humusformen wurden auf allen 83 Untersuchungsflächen mit pH-Analyse ermittelt.

Je niedriger die pH-Werte der Böden sind, desto häufiger liegt bei der Gesamtbetrachtung der Flächen F-Mull und feinhumusarmer Typischer Moder vor (s. Tab. 9, Kap. 4.2). Bei einem pH(CaCl₂)-Wert ab 5,01 ist weder feinhumusarmer Typischer Moder noch Mullartiger Moder anzutreffen. Bei einem pH(CaCl₂)-Wert ab 6,01 existiert fast nur noch L-Mull. Es ist somit im Untersuchungsgebiet mit abnehmender Bodenazidität eine Verschiebung der Humusform von Moder hin zum Mull verbunden. Der humose A-Horizont maß in allen Flächen mindestens 7cm.

Beim pH-Bereich II ist auffällig, dass 64% aller Flächen L-Mull aufweisen. Dieses dürfte ein Hinweis auf eine jüngere Bodenversauerung sein. Ohne einen jüngeren Versauerungseffekt ist L-Mull im Regelfall nur in Böden mit einer geringeren Azidität zu erwarten (Ausnahmen s.u.). So ist Mull nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002, S. 453) „schwach sauer bis alkalisch“. KUNTZE, ROESCHMANN u. SCHWERTFEGER (1994, S. 108) beschreiben Mull als „neutral, schwach sauer“ und erklären: „Voraussetzung für die Mullbildung ist ausreichender Tongehalt bei Anwesenheit von K a l k (Sperrung durch Verf.) und freien Oxiden, die eine feste chemische Bindung der Huminstoffe an den Ton fördern.“ Kalk ist im pH-Bereich II (stark saure Böden) wohl nicht mehr zu erwarten. In der FORSTLICHEN STANDORTSAUFNAHME (1996, S. 156) wird darauf hingewiesen, dass die Humusform unter den derzeitigen Umständen ein konservativer Parameter sein kann. Begründet wird diese Feststellung damit, dass die zeitliche Verschiebung zwischen der Ausbildung von erkennbaren morphologischen Standortmerkmalen (hier der Humusform) und der Änderung von bodendynamischen Prozessen (hier Versauerung) heute sehr stark ist.

Im pH-Bereich I verfügt mehr als die Hälfte aller Flächen über F-Mull. Das Vorkommen dieser Humusform in den sehr stark sauren Böden könnte ebenfalls auf eine jüngere Versauerung zurückgehen.

Eine jüngere Versauerung der Böden der pH-Bereiche I und II dürfte ausschließlich oder doch überwiegend auf der Einwirkung des sauren Regens beruhen, da die meisten Böden auch der pH-Bereiche I und II terrestrisch sind (zumindest bei den Böden mit Brutversuchen zur Stickstoffmineralisation überwiegend Parabraunerden, daneben Pseudogleye und Terrae fuscae). (Zur Versauerung grundwasserbeeinflusster Böden nach Entwässerung s.u.)

Der F-Mull der Böden des Untersuchungsgebiets könnte sich aus einem L-Mull entwickelt haben, auf dessen Ah-Horizont sich eine Of-Lage gebildet hat: Nach der AG BODENKUNDE (1994, Tab. 40) hat F-Mull einen Ah-Horizont von weniger als 10cm, häufig von 5-7cm Stärke; L-Mull weist einen Ah-Horizont von mehr als 8cm, häufig von 10-15cm Mächtigkeit auf. Der Ah des vorliegenden „F-Mulls“ unterscheidet sich in seiner Stärke nicht signifikant von der des vorliegenden L-Mulls, wie Tabelle 14 zeigt.

Tabelle 14: Vergleich der Stärke des Ah/Ah1 beim vorliegenden F-Mull mit der des vorliegenden L-Mulls

(Grundlage: terrestrische Böden aus den 30 Untersuchungsflächen mit Stickstoff-Brutversuchen)

	Ah/Ah1 (cm) $\bar{x} \pm s$	n der Flächen
F-Mull	15,75 \pm 5,78	8
L-Mull	17,50 \pm 5,32	6

$$t = 0,587 \text{ n.s. bei Zufallshöchstwert (FG = 12, } \alpha = 0,05) = 2,18$$

Der vorliegende „F-Mull“ ist somit auch kein „richtiger“ F-Mull. Die Bildung einer Of-Lage auf dem Ah eines L-Mulls dürfte ein weiterer Hinweis auf eine jüngere Bodenversauerung, im vorliegenden Fall (terrestrische Böden) auf die Einwirkung des sauren Regens sein. Durch die Versauerung geht die Aktivität der Regenwürmer zurück, die Voraussetzung für die Bildung eines typischen L-Mulls ist:

„Regenwürmer ziehen Blätter in ihre Röhren oder bedecken sie mit aufgewühltem Bodenmaterial oder Kot, wodurch das Material in Zonen hoher mikrobieller Aktivität und in organo-mineralische Komplexe gelangt. Die Zerkleinerung und Mischung durch Bodentiere verhindert, dass die Bodenoberfläche mit einer wachsenden Schicht unzerstörter Abfallstoffe bedeckt wird ... Eine intensive Regenwurmtätigkeit schafft mächtige humose Oberböden ohne Humusaufgabe, d.h. die Humusform Mull“ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, S. 97). Regenwürmer treten „vermehrt auf nährstoffreicheren Böden mit pH-Wert zwischen 6-8“ auf (BLUME 1990, S. 65). „Fehlen Regenwürmer, entsteht durch die Tätigkeit der Arthropoden die Humusform Moder“ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, S. 97). F-Mull steht im Übergangsbereich zwischen (L-)Mull und Moder.

Die Entstehung des sauren Regens und seine Wirkungen sowohl auf den pH-Wert des Boden als auch auf die Pflanzen wurde bereits im Kapitel 1.1 erläutert. Hier werden weitere Literaturangaben zu dieser Problemstellung genannt:

In dem Lehrbuch von SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002, S. 374) steht: „Neben den in gemäßigt- bis kühlhumiden Klimabereichen bereits seit langer Zeit ablaufenden, natürlich bedingten Prozessen der Bodenversauerung sowie einer die Bodendegradierung und -versauerung fördernden Form der Bodennutzung (Holz-, Streu- und Plaggenabfuhr, Waldweidenutzung) haben die vor allem in den letzten 40 und mehr Jahren stattfindenden erhöhten Säureeinträge aus der Luft zu einer starken Versauerung der obersten Bodenhorizonte geführt... In vielen Gebieten Deutschlands sind in dieser Zeit pH-Abnahmen um mehr als eine Einheit - z.B. von pH(CaCl₂) 4,5 auf 3,3 - in den Oberböden von Waldstandorten festgestellt worden.“

„Auf einem natürlichen Standort in England sank der pH-Wert zwischen 1883 und 1983 in 10, 30 und 60cm Tiefe von pH 7,1 auf pH 4,2, 4,7 und 5,8“ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, S. 125).

Ausnahmsweise kann Mull auch bei niedrigen pH-Werten gebildet werden: „Bekannt ist, daß sich z.B. in einem feuchtwarmen Lokalklima in Schluchten mit Süd- und Südwestexposition und Bäumen mit günstiger Streu auch auf relativ sauren Böden ein Mull (saurer Mull) bilden kann. Hier wird also die Bodensäure durch andere, für die Mikrobenarbeit günstige Voraussetzungen wettgemacht“ (MÜCKENHAUSEN 1993, S. 226). Entsprechende Sonderstandorte konnten von mir im Untersuchungsbereich nicht ausgemacht werden.

Auch Sandmull stellt einen Sonderfall dar. Sandmull ist „eine Mullform sandiger Substrate, bei der die Regenwurmtätigkeit wegen grober Körnung in ihrer Intensität zurücktritt“ (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, S. 454). „Die Durcharbeitung des Ah-Horizontes erfolgt weniger durch Regenwürmer, als durch wühlende Arthropoden“ (AG BODENKUNDE 1994, S. 231). MÖLLER (1987b, S. 439) schreibt, dass ein sandiger Oberboden „infolge eines hohen Luftvolumens eine stärkere biologische Aktivität ermöglichen könnte als ein lehmiges oder toniges Substrat gleicher Azidität“. Zu einem entsprechenden Schluss gelangt z.B. v. ZEJSCHWITZ (1968) bezüglich einer sehr schwach basenhaltigen (und damit mutmaßlich stark versauerten) Braunerde mit der Humusform Mull (C/N-Verhältnis = 12). - Im „*Deschampsia flexuosa-Quercus robur*-Wald“ an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins konnte sich trotz eines zentralen pH(n KCl)-Werts von 3,6 Mull mit einem C/N-Verhältnis von 14,5±1,3 im Ah entwickeln (MÖLLER 1975). (Der genannte Wald steht auf Sandstrandwällen.)

Bei ehemals vom Grundwasser beeinflussten Oberböden (beim vorliegenden Gley und bei der vorliegenden Gley-Vega) kann eine Bodenversauerung (auch) dadurch bedingt sein, dass nach einer Grundwasserabsenkung bzw. nach Ausbleiben von Überschwemmungen die Basenzufuhr ausblieb (Ausbleiben der Neutralisierung der Säuren). GÖNNERT (1989, S. 180) schreibt: „Sobald die Überschwemmungen wie bei Fläche 33 endgültig aussetzen, beginnt ein Versauerungsprozeß, und der Basensättigungsgrad geht zurück.“ Der mittlere pH(H₂O)-Werte für die erwähnte Fläche wird für den oberen Mineralboden mit ca. 4,5 und für den unteren Mineralboden mit ungefähr 4,7 angegeben. Dagegen befinden sich die pH(H₂O)-Werte von drei weiteren Auenböden derselben Gesellschaft, die noch der Überflutung unterworfen sind, in einem deutlich höheren Bereich: Sie liegen bei ca. 5,6 im oberen Mineralboden und bei ungefähr 5,8 im unteren Mineralboden.

Nach Ausbleiben des Grundwassereinflusses sind bzw. waren die semiterrestrischen Böden der Einwirkung des sauren Regens ausgesetzt.

Bei den vorliegenden Böden mit heute noch höheren pH-Werten (pH-Bereiche III und IV) unterblieb eine stärkere Versauerung aufgrund einer besseren Pufferung des Bodens. Diese ist bei der Terra fusca-Rendzina und der Mullrendzina durch die Pufferwirkung des offensichtlich bis oben einwirkenden Kalks zu erklären.

Die Annahme, dass der sehr saure Mull des Untersuchungsgebiets [pH(CaCl₂)-Bereiche I und II] unter erheblich weniger sauren Bedingungen entstanden ist, bleibt notgedrungen hypothetisch, da keine direkten Vergleiche von heute und früher möglich sind. Die entsprechenden Darlegungen erfolgten im Vertrauen auf Literatur zur Entstehung von Mull.

4.3.3 C/N-Verhältnis und Ureaseaktivität im Oberboden

Ein Ziel in diesem Kapitel ist es zu überprüfen, ob aus den erhaltenen Daten Rückschlüsse auf eine Wirkung des sauren Regens gezogen werden können, wie es bereits anhand der pH-Werte in Kombination mit den Humusformen im Kapitel 4.3.2 möglich war.

Die 30 Proben zur Bestimmung des C/N-Verhältnisses und der Ureaseaktivität wurden dem oberen Bereich des Mineralkörpers entnommen. (Mischproben aus 0 - 14,8cm Tiefe von denselben Flächen, auf denen die Brutversuche zur Stickstoff-Nettomineralisation vorgenommen wurden).

„Die Humusform ist der morphologische Ausdruck zumindest der im qualitativen Sinne gefaßten biologischen Aktivität des Bodens (vgl. z.B. MÜLLER 1956; v. ZEJSCHWITZ 1968): Je größer die Geschwindigkeit der im Boden ablaufenden biochemischen Umsetzung ist, desto weniger mächtig sind die organischen Auflagen, die bei sehr raschen Abbauprozessen (mit Ausnahme einer vorübergehenden O₁-Lage) völlig fehlen können“ (MÖLLER 1981a) (s. auch z.B. REHFUESS 1990).

Das entscheidende analytische Maß zur Ansprache der Humusform ist das C/N-Verhältnis im Humuskörper (s. z.B. MÜLLER 1956; WITTICH 1963; v. ZEJSCHWITZ 1968;1980; REHFUESS 1990; AG BODENKUNDE 1994).

Traditionell wird bei Mull und Mullartigem Moder die Humusform anhand des C/N-Verhältnisses des Ah-Horizontes, bei den „Auflagehumusformen“ Typischer Moder bis Rohhumus anhand des C/N-Verhältnisses des Oh-Horizontes angesprochen (vgl. z.B. v. ZEJSCHWITZ 1980, REHFUESS 1990). MÖLLER (1981b, 1987a, 1987b) empfiehlt, dem Vergleich verschiedener Humuskörper generell das C/N-Verhältnis im humosen Oberboden (Ah, Aeh, Ahe) zu Grunde zu legen (vgl. hierzu auch AG BODENKUNDE 1994, Tab. 88).

Als allgemeine Tendenz ist festzustellen, dass mit einer Verschlechterung der Humusform eine Vergrößerung des C/N-Verhältnisses im Humuskörper einhergeht (vgl. z.B. MÜLLER 1956; WITTICH 1963; v. ZEJSCHWITZ 1968; 1980; REHFUESS 1990).

Tabelle 15: C/N-Quotienten bei verschiedenen aeromorphen Humusformen (v. ZEZSCHWITZ 1980, verändert FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1996)

Humusform	Horizont	C/N
L-Mull	Ah	10-14
F-Mull	Ah	14-17
Mullartiger Moder	Ah	17-20
Feinhumusarmer Moder	Oh	20-24
Feinhumusreicher Moder	Oh	22-26
Rohhumusartiger Moder	Oh	25-31
Rohhumus	Oh	29-38

Den detaillierteren Zusammenhang zwischen C/N-Verhältnis und Humusform gibt Tabelle 15 wieder, so dass es möglich wird, auch innerhalb der Humusformen Mull und Moder genauer zu differenzieren und feinere Abstufungen der biologischen Aktivität der Böden deutlich zu machen.

Neben dem C/N-Verhältnis ist auch die Ureaseaktivität des Bodens ein Ausdruck der biologischen Bodenaktivität (s. MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a, 1987b). Der Zusammenhang von enzymatischer und biologischer Aktivität des Bodens konnte jedoch nicht ohne Überprüfung vorausgesetzt werden. Deshalb musste der Indikatorwert der Urease anhand von Daten geeicht werden, die nachweislich die biologische Aktivität des Bodens ausdrücken. Bei den von ihm untersuchten Waldböden verwandte MÖLLER (1981a, 1981b, 1987a, 1987b) als Eichgröße die Humusform, charakterisiert durch die folgenden drei Größen: morphologischer Aufbau des Humuskörpers, C/N-Verhältnis und pH-Wert des humosen A-Horizonts (oder auch des Oh- und des Of-Horizonts) (MÖLLER 1981a, 1987a).

Dabei ergab sich als Grundtendenz, dass die Ureaseaktivität des Bodens mit einer Verschlechterung der Humusform, d.h. mit einer Verminderung der biologischen Aktivität, abnimmt (vgl. Tab. 16).

Tabelle 16: Ureaseaktivitäten humoser Oberböden terrestrischer Waldökosysteme (Mittelwerte von Ökosystemen) (n. MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a, 1997)

Humusformgruppe	Horizont	Ureaseaktivität [mg NH ₃ -N • (100ml B.) ⁻¹ • h ⁻¹]
L-Mull	Ah	ca. 1,5 - 16 ¹⁾
F-Mull	Ah	
Mullartiger Moder	Ah	ca. 1,0 - 1,5
Typischer Moder	Aeh	
Rohhumusartiger Moder	Aeh, Ahe	ca. <1,0
Rohhumus	Ahe	

¹⁾ Werte > ca. 3 nur bei Mullrendzinen

Die Ureaseaktivität wird in Tab. 16 auf 1 Stunde bezogen angegeben. Die zu Grunde liegenden Daten wurden nach zwei verschiedenen Methoden ermittelt: Eine Versuchsanordnung (n. SCHINNER et al. 1991) basiert auf einem Inkubationszeitraum von 2 Stunden, die andere Untersuchung gibt eine Inkubation von 3 Stunden vor (HOFFMAN & TEICHER 1961). Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse trotz der unterschiedlichen Zeitangabe zu gewährleisten, wurde die Ureaseaktivität pro 1 Stunde berechnet.

Nach MÖLLER, AGENA & WETTERAU (2001) ist die Ureaseaktivität des Bodens offensichtlich saisonunabhängig, so dass Messungen der Ureaseaktivität zu einem einzigen Zeitpunkt des Jahres repräsentative Daten für den entsprechenden Boden liefern.

In ungestörten Böden mitteleuropäischer Wälder ist sowohl das C/N-Verhältnis als auch die Ureaseaktivität ein Maß für die gegenwärtige biologische Aktivität des Bodens (MÖLLER 1981a, 1981b, 1987a, 1987b). Die Aussagekraft beider Werte ist jedoch in gestörten Wäldern differenziert zu betrachten. In diesem Fall gibt die Ureaseaktivität die aktuelle biologische Aktivität des Humuskörpers wieder, während sich der C/N-Quotient des Mineralkörpers nur sehr langsam verändert und dadurch auf die ehemaligen Verhältnisse des Bodens hinweisen kann (MÖLLER 1987a). In den organischen Auflagen von Waldböden ließ sich allerdings in jüngerer Zeit eine Verringerung des C/N-Verhältnisses infolge verstärkter Stickstoffimmission beobachten (s. u.a. FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1996; S. 149; bezüglich des Raums Hannover s. MÖLLER 1987b).

Tabelle 17: Ureaseaktivität und C/N-Verhältnis aller Untersuchungsflächen in den verschiedenen pH-Bereichen mit statistischer Sicherheit der Differenzen und Anzahl der Probeflächen

pH-Bereich			I	II	III	IV
pH (CaCl ₂)			3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥6,01
		n Probeflächen	14	8	3	5
		C/N	14,4	13,0	13,8	10,9
	S	\bar{x}				
3,01-4,00	1,1	14,4	-	n.s.	n.s.	*
4,01-5,00	1,5	13,0	-	-	n.s.	n.s.
5,01-6,00	4,3	13,8			-	n.s.
≥6,01	1,2	10,9				-
		Ureaseaktivität [mg NH ₃ -N • (100ml B.) ⁻¹ • 2h ⁻¹]	6,29	4,09	1,84	39,21
	S	\bar{x}				
3,01-4,00	5,22	6,29	-	n.s.	n.s.	*
4,01-5,00	4,81	4,09		-	n.s.	*
5,01-6,00	0,87	1,84			-	*
≥6,01	30,50	39,21				-

Die von mir festgestellten mittleren C/N-Verhältnisse des humosen Oberbodens bis 14,8cm Tiefe sind in allen vier pH-Bereichen geringer als 15 (vgl. Tab. 17). Nach Tab. 15 entspricht dieses der Humusform Mull.

Auffällig ist, dass sogar in den pH-Bereichen I und II geringe C/N-Quotienten ermittelt wurden. Wenn in sehr stark sauren bis stark sauren Böden ein niedriges C/N-Verhältnis vorliegt, dann ist dies (zumindest bei den terrestrischen Böden) ein Hinweis auf eine Versauerung durch den sauren Regen. Dieser hat offensichtlich zu einer Entkopplung von C/N-Verhältnis und pH-Wert bei den Böden des pH-Bereichs I bis hin zu denen des pH-Bereichs III geführt.

Die ursprünglich als normal geltenden Verhältnisse bei der Humusform Mull gibt dessen Charakteristik in SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002, S. 453) wieder: „Das C/N-Verhältnis des Humuskörpers liegt bei 10-15, die Bodenreaktion ist schwach sauer bis alkalisch ...“. Lediglich im pH-Bereich IV trifft diese Aussage zu: Ein geringes C/N-Verhältnis liegt gemeinsam mit hohem pH-Wert vor, so dass diese Böden die ursprüngliche Situation vor dem Einsetzen des sauren Regens wiedergeben.

Die C/N-Verhältnisse der pH-Bereiche I bis III weisen untereinander keine signifikanten Differenzen auf. Nur zwischen dem Wert des pH-Bereichs I und dem des pH-Bereichs IV besteht ein signifikanter Unterschied.

In den pH-Bereichen I und II liegen die auf alle Untersuchungsflächen bezogenen Ureaseaktivitäten über $1,5 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ($\cong 3,0 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$) (vgl. Tabelle 17) und weisen damit auf L- bzw. F-Mull hin. Tatsächlich kommen auf den Flächen der pH-Bereiche I und II schwerpunktmäßig L- und F-Mull vor, außerdem treten Typischer Moder und Mullartiger Moder auf (vgl. Tabelle 12). Im pH-Bereich III liegt die Ureaseaktivität mit $1,84 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$ ($= 0,92 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) sehr niedrig. Bei diesem Wert sind nach Tabelle 16 die Humusformen Mullartiger Moder oder Typischer Moder zu erwarten, treten jedoch niemals auf. Stattdessen kommt schwerpunktmäßig L-Mull vor. Im pH-Bereich IV mit der mittleren Ureaseaktivität von $39,21 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$ ($= 19,61 \text{ mg NH}_3\text{-N} \cdot (100 \text{ ml B.})^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) stimmt die vorhandene Humusform mit den Angaben der Tabelle 16 überein.

Eine Übereinstimmung der von mir ermittelten Ureaseaktivitäten mit den entsprechenden Humusformen, wie sie MÖLLER (s. Tab. 16) festgestellt hat, ist also nicht immer gegeben.

Bei den Ureaseaktivitäten des pH-Bereichs III ist allerdings zu berücksichtigen, dass hier nur die Daten von drei Untersuchungsflächen vorliegen und ferner bei der Ureaseaktivität des Bodens die für ein Ökosystem ermittelten Werte relativ breit streuen (vgl. die Standardabweichungen in Tab. 17).

Vergleicht man die Mittelwerte der Ureaseaktivität, bezogen auf alle 30 Untersuchungsflächen, ergeben sich signifikante Differenzen lediglich zwischen den Flächen des pH-Bereichs IV und jeweils den drei weiteren pH-Bereichen. Wenn zwischen den deutlich unterschiedlichen Mittelwerten der pH-Bereiche I, II und III keine signifikanten Differenzen bestehen, dürfte dies mit der hohen Streuung der Einzelwerte in den einzelnen pH-Bereichen zusammenhängen.

Bei der Gegenüberstellung der Ureaseaktivität aller 30 Flächen fällt auf, dass sich der mittlere Wert des humosen Oberbodens vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich III verringert. Im pH-Bereich IV ist insgesamt der höchste Wert festgestellt worden. Die Ureaseaktivitäten in den pH-Bereichen I bis III sind jedoch nicht signifikant verschieden.

Dabei ist bemerkenswert, dass die Ureaseaktivität im pH-Bereich I nicht niedriger ist als in den pH-Bereichen II und III, obwohl vermutet werden könnte, dass bei steigender Bodenazidität die Mikroorganismenaktivität abnehmen und damit verbunden die Ureaseaktivität sinken würde.

Eine mögliche, wenn auch sehr spekulative Erklärung der unerwartet hohen Ureaseaktivität im pH-Bereich I ist folgende: Im pH-Bereich I kommt es aufgrund der durch den sauren

Regen hervorgerufenen sehr stark sauren Bodenreaktion zu einem Zerfall von ehemals unter höheren pH-Werten gebildeten stabilen Humusverbindungen. Dieses Phänomen ist bekannt bei der (langfristigen) mit Versauerung verbundenen Umwandlung von Humus einer Rendzina im Übergang zu einer Terra fusca. Es kommt hierbei zu einem Humusschwund infolge des Abbaus ehemals sehr stabiler Humusverbindungen (vgl. u.a. REHFUESS 1990). Die Mikroorganismen können diese Humusverbindungen nun verstärkt angreifen. Dadurch kommt es zu einer Kompensation der direkten Wirkung der sehr starken Bodensäure auf die Mikroorganismen, deren Aktivität nicht abnimmt, sondern aufgrund der zusätzlich freigewordenen Humusverbindungen auf hohem Niveau zunächst bestehenbleibt.

4.3.4 Beurteilung des Feuchtegrades anhand der Feuchtezahlen nach ELLENBERG (1992)

Die Tabelle 18 gibt die mittleren Feuchtezahlen auf der Basis der Kräuter (i.w.S.) (mit Feuchtezahlen), die auf den 83 Untersuchungsflächen mit pH-Bestimmungen erfasst wurden, für die pH-Bereiche I, II, III und IV wieder (Grundlage: die 42 mit einer Feuchtezahl bewerteten Arten der Tabellen 19.1-19.50 sowie entsprechende 34 weitere Arten mit jeweils geringem Vorkommen). Zur Ermittlung der mittleren Feuchtezahlen wurden die Feuchtezahlen nach ELLENBERG (1992) entsprechend ihrer jeweiligen Häufigkeit auf den Untersuchungsflächen gewichtet.

Tabelle 18: Mittlere Feuchtezahlen für die pH-Bereiche I, II, III und IV auf der Grundlage der Kräuter der Untersuchungsflächen mit pH-Bestimmungen

	pH-Bereich			
	I	II	III	IV
Mittlere Feuchtezahl	5,49	5,63	5,65	5,71

ELLENBERG (1992, S. 68) gliedert die Feuchtezahlen im Gefälle der Bodenfeuchtigkeit vom flachgründig-trockenen Felshang bis hin zum tiefen Wasser. Die Feuchtezahl 1 gibt Starktrockniszeiger an, während die Feuchtezahl 12 für eine Unterwasserpflanze steht.

Zur Beurteilung des Feuchtegrades der in dieser Arbeit berücksichtigten Böden sind insbesondere die Feuchtezahlen 5, 6 und 7 nach ELLENBERG (1992) von Interesse:

Feuchtezahl 5: *Frischezeiger*, Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, auf nassen sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlend

Feuchtezahl 6: zwischen 5 und 6 stehend

Feuchtezahl 7: *Feuchtezeiger*, Schwergewicht auf gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden

Die mittleren Feuchtezahlen steigen geringfügig um 0,22 Einheiten vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich IV an. Unter Berücksichtigung der Differenzierung der Feuchtezahlen von 1 bis 12 wird jedoch deutlich, dass die mittleren Feuchtezahlen der pH-Bereiche I, II, III und IV insgesamt betrachtet eine fast identische Bodenfeuchtigkeit aller Untersuchungsflächen wiedergeben. Der Feuchtegrad des Bodens ist demnach in allen vier pH-Bereichen als "frisch" mit Tendenz in Richtung "feucht" einzustufen. Wenn bestimmte Pflanzen in den vier pH-Bereichen unterschiedlich häufig auftreten, dann wohl kaum, weil die Bodenfeuchte in den verschiedenen pH-Bereichen unterschiedlich wäre.

4.4 Die heutige Bindung der Waldbodenpflanzen des Untersuchungsgebietes an die pH-Verhältnisse des Bodens

Von 50 Arten der Krautschicht wurde das Vorkommen in Bezug auf die aktuelle Bodenazidität (pH-Wert) untersucht. Der Feststellung, in welchem pH-Bereich die einzelnen Arten vorkommen, liegen wie bereits im methodischen Teil dargelegt, die arithmetischen Mittelwerte der pH(CaCl₂)-Werte pro Horizont bzw. Tiefe je Untersuchungsfläche zu Grunde. Einen Schwerpunkt des Interesses bilden die Frühlingsgeophyten. Des Weiteren wurden Waldbpflanzen mit möglichst stetem Vorkommen ausgewählt, um eine hohe Datendichte zu erhalten. Bei einigen seltenen bislang als „Kalkzeiger“ angegebenen Arten wie *Lathyrus vernus* und *Hepatica nobilis* soll festgestellt werden, ob sie auch gegenwärtig im Untersuchungsgebiet auf Böden mit höheren pH-Werten auftreten.

Die Ermittlung der Stärke der Bindung einer Art an einen bestimmten pH-Bereich kann nicht über die entsprechende absolute Häufigkeit der Arten in diesem pH-Bereich erfolgen. Es muss vielmehr die Relation zwischen der absoluten Anzahl der von der Art besiedelten Untersuchungsflächen und allen Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs erfasst werden.

Beispiel:

pH-Wert-Bereich pH(CaCl ₂)-Wert	I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥ 6,01
n UF (total)	15	50	10	20
n UF (Art)	15	25	5	0
BG _e (%) (Art)	100	50	50	0

n UF (total) = Anzahl aller Untersuchungsflächen im betreffenden pH-Bereich

n UF (Art) = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Art im betreffenden pH-Bereich

Im obigen Beispiel ist die Art am häufigsten im pH-Bereich II, besiedelt hier aber nur die Hälfte der Untersuchungsflächen. Im pH-Bereich I kommt die Art zwar nur auf 15 Flächen vor, jedoch sind dies sämtliche entsprechenden Untersuchungsflächen. Die Art hat somit eine stärkere relative Bindung an den pH-Bereich I als an den pH-Bereich II.

Auf der Grundlage der absoluten Häufigkeiten kann die Bindung einer Art an einen bestimmten pH-Bereich mit einem „einfachen Bindungsgrad“ [BG_e (%) (Art)] erfasst werden:

$$BG_e(\%) (\text{Art}) = \frac{n \text{ UF (Art)} \cdot 100}{n \text{ UF (total)}}$$

Erreicht bei einer Art mindestens ein BG_e einen Wert von 100, dann werden die einfachen Bindungsgrade dieser Art in die entsprechende „Art-Tabelle“ unter 19.1 - 19.50 aufgenommen.

Erreicht eine Art in keinem pH-Bereich einen einfachen Bindungsgrad von 100%, dann wird der „relationale Bindungsgrad“ (BG_{rel}) nach folgender Formel bestimmt, wobei der jeweils höchste einfache Bindungsgrad gleich 100% gesetzt wird:

$$BG_{rel}(\%) (\text{Art}) = \frac{BG_e(\%) (\text{Art}) \cdot 100}{BG_e(\%) (\text{Art})_{max}}$$

$BG_{rel}(\%) (\text{Art})$ = relationaler Bindungsgrad (%) der Art im betreffenden pH-Bereich

$BG_e(\%) (\text{Art})$ = einfacher Bindungsgrad (%) der Art im betreffenden pH-Bereich

$BG_e(\%) (\text{Art})_{max}$ = höchster einfacher Bindungsgrad (%) der Art

Beispiel:

pH-Wert-Bereich pH(CaCl ₂)-Wert	I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥ 6,01
n UF (total)	15	50	10	20
n UF (Art)	12	25	5	0
BG _e (%) (Art)	80	50	50	0
BG _{rel} (%) (Art)	100	63	63	0

$$BG_{rel}(\%) (\text{Art}) \text{ für pH-Bereich II} = \frac{50 \cdot 100}{80} = 62,5 \approx 63$$

Der pH-Schwerpunkt einer Art ergibt sich nicht aus der absoluten Höhe eines BG_e, sondern aus dem Vergleich des höchsten BG_e mit den BG_e-Werten in den anderen pH-Bereichen. Durch den relationalen Bindungsgrad werden die Relationen zwischen dem höchsten BG_e und anderen BG_e-Werten einheitlich ausgedrückt. Im Folgenden wird vom Schwerpunkt einer Art in einem bestimmten pH-Bereich gesprochen, wenn diese in keinem anderen pH-Bereich (als dem mit einem BG_e bzw. BG_{rel} = 100) mit einem BG_{e/rel} ≥ 70 erscheint. Hat eine Art in mindestens einem weiteren pH-Bereich einen BG_{e/rel} ≥ 70, so hat sie keinen pH-Schwerpunkt (= „indifferentes“ Verhalten i.S. von ELLENBERG 1992; vgl. Tab. 24 der vorliegenden Arbeit).

Das Symbol „BG_{e/rel}“ beinhaltet: Ergab sich bei einer Art (bezogen auf eine definierte Bodentiefe) zumindest in einem pH-Bereich ein einfacher Bindungsgrad von 100%, dann sind die einfachen Bindungsgrade in die Tabelle aufgenommen worden. Erreichte (bezogen auf eine definierte Bodentiefe) kein einfacher Bindungsgrad 100%, so sind die relationalen Bindungsgrade in die Tabelle eingesetzt worden. Um einheitlich vorzugehen, erscheint in der Tabelle 19.1-19.50 generell „BG_{e/rel}“, also auch dann, wenn in der betreffenden Tabelle alle Bindungsgrade relationale sind.

In den Tabellen 19.1 - 19.50 ist für die einzelnen Arten der Grad der Bindung an die vier pH-Bereiche nicht nur auf der Basis der Bodentiefe 5-10cm, sondern zum Vergleich auch auf der Basis der Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm angegeben.

Tabellen 19.1 - 19.50: Bindung der Untersuchungsflächen mit der jeweiligen Art an die einzelnen pH-Bereiche bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm, 5-10cm und 15-20cm

Wurzeltyp der Art

Relative Häufigkeit der mit dem Auftreten der Art verbundenen Humusformen und Pflanzengesellschaften in den einzelnen pH-Bereichen bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

Reaktionszahl nach ELLENBERG

Symbole

Wurzeltyp nach ELLENBERG (1939):

- TW = Tiefwurzler, mit zahlreichen Wurzeln tiefer als 15 cm
 MW = Mitteltiefwurzler, mit den meisten Wurzeln zwischen 5 und 15 cm
 FW = Flachwurzler, mit wenigen Wurzeln tiefer als 5 cm
 - = keine Angabe bei ELLENBERG (1939)

BG_{e/rel} (%) = einfacher/relationaler Bindungsgrad (%)

n UF = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Art

Humusformen (h%) = relative Häufigkeit (%) der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Humusform im betreffenden pH-Bereich

Gesellschaften (h%) = relative Häufigkeit (%) der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Gesellschaft im betreffenden pH-Bereich

(pH 5-10cm) = auf der Basis der pH-Werte für die Bodentiefe 5-10cm

Fettdruck des Bindungsgrades = Vorkommen der Art mit BG_{e/rel} ≥ 70%

Fettdruck der Häufigkeit der Humusform und der Gesellschaft = größte Häufigkeit des Vorkommens

Erklärungen der Symbole der Humusformen = s. Tab. 9

Tabelle 19.1

Art : Adoxa moschatellina

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	56	100	50	91	
		5-10 cm	95	100	57	89	
		15-20 cm	74	100	45	72	
n UF (pH 5-10 cm)			5	4	1	2	12
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		-	-	-	-	
	MM		-	25	-	-	
	F		80	25	-	-	
	L/F		20	25	-	-	
	L		-	25	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		40	75	-	-	
	Blb		20	-	-	-	
	BIIa		40	25	100	100	
	BIIb		-	-	-	-	

Tabelle 19.2

Art : Aegopodium podagraria

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	15	80	100	36	
		5-10 cm	9	100	57	22	
		15-20 cm	13	100	96	26	
n UF (pH 5-10 cm)			1	8	2	1	12
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	-	-	-	
			-	100	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	50	-	-	
			-	-	-	-	
			-	50	100	100	
			-	-	-	-	

Tabelle 19.3

Art : Allium ursinum

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	36	100	40	
		5-10 cm	-	62	100	47	
		15-20 cm	-	53	100	64	
n UF (pH 5-10 cm)			0	7	5	3	15
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	100	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	57	20	-	
			-	-	-	-	
			-	43	80	100	

Tabelle 19.4

Art : Anemone nemorosa

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	88	95	82	
		5-10 cm	100	88	91	86	
		15-20 cm	100	89	92	87	
n UF (pH 5-10 cm)			33	22	10	12	77
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	36	5	-	-	
		MM	3	5	-	-	
		F	55	23	20	-	
		L/F	3	5	10	17	
		L	3	64	70	83	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	6	-	-	-	
		Alla	12	5	-	-	
		Allb	21	-	-	-	
		Allc	3	-	-	-	
		Bla	36	41	30	17	
		Blb	6	14	10	-	
		BIIa	15	18	20	42	
		BIIb	-	23	40	42	

Tabelle 19.5

Art : Anemone ranunculoides

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	5	33	96	100	
		5-10 cm	8	56	58	100	
		15-20 cm	4	46	63	100	
n UF (pH 5-10 cm)			2	11	5	11	29
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	-	-	-	-	
		MM	-	9	-	-	
		F	100	9	-	-	
		L/F	-	-	-	9	
		L	-	82	100	91	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	-	-	-	-	
		Allb	-	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	50	18	-	9	
		Blb	-	18	20	-	
		BIIa	50	27	20	45	
		BIIb	-	36	60	45	

Tabelle 19.6

Art : Arum maculatum

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	33	76	80	100	
		5-10 cm	33	88	73	100	
		15-20 cm	34	74	83	100	
n UF (pH 5-10 cm)			11	22	8	14	55
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		18	-	-	-	
			-	5	-	-	
			64	27	12	-	
			9	5	12	21	
			9	64	75	79	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			45	36	25	21	
			9	23	12	-	
			45	23	37	43	
			-	18	25	36	

Tabelle 19.7

Art : Athyrium filix-femina

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	99	90	-	
		5-10 cm	71	57	100	-	
		15-20 cm	100	99	93	15	
n UF (pH 5-10 cm)			15	9	7	0	31
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		33	-	-	-	
			7	-	-	-	
			60	33	29	-	
			-	11	-	-	
			-	56	71	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			20	-	-	-	
			33	-	-	-	
			-	-	-	-	
			40	44	29	-	
			7	44	14	-	
			-	-	-	-	
			-	11	57	-	

Tabelle 19.8

Art : *Brachypodium sylvaticum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	15	56	100	91	
		5-10 cm	11	73	100	79	
		15-20 cm	-	76	78	100	
n UF (pH 5-10 cm)			2	10	6	6	24
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		50	-	-	-	
			-	-	-	-	
			50	10	17	-	
			-	10	17	33	
			-	80	67	67	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			50	30	33	33	
			50	30	-	-	
			-	10	17	33	
			-	30	50	33	

Tabelle 19.9

Art : *Campanula trachelium*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	15	37	100	
		5-10 cm	-	37	42	100	
		15-20 cm	-	37	42	100	
n UF (pH 5-10 cm)			0	2	1	3	6
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	50	-	-	
			-	-	-	-	
			-	50	-	-	
			-	-	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	100	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	67	
			-	-	100	33	

Tabelle 19.10

Art : *Carex sylvatica*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	58	80	100	40	
		5-10 cm	38	63	100	22	
		15-20 cm	34	89	100	53	
n UF (pH 5-10 cm)			8	10	7	2	27
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	25	-	-	-	
		MM	12	-	-	-	
		F	50	20	14	-	
		L/F	-	10	14	-	
		L	12	70	71	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	12	-	-	-	
		Allb	37	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	37	50	29	-	
		Blb	12	20	14	-	
		Blla	-	-	-	-	
		Bllb	-	30	57	100	

Tabelle 19.11

Art : *Circaea lutetiana*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	59	80	100	91	
		5-10 cm	61	81	100	65	
		15-20 cm	83	67	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			11	11	6	5	33
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	27	-	-	-	
		MM	-	-	-	-	
		F	55	36	33	-	
		L/F	9	-	17	20	
		L	9	64	50	80	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	18	-	-	-	
		Allb	-	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	64	45	50	40	
		Blb	9	18	17	-	
		Blla	9	9	17	40	
		Bllb	-	27	17	20	

Tabelle 19.12

Art : *Convallaria majalis*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FMW	BG e/rel (%)	1-3 cm	69	100	63	-	
		5-10 cm	30	100	91	-	
		15-20 cm	62	89	100	-	
n UF (pH 5-10 cm)			2	5	2	0	9
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		50	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	40	50	-	
			50	20	-	-	
			-	40	50	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			50	-	-	-	
			-	100	50	-	
			50	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	50	-	

Tabelle 19.13

Art : *Corydalis cava*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	24	53	44	100	
		5-10 cm	21	75	21	100	
		15-20 cm	26	65	42	100	
n UF (pH 5-10 cm)			3	8	1	6	18
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		33	-	-	-	
			-	-	-	-	
			67	13	-	-	
			-	-	-	-	
			-	88	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	38	100	50	
			-	63	-	50	

Tabelle 19.14

Art : *Dactylis polygama*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	46	100	42	76	
		5-10 cm	32	100	32	51	
		15-20 cm	10	100	25	40	
n UF (pH 5-10 cm)			3	7	1	2	13
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		33	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		67	29	-	-	
	L/F		-	14	-	-	
	L		-	57	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		67	57	-	-	
	Bib		33	14	-	-	
	BIIa		-	-	100	50	
	BIIb		-	29	-	50	

Tabelle 19.15

Art : *Deschampsia cespitosa*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	52	96	100	36	
		5-10 cm	50	55	100	10	
		15-20 cm	41	89	100	34	
n UF (pH 5-10 cm)			12	10	8	1	31
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		33	10	-	-	
	MM		8	-	-	-	
	F		50	20	25	-	
	L/F		-	10	12	-	
	L		8	60	62	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		17	10	-	-	
	Allb		25	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		50	30	37	100	
	Bib		8	30	12	-	
	BIIa		-	-	-	-	
	BIIb		-	30	50	-	

Tabelle 19.16

Art : *Dryopteris carthusiana*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 4

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	54	13	-	
		5-10 cm	100	22	50	-	
		15-20 cm	100	60	27	21	
n UF (pH 5-10 cm)			12	2	2	0	16
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		25	-	-	-	
	MM		8	-	-	-	
	F		67	-	50	-	
	L/F		-	-	-	-	
	L		-	100	50	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		25	-	-	-	
	Allb		25	-	-	-	
	Allc		8	-	-	-	
	Bla		33	-	50	-	
	Bib		8	50	-	-	
	BIIa		-	-	-	-	
	BIIb		-	50	50	-	

Tabelle 19.17

Art : *Ficaria verna*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	68	86	100	84	
		5-10 cm	56	78	100	44	
		15-20 cm	67	100	87	70	
n UF (pH 5-10 cm)			15	16	9	5	45
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		33	-	-	-	
	MM		-	6	-	-	
	F		60	13	22	-	
	L/F		-	6	11	20	
	L		7	75	67	80	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		13	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		13	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		53	44	33	20	
	Bib		-	13	11	-	
	BIIa		20	13	11	40	
	BIIb		-	31	44	40	

Tabelle 19.18

Art : Galium aparine

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	20	44	18	100	
		5-10 cm	42	37	21	100	
		15-20 cm	30	48	-	100	
n UF (pH 5-10 cm)			6	4	1	6	17
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		17	-	-	-	
			-	25	-	-	
			67	25	-	-	
			-	-	100	-	
			17	50	-	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			67	25	100	-	
			-	-	-	-	
			33	25	-	50	
			-	50	-	50	

Tabelle 19.19

Art : Galium odoratum

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	92	88	96	100	
		5-10 cm	78	65	85	100	
		15-20 cm	66	71	54	100	
n UF (pH 5-10 cm)			11	7	4	6	28
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		36	-	-	-	
			-	14	-	-	
			55	29	25	-	
			-	-	-	50	
			9	57	75	50	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			9	-	-	-	
			27	-	-	-	
			-	-	-	-	
			64	29	25	33	
			-	43	-	-	
			-	14	25	50	
			-	14	50	17	

Tabelle 19.20

Art : *Galium sylvaticum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	100	83	-	
		5-10 cm	33	88	100	79	
		15-20 cm	41	89	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			1	2	1	1	5
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	-	-	-	-	
		MM	-	-	-	-	
		F	100	100	100	-	
		L/F	-	-	-	-	
		L	-	-	-	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	-	-	-	-	
		Allb	100	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	-	100	100	-	
		Blb	-	-	-	-	
		BIIa	-	-	-	100	
		BIIb	-	-	-	-	

Tabelle 19.21

Art : *Geranium robertianum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	8	35	55	100	
		5-10 cm	12	40	18	100	
		15-20 cm	15	32	36	100	
n UF (pH 5-10 cm)			2	5	1	7	15
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	50	-	-	-	
		MM	-	20	-	-	
		F	50	20	-	-	
		L/F	-	-	-	14	
		L	-	60	100	86	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	-	-	-	-	
		Allb	-	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	100	40	-	-	
		Blb	-	20	-	-	
		BIIa	-	20	100	57	
		BIIb	-	20	-	43	

Tabelle 19.22

Art : *Geum urbanum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	23	50	86	100	
		5-10 cm	27	77	95	100	
		15-20 cm	23	40	100	71	
n UF (pH 5-10 cm)			5	11	6	8	30
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		40	-	-	-	
			-	9	-	-	
			40	27	33	-	
			20	-	-	12	
			-	64	67	88	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			20	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			60	36	33	12	
			20	18	17	-	
			-	18	50	38	
			-	27	-	50	

Tabelle 19.23

Art : *Glechoma hederacea*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	35	63	55	100	
		5-10 cm	37	70	80	100	
		15-20 cm	40	49	83	100	
n UF (pH 5-10 cm)			7	10	5	8	30
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		29	-	-	-	
			-	-	-	-	
			71	10	20	-	
			-	-	20	25	
			-	90	60	75	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			57	10	40	38	
			14	30	20	-	
			29	10	20	38	
			-	50	20	25	

Tabelle 19.24

Art : *Hedera helix*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	90	88	99	100	
		5-10 cm	62	63	100	56	
		15-20 cm	83	81	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			13	10	7	5	35
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	31	10	-	-	
		MM	-	10	-	-	
		F	54	30	29	-	
		L/F	8	0	14	20	
		L	8	50	57	80	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	8	10	-	-	
		Allb	31	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	46	40	43	-	
		Blb	8	20	-	-	
		Blla	8	30	43	40	
		Bllb	-	-	14	60	

Tabelle 19.25

Art : *Hepatica nobilis*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	-	100	-	
		5-10 cm	-	-	100	-	
		15-20 cm	-	-	100	-	
n UF (pH 5-10 cm)			0	0	1	0	1
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	-	-	-	-	
		MM	-	-	-	-	
		F	-	-	-	-	
		L/F	-	-	-	-	
		L	-	-	100	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	-	-	-	-	
		Allb	-	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	-	-	-	-	
		Blb	-	-	-	-	
		Blla	-	-	100	-	
		Bllb	-	-	-	-	

Tabelle 19.26

Art : *Hordelymus europaeus*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	41	44	-	100	
		5-10 cm	-	100	-	89	
		15-20 cm	-	44	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			0	2	0	1	3
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		-	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		-	50	-	-	
	L/F		-	-	-	100	
	L		-	50	-	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		-	50	-	-	
	Bib		-	-	-	-	
	BIIa		-	50	-	100	
	BIIb		-	-	-	-	

Tabelle 19.27

Art : *Impatiens parviflora*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	77	83	31	100	
		5-10 cm	99	93	42	100	
		15-20 cm	100	72	35	92	
n UF (pH 5-10 cm)			21	15	3	9	48
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		33	7	-	-	
	MM		-	7	-	-	
	F		62	27	-	-	
	L/F		5	7	33	22	
	L		-	53	67	78	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		10	-	-	-	
	Alla		14	7	-	-	
	Allb		10	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		33	40	33	11	
	Bib		10	13	-	-	
	BIIa		24	20	67	33	
	BIIb		-	20	-	56	

Tabelle 19.28

Art : *Lamium galeobdolon*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	79	63	33	
		5-10 cm	100	66	30	35	
		15-20 cm	100	87	45	36	
n UF (pH 5-10 cm)			20	10	2	3	35
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		25	-	-	-	
	MM		5	10	-	-	
	F		60	20	50	-	
	L/F		5	10	-	-	
	L		5	60	50	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		35	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		45	70	50	-	
	Bib		5	10	-	-	
	BIIa		15	-	50	67	
	BIIb		-	20	-	33	

Tabelle 19.29

Art : *Lathyrus vernus*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	-	100	-	
		5-10 cm	-	-	100	-	
		15-20 cm	-	-	100	-	
n UF (pH 5-10 cm)			0	0	1	0	1
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		-	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		-	-	-	-	
	L/F		-	-	-	-	
	L		-	-	100	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		-	-	-	-	
	Bib		-	-	-	-	
	BIIa		-	-	100	-	
	BIIb		-	-	-	-	

Tabelle 19.30

Art : *Leucojum vernum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	20	44	55	100	
		5-10 cm	21	84	64	100	
		15-20 cm	21	44	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			1	3	1	2	7
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		-	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		100	-	-	-	
	L/F		-	-	-	-	
	L		-	100	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		-	-	-	-	
	Bib		-	-	-	-	
	BIIa		100	-	-	50	
	BIIb		-	100	100	50	

Tabelle 19.31

Art : *Lonicera periclymenum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 3

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	54	34	-	
		5-10 cm	100	40	30	-	
		15-20 cm	100	48	27	-	
n UF (pH 5-10 cm)			10	3	1	0	14
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		30	-	-	-	
	MM		10	-	-	-	
	F		50	33	100	-	
	L/F		10	-	-	-	
	L		-	67	-	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		20	-	-	-	
	Allb		30	-	-	-	
	Allc		10	-	-	-	
	Bla		30	67	100	-	
	Bib		10	-	-	-	
	BIIa		-	-	-	-	
	BIIb		-	33	-	-	

Tabelle 19.32

Art : *Luzula pilosa*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 5

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	27	68	-	
		5-10 cm	50	44	100	-	
		15-20 cm	21	89	100	-	
n UF (pH 5-10 cm)			3	2	2	0	7
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		67	-	-	-	
			-	-	-	-	
			33	50	100	-	
			-	-	-	-	
			-	50	-	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			33	-	-	-	
			33	100	100	-	
			33	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	

Tabelle 19.33

Art : *Maianthemum bifolium*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 3

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	-	-	-	
		5-10 cm	100	-	-	-	
		15-20 cm	100	27	-	-	
n UF (pH 5-10 cm)			5	0	0	0	5
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		20	-	-	-	
			-	-	-	-	
			60	-	-	-	
			20	-	-	-	
			-	-	-	-	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			40	-	-	-	
			20	-	-	-	
			20	-	-	-	
			20	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	

Tabelle 19.34

Art : *Melica uniflora*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	37	35	44	100	
		5-10 cm	36	34	29	100	
		15-20 cm	40	34	38	100	
n UF (pH 5-10 cm)			11	8	3	13	35
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		36	-	-	-	
			-	13	-	-	
			64	25	-	-	
			-	13	-	23	
			-	50	100	77	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			9	-	-	-	
			9	-	-	-	
			9	-	-	-	
			45	63	-	23	
			-	-	-	-	
			27	38	67	46	
			-	-	33	31	

Tabelle 19.35

Art : *Mercurialis perennis*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	9	15	43	100	
		5-10 cm	13	11	76	100	
		15-20 cm	16	11	75	100	
n UF (pH 5-10 cm)			3	2	6	10	21
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	50	-	-	
			-	-	-	10	
			-	50	100	90	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	100	33	60	
			-	-	67	40	

Tabelle 19.36

Art : *Milium effusum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 5

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	72	30	27	
		5-10 cm	100	52	39	10	
		15-20 cm	100	88	43	23	
n UF (pH 5-10 cm)			23	9	3	1	36
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	26	11	-	-	
		MM	4	11	-	-	
		F	61	22	67	-	
		L/F	4	-	33	-	
		L	4	56	-	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	13	11	-	-	
		Allb	30	-	-	-	
		Allc	4	-	-	-	
		Bla	39	44	100	-	
		Blb	9	11	-	-	
		Blla	4	-	-	-	
		Bllb	-	33	-	100	

Tabelle 19.37

Art : *Oxalis acetosella*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 4

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	43	45	16	
		5-10 cm	100	50	75	15	
		15-20 cm	100	83	37	30	
n UF (pH 5-10 cm)			16	6	4	1	27
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	37	17	-	-	
		MM	6	-	-	-	
		F	44	-	25	-	
		L/F	6	17	-	-	
		L	6	67	75	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	6	17	-	-	
		Allb	19	-	-	-	
		Allc	6	-	-	-	
		Bla	50	50	25	-	
		Blb	12	17	25	-	
		Blla	6	-	-	-	
		Bllb	-	17	50	100	

Tabelle 19.38

Art : *Paris quadrifolia*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	60	100	45	
		5-10 cm	-	100	45	71	
		15-20 cm	-	56	83	100	
n UF (pH 5-10 cm)			0	5	1	2	8
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	-	-	-	-	
		MM	-	-	-	-	
		F	-	-	-	-	
		L/F	-	20	-	-	
		L	-	80	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	-	-	-	-	
		Alla	-	-	-	-	
		Allb	-	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	-	40	-	50	
		Blb	-	20	-	-	
		BIIa	-	-	-	-	
		BIIb	-	40	100	50	

Tabelle 19.39

Art : *Polygonatum multiflorum*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MTW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	88	98	89	
		5-10 cm	83	100	83	81	
		15-20 cm	93	100	82	98	
n UF (pH 5-10 cm)			12	11	4	5	32
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)		TM, fa	25	-	-	-	
		MM	-	-	-	-	
		F	58	18	-	-	
		L/F	8	-	-	-	
		L	8	82	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)		AI	8	-	-	-	
		Alla	8	-	-	-	
		Allb	25	-	-	-	
		Allc	-	-	-	-	
		Bla	42	18	-	-	
		Blb	8	27	25	-	
		BIIa	8	9	-	60	
		BIIb	-	45	75	40	

Tabelle 19.40

Art : *Primula elatior*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	10	33	96	100	
		5-10 cm	8	66	100	79	
		15-20 cm	-	44	100	80	
n UF (pH 5-10 cm)			1	6	4	4	15
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		100	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	100	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	33	25	-	
			-	-	-	-	
			-	67	75	100	

Tabelle 19.41

Art : *Primula veris*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	-	40	100	-	
		5-10 cm	-	44	100	79	
		15-20 cm	-	-	100	40	
n UF (pH 5-10 cm)			0	1	1	1	3
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	100	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	100	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	100	100	100	
			-	-	-	-	

Tabelle 19.42

Art : *Pulmonaria obscura*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 8

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	27	66	82	100	
		5-10 cm	28	81	100	79	
		15-20 cm	24	70	100	69	
n UF (pH 5-10 cm)			5	11	6	6	28
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		20	-	-	-	
			-	9	-	-	
			60	27	33	-	
			20	-	-	-	
			-	64	67	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			40	36	33	-	
			40	18	17	-	
			20	18	17	33	
			-	27	33	67	

Tabelle 19.43

Art : *Ranunculus auricomus*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	19	40	100	91	
		5-10 cm	14	56	85	100	
		15-20 cm	26	42	-	100	
n UF (pH 5-10 cm)			1	3	2	3	9
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	67	-	-	
			-	-	-	33	
			-	33	100	67	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			100	67	-	33	
			-	33	-	-	
			-	-	-	-	
			-	-	100	67	

Tabelle 19.44

Art : *Rubus fruticosus* agg.

Reaktionszahl n. Ellenberg : -

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	27	51	100	66	
		5-10 cm	25	44	100	39	
		15-20 cm	31	33	100	60	
n UF (pH 5-10 cm)			6	8	8	4	26
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		50	-	-	-	
	MM		17	13	-	-	
	F		33	38	12	-	
	L/F		-	-	12	50	
	L		-	50	75	50	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		17	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		83	38	25	50	
	Bib		-	38	12	-	
	BIIa		-	13	12	50	
	BIIb		-	13	50	-	

Tabelle 19.45

Art : *Rubus idaeus*

Reaktionszahl n. Ellenberg : X

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
-	BG e/rel (%)	1-3 cm	89	48	100	36	
		5-10 cm	58	22	100	39	
		15-20 cm	62	33	100	40	
n UF (pH 5-10 cm)			7	2	4	2	15
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		43	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		57	50	-	-	
	L/F		-	-	-	50	
	L		-	50	100	50	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		43	-	-	-	
	Allb		14	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		29	-	-	100	
	Bib		14	50	25	-	
	BIIa		-	50	-	-	
	BIIb		-	-	75	-	

Tabelle 19.46

Art : *Scrophularia nodosa*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	56	100	75	-	
		5-10 cm	67	88	100	39	
		15-20 cm	55	44	100	27	
n UF (pH 5-10 cm)			4	4	2	1	11
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		25	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		75	-	50	-	
	L/F		-	-	-	-	
	L		-	100	50	100	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		25	-	-	-	
	Allb		25	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		50	-	50	100	
	Bib		-	50	50	-	
	BIIa		-	-	-	-	
	BIIb		-	50	-	-	

Tabelle 19.47

Art : *Stachys sylvatica*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
TW	BG e/rel (%)	1-3 cm	15	100	73	76	
		5-10 cm	25	100	76	74	
		15-20 cm	21	100	69	69	
n UF (pH 5-10 cm)			4	12	4	5	25
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		50	-	-	-	
	MM		-	-	-	-	
	F		50	33	-	-	
	L/F		-	-	-	60	
	L		-	67	100	40	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		25	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		50	42	-	40	
	Bib		25	25	25	-	
	BIIa		-	8	-	40	
	BIIb		-	25	75	20	

Tabelle 19.48

Art : *Stellaria holostea*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 6

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FW	BG e/rel (%)	1-3 cm	100	60	75	55	
		5-10 cm	100	92	0	94	
		15-20 cm	100	94	60	97	
n UF (pH 5-10 cm)			10	7	0	4	21
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		50	-	-	-	
			10	-	-	-	
			40	14	-	-	
			-	14	-	25	
			-	71	-	75	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			-	-	-	-	
			30	-	-	-	
			10	-	-	-	
			50	29	-	25	
			10	29	-	-	
			-	-	-	75	
			-	43	-	-	

Tabelle 19.49

Art : *Urtica dioica*

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
MW	BG e/rel (%)	1-3 cm	58	100	78	85	
		5-10 cm	68	78	25	100	
		15-20 cm	62	89	50	100	
n UF (pH 5-10 cm)			8	7	1	5	21
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa MM F L/F L		37	-	-	-	
			-	-	-	-	
			62	-	-	-	
			-	-	-	20	
			-	100	100	80	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI Alla Allb Allc Bla Bib BIIa BIIb		-	-	-	-	
			12	-	-	-	
			12	-	-	-	
			-	-	-	-	
			62	14	-	40	
			-	29	-	-	
			12	-	-	40	
			-	57	100	20	

Tabelle 19.50

Art : Viola reichenbachiana

Reaktionszahl n. Ellenberg : 7

Wurzeltyp	pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I	II	III	IV	Σ
			3,01- 4,00	4,01- 5,00	5,01- 6,00	≥6,01	
FMW	BG e/rel (%)	1-3 cm	10	44	96	100	
		5-10 cm	17	55	100	98	
		15-20 cm	9	51	73	100	
n UF (pH 5-10 cm)			4	10	8	10	32
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa		25	-	-	-	
	MM		-	10	-	-	
	F		50	20	13	-	
	L/F		-	10	13	20	
	L		25	60	75	80	
Gesellschaften (h%) (pH 5-10 cm)	AI		-	-	-	-	
	Alla		-	-	-	-	
	Allb		-	-	-	-	
	Allc		-	-	-	-	
	Bla		100	30	25	20	
	Bib		-	-	12	-	
	BIIa		-	30	12	40	
	BIIb		-	40	50	40	

Aus den Tabellen 19.1 - 19.50 geht hervor, dass sich die Bindungsgrade fast aller Arten bei Zugrundelegung der Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm nicht oder nur geringfügig von den entsprechenden auf die Bodentiefe 5-10cm bezogenen Werten unterscheiden.

Es ist auffällig, dass die einzelnen Arten zwar jeweils auf Böden mit verschiedenen Humusformen vorkommen, aber die häufigsten Humusformen oftmals F- und L-Mull sind. Wie bereits in Tabelle 9 deutlich wurde, deuten L-Mull bei stark sauren und F-Mull bei sehr stark sauren Böden auf eine bereits stattgefundene Veränderung der Bodenazidität durch eine jüngere Bodenversauerung hin.

In Tabelle 20 sind die in den Tabellen 19.1 bis 19.50 aufgeführten Arten nach ihrem Verhalten gegenüber den pH-Verhältnissen des Bodens zu Gruppen zusammengestellt. Ferner sind die (häufigsten) Humusformen der von den Arten besiedelten Flächen angegeben.

Tabelle 20: Artengruppen nach ihrem Verhalten im Untersuchungsgebiet gegenüber den pH-Verhältnissen des Bodens (Referenz-Bodentiefe 5-10cm) sowie Verhalten der Arten gegenüber der Humusform

Symbole:

- pH-SPB = pH(CaCl₂)-Schwerpunktbereich
 BG_{e/rel}(%) = einfacher / relationaler Bindungsgrad (%)
 nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Art
 USG = Untersuchungsgebiet
 Humusformen der Untersuchungsflächen mit der Art:
 TM, fa = Typischer Moder, feinhumusarm
 MM = Mullartiger Moder
 F = F-Mull
 L/F = Übergang von L- zu F-Mull
 L = L-Mull

A. Arten, die im USG einen Schwerpunkt in einem bestimmten pH(CaCl₂)-Bereich haben

A.1. Arten mit Schwerpunkt im pH-Bereich I

Art	(häufigste) Humusform im pH-SPB	nUF
Dryopteris carthusiana	F	16
Lamium galeobdolon	F	35
Lonicera periclymenum	F	14
Maianthemum bifolium	F	5
Milium effusum	F	36

A.2. Arten mit Schwerpunkt im pH-Bereich II

Art	(häufigste) Humusform im pH-SPB	nUF
Aegopodium podagraria	L	12
Dactylis polygama	L	13

A.3. Arten mit Schwerpunkt im pH-Bereich III

Art	(häufigste) Humusform im pH-SPB	nUF
Allium ursinum	L	15
Carex sylvatica	L	27
Deschampsia caespitosa	L	31
Hedera helix	L	35
Hepatica nobilis	L	1
Lathyrus vernus	L	1
Luzula pilosa	F	7
Primula veris	L	3
Rubus fruticosus agg.	L	26
Rubus idaeus	L	15

A.4. Arten mit Schwerpunkt im pH-Bereich IV

Art	(häufigste) Humusform im pH-SPB	nUF
Anemone ranunculoides	L	29
Campanula trachelium	L	6
Galium aparine	L	17
Geranium robertianum	L	15
Melica uniflora	L	35

B. Arten mit einem $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in mehreren pH-Bereichen (kein pH-Schwerpunkt)

* Art in pH-Bereich zwischen niedrigstem und höchstem pH-Bereich mit $BG_{e/rel}(\%) < 70$

B.1. Arten mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in den pH-Bereichen I bis III

Art	(häufigste) Humusform im pH-Bereich mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$				nUF
	I	II	III	IV	
Athyrium filix-femina *	F		L		31
Oxalis acetosella *	F		L		27

B.2. Arten mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in den pH-Bereichen I bis IV

Art	(häufigste) Humusform im pH-Bereich mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$				nUF
	I	II	III	IV	
Adoxa moschatellina *	F	(MM,F, L/F,L)		L	12
Anemone nemorosa	F	L	L	L	77
Galium odoratum *	F		L	L	28
Impatiens parviflora *	F	L		L	48
Polygonatum multiflorum	F	L	L	L	32
Stellaria holostea *	TM, fa	L		L	21

B.3. Arten mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in den pH-Bereichen II und III

Art	(häufigste) Humusform im pH-Bereich mit				nUF
	$BG_{e/rel}(\%) \geq 70$				
	I	II	III	IV	
Convallaria majalis		L/F	L/F		9
Scrophularia nodosa		L	L/F		11

B.4. Arten mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in den pH-Bereichen II bis IV

Art	(häufigste) Humusform im pH-Bereich mit				nUF
	$BG_{e/rel}(\%) \geq 70$				
	I	II	III	IV	
Arum maculatum		L	L	L	55
Brachypodium sylvaticum		L	L	L	24
Circaea lutetiana (IV)		L	L	L	33
Corydalis cava *		L		L	18
Ficaria verna (IV)		L	L	L	45
Galium sylvaticum		F	F	L	5
Geum urbanum		L	L	L	30
Glechoma hederacea		L	L	L	30
Hordelymus europaeus *		L,F		L/F	3
Leucojum vernum *		L		L	7
Paris quadrifolia *		L		L	8
Pulmonaria obscura		L	L	L	28
Stachys sylvatica		L	L	L/F	25
Urtica dioica *		L		L	21

(IV) = $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ im pH-Bereich IV nur bei Referenz-Bodentiefen 1-3cm / 15-20cm

B.5. Arten mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$ in den pH-Bereichen III und IV

Art	(häufigste) Humusform im pH-Bereich mit				nUF
	$BG_{e/rel}(\%) \geq 70$				
	I	II	III	IV	
Mercurialis perennis			L	L	21
Primula elatior			L	L	15
Ranunculus auricomus			L	L	9
Viola reichenbachiana			L	L	32

Wird bei den Flachwurzlern (nur wenige Wurzeln tiefer als 5cm) die Referenzbodentiefe 1-3cm zu Grunde gelegt, dann ergibt sich bei den meisten dieser Arten dieselbe Zuordnung zu einer der Gruppen der Tabelle 20 wie bei der Referenzbodentiefe 5-10cm:

Tabelle 21: Zuordnung der Flachwurzler zu einer der Gruppen der Tabelle 20 bei der Referenzbodentiefe 1-3cm im Vergleich zu der Zuordnung bei der Referenzbodentiefe 5-10cm

Art	Gruppe n. Tab. 20 bei Referenzbodentiefe	
	1-3cm	5-10cm
<i>Adoxa moschatellina</i>	B.4	B.2
Anemone nemorosa	B.2	B.2
<i>Circaea lutetiana</i>	B.4	B.4
Dryopteris carthusiana	A.1	A.1
<i>Ficaria verna</i>	B.4	B.3
Galium aparine	A.4	A.4
Galium odoratum	B.2	B.2
Geranium robertianum	A.4	A.4
<i>Glechoma hederacea</i>	A.4	B.4
Lamium galeobdolon	fast A.1	A.1
Impatiens parviflora ^{*)}	B.2	B.2
Maianthemum bifolium	A.1	A.1
Melica uniflora	A.4	A.4
Milium effusum	fast A.1	A.1
<i>Oxalis acetosella</i>	A.1	B.1
<i>Stellaria holostea</i>	B.1	B.2

^{*)} Bei ELLENBERG (1939) keine Angabe zum Wurzeltyp, aber wohl Flachwurzler (Therophyt!).

Die Gruppen B.1 und B.2 (*Stellaria holostea*) und B.3 und B.4 (*Circaea lutetiana*, *Ficaria verna*) liegen nah beieinander.

Beim Vorliegen von F-Mull, Mullartigem Moder und Feinhumusarmem Moder (Gros der Böden im pH-Bereich I; vgl. Tab. 9) dürfte ein Teil der Wurzeln in der Of- bzw. (Of + Oh)-Lage lokalisiert sein. Diese Wurzeln stehen hier in einem weniger sauren Medium, als es in dem darunter liegenden Mineralboden der Fall ist (vgl. die entsprechenden pH-Werte gem. Tab. 12)

Die Arten der Gruppe B.4., darunter etliche Frühlingsgeophyten (*Arum maculatum*, *Corydalis cava*, *Leucojum vernum*, *Paris quadrifolia* und *Ficaria verna*) treten auch im pH-Bereich II, d.h. auf stark sauren Böden, mit einem einfachen bzw. relationalen Bindungsgrad von mindestens 70% auf. Dabei kommt auch auf den Flächen dieser pH-Bereiche nahezu ausschließlich die Humusform L-Mull vor. Die in der Gruppe B.4. erwähnten Spezies stehen hier offensichtlich auf in jüngerer Zeit versauerten Böden. Erklären lässt sich dies mit den niedrigen pH-Werten in Verbindung mit dem L-Mull. Sofern es sich hier jeweils um Landböden handelt, ist die sich in der jüngeren Vergangenheit vollzogene Bodenversauerung auf den sauren Regen zurückzuführen.

In Gruppe B.2. stehen, mit einer Ausnahme, alle Arten, darunter *Adoxa moschatellina* und *Anemone nemorosa*, auf sehr stark sauren Böden (pH-Bereich I) mit einem einfachen bzw. relationalen Bindungsgrad von mindestens 70% in Verbindung mit F-Mull. Wie bereits oben (Kap. 4.3.2) erläutert, deutet das Vorhandensein von sehr stark saurem Boden und der Humusform F-Mull auf eine erst in jüngerer Zeit stattgefundene stärkere Versauerung des Bodens hin.

Für zukünftige Untersuchungen der pH-Werte der Böden und der Humusformen stellen die Daten der Tabelle 20 eine geeignete Grundlage für Vergleiche dar.

In Tabelle 22 sind wichtige signifikante Unterschiede, die Arten nach dem Chi-Quadrat-Test (s. Kap.3.2.3) bezüglich ihrer relativen Häufigkeiten in den einzelnen pH-Bereichen aufweisen, aufgeführt. Dieses Testverfahren erfolgt formal unabhängig von der Bestimmung des einfachen /relationalen Bindungsgrades.

Tabelle 22: Wichtige signifikante Differenzen zwischen den relativen Häufigkeiten von Arten in verschiedenen pH-Bereichen nach dem Chi-Quadrat-Test

pH-SPB	= pH-Schwerpunktbereich
n Tests	= Anzahl der vorab geplanten Tests
nUF	= Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Art
*	= signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$
(*)	= nicht signifikant bei $\alpha = 5\%$, jedoch bei $\alpha = 10\%$
n.s.	= nicht signifikant bei $\alpha = 5\%$ und $\alpha = 10\%$

1. Signifikante Differenzen zwischen relativer Häufigkeit im pH-Schwerpunktbereich nach Tabelle 20 und in (mindestens zwei) anderen pH-Bereichen

pH-SPB	Art	Signifikanz von Differenzen in der relativen Häufigkeit zwischen den pH-Bereichen	n Tests	nUF
I	Milium effusum	(I-II)*, (I-III)*, (I-IV)*	3	36
I	Lamium galeobdolon	(I-II) ^{n.s.} , (I-III)*, (I-IV)*	3	35
I	Dryopteris carthusiana	(I-II)*, (I-III) ^{n.s.} , (I-IV)*	3	16
III	Rubus fruticosus	(III-I)*, (III-II) ^(*) , (III-IV) ^(*)	3	26
III	Carex sylvatica	(III-I) ^(*) , (III-II) ^{n.s.} , (III-IV)*	3	27
IV	Melica uniflora	(IV-I)*, (IV-II)*, (IV-III)*	3	35
IV	Geranium robertianum	(IV-I)*, (IV-II) ^{n.s.} , (IV-III) ^(*)	3	15

2. Signifikante Differenzen zwischen relativen Häufigkeiten in verschiedenen pH-Bereichen bei Arten ohne pH-Schwerpunkt nach Tabelle 20

2a. Relative Häufigkeit in den pH-Bereichen I, II und III signifikant höher als im pH-Bereich IV

Art	Signifikanz von Differenzen in der relativen Häufigkeit zwischen den pH-Bereichen	n Tests	nUF
Athyrium filix-femina	(I-IV)*, (II-IV)*, (III-IV)*	3	31

2b. Relative Häufigkeit in den pH-Bereichen II, III und IV signifikant höher als im pH-Bereich I

Art	Signifikanz von Differenzen in der relativen Häufigkeit zwischen den pH-Bereichen	n Tests	nUF
Arum maculatum	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	55
Brachypodium sylvaticum	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	24
Geum urbanum	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	30
Primula elatior	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	15
Viola reichenbachiana	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	32

2c. Relative Häufigkeit in den pH-Bereichen III und IV signifikant höher als in den pH-Bereichen I und II

Art	Signifikanz von Differenzen in der relativen Häufigkeit zwischen den pH-Bereichen	n Tests	nUF
Mercurialis perennis	(III-I)*, (III-II)*, (IV-I)*, (IV-II)*	4	21

3. Signifikante Differenzen zwischen relativen Häufigkeiten in verschiedenen pH-Bereichen bei Arten mit pH-Schwerpunkt nach Tabelle 20

pH-SPB	Art	Signifikanz von Differenzen in der relativen Häufigkeit in den pH-Bereichen	n Tests	nUF
III	Allium ursinum	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	15
IV	Anemone ranunculoides	(II-I)*, (III-I)*, (IV-I)*	3	29

In Tab. 22 sind lediglich Arten mit signifikanten Differenzen in der relativen Häufigkeit zwischen den pH-Bereichen dargestellt. Bei einigen weiteren Arten fallen deutliche Unterschiede in der Anzahl des Vorkommens innerhalb der einzelnen pH-Bereichen auf, ohne nach dem Chi-Quadrat-Test signifikant zu sein. Von *Lonicera periclymenum* liegen z.B. lediglich 14 Untersuchungsflächen vor: 10 dieser Flächen gehören dem pH-Bereich I an, 3 Flächen zählen zu dem pH-Bereich II, und nur 1 Fläche wird dem pH-Bereich III zugeordnet. Die bei *Lonicera periclymenum* vorliegende geringe Datenbasis ermöglicht trotz deutlicher Unterschiede in den Bindungsgraden (vgl. Tab. 19.31) keine Absicherung der Unterschiede zwischen dem pH-Bereich I einerseits und den pH-Bereichen II und III andererseits auf Signifikanzniveau.

Es soll nun versucht werden, das heutige Verhalten der Waldbodenpflanzen im Untersuchungsbereich gegenüber den pH-Verhältnissen des Bodens mit dem Verhalten zu vergleichen, das nach den Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) zu erwarten wäre. Die Zeigerzahlen geben nach ELLENBERG (1992, S. 11) allgemein den Schwerpunkt des Verhaltens wieder.

Die Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) beruhen auf mehr als 15000 Einzeldaten (s. ELLENBERG 1992, S. 17). Es ist daher davon auszugehen, dass sie sich auf einen vorangegangenen Zeitraum von Jahrzehnten beziehen. Sie decken sich fast alle mit den

Reaktionszahlen von ELLENBERG (1974). Damit geben sie offensichtlich die Verhältnisse vor der deutlichen Einwirkung des sauren Regens wieder.

Die Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) wurden nach ihrer Bezeichnung in Tabelle 24 nach ELLENBERG (1958, Tabelle 1) in pH(H₂O)-Werte des Bodens "umgerechnet" (s. Tabelle 23). Zum Vergleich mit diesen pH(H₂O)-Werten erfolgte die Umrechnung der pH(CaCl₂)-Bereiche der vorliegenden Untersuchung in pH(H₂O)-Bereiche. Nach Kapitel 4.2 sind bei den vorliegenden Böden die pH(H₂O)-Werte für die Tiefe 5-10cm fast genau um eine Zahlenstufe höher als die entsprechenden pH(CaCl₂)-Werte (Bestimmtheitsmaß für die betreffende Korrelation nahe 100%).

ELLENBERG (1958) erwähnt nicht ausdrücklich, dass er in der dortigen Tabelle von pH(H₂O)-Werten ausgeht. Dies ergibt sich jedoch aus dem gesamten Zusammenhang seines Artikels (vgl. u.a. a.a.O. S. 646 unten). Im Übrigen entspricht das Arbeiten mit pH(H₂O)-Werten auch der sonstigen Praxis ELLENBERGs.

Tabelle 23: Entsprechung von Reaktionszahl nach ELLENBERG (1992) und pH(H₂O)-Wert des Bodens für die Reaktionszahlen 3, 5, 7

ELLENBERG		
1992		1958
Reaktionszahl	Säuregrad*	pH(H ₂ O)
3	sauer	4
5	mäßig sauer	5
7	schwach sauer	6
	neutral	7
	schwach alkalisch	8

* Die Bezeichnungen der pH-Stufen decken sich nicht mit denen SCHROEDERs (1992) (s. Kap. 4.3).

Reaktionszahl	3	4	5	6	7	8
pH(H ₂ O)	4	4,5	5	5,5	6-8	>8

pH(CaCl ₂)-Bereich	I	II	III	IV
pH(CaCl ₂)	3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥ 6,01 *
pH(H ₂ O) ca.	4-5	5-6	6-7	7-8

* pH(CaCl₂)-Bereich IV praktisch gleich 6-7, da nur ein Wert (7,09) >7.

Tabelle 24: Bedeutung der Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992)

Reaktionszahl (R)

- 1** *Starksäurezeiger*, niemals auf schwachsauren bis alkalischen Böden vorkommend
 - 2** zwischen 1 und 3 stehend
 - 3** *Säurezeiger*, Schwergewicht auf sauren Böden, ausnahmsweise bis in den neutralen Bereich
 - 4** zwischen 3 und 5 stehend
 - 5** *Mäßigsäurezeiger*, auf stark sauren wie auf neutralen bis alkalischen Böden selten
 - 6** zwischen 5 und 7 stehend
 - 7** *Schwachsäure-* bis *Schwachbasenzeiger*, niemals auf stark sauren Böden
 - 8** zwischen 7 und 9 stehend
 - 9** *Basen-* und *Kalkzeiger*, stets auf kalkreichen Böden

 - x** *indifferentes* Verhalten, d.h. weite Amplitude oder ungleiches Verhalten in verschiedenen Gegenden
- Klein* gedruckte Ziffern bezeichnen unsichere Einstufungen

Tabelle 25 vergleicht das heutige Verhalten der Arten im Untersuchungsgebiet gegenüber der aktuellen Bodenazidität mit dem, das nach den Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) zu erwarten wäre.

Tabelle 25: Vergleich des heutigen Verhaltens von Waldbodenpflanzen im Untersuchungsgebiet gegenüber den pH-Verhältnissen des Bodens (Referenz-Bodentiefe 5-10cm) mit dem nach ELLENBERG (1992) zu erwartenden Verhalten

Symbole:

- R_E = Reaktionszahl nach ELLENBERG (1992)
- R_W = Reaktionszahl nach WEBER (1992)
- pH(CaCl₂)-SPB = pH(CaCl₂)-Schwerpunktbereich
- BG_{e/rel} (%) = einfacher / relationaler Bindungsgrad (%)
- nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Art

Gruppe I: Arten, die im Untersuchungsgebiet heute saurer stehen als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten

R _E	△ pH(H ₂ O) des Bodens	pH(CaCl ₂)-SPB des Bodens bzw. pH(CaCl ₂)-Bereiche mit BG _{e/rel} (%) ≥70	△ pH(H ₂ O) des Bodens	Art	nUF
7	6-8	I	4-5	Lamium galeobdolon	35
7	6-8	II	5-6	Aegopodium podagraria	12
8	>8	IV	7-8	Campanula trachelium	6
8	>8	III	6-7	Lathyrus vernus	1
8	>8	IV	7-8	Anemone ranunculoides	29
8	>8	III, IV	6-8	Mercurialis perennis	21
8	>8	III, IV	6-8	Primula veris	3
8	>8	II, III, IV	5-8	Pulmonaria obscura	28
8	>8	II, IV	5-6, 7-8	Corydalis cava	18

Gruppe II: Arten, die im Untersuchungsgebiet heute **auch** deutlich saurer stehen als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten

R_E	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	pH(CaCl ₂)-Bereiche des Bodens mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	Art	nUF
6	5,5	I, II, III, IV	4-8	Polygonatum multiflorum	32
6	5,5	I, III, IV	4-5, 6-8	Galium odoratum	28
6	5,5	I, II, IV	4-6, 7-8	Stellaria holostea	21
7	6-8	I, II, IV	4-6, 7-8	Adoxa moschatellina	12
7	6-8	II, IV	5-6, 7-8	Hordelymus europaeus	3
7	6-8	II, IV	5-6, 7-8	Leucojum vernum	7
7	6-8	II, IV	5-6, 7-8	Paris quadrifolia	8
7	6-8	II, IV	5-6, 7-8	Urtica dioica	21
7	6-8	II, III, IV	5-8	Arum maculatum	55
7	6-8	II, III, (IV)	5-7, (7-8)	Circaea lutetiana	33
7	6-8	II, III, (IV)	5-7, (7-8)	Ficaria verna	45
7	6-8	II, III, IV	5-8	Stachys sylvatica	25

(IV) = nur bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm

Gruppe III: Arten mit einer Reaktionszahl bei ELLENBERG (1992), die im Untersuchungsgebiet ihr Verhalten gegenüber den pH-Verhältnissen im Vergleich mit ELLENBERG (1992) nicht geändert haben

R_E	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	pH(CaCl ₂)-SPB des Bodens bzw. pH(CaCl ₂)-Bereiche mit $BG_{e/rel}(\%) \geq 70$	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	Art	nUF
3	4	I	4-5	Lonicera periclymenum	14
3	4	I	4-5	Maianthemum bifolium	5
4	4,5	I	4-5	Dryopteris carthusiana	16
5	5	I	4-5	Milium effusum	36
6	5,5	II	5-6	Dactylis glomerata	13
7	6-8	III	6-7	Hepatica nobilis	1
7	6-8	III	6-7	Allium ursinum	15
7	6-8	III, IV	6-8	Primula elatior	15
7	6-8	III, IV	6-8	Ranunculus auricomus	9
7	6-8	III, IV	6-8	Viola reichenbachiana	32

Gruppe IVa: Arten, die im Untersuchungsgebiet weniger sauer stehen als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten

R_E	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	pH(CaCl ₂)-SPB des Bodens	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	Art	nUF
5	5	III	6-7	Luzula pilosa	7
6	5,5	III	6-7	Carex sylvatica	27
6	5,5	IV	7-8	Melica uniflora	35
6	5,5	IV	7-8	Galium aparine	17

Gruppe IVb: Arten, die im Untersuchungsgebiet **auch** weniger sauer stehen als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten

R_E	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	pH(CaCl ₂)-Bereiche mit BG _{e/rel} (%) ≥ 70	\triangleq pH(H ₂ O) des Bodens	Art	nUF
4	4,5	I, III	4-5, 6-7	Oxalis acetosella	27
6	5,5	II, III	5-7	Scrophularia nodosa	11
6	5,5	I, II, IV	4-6, 7-8	Stellaria holostea	21
6	5,5	I, III, IV	4-5, 6-8	Galium odoratum	28
6	5,5	II, III, IV	5-8	Brachypodium sylvaticum	24
6	5,5	II, III, IV	5-8	Galium sylvaticum	5
6	5,5	I, II, III, IV	4-8	Polygonatum multiflorum	32

Gruppe V: Arten, die im Untersuchungsgebiet heute einen pH-Schwerpunkt haben anstatt eines nach ELLENBERG (1992) indifferenten Verhaltens

R_E	pH(CaCl ₂)-SPB des Bodens	Art	nUF
X	III	Deschampsia caespitosa	31
X	III	Hedera helix	35
X	III	Rubus idaeus	15
X	IV	Geranium robertianum	15

Gruppe VI: Arten, die im Untersuchungsgebiet keinen pH-Schwerpunkt haben und nach ELLENBERG (1992) ein indifferentes Verhalten gegenüber dem pH-Wert des Bodens zeigen

R_E	pH(CaCl ₂)-Bereiche mit BG _{e/rel} (%) ≥ 70	Art	nUF
X	I, II, III, IV	Anemone nemorosa	77
X	I, III	Athyrium filix-femina	31
X	II, III	Convallaria majalis	9
X	II, III, IV	Geum urbanum	30
X	II, III, IV	Glechoma hederacea	30
X	I, II, IV	Impatiens parviflora	48

Gruppe VII: Eine Sippe, deren Kleinart nicht näher bestimmt wurde, so dass ihr keine Reaktionszahl nach WEBER (1992) zugeordnet werden kann

R_W	pH(CaCl ₂)-SPB des Bodens	Art	nUF
-	III	Rubus fruticosus agg.	26

Wird bei den Flachwurzeln (nur wenige Wurzeln tiefer als 5cm) die Referenzbodentiefe 1-3cm zu Grunde gelegt, dann ergibt sich bei fast allen diesen Arten dieselbe Zuordnung zu einer der Gruppen der Tabelle 25 wie bei der Referenzbodentiefe 5-10cm:

Tabelle 26: Zuordnung der Flachwurzler zu einer der Gruppen der Tabelle 25 bei der Referenzbodentiefe 1-3cm im Vergleich zu der Zuordnung bei der Referenzbodentiefe 5-10cm

Art	Gruppen. Tab. 25 bei Referenzbodentiefe	
	1-3cm	5-10cm
Adoxa moschatellina	II	II
Anemone nemorosa	IV	IV
Circaea lutetiana	II	II
Dryopteris carthusiana	III	III
Ficaria verna	II	II
Galium aparine	IVa	IVa
Galium odoratum	II	II
Geranium robertianum	V	V
Glechoma hederacea	V	VI
Lamium galeobdolon	I	I
Impatiens parviflora ^{*)}	VI	VI
Maianthemum bifolium	III	III
Milium effusum	III	III
Oxalis acetosella	III	IVb
Stellaria holostea	II	II

*) Bei ELLENBERG (1939) keine Angabe zum Wurzeltyp, aber wohl Flachwurzler (Therophyt!).

In Gruppe I ist insbesondere die starke Veränderung des Verhaltens von *Lamium galeobdolon*, *Pulmonaria obscura* und *Corydalis cava* gegenüber den pH-Wert-Verhältnissen des Bodens auffallend.

Anemone ranunculoides scheint nach Darstellung in Gruppe I noch nicht ausgesprochen deutlich auf saureren Böden, als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten wäre, zu wachsen. Allerdings wird die Tendenz auch dieser Art, heute auf versauerten Böden aufzutreten, dadurch angezeigt, dass der einfache bzw. relationale Bindungsgrad in den pH-Bereichen II und III zwischen 55 und 60% liegt (vgl. Tab 19.5).

Ein Großteil der Arten der Gruppe I weist die Reaktionszahl 8 auf. Im Untersuchungsgebiet konnten jedoch praktisch keine Böden, die der Reaktionszahl 8 entsprechen [(pH(H₂O) >8) bzw. pH(CaCl₂) >7], nachgewiesen werden. Dies könnte eine Folge des sauren Regens sein.

In Gruppe II sind Arten zusammengestellt, die nach ELLENBERG (1992) einen pH-Schwerpunkt haben, heute im Untersuchungsgebiet jedoch in 3 oder 4 pH-Bereichen mit einem Bindungsgrad $\geq 70\%$ auftreten. Dabei stehen sie **auch** auf saureren Böden, als es nach den Reaktionszahlen ELLENBERGs (1992) zu erwarten war: *Polygonatum multiflorum*, *Stellaria holostea* und *Galium odoratum* mit der Reaktionszahl 6 (\triangleq pH-Bereich II; vgl. Tab. 23) gedeihen heute nicht nur in den pH-Bereichen II bis IV, sondern auch im pH-Bereich I mit einem Bindungsgrad $\geq 70\%$. Die meisten Arten der Gruppe II (u.a. *Arum maculatum*, *Circaea lutetiana*, *Ficaria verna*, *Stachys sylvatica*, *Urtica dioica*) haben eine Reaktionszahl von 7 (\triangleq pH-Bereich oberhalb von II; vgl. Tab. 23), sind aber heute im Untersuchungsgebiet **auch** im pH-Bereich II mit einem Bindungsgrad $\geq 70\%$ vertreten. *Adoxa moschatellina* mit der Reaktionszahl 7 erscheint jetzt im Untersuchungsgebiet sogar im pH-Bereich I mit einem Bindungsgrad $> 70\%$.

Bei den einzelnen Arten der Gruppe II ließ sich zwischen den relativen Häufigkeiten pro pH-Bereich, die einen $BG_{e/rel} \geq 70\%$ ergaben, in keinem Falle eine signifikante Differenz nachweisen (Prüfverfahren: Chi-Quadrat-Test, vgl. Kap. 3.2.3).

Zu den Arten, die heute auch saurer stehen als vor der Wirksamkeit des sauren Regens, zählen offensichtlich ebenfalls *Anemone nemorosa* und *Impatiens parviflora* (s.u.).

Es könnte zunächst angenommen werden, die besagten Arten stünden heute im Gebiet auch auf „von Hause aus“ sehr stark sauren bis stark sauren Böden, weil diese durch die starken Stickstoff-Depositionen der jüngeren Zeit (s. Kap. 1.1 und 4.6) nährstoffreicher geworden sind. Wie jedoch oben (Kap. 4.3.2) dargelegt wurde, sind die vorliegenden Böden der pH-Bereiche I und II zumindest bei F-Mull und L-Mull erst in jüngere Zeit versauert. Dass sich durch die jüngeren verstärkten Stickstoffeinträge in den Boden aus einer (von Hause aus sauren) Auflagehumusform Mull gebildet hätte, ist mir nicht bekannt.

Bei Vorhandensein von *Galium odoratum*, *Polygonatum multiflorum* und *Adoxa moschatellina* im pH-Bereich I ist F-Mull die häufigste Humusform (vgl. Tab. 20, B.2). Bei Anwesenheit der Arten der Gruppe II (Ausnahme: *Adoxa moschatellina*) im pH-Bereich II ist L-Mull die ausschließliche oder häufigste Humusform (vgl. Tab. 20, B.2 und B.4). Wenn die Arten der Gruppe II mit der Reaktionszahl 7 heute auf Böden des pH-Bereichs II mit einem $BG_{e/rel} \geq 70\%$ vorkommen, dann offensichtlich, weil diese Böden noch die (weitgehend) alte Humusqualität haben. Die besagten Arten auf Böden des pH-Bereichs II mit L-Mull sind hier also nicht erst in jüngerer Zeit eingewandert, sondern haben an ihrem Wuchsort ausgeharrt. Auch DIERSCHKE (1994, S. 245) hat ein solches Verhalten von Pflanzen festgestellt: „Viele Arten reagieren auf Standortsveränderungen nur sehr langsam, zumindest was ihre Präsenz angeht. Errechnete Zeigerwertspektren oder Mittelwerte können deshalb sehr fehlerhaft sein.“

Hätte (hat) ELLENBERG (1992) bei der Aufstellung der Reaktionszahlen auch in Salzlösung erhaltene pH-Werte [$pH(KCl)$, $pH(CaCl_2)$] genauso bewertet wie $pH(H_2O)$ -Werte, dann würden bei den Arten der Gruppe I und II die Unterschiede zwischen dem heutigen Verhalten der Arten im Untersuchungsgebiet und dem nach ELLENBERG (1992) zu erwartenden noch deutlicher ausfallen:

Würde generell $pH(CaCl_2) = pH(H_2O)$ gesetzt, dann ergäbe sich:

R_E	$\Delta pH(CaCl_2)$ des Bodens	pH(CaCl ₂)-Bereich des Bodens mit $BG_{e/rel} (\%) \geq 70$	$\Delta pH(CaCl_2)$ des Bodens	Art
7	6-8	I, II, III, IV	3-7	<i>Adoxa moschatellina</i>
7	6-8	II, III, IV	4-7	<i>Arum maculatum</i>

In jedem Falle zeigen die Daten der Arten der Gruppen I und II, dass die nach ELLENBERG (1992) für die betreffenden Arten aufgeführten Reaktionszahlen heute im Untersuchungsgebiet nicht mehr gültig sind.

In Tabelle 27 sind die Arten der Gruppen I und II mit der Reaktionszahl 7 bzw. 8 genannt, die zwar im pH-Bereich I einen $BG_{e/rel} < 70\%$ haben, jedoch in diesem Bereich noch mit einer relativ großen Häufigkeit erscheinen.

Tabelle 27: Stickstoffzahlen nach ELLENBERG (1992) von Arten mit der Reaktionszahl 7 bzw. 8, die im pH-Bereich I über einen $BG_{e/rel}$ (%) >20 und <70 verfügen

Art	Stickstoffzahl nach ELLENBERG (1992)
Arum maculatum	8
Circaea lutetiana	7
Corydalis cava	8
Ficaria verna	7
Leucojum vernal	8
Pulmonaria obscura	7
Stachys sylvatica	7
Urtica dioica	9

Erläuterung der erwähnten Stickstoffzahlen nach ELLENBERG (1992):

- Stickstoffzahl 7 = an stickstoffreichen Standorten häufiger als auf mittelmäßigen und nur ausnahmsweise auf ärmeren
- Stickstoffzahl 8 = ausgesprochener Stickstoffzeiger
- Stickstoffzahl 9 = an übermäßig stickstoffreichen Standorten konzentriert (Viehlägerpflanze, Verschmutzungszeiger)

Allein die Existenz dieser in Bezug auf Stickstoff anspruchsvollen Arten im pH-Bereich I (sehr stark saure Böden) ist ungewöhnlich (vgl. auch Kap. 4.6, Abb. 2).

Nach ELLENBERG (1939, Tab. 6) erschienen schon vor mehr als 50 Jahren im Untersuchungsraum u.a. *Corydalis cava*, *Leucojum vernal*, *Arum maculatum* und *Pulmonaria obscura* im „*Querceto-Carpinetum corydaletosum*“ auch bei L-Mull in Verbindung mit niedrigen pH-Werten des Bodens. Dabei handelt es sich um 4 Dauerversuchsflächen (Auenboden und Gley) mit mittleren pH(H₂O)-Werten im Ah-Horizont von 4,82 bis 5,90, entsprechend pH(CaCl₂)-Werten von 3,8 bis 4,9. Auf diesen Flächen vollzog sich die Bodenversauerung offensichtlich durch Grundwasserabsenkung bzw. durch ein Ausbleiben von Überflutungswasser; beim Auenbereich sind Eindeichung bzw. Begradigung und Vertiefung von Wasserläufen denkbar.

Ein Vergleich der im Rahmen dieser Arbeit ermittelten pH-Werte mit den pH-Mittelwerten von ELLENBERG (1939) ist allerdings nur eingeschränkt möglich, da dieser die pH-Werte nach dem Entlogarithmieren gemittelt hat. Bei diesem Verfahren wird der Mittelwert durch niedrigere Werte stärker beeinflusst, als wenn die pH-Werte direkt arithmetisch gemittelt werden (vgl. MÖLLER 2003).

In Tabelle 28 sind für die häufigsten Arten der Gruppen I und II die eigenen Befunde (pH-Bereich mit $BG_{e/rel}$ [%] der Art $\geq 70\%$) Angaben OBERDORFERS (2001) gegenübergestellt. Dabei wird angenommen, dass sich auch die Angaben von OBERDORFER (2001) zum Verhalten der Arten zur Bodenazidität auf einen zurückliegenden Zeitraum beziehen.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass OBERDORFER (2001) offensichtlich pH-Bandbreiten angibt, die sich nicht mit den Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992), welche den pH-Schwerpunkt bezeichnen, und dem Vorkommen der Arten im Untersuchungsgebiet bei einem $BG_{e/rel} \geq 70\%$ voll vergleichen lassen.

Tabelle 28: Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992), Säuregrad des Bodens nach OBERDORFER (2001) und pH(H₂O)-Wert des Bodens im Untersuchungsgebiet bei Arten der Gruppen I und II in Tabelle 25 (nur Arten mit Vorkommen auf ≥ 18 Untersuchungsflächen)

Art	R _E	Säuregrad des Bodens n. OBERDORFER (2001)	\triangleq pH(H ₂ O)	pH(H ₂ O) i. USG bei BG _{e/rel} (%) ≥ 70 ca.
<i>Polygonatum multiflorum</i>	6	neutral-mäßig sauer	5 - 7,5	4-8
<i>Stellaria holostea</i>	6	neutral-mäßig sauer	5 - 7,5	4-8
<i>Galium odoratum</i>	6	keine Angabe		4-8
<i>Adoxa moschatellina</i>	7	mäßig sauer-mild	5 - >7,5	4-8
<i>Arum maculatum</i>	7	neutral-mäßig sauer	5 - 7,5	5-8
<i>Circaea lutetiana</i>	7	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	5-8
<i>Ficaria verna</i>	7	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	5-8
<i>Lamium galeobdolon</i>	7	neutral-mäßig sauer	„6 - 7“*	4-5
<i>Stachys sylvatica</i>	7	neutral-mild	6,5 - >7,5	5-8
<i>Urtica dioica</i>	7	mild-neutral	6,5 - >7,5	5-8
<i>Anemone ranunculoides</i>	8	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	7-8
<i>Corydalis cava</i>	8	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	5-8
<i>Mercurialis perennis</i>	8	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	6-8
<i>Pulmonaria obscura</i>	8	neutral-mild	6,5 - >7,5	5-8

* nach OBERDORFER (2001)

Erläuterung bei OBERDORFER (2001, S. 12): mäßig sauer = pH 5-6,5
neutral = pH 6,5-7,5

[in vorliegender Arbeit Annahme, dass pH(H₂O) gemeint]

R_E = Reaktionszahl nach ELLENBERG (1992)

USG = Untersuchungsgebiet

BG_{e/rel} = einfacher bzw. relationaler Bindungsgrad

In den Gruppen IVa und IVb sind die Arten aufgeführt, die im Untersuchungsgebiet auf bzw. auch auf Böden mit geringerer Azidität wachsen, als es nach ELLENBERG (1992) zu erwarten war. Dieser Befund könnte damit erklärt werden, dass u.U. die Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) bei zu tiefen pH-Werten angesetzt wurden oder es sich jeweils um einen Mittelwert aus „Schwerpunkt-Amplituden“ der Arten handelt. Bei *Oxalis acetosella* muss berücksichtigt werden, dass der Bindungsgrad von > 70% im pH-Bereich III lediglich auf der Basis von 4 Untersuchungsflächen beruht. Dadurch relativiert sich die Aussage für diese Art, auch weniger sauer als nach ELLENBERG (1992) zu stehen. Im Übrigen gibt ELLENBERG (1992) die Reaktionszahl 6 bei *Brachypodium sylvaticum* als ungesichert an. Die eigenen Ergebnisse decken sich dagegen insofern weitgehend mit den Angaben von OBERDORFER (2001), als dieser pH-Bandbreiten für die Arten der Gruppen IVa und IVb nennt, welche auch die höheren pH-Bereiche abdecken (vgl. Tab. 29).

Tabelle 29: Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992), Säuregrad des Bodens nach OBERDORFER (2001) und pH(H₂O)-Werten des Bodens im Untersuchungsgebiet bei BG_{e/rel} (%) ≥ 70 bei Arten der Gruppen IVa und IVb in Tabelle 25

Art	R _E	Säuregrad des Bodens n. OBERDORFER (2001)	△ pH(H ₂ O)	pH(H ₂ O) i. USG bei BG _{e/rel} (%) ≥ 70 ca.
Luzula pilosa	5	neutral-mäßig sauer	5-7,5	6-7
Carex sylvatica	6	neutral-mäßig sauer	5-7,5	6-7
Melica uniflora	6	neutral-mäßig sauer	5-7,5	7-8
Galium aparine	6	neutral-mild	6,5 - >7,5	7-8
Scrophularia nodosa	6	neutral-mäßig sauer	5-7,5	5-7
Brachypodium sylvaticum	6	mild-mäßig sauer	5 - >7,5	5-8
Galium sylvaticum	6	mäßig sauer-mild	5 - >7,5	5-8

Erläuterung bei OBERDORFER (2001, S. 12): mäßig sauer = pH 5-6,5
neutral = pH 6,5-7,5

[in vorliegender Arbeit Annahme, dass pH(H₂O) gemeint]

R_E = Reaktionszahl nach ELLENBERG (1992)
USG = Untersuchungsgebiet
BG_{e/rel} = einfacher bzw. relationaler Bindungsgrad

Die Arten in der Gruppe V, für die ELLENBERG (1992) ein indifferentes Verhalten festgestellt hat, zeigen heute eine engere Bindung an einen bestimmten pH-Bereich.

Hedera helix allerdings erreicht bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm in allen 4 pH-Bereichen einen Bindungsgrad >70% und tendiert damit nach wie vor zu einem „indifferenten“ Verhalten gegenüber der aktuellen Bodenazidität.

Wenn auch *Anemone nemorosa* und *Impatiens parviflora* heute im Untersuchungsgebiet wie nach ELLENBERG (1992) keinen pH-Schwerpunkt haben (vgl. Gruppe VI), so dürften sie doch jetzt im Untersuchungsgebiet **auch** auf saureren Böden vorkommen als früher: Nach OBERDORFER (2001) steht *Anemone nemorosa* auf „neutral-mäßig sauren“, *Impatiens parviflora* auf „mäßig sauren“ Böden [„mäßig sauer“ nach OBERDORFER 2001 = pH 5-6,5, wohl pH(H₂O)]. Beide Arten stehen im Untersuchungsgebiet auf Böden des pH-Bereichs I [= pH(CaCl₂) 3,01-4,0 △ pH(H₂O) 4,01-5,0] heute mit einem BG_{e/rel} (%) von 100 bzw. 99!

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei 33 Arten Veränderungen gegenüber den Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) festgestellt werden können, während 16 Spezies den Angaben ELLENBERGs entsprechen (*Rubus fruticosus* agg. bleibt hier unberücksichtigt). Aus der Summe der 33 Pflanzenspezies ist auch die Anzahl von 21 Arten der Gruppen I und II beachtlich, die saurer oder auch saurer, als nach ELLENBERG (1992) zu erwarten ist, stehen. Zu diesen beiden Gruppen zählen mit Vorkommen auf mehr als 30 Untersuchungsflächen *Arum maculatum*, *Circaea lutetiana*, *Lamium galeobdolon*, *Polygonatum multiflorum* und *Ficaria verna*.

Dagegen erweist sich die Anzahl der Arten, die heute im Untersuchungsgebiet weniger sauer stehen oder auch weniger sauer stehen, als es nach ELLENBERG (1992) zu erwarten ist, mit

8 als gering. 4 Arten, die nach ELLENBERG (1992) ein indifferentes Verhalten zeigen, haben im Untersuchungsgebiet einen pH-Schwerpunkt (Gruppe V).

Bei 16 Arten entspricht das Verhalten im Untersuchungsgebiet gegenüber der Bodenreaktion den Angaben ELLENBERG (1992). Davon haben 10 Arten eine Reaktionszahl nach ELLENBERG (1992), während 6 Arten ein indifferentes Verhalten gegenüber der Bodenreaktion aufweisen (Gruppe VI).

Als zentraler Befund steht fest: Geben ELLENBERG (1992) und OBERDORFER (2001) das Verhalten der Arten zur Bodenreaktion aus der Zeit vor der stärkeren Wirksamkeit des sauren Regens wieder, dann stehen heute im Untersuchungsgebiet zahlreiche Arten saurer oder auch saurer als früher. In jedem Falle liegt als empirisches Ergebnis vor, dass die Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) im Untersuchungsgebiet gegenwärtig nicht voll gültig sind.

Die dargelegten Beziehungen zwischen dem Vorkommen von Waldbodenpflanzen, den pH-Verhältnissen des Bodens und den Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992) gelten (zunächst) nur innerhalb des vorliegenden regionalen und soziologisch-ökologischen Rahmens. Es ist ferner zu beachten, dass lediglich 83 Untersuchungsflächen vorlagen. Daher könnte zumindest bei den weniger häufigen Arten das eine oder andere Ergebnis auch zufallsbedingt sein. Da der saure Regen in Mitteleuropa großflächig auf Waldböden eingewirkt hat, dürfte den vorliegenden Ergebnissen von der Tendenz her aber eine allgemeinere Bedeutung zukommen.

Unter Verwendung des mittleren $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Wertes ($\overline{X_{\text{pH}}}$) ist es möglich, die Häufigkeit des Auftretens über die vier pH-Bereiche mit einem einzigen Wert auszudrücken:

Der mittlere pH-Wert errechnet sich nach folgender Formel:

$$\overline{X_{\text{pH}} \text{ Art}} = \frac{(\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{I}} \cdot (\overline{X_{\text{pH}}})_{\text{I}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{II}} \cdot (\overline{X_{\text{pH}}})_{\text{II}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{III}} \cdot (\overline{X_{\text{pH}}})_{\text{III}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{IV}} \cdot (\overline{X_{\text{pH}}})_{\text{IV}}}{(\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{I}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{II}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{III}} + (\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{IV}}}$$

wobei gilt:

$\overline{X_{\text{pH}} \text{ Art}}$ = mittlerer pH-Wert der Böden mit der Art

$(\text{BG}_{\text{e/rel}})_{\text{I(II, III, IV)}}$ = einfacher bzw. relationaler Bindungsgrad der Art im pH-Bereich I (II, III, IV)

$(\overline{X_{\text{pH}}})_{\text{I(II, III, IV)}}$ = mittlerer pH-Wert (Klassenmitte) im pH-Bereich I (II, III, IV)
[3,505 (4,505; 5,505; 6,505)]

Da im pH-Bereich $\geq 6,01$ insgesamt nur ein Wert > 7 ist (7,09), wurde für den pH-Bereich IV als Mittelwert 6,505 (Mittel aus 6,01 und 7,00) eingesetzt.

Bei der Interpretation des mittleren pH-Wertes muss beachtet werden, dass ein bestimmter Wert nicht unbedingt einen entsprechenden Schwerpunkt der Art bezeichnet. Ein und derselbe X_{pH} -Wert kann sich bei unterschiedlichen Verteilungen des Vorkommens in den pH-Bereichen ergeben, wie die folgenden Beispiele zeigen:

pH-Bereich	I	II	III	IV
pH(CaCl ₂)-Wert	3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥6,01
\bar{X}_{pH}	3,505	4,505	5,505	6,505
BG _{e/rel} (%)	100	100	100	100
BG _{e/rel} (%)	70	100	100	70
BG _{e/rel} (%)	100	0	0	100
BG _{e/rel} (%)	100	60	60	100

Als \bar{X}_{pH} für die Art ergibt sich für die obigen Beispiele jeweils der Wert 5 (exakt: 5,005), obwohl die Art einmal gleichmäßig über alle pH-Bereiche verteilt ist, ein andermal in den einzelnen pH-Bereichen unterschiedlich häufig vorkommt.

Nähert sich $\bar{X}_{pH \text{ Art}}$ allerdings 3,5, dann hat die Art im pH-Bereich I ihren Schwerpunkt (vgl. *Maianthemum bifolium*, Tab. 19.33). Liegt $\bar{X}_{pH \text{ Art}}$ bei 6,5, dann befindet sich der Schwerpunkt der Art im pH-Bereich IV (vgl. *Campanula trachelium*, Tab. 19.10).

Im Folgenden sind die Arten nach der Größe der mittleren pH(CaCl₂)-Werte der Böden bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm angeordnet. Die entsprechenden Werte bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm sind hinzugefügt.

Tabelle 30: Mittler pH(CaCl₂)-Wert der Böden der Untersuchungsflächen mit der Art bezogen auf die Bodentiefen 1-3cm, 5-10cm, 15-20cm

Art	Tiefe	\bar{X}_{pH}
Maianthemum bifolium	1-3 cm	3,51
	5-10 cm	3,51
	15-20 cm	3,72
Lonicera periclymenum	1-3 cm	4,15
	5-10 cm	4,09
	15-20 cm	4,09
Dryopteris carthusiana	1-3 cm	3,98
	5-10 cm	4,21
	15-20 cm	4,36
Miliium effusum	1-3 cm	4,44
	5-10 cm	4,30
	15-20 cm	4,46
Lamium galeobdolon	1-3 cm	4,61
	5-10 cm	4,51
	15-20 cm	4,57
Oxalis acetosella	1-3 cm	4,39
	5-10 cm	4,53
	15-20 cm	4,49
Athyrium filix-femina	1-3 cm	4,47
	5-10 cm	4,63
	15-20 cm	4,58
Luzula pilosa	1-3 cm	4,34
	5-10 cm	4,76
	15-20 cm	4,88

Convallaria majalis	1-3 cm	4,48
	5-10 cm	4,78
	15-20 cm	4,66
Stellaria holostea	1-3 cm	4,80
	5-10 cm	4,81
	15-20 cm	4,94
Deschampsia cespitosa	1-3 cm	4,93
	5-10 cm	4,83
	15-20 cm	4,99
Scrophularia nodosa	1-3 cm	4,59
	5-10 cm	4,88
	15-20 cm	4,94
Adoxa moschatellina	1-3 cm	5,10
	5-10 cm	4,92
	15-20 cm	4,90
Impatiens parviflora	1-3 cm	5,03
	5-10 cm	4,93
	15-20 cm	4,90
Anemone nemorosa	1-3 cm	4,94
	5-10 cm	4,95
	15-20 cm	4,96
Polygonatum multiflorum	1-3 cm	4,97
	5-10 cm	4,97
	15-20 cm	5,00
Dactylis polygama	1-3 cm	5,07
	5-10 cm	4,98
	15-20 cm	5,05
Ficaria verna	1-3 cm	5,10
	5-10 cm	4,98
	15-20 cm	5,00
Carex sylvatica	1-3 cm	4,94
	5-10 cm	4,98
	15-20 cm	5,13
Aegopodium podagraria	1-3 cm	5,18
	5-10 cm	4,99
	15-20 cm	5,08
Hedera helix	1-3 cm	5,06
	5-10 cm	5,04
	15-20 cm	5,02
Rubus idaeus	1-3 cm	4,81
	5-10 cm	5,05
	15-20 cm	5,01
Circaea lutetiana	1-3 cm	5,18
	5-10 cm	5,06
	15-20 cm	5,04
Urtica dioica	1-3cm	5,10
	5-10 cm	5,08
	15-20 cm	5,13

Galium odoratum	1-3 cm	5,05
	5-10 cm	5,14
	15-20 cm	5,15
Stachys sylvatica	1-3 cm	5,30
	5-10 cm	5,23
	15-20 cm	5,22
Rubus fruticosus	1-3 cm	5,35
	5-10 cm	5,24
	15-20 cm	5,35
Galium sylvaticum	1-3 cm	4,96
	5-10 cm	5,26
	15-20 cm	5,21
Pulmonaria obscura	1-3 cm	5,43
	5-10 cm	5,30
	15-20 cm	5,32
Arum maculatum	1-3 cm	5,36
	5-10 cm	5,32
	15-20 cm	5,35
Glechoma hederacea	1-3 cm	5,37
	5-10 cm	5,35
	15-20 cm	5,40
Paris quadrifolia	1-3 cm	5,43
	5-10 cm	5,37
	15-20 cm	5,69
Galium aparine	1-3 cm	5,59
	5-10 cm	5,40
	15-20 cm	5,46
Geum urbanum	1-3 cm	5,52
	5-10 cm	5,40
	15-20 cm	5,44
Leucojum vernum	1-3 cm	5,57
	5-10 cm	5,41
	15-20 cm	5,48
Corydalis cava	1-3 cm	5,50
	5-10 cm	5,43
	15-20 cm	5,43
Allium ursinum	1-3 cm	5,53
	5-10 cm	5,43
	15-20 cm	5,56
Brachypodium sylvaticum	1-3 cm	5,52
	5-10 cm	5,44
	15-20 cm	5,60
Hordelymus europaeus	1-3 cm	5,36
	5-10 cm	5,45
	15-20 cm	5,67
Melica uniflora	1-3 cm	5,46
	5-10 cm	5,47
	15-20 cm	5,44

Primula elatior	1-3 cm	5,70
	5-10 cm	5,49
	15-20 cm	5,67
Hepatica nobilis	1-3cm	5,51
	5-10 cm	5,51
	15-20 cm	5,51
Lathyrus vernus	1-3 cm	5,51
	5-10 cm	5,51
	15-20 cm	5,51
Viola reichenbachiana	1-3 cm	5,65
	5-10 cm	5,54
	15-20 cm	5,64
Ranunculus auricomus	1-3 cm	5,56
	5-10 cm	5,57
	15-20 cm	5,54
Anemone ranunculoides	1-3 cm	5,75
	5-10 cm	5,63
	15-20 cm	5,72
Primula veris	1-3 cm	5,22
	5-10 cm	5,66
	15-20 cm	5,79
Geranium robertianum	1-3 cm	5,75
	5-10 cm	5,71
	15-20 cm	5,71
Mercurialis perennis	1-3 cm	5,91
	5-10 cm	5,82
	15-20 cm	5,79
Campanula trachelium	1-3 cm	6,06
	5-10 cm	5,86
	15-20 cm	5,86

4.5 Die Bindung der Gesellschaften an die pH-Verhältnisse des Bodens

Die Beurteilung der Bodenazidität im Bereich der Gesellschaften erfolgt wie bei der Darstellung des Verhaltens der einzelnen Arten auf der Grundlage der pH(CaCl₂)-Werte (vgl. Kapitel 4.2).

Um einheitlich vorzugehen, wurde der Bereich von 5-10cm als Referenztiefe beibehalten, obwohl sich für die Gesellschaften kein eng gefasster Hauptwurzelbereich (auch Bäume und Sträucher!) angeben lässt.

Von acht Gesellschaften wurde die Bindung an die aktuelle Bodenazidität (pH-Wert) untersucht.

Da nicht auf allen Untersuchungsflächen Of- bzw. Oh-Lagen vorhanden waren und teilweise bei hochanstehendem Festgestein keine pH-Messungen in einer Tiefe von 35-40cm Tiefe durchgeführt werden konnten, beschränken sich die nachfolgenden Angaben des einfachen bzw. relationalen Bindungsgrades der Gesellschaften, wie dies bereits bei den Arten gehandhabt wurde, auf die drei Tiefenbereiche 1-3cm, 5-10cm und 15-20cm. Die Berechnungen des einfachen und des relationalen Bindungsgrades der jeweiligen Gesellschaft wurden nach den folgenden Formeln durchgeführt:

Einfacher Bindungsgrad:

$$BG_e(\%) (\text{Gesellschaft}) = \frac{n \text{ UF (Gesellschaft)} \cdot 100}{n \text{ UF (total)}}$$

BG _e (%) (Gesellschaft)	= einfacher Bindungsgrad (%) der Gesellschaft
n UF (Gesellschaft)	= Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Gesellschaft im betreffenden pH-Bereich
n UF (total)	= Anzahl aller Untersuchungsflächen im betreffenden pH-Bereich

Keine Gesellschaft erreichte in einem pH-Bereich einen einfachen Bindungsgrad von 100%. Damit stellen die Bindungsgrade in den Tabellen 31.1-31.8 generell relationale Bindungsgrade dar. Diese wurden folgendermaßen berechnet:

Relationaler Bindungsgrad:

$$BG_{\text{rel}}(\%) (\text{Gesellschaft}) = \frac{BG_e(\%) (\text{Gesellschaft}) \cdot 100}{BG_e(\%) (\text{Gesellschaft})_{\text{max}}}$$

$BG_{\text{rel}}(\%) (\text{Gesellschaft})$ = relationaler Bindungsgrad (%) der Gesellschaft im betreffenden pH-Bereich

$BG_e(\%) (\text{Gesellschaft}) (\text{pH-Bereich})$ = einfacher Bindungsgrad (%) der Gesellschaft im betreffenden pH-Bereich

$BG_e(\%) (\text{Gesellschaft})_{\text{max}}$ = höchster einfacher Bindungsgrad (%) der Gesellschaft

In den Tabellen 31.1 bis 31.8 ist für die jeweiligen Gesellschaften der Grad der Bindung an die vier pH-Bereiche sowohl für die Referenz-Bodentiefe 5-10cm als auch für die Referenz-Bodentiefen 1-3cm und 15-20cm angegeben.

Vom Schwerpunkt einer Gesellschaft in einem bestimmten pH-Bereich wird dann gesprochen, wenn sie in keinem anderen pH-Bereich (als dem mit einem $BG_{\text{rel}} = 100$) mit einem $BG_{\text{rel}} \geq 70$ erscheint. Hat eine Gesellschaft in mindestens einem weiteren pH-Bereich einen $BG_{\text{rel}} \geq 70$, so hat sie keinen pH-Schwerpunkt („indifferentes Verhalten“).

Tabellen 31.1 - 31.8: Bindungsgrade der Gesellschaften an die pH-Bereiche Bindung der Untersuchungsflächen mit der jeweiligen Gesellschaft an die einzelnen pH-Bereiche bei den Referenz-Bodentiefen 1-3cm, 5-10cm und 15-20cm Relative Häufigkeit der mit dem Auftreten der Gesellschaft verbundenen Humusformen in den einzelnen pH-Bereichen bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

Vegetationseinheiten:

Carpinus betulus-Quercus robur –Gesamtgesellschaft

A = trennartenfreie Untergesellschaft

AI = trennartenfreie Variante

AII = Variante von *Milium effusum*

AIIa = trennartenfreie Subvariante

AIIb = Subvariante von *Lamium galeobdolon*

AIIc = Subvariante von *Luzula pilosa*

B = Untergesellschaft von *Arum maculatum*

BI = trennartenfreie Variante

BIa = trennartenfreie Subvariante

BIb = Subvariante von *Aegopodium podagraria*

BII = Variante von *Leucosium vernum*

BIIa = trennartenfreie Subvariante

BIIb = Subvariante von *Aegopodium podagraria*

Symbole:

- BG_{rel} (%) = relationaler Bindungsgrad (%)
 n_{UF} = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Gesellschaft
 Humusformen (h%) = relative Häufigkeit der Untersuchungsflächen mit der betreffenden Humusform im betreffenden pH-Bereich
 (pH 5-10cm) = auf der Basis der pH-Werte für die Bodentiefe 5-10cm

Fettdruck des Bindungsgrades = Vorkommen der Gesellschaft mit $BG_{e/rel} \geq 70\%$

Fettdruck Häufigkeit der Humusform = größte Häufigkeit des Vorkommens

TM,fa = Typischer Moder (feinhumusarm)

MM = Mullartiger Moder

F = F-Mull

L/F = Übergang von L- zu F-Mull

L = L-Mull

Tabelle 31.1

Gesellschaft : AI		I	II	III	IV	
pH-Bereich pH(CaCl ₂)		3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥6,01	Σ
BG_{rel} (%)	1-3 cm	100	-	-	-	
	5-10 cm	100	-	-	-	
	15-20 cm	100	-	-	-	
n_{UF} (pH 5-10 cm)		2	0	0	0	2
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	100	-	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	-	-	-	-	
	L/F	-	-	-	-	
	L	-	-	-	-	

Tabelle 31.2

Gesellschaft : Alla		I	II	III	IV	
pH-Bereich pH(CaCl ₂)		3,01-4,00	4,01-5,00	5,01-6,00	≥6,01	Σ
BG_{rel} (%)	1-3 cm	100	72	-	-	
	5-10 cm	100	33	-	-	
	15-20 cm	100	27	-	-	
n_{UF} (pH 5-10 cm)		4	1	0	0	5
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	50	100	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	50	-	-	-	
	L/F	-	-	-	-	
	L	-	-	-	-	

Tabelle 31.3

Gesellschaft : Allb

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	100	18	-	-	
	5-10 cm	100	-	-	-	
	15-20 cm	100	18	-	-	
nUF (pH 5-10 cm)		7	0	0	0	7
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	29	-	-	-	
	MM	14	-	-	-	
	F	57	-	-	-	
	L/F	-	-	-	-	
	L	-	-	-	-	

Tabelle 31.4

Gesellschaft : Allc

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	100	-	-	-	
	5-10 cm	100	-	-	-	
	15-20 cm	100	-	-	-	
nUF (pH 5-10 cm)		1	0	0	0	1
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	100	-	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	-	-	-	-	
	L/F	-	-	-	-	
	L	-	-	-	-	

Tabelle 31.5

Gesellschaft : Bla

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	83	100	75	45	
	5-10 cm	100	99	75	59	
	15-20 cm	85	100	41	65	
nUF (pH 5-10 cm)		12	9	3	3	27
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	25	-	-	-	
	MM	-	11	-	-	
	F	67	44	67	-	
	L/F	-	11	33	67	
	L	8	33	-	33	

Tabelle 31.6

Gesellschaft : Blb

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	49	80	100	-	
	5-10 cm	30	100	45	-	
	15-20 cm	19	100	90	-	
nUF (pH 5-10 cm)		2	5	1	0	8
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	50	-	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	-	-	-	-	
	L/F	50	-	-	-	
	L	-	100	100	-	

Tabelle 31.7

Gesellschaft : BIIa

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	33	44	55	100	
	5-10 cm	35	47	64	100	
	15-20 cm	41	36	100	80	
nUF (pH 5-10 cm)		5	5	3	6	19
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	20	-	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	80	40	-	-	
	L/F	-	-	-	17	
	L	-	60	100	83	

Tabelle 31.8

Gesellschaft : BIIb

pH-Bereich pH(CaCl ₂)		I 3,01-4,00	II 4,01-5,00	III 5,01-6,00	IV ≥6,01	Σ
BG _{rel} (%)	1-3 cm	-	44	83	100	
	5-10 cm	-	55	100	98	
	15-20 cm	-	46	63	100	
nUF (pH 5-10 cm)		0	5	4	5	14
Humusformen (h%) (pH 5-10 cm)	TM, fa	-	-	-	-	
	MM	-	-	-	-	
	F	-	-	-	-	
	L/F	-	-	-	-	
	L	-	100	100	100	

Bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm gilt: Die Gesellschaften AI, AIIb und AIIc kommen jeweils ausschließlich im pH-Bereich I vor, während Gesellschaft AIIa zusätzlich zum pH-Bereich I (BG_{rel} 100%) noch im pH-Bereich II (BG_{rel} 33%) auftritt. Die Gesellschaft BIa erscheint in den pH-Bereichen I, II und III jeweils mit einem BG_{rel} > 70%, während die Gesellschaft BIb nur im pH-Bereich II mit einem BG_{rel} > 70% (100%) vorhanden ist. Die Gesellschaften BIIa und BIIb schließlich treten nur oberhalb der pH-Bereiche I und II mit Bindungsgraden > 70% auf.

Wenn die Gesellschaft BIIa nicht nur in den pH-Bereichen III und IV, sondern auch in den pH-Bereichen I und II auf F- bzw. L-Mull, und die Gesellschaft BIIb nicht nur in den pH-Bereichen III und IV, sondern auch im pH-Bereich II auf L-Mull vorkommt, dann dürften diese Vegetationseinheiten auch auf Böden stehen, die erst in jüngerer Zeit durch den sauren Regen bzw. durch das Ausbleiben von Grundwasser bzw. Überflutungswasser versauert sind (Bildung von Mull bei höheren pH-Werten des Bodens; vgl. Kap. 4.3.1).

Der mittlere pH(CaCl₂)-Wert (\overline{X}_{pH}) integriert die pH-Verhältnisse der Böden über alle von der Gesellschaft eingenommenen pH-Bereiche.

Der mittlere pH-Wert des Bodens der Gesellschaft wird nach folgender Formel errechnet:

$$\overline{X}_{pH \text{ Gesellschaft}} = \frac{(\text{BG}_{rel})_I \cdot (\overline{X}_{pH})_I + (\text{BG}_{rel})_{II} \cdot (\overline{X}_{pH})_{II} + (\text{BG}_{rel})_{III} \cdot (\overline{X}_{pH})_{III} + (\text{BG}_{rel})_{IV} \cdot (\overline{X}_{pH})_{IV}}{(\text{BG}_{rel})_I + (\text{BG}_{rel})_{II} + (\text{BG}_{rel})_{III} + (\text{BG}_{rel})_{IV}}$$

wobei gilt:

$\overline{X}_{pH \text{ Gesellschaft}}$ = mittlerer pH-Wert der Böden der Gesellschaft

$(\text{BG}_{rel})_{I(II, III, IV)}$ = relationaler Bindungsgrad der Gesellschaft in dem pH-Bereich I (II, III, IV)

$(\overline{X}_{pH})_{I(II, III, IV)}$ = mittlerer pH-Wert (Klassenmittel) im pH-Bereich I (II, III, IV)
[3,505 (4,505; 5,505; 6,505)]

Die Verwendung des mittleren pH-Wertes beinhaltet, wie bereits in Kapitel 4.4 bei den Arten dargelegt, dass sich ein und derselbe Wert bei unterschiedlichen Bindungsgraden in den einzelnen pH-Bereichen ergeben kann.

In Tabelle 32 sind die mittleren pH(CaCl₂)-Werte der Böden mit den Gesellschaften zusammengestellt.

Tabelle 32: Mittlerer pH(CaCl₂)-Wert der Böden der Untersuchungsflächen mit den Gesellschaften bezogen auf die Bodentiefen 1-3cm, 5-10cm und 15-20cm

Gesellschaft	Tiefe	X _{pH}
AI	1-3cm	3,51
	5-10cm	3,51
	15-20cm	3,51
AIIb	1-3cm	3,66
	5-10cm	3,51
	15-20cm	3,66
AIIc	1-3cm	3,51
	5-10cm	3,51
	15-20cm	3,51
AIIa	1-3cm	3,92
	5-10cm	3,75
	15-20cm	3,71
BIb	1-3cm	4,73
	5-10cm	4,59
	15-20cm	4,84
BIa	1-3cm	4,78
	5-10cm	4,78
	15-20cm	4,80
BIIa	1-3cm	5,46
	5-10cm	5,44
	15-20cm	5,36
BIIb	1-3cm	5,75
	5-10cm	5,67
	15-20cm	5,76

Tabelle 32 zeigt gleichfalls eine Verringerung der aktuellen Bodenazidität von Gesellschaft AI in Richtung Gesellschaft BIIb.

Die Böden der Gesellschaften AI, AIIa, AIIb und AIIc sind im Mittel als „sehr stark sauer“ anzusprechen.

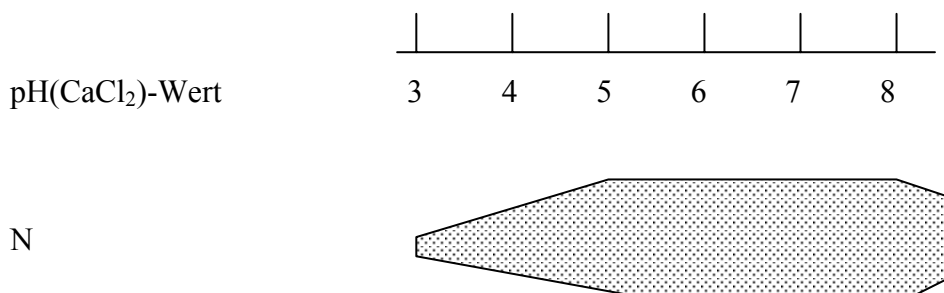
4.6 Die Stickstoff-Nettomineralisation des Bodens in Beziehung zu den vier pH-Bereichen

Von den Höheren Pflanzen wird Stickstoff als NO_3^- (Nitrat-Ion) oder als NH_4^+ (Ammonium-Ion) aufgenommen (vgl. z.B. SCHROEDER 1992, S. 136/137). „Aus dem Abbau organischen Abfalls fällt zunächst NH_4^+ an, das unter geeigneten Bedingungen über Nitrit zu Nitrat oxidiert werden kann. Die beiden bekanntesten Mikroorganismen, die diese Reaktion normalerweise vollziehen, sind die beiden autotrophen (chemolithotrophen) Bakterien *Nitrosomonas europaea* (für den Schritt von NH_4^+ zu NO_2^-) und *Nitrobacter winogradskyi* (für den Schritt von NO_2^- zu NO_3^-)“ (KINZEL 1982, S. 281).

Nach SCHROEDER (1992) liegt die stärkste Stickstoff-Verfügbarkeit des Bodens im Bereich der $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Werte 5-8 (vgl. Abb. 2). In seiner Darstellung nimmt die Verfügbarkeit von Stickstoff deutlich vom $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Wert 5 bis hin zum $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Wert 3 ab.

Abbildung 2: Schema der Beziehung zwischen $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Wert und Verfügbarkeit von Stickstoff (N) nach SCHROEDER (1992, Abb. 37)

Die Breite des Bandes gibt die Verfügbarkeit von Stickstoff im Boden an.



Nachfolgend (s. Tab. 33) werden die N-Nettomineralisationsrate, die NO_3^- -N-Nettorate, die NH_4^+ -N-Nettorate und der Nitrifikationsgrad im Mineralbodenbereich von 0-14,8cm Tiefe dargelegt. Der Untersuchung des Mineralstickstoffangebots des Bodens liegen insgesamt 30 Flächen zu Grunde. Bei der Darstellung der Ergebnisse werden jedoch lediglich 27 Untersuchungsflächen berücksichtigt. Von den übrigen drei Flächen liegen keine lückenlosen Daten über den gesamten Untersuchungszeitraum vor.

Tabelle 33: N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate, NH₄⁺-N-Nettorate und Nitrifikationsgrad im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus 5 Brutversuchen)

x_{min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

x_{max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	2124	3069	4283	13
II	4,01-5,00	1306	2582	3260	7
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	1674	2214	3340	5

pH(CaCl ₂)-Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	1640	2601	4304	13
II	4,01-5,00	1126	2448	3236	7
III	5,01-6,00	581	2014	3446	2
IV	≥ 6,01	1644	2158	3314	5

pH(CaCl ₂)-Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	-21	468	1045	13
II	4,01-5,00	24	134	264	7
III	5,01-6,00	14	74	134	2
IV	≥ 6,01	26	55	146	5

pH(CaCl ₂)-Bereich		Nitrifikationsgrad			nUF
		x_{\min}	\bar{x} [%]	x_{\max}	
I	3,01-4,00	53	84	109	13
II	4,01-5,00	80	90	99	7
III	5,01-6,00	47	73	100	2
IV	≥ 6,01	89	97	100	5

Ein negativer NH₄⁺-N-Wert ergibt sich, wenn zu Beginn des Brutversuchs mehr NH₄⁺-N im Bodenmaterial vorkam als bei dessen Abschluss. Dieses kann eintreten, wenn die Nitrifikation durch die Probenahme gefördert wird oder die Aufnahme von NH₄⁺-N durch die Mikroorganismen höher ist als die entsprechende Freisetzung aus dem Bodenmaterial.

(Ein negativer NO₃⁻-N-Wert ergibt sich dann, wenn die Aufnahme von NO₃⁻-N durch die Mikroorganismen höher ist als die entsprechende Produktion aus dem Bodenmaterial.)

Beim Vergleich der N-Nettomineralisationsrate aller 27 Untersuchungsflächen ist auffallend, dass der arithmetische Mittelwert im pH-Bereich II nicht etwa geringer ist als in den pH-Bereichen III und IV, sondern sogar noch über diesen Werten liegt.

Eine Gegenüberstellung der N-Nettomineralisationsrate der Böden des pH-Bereichs I mit den Daten der Böden der pH-Bereiche II, III und IV offenbart den deutlich höchsten Wert im pH-Bereich I (vgl. Tab. 33). Die Feststellung, dass die N-Nettomineralisationsrate in den Bereichen I und II nicht niedriger ist als in den pH-Bereichen III und IV steht in Gegensatz zur Angabe von SCHROEDER (1992, Abb. 37; s.o.), nach der das Stickstoffangebot unterhalb von pH(CaCl₂) 5 deutlich abnimmt. Die unerwartet hohe N-Nettomineralisationsrate in den pH-Bereichen I und II erklärt sich offensichtlich daraus, dass in den pH-Bereichen I und II eine noch günstige Humusform vorliegt (F-Mull bzw. L-Mull), die bei höheren pH-Werten gebildet worden ist (vgl. Kap. Humusformen).

Denkbar ist auch, dass die vermehrten Stickstoff-Depositionen, die in den vergangenen Jahrzehnten registriert wurden, zu einer Nivellierung des N-Angebots in den pH-Bereichen I, II, III und IV geführt haben: „Stickstoff wird heute in beträchtlicher Menge mit den Niederschlägen eingebracht (schon in den 70iger Jahren mit rund 24kg pro Hektar und Jahr), und zwar vor allem in Form von NH₃ (bzw. NH₄) und NO₃. Ein großer Teil davon ist Folge der Luftverschmutzung durch Ausdünstungen von Massen-Viehhaltungen bzw. durch Verbrennung fossiler organischer Stoffe, die gebundenen Stickstoff enthalten. (Aus Mooranalysen weiß man, dass die N-Zufuhr vor Beginn des Industriezeitalters nur etwa 6-8kg/ha/J betrug ...“). (ELLENBERG 1996, S. 228/229). Zur Höhe der N-Immissionen in Niedersachsen im Zeitraum von 1979-1994 s. Tabellen 47 und 48.

Die gegenüber den Daten der pH-Bereiche II, III und IV deutlich höhere N-Nettomineralisationsrate im pH-Bereich I (vgl. Tab. 33) ergibt sich aus den hohen Werten, die im Untersuchungszeitraum 3 (Juli-September 1997) aus dem pH-Bereich I vorliegen (vgl. Tab. 34). Werden die mittleren N-Nettomineralisationsraten ohne die Werte aus dem Untersuchungszeitraum 3 berechnet, dann ist der Mittelwert aus dem pH-Bereich I nicht höher als im pH-Bereich II und nicht sehr viel höher als in den pH-Bereichen III und IV (vgl. Tab. 35).

Tabelle 34: Vergleich der Mittelwerte der N-Nettomineralisationsrate
 $[\bar{x} \text{ (mg NH}_4^+\text{-N + NO}_3^-\text{-N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 7\text{w}^{-1})]$ in den fünf Untersuchungszeiträumen in den vier pH-Bereichen

Untersuchungszeitraum	1	2	3	4	5
pH-Bereich I	2683	2960	5881	1831	1989
pH-Bereich II	3510	3223	3424	758	1995
pH-Bereich III	2624	1322	3178	1218	2098
pH-Bereich IV	2458	2563	3133	1534	1380

Tabelle 35: Vergleich der Mittelwerte der N-Nettomineralisationsrate
 $[\bar{x} \text{ (mg NH}_4^+\text{-N + NO}_3^-\text{-N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 7\text{w}^{-1})]$ aus den Daten der Untersuchungszeiträume 1, 2, 4, 5 in den vier pH-Bereichen

Untersuchungszeitraum	[1,2,4,5]
pH-Bereich I	2366
pH-Bereich II	2372
pH-Bereich III	1816
pH-Bereich IV	1984

Nach der einfachen (Standard-) Varianzanalyse ist die im pH-Bereich I für den Untersuchungszeitraum 3 erhaltene relativ hohe mittlere N-Nettomineralisationsrate allerdings noch nicht signifikant verschieden von den Werten der drei übrigen pH-Bereiche [$F_{\text{Vers.}} = 2,63^{\text{n.s.}} < F_{\text{Tab.}}(3,23; 0,05 \text{ eins.}) = 3,03$, d.h. keine signifikanten Differenzen zwischen den 4 Mittelwerten des Untersuchungszeitraums 3.

Die vergleichsweise hohe mittlere N-Nettomineralisationsrate, die im pH-Bereich I im Untersuchungszeitraum 3 festgestellt wurde, könnte sich folgendermaßen erklären: Bei den hohen Sommertemperaturen war die Aktivität der N-mineralisierenden Mikroorganismen stark, während bei dem hohen Säuregrad die Aktivität der N-assimilierenden Mikroorganismen nicht entsprechend zugenommen hatte. Dies ist allerdings zunächst nur eine Spekulation.

Nach der Rangvarianzanalyse von WILCOXON & WILCOX bestehen zwischen den 27 Untersuchungsflächen keine signifikanten Differenzen bezüglich der N-Nettomineralisationsrate. Die größte Differenz liegt zwischen den Untersuchungsflächen 125 und 88 (beide pH-Bereich III) vor (Differenz der Rangzahlensummen = 71; kritische Differenz = 93 bei $k = 27$, $n = 5$, $\alpha = 0,05$).

Tabelle 36: Signifikanz der Differenzen zwischen den Rangzahlensummen (ΣR_z) der Werte der N-Nettomineralisationsraten aus den verschiedenen Untersuchungszeiträumen und mittlere Lufttemperatur (mLT)

(ΣR_z)	Untersuchungszeitraum		1	2	3	4	5	mLT(°C)
87	April-Juni 1997	1	·	6 ^{n.s.}	26 ^{n.s.}	31 ^{fast*}	19 ^{n.s.}	12,1
81	Juni-Juli 1997	2	6 ^{n.s.}	·	32*	25 ^{n.s.}	13 ^{n.s.}	17,2
113	Juli-September 1997	3	26 ^{n.s.}	32*	·	57*	45*	17,5
56	September- November 1997	4	31 ^{fast*}	25 ^{n.s.}	57*	·	12 ^{n.s.}	9,0
68	Februar-April 1998	5	19 ^{n.s.}	13 ^{n.s.}	45*	12 ^{n.s.}	·	7,3

Kritische Differenz der Summen der Rangzahlen = 31,71 ($k = 5, n = 27, \alpha = 0,05$)

Quelle der Daten der Lufttemperatur (gemessen von der Station Hannover-Langenhagen):
Deutscher Wetterdienst

Die Daten der Tabelle 36, die sich auf alle pH-Bereiche und alle Untersuchungszeitpunkte beziehen, zeigen eine deutliche Abhängigkeit der N-Nettomineralisationsrate von der Jahreszeit: Die Rangzahlensummen (und damit die N-Nettomineralisationsraten) für die relativ kühlen Perioden (Frühjahr, Untersuchungszeitraum 5; Herbst, Untersuchungszeitraum 4) sind am niedrigsten, die für den Hochsommer (Untersuchungszeitraum 3) sind am höchsten.

Nach der ausschließlichen Betrachtung der N-Nettomineralisation im oberen Mineralboden (0-14,8 cm Tiefe) wird das Mineralstickstoffangebot unter zusätzlicher Berücksichtigung der jeweils vorliegenden (stationären) organischen Auflagen dargestellt (s. Tab. 37 und 39).

Bei einigen Untersuchungsflächen sind Of-/(Of+Oh)-Lagen nur fleckenweise vorhanden. Da die Brutversuche innerhalb einer Untersuchungsfläche nicht an genau denselben Stellen vorgenommen wurde, liegen bei den besagten Flächen nicht für alle Untersuchungszeiträume Brutversuche mit organischem Auflagematerial vor (vgl. Anlage Tab. 5B1, 5B2 und 5B3).

Die in Tabelle 37 angegebenen Werte zur N-Nettomineralisationsrate, zur NO_3^- -N-Nettorate und zur NH_4^+ -N-Nettorate beziehen sich jeweils nur auf die Anzahl der Brutversuche mit Of-/(Of+Oh)-Material (andernfalls Problem bei der Mittelwertbildung, da bei ein-, zwei-, drei- oder viermal „0“ keine Normalverteilung der dann fünf Werte pro Untersuchungsfläche).

Da bei der Ermittlung des Volumengewichts der organischen Auflagen mit einem Stechzylinder von 1cm Höhe von außen Zweifel an der Exaktheit der Bestimmung geäußert werden könnten, sind die Daten der organischen Auflagen auf ganze 500mg bzw. 10% gerundet worden.

Tabelle 37: Größenordnung von N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate in den organischen Auflagen (Werte auf ganze 500mg gerundet)

- x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus den Brutversuchen)
 x_{\min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen
 x_{\max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen
 \bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden Bereichs
nBV / UF (Of/Of+Oh) = Anzahl der Brutversuche mit Of/(Of+Oh) auf der Untersuchungsfläche
nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen des betreffenden Bereichs
+0 = Wert > 0 < 250mg
-0 = Wert > -250 < 0mg

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nBV/UF (Of/Of+Oh)	nUf
		x_{\min}	\bar{x}/x	x_{\max}		
I	3,01-4,00	500	2500	6500	5	10
I	3,01-4,00	1500	2000	3000	3	2
I	3,01-4,00	-	+0	-	1	1
II	4,01-5,00	+0	500	1000	5	4
II	4,01-5,00	-	-	-	0	3
III	5,01-6,00	+0	+0	+0	5	1
III	5,01-6,00	-	+0	-	2	1
IV	≥ 6,01	-	-	-	0	5

pH(CaCl ₂)-Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nBV/UF (Of/Of+Oh)	nUf
		x_{\min}	\bar{x}/x	x_{\max}		
I	3,01-4,00	500	2000	6500	5	10
I	3,01-4,00	1000	2000	3000	3	2
I	3,01-4,00	-	+0	-	1	1
II	4,01-5,00	+0	500	1000	5	4
II	4,01-5,00	-	-	-	0	3
III	5,01-6,00	+0	+0	+0	5	1
III	5,01-6,00	-	+0	-	2	1
IV	≥ 6,01	-	-	-	0	5

pH(CaCl ₂)-Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nBV/UF (Of/Of+Oh)	nUf
		X _{min}	X̄/x	X _{max}		
I	3,01-4,00	-0	500	1000	5	10
I	3,01-4,00	+0	+0	+0	3	2
I	3,01-4,00	-	+0	-	1	1
II	4,01-5,00	+0	+0	+0	5	4
II	4,01-5,00	-	-	-	0	3
III	5,01-6,00	+0	+0	+0	5	1
III	5,01-6,00	-	+0	-	2	1
IV	≥ 6,01	-	-	-	0	5

Es wird deutlich, dass im pH-Bereich I die N-Nettomineralisationsrate in den organischen Auflagen deutlich über den Werten der übrigen pH-Bereiche liegt. Dies erklärt sich insbesondere daraus, dass die Of-/(Of+Oh)-Lagen mit steigendem pH-Wert bis auf Null im pH-Bereich IV abnehmen (vgl. Tab. 38) bzw. sich die Mächtigkeit dieser organischen Auflagen mit zunehmendem pH-Wert vermindert.

Tabelle 38: Anzahl der Untersuchungsflächen (nUF) zur N-Nettomineralisation mit einem Of und mit einem Oh (zusätzlich zum Of) in den vier pH(CaCl₂)-Bereichen (pH-Referenz-Bodentiefe 5-10cm)

pH(CaCl ₂)-Bereich	I	II	III	IV
nUF insgesamt	13	7	2	5
nUF mit Of	13	4	2	-
nUF mit Oh	6	2	-	-

Dementsprechend fallen auch die Unterschiede in der N-Nettomineralisationsrate zwischen dem pH-Bereich I und den übrigen pH-Bereichen noch deutlicher als bei alleiniger Berücksichtigung des Mineralbodenbereichs (0-14,8cm) aus, wenn die Daten aus dem Mineralbodenbereich und die aus den organischen Auflagen addiert werden (s. Tab. 39). (Basis: Addition der Werte der organischen Auflagen und des Mineralbodenbereichs pro Brutversuch, Mittelwertbildung für die einzelnen Untersuchungsflächen, Mittelwertbildung für die einzelnen pH-Bereiche, Runden dieser Mittelwerte auf ganze 500mg). Im pH-Bereich I gehen im Mittel ca. 40% der N-Nettomineralisationsrate auf die Of-/(Of+Oh)-Lage zurück (vgl. Tab. 39 und Tab. 33).

Tabelle 39: Größenordnung von N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate bei Addition der Werte aus dem oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) und denen aus den organischen Auflagen (Werte auf ganze 500mg gerundet)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus den Brutversuchen)
 x_{\min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen
 x_{\max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs
nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen
+0 = Wert $\geq 0 < 250\text{mg}$
-0 = Wert $> -250 < 0\text{mg}$

pH(CaCl ₂) -Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	3500	5000	8500	13
II	4,01-5,00	1500	3000	4000	7
III	5,01-6,00	500	2000	3500	2
IV	$\geq 6,01$	1500	2000	3500	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	3000	4500	8500	13
II	4,01-5,00	1500	3000	3500	7
III	5,01-6,00	500	2000	3500	2
IV	$\geq 6,01$	1500	2000	3500	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	-0	1000	2000	13
II	4,01-5,00	+0	+0	500	7
III	5,01-6,00	+0	+0	+0	2
IV	$\geq 6,01$	+0	+0	+0	5

Auch bei Zusammenfassung der Daten der N-Nettomineralisationsrate aus dem oberen Mineralboden (0-14,8cm) und der Of/(Of+Oh)-Lage ergibt sich, wie bei isolierter Betrachtung der Daten für den Mineralboden, für den Untersuchungszeitraum 3 (Hochsommer) im pH-Bereich I ein Mittelwert, der erheblich über den Mittelwerten zu den anderen 4 Zeiträumen im pH-Bereich I und erheblich über allen Mittelwerten in den pH-Bereichen II, III und IV liegt (s. Tab. 40).

Tabelle 40: Größenordnung der Mittelwerte (\bar{x}) der N-Nettomineralisationsrate [(NO₃⁻-N + NH₄⁺-N) [mg•m⁻²•7w⁻¹]] bei Addition der Werte für den Mineralboden (0-14,8cm) und die Of/(Of+Oh)-Lage in den verschiedenen Untersuchungszeiträumen (Rundung auf ganze 500mg)

Untersuchungszeitraum	1	2	3	4	5
pH-Bereich I	4500	5500	10000	2500	3000
pH-Bereich II	4000	3500	4000	1000	2500
pH-Bereich III	2500	1500	3000	1500	2000
pH-Bereich IV	2500	2500	3000	1500	1500

Im Anschluss an die N-Nettomineralisationsrate werden nun die NO₃⁻-N-Nettorate und die NH₄⁺-N-Nettorate sowohl im oberen Mineralboden (0-14,8cm Tiefe), in der organischen Auflage als auch in der Einheit aus organischer Auflage und oberen Mineralboden (vgl. Tab. 33, 37 und 39) betrachtet. Es wird deutlich, dass hauptsächlich die NO₃⁻-N-Nettorate für die N-Nettomineralisationsrate verantwortlich ist. Auch hier findet sich der jeweils höchste Wert der NO₃⁻-N-Nettorate im pH-Bereich I.

Der allgemein hohe mittlere Nitrifikationsgrad im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) (s. Tab. 33) spiegelt den starken Anteil der NO₃⁻-N-Nettorate an der gesamten Stickstoff-Nettomineralisationsrate wider.

$$\text{Nitrifikationsgrad} = \frac{\text{NO}_3^- \text{-N}}{\text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NH}_4^+ \text{-N}} \cdot 100 [\%]$$

Ein positiver Nitrifikationsgrad > 100 ergibt sich (bei positiver NO₃⁻-N-Nettorate), wenn die NH₄⁺-N-Nettorate negativ ist.

Nach dem obigen Zitat aus KINZEL (1982) erfolgt die Oxidation von NH₄⁺ zu NO₃⁻ „normalerweise“ durch *Nitrosomonas europaea* und *Nitrobacter winogradskyi*. Da diese „in Kultur nur bei neutraler bis schwach alkalischer Reaktion aktiv sind (BECK 1968), so erwartete man, dass eine Umwandlung von Ammonium- in Nitrat-Ionen (Nitrifikation) in Böden mit saurer Reaktion (etwa unterhalb von pH 5,0; vgl. ALEXANDER 1977) kaum mehr stattfinden könne“ (KINZEL 1982, S. 281).

Doch auch für stark saure Böden mit einem pH-Wert unter ca. 4,5 ist eine Nitratproduktion festgestellt worden: KRIEBITZSCH (1978) hat in sauren Waldböden Nordwestdeutschlands ebenso wie GERLACH (1973) bei pH-Werten um 3 die Bildung von Nitrat nachgewiesen. Letzterer vermutet, dass heterotrophe Mikroorganismen, insbesondere *Aspergillus flavus*, aus

organischem Material abgespaltene Aminogruppen direkt zu NO_3^- -N oxidieren. Außerdem hält GERLACH (1973) das Vorhandensein von nitrifizierenden heterotrophen Bakterien für möglich. BECK (1979) bestätigt, dass heterotrophe Nitrifikanten ebenfalls Nitrit und Nitrat bilden können. Bei Untersuchungen der Stickstoffmineralisation im Boden eines Sauerhumus-Buchenwaldes hat RUNGE (1974b) selbst bei $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Werten von ca. 2,7 Nitratbildung festgestellt. Er geht davon aus, dass in diesem Fall, wie MARSHALL & ALEXANDER (1962) ermittelt haben, *Aspergillus flavus* sowohl Ammonium als auch organische N-Verbindungen zur Bildung von Nitrat nutzt. *Aspergillus wentii* und *Arthrobacter globiformis* oxidieren lediglich Ammonium zu Nitrat (WALLACE und NICHOLAS 1966). Einige *Pseudomonas*-Arten verwenden dagegen Harnstoff zur Nitratproduktion (DOXTADER & ALEXANDER 1966). In sauren Waldböden bei einem pH-Wert von 3,5 bildet der Pilz *Verticillium lecanii* nachweislich mehr Nitrat bzw. Nitrit als bei höheren pH-Werten (LANG 1986).

Damit wird deutlich, dass auch in sauren Böden eine Nitratbildung ohne *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* stattfindet.

Nach KRIEBITZSCH (1978) kann es auch in sauren Böden zu einer stärkeren Nitratbildung (durch heterotrophe Mikroorganismen) kommen, wenn diese Böden nährstoffreich sind. Dies dürfte selbst in den (sehr stark sauren) Böden des pH-Bereichs I der Fall sein (F-Mull, niedriges C/N-Verhältnis des Bodens!).

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

Die vorliegenden Ergebnisse widersprechen der im Rahmen der „Zielsetzung“ (Kap. 1.2) ausgesprochenen Erwartung. Völlig überraschend ist hier die Feststellung, dass es zu keiner Abnahme der N-Nettomineralisationsrate mit steigender aktueller Bodenazidität kommt. Die N-Nettomineralisationsrate, die NO_3^- -N-Nettorate und die NH_4^+ -N-Nettorate sind ganz im Gegenteil jeweils im pH-Bereich I deutlich höher als in den nachfolgenden pH-Bereichen II bis IV. Bemerkenswert ist ein hoher Nitrifikationsgrad auch in den sehr stark sauren Böden.

Werden die Daten der N-Nettomineralisationsrate getrennt für das zeitliche Kontinuum des Jahres 1997 (vier Untersuchungszeiträume) und für den Vorfrühling 1998 (ein Untersuchungszeitraum) verrechnet, dann ergeben sich jeweils gleiche Tendenzen wie bei gleichzeitiger Verrechnung der Daten von allen fünf Untersuchungszeiträumen:

1. In beiden Fällen ist die mittlere N-Nettomineralisationsrate im pH-Bereich II nicht (oder nur unbedeutend) geringer als in den pH-Bereichen III und IV (s. Tab. 41, 42, 43, 44).
2. In beiden Fällen ist die mittlere N-Nettomineralisationsrate im pH-Bereich I nicht (oder nur unbedeutend) geringer als in den pH-Bereichen II, III und IV (s. Tab. 41, 42, 43, 44).

Tabelle 41: N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) bei isolierter Verrechnung der Daten aus dem Jahr 1997 (vier Untersuchungszeiträume)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus 4 Brutversuchen)

x_{min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

x_{max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen

pH(CaCl ₂) -Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	1860	3339	4912	13
II	4,01-5,00	1200	2729	3385	7
III	5,01-6,00	545	2086	3626	2
IV	≥ 6,01	1829	2422	3850	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	1607	2801	4867	13
II	4,01-5,00	958	2616	3342	7
III	5,01-6,00	369	1984	3598	2
IV	≥ 6,01	1646	2342	3807	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x}	x _{max}	
I	3,01-4,00	40	538	1310	13
II	4,01-5,00	2	113	242	7
III	5,01-6,00	28	102	176	2
IV	≥ 6,01	43	80	183	5

Tabelle 42: N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) bei isolierter Verrechnung der Daten aus dem Vorfrühling 1998 (ein Untersuchungszeitraum)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (1 Brutversuch)
 x_{\min} = kleinster der Werte für die Untersuchungsflächen
 x_{\max} = größter der Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen

pH(CaCl ₂) -Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	748	1989	4092	13
II	4,01-5,00	1591	1995	2761	7
III	5,01-6,00	1394	2098	2801	2
IV	≥ 6,01	734	1380	2848	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	249	1800	4017	13
II	4,01-5,00	278	1777	2813	7
III	5,01-6,00	1429	2135	2842	2
IV	≥ 6,01	799	1424	2848	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	-300	189	1259	13
II	4,01-5,00	-65	218	1313	7
III	5,01-6,00	-34	-37	-41	2
IV	≥ 6,01	-129	-44	11	5

Tabelle 43: Größenordnung von N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate in einer Zusammenfassung der Werte aus dem oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) und denen aus den organischen Auflagen bei isolierter Verrechnung der Daten aus dem Jahre 1997 (vier Untersuchungszeiträume) (Werte gerundet auf ganze 500mg)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus 4 Brutversuchen)
 x_{\min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen
 x_{\max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen

+0 = Wert $\geq 0 < 250\text{mg}$

-0 = Wert $> -250 < 0\text{mg}$

pH(CaCl ₂) -Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	3500	5500	9500	13
II	4,01-5,00	1500	3000	4500	7
III	5,01-6,00	500	2000	3500	2
IV	$\geq 6,01$	2000	2500	4000	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	3000	4500	9000	13
II	4,01-5,00	1500	3000	3500	7
III	5,01-6,00	500	2000	3500	2
IV	$\geq 6,01$	1500	2500	4000	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	+0	1000	2500	13
II	4,01-5,00	+0	+0	500	7
III	5,01-6,00	+0	+0	+0	2
IV	$\geq 6,01$	+0	+0	+0	5

Tabelle 44: Größenordnung von N-Nettomineralisationsrate, NO₃⁻-N-Nettorate und NH₄⁺-N-Nettorate bei Addition der Werte aus dem oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) und denen aus den organischen Auflagen bei isolierter Verrechnung der Daten aus dem Jahre 1998 (ein Untersuchungszeitraum) (Werte gerundet auf ganze 500mg)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (1 Brutversuch)
 x_{\min} = kleinster Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen
 x_{\max} = größter Wert der (Mittel-)Werte für die Untersuchungsflächen

\bar{x} = arithmetisches Mittel für alle Untersuchungsflächen des betreffenden pH-Bereichs

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen

+0 = Wert $\geq 0 < 250\text{mg}$

-0 = Wert $> -250 < 0\text{mg}$

pH(CaCl ₂) -Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	500	3000	7500	13
II	4,01-5,00	2000	2500	3000	7
III	5,01-6,00	1500	2000	3000	2
IV	$\geq 6,01$	500	1500	3000	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NO ₃ ⁻ -N-Nettorate [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	1000	3000	6500	13
II	4,01-5,00	1000	2000	3000	7
III	5,01-6,00	1500	2000	3000	2
IV	$\geq 6,01$	1000	1500	3000	5

pH(CaCl ₂) -Bereich		NH ₄ ⁺ -N-Nettorate [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	-500	500	2000	13
II	4,01-5,00	-0	+0	1000	7
III	5,01-6,00	-0	-0	-0	2
IV	$\geq 6,01$	-0	-0	+0	5

Tabelle 45: Umrechnung der N-Nettomineralisationsrate, der NO₃⁻-N-Nettorate und der NH₄⁺-N-Nettorate des Mineralbodens (0-14,8cm) aller Untersuchungsflächen auf [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] (Rundung auf ganze kg)

pH-Bereich	pH (CaCl ₂) (x)	N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N+NH ₄ ⁺ -N)[kg·ha ⁻¹ ·7w ⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	31
II	4,01-5,00	26
III	5,01-6,00	21
IV	≥6,01	22
		NO₃⁻-N-Nettorate [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	26
II	4,01-5,00	24
III	5,01-6,00	20
IV	≥6,01	22
		NH₄⁺-N-Nettorate [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	5
II	4,01-5,00	1
III	5,01-6,00	1
IV	≥6,01	1

Tabelle 46: Umrechnung der Größenordnung der N-Nettomineralisationsrate, der NO₃⁻-N-Nettorate und der NH₄⁺-N-Nettorate in [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] bei Addition der Werte für den Mineralbodens (0-14,8cm) und die Of/(Of+Oh)-Lage

pH-Bereich	pH (CaCl ₂) (x)	N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N+NH ₄ ⁺ -N)[kg·ha ⁻¹ ·7w ⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	50
II	4,01-5,00	30
III	5,01-6,00	20
IV	≥6,01	20
		NO₃⁻-N-Nettorate [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	45
II	4,01-5,00	30
III	5,01-6,00	20
IV	≥6,01	20
		NH₄⁺-N-Nettorate [kg·ha⁻¹·7w⁻¹] (x)
I	3,01-4,00	10
II	4,01-5,00	+0
III	5,01-6,00	+0
IV	≥6,01	+0

+0 = > 0 < 2,5kg

Die von mir ermittelten Nettomineralisationsraten (vgl. Tab 45, 46) stimmen bei den pH-Bereichen II, III und IV mit den Werten des *Stellario-Carpinetum* von BAUMEISTER & ERNST (1978) mit $98,5 \pm 35,1 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 30 \text{ w}^{-1}$ ($\triangleq 22,98 \pm 8,19 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 7 \text{ w}^{-1}$) gut überein. Lediglich die Daten des pH-Bereichs I sind ungefähr doppelt so hoch. BAUMEISTER & ERNST (1978) lassen offen, ob die organischen Auflagen berücksichtigt wurden oder nicht. Gerade in den O-Lagen findet meist eine stärkere Mineralisierung statt als im Mineralboden (KRIEBITZSCH 1978). Buchenwälder der Mittelgebirge (pH-Wert 3,4 - 4,0 im Ah-Horizont) und Eichen- Buchenwälder der Tiefebene (pH-Wert 3,4 - 3,5 im Ah-Horizont) weisen eine Nmin-Nachlieferung von $3,66 - 5,67 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{w}^{-1}$ ($= 25,62 - 39,69 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 7 \text{ w}^{-1}$) (ohne eine ausgehagerte Variante des Buchenwaldes) unter Berücksichtigung der organischen Auflagen und des Mineralbodens auf (KRIEBITZSCH 1978). Auch im Vergleich zu diesen Werten sind die von mir ermittelten Ergebnisse des pH-Bereichs I größer. Die von GRIMME (1977) untersuchten Gesellschaften *Melico-Fagetum elymetosum* und *Melico-Fagetum allietosum* besitzen ähnlich anspruchsvolle Arten wie das untersuchte *Stellario-Carpinetum* (z.B. *Anemone ranunculoides*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum* und *Corydalis cava*). Die N-Nettomineralisationsrate lag pro Vegetationsperiode im Mineralboden bis 15cm Tiefe bei ca. $106,15 - 126,95 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\triangleq 24,77 - 29,62 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 7 \text{ w}^{-1}$); außerdem wurden deutliche Jahresschwankungen festgestellt. Auch die von LANG (1986) erhaltene N-Nettomineralisationsrate in sauren Buchenwäldern von $15,7 - 17,3 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 28 \text{ Tage}^{-1}$ ($\triangleq 27,48 - 30,28 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 7 \text{ w}^{-1}$) entspricht ungefähr den eigenen Werten mit Ausnahme des pH-Bereichs I. Lediglich ein *Melico-Fagetum* mit einem pH-Wert um 5,8 zeigt eine noch höhere N-Nettomineralisationsrate als die vorliegenden Böden des pH-Bereichs I. Der Vergleich der Größenordnung der von mir ermittelten Nmin-Raten mit den aufgeführten Literaturangaben hat gezeigt, dass die Ergebnisse im Raum Hannover mit den Werten aus vergleichbaren soziologischen Bereichen anderer Regionen größenordnungsmäßig gut übereinstimmen.

Bei der Betrachtung der Stickstoffversorgung der Böden muss auch der Eintrag von Nitrat- und Ammonium-Stickstoff aus der Atmosphäre berücksichtigt werden. Entsprechende Daten finden sich in der FORSTLICHEN STANDORTSAUFNAHME (1996). Für Niedersachsen werden im Zeitraum von 1979 - 1994 die in der Tabelle 47 aufgeführten Werte angegeben:

Tabelle 47: Eintrag von NO_3^- -N und NH_4^+ -N im Freilandniederschlag und im Bestandsniederschlag von Nadelwäldern in Niedersachsen von 1979 – 1994 (n. FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME 1996, Tab. 6)

NO_3^- -N	Minimaler Wert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]	Mittelwert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]	Maximaler Wert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]
Freilandniederschlag	2,0	5,7	14,0
Bestandsniederschlag	7,2	20,1	99,0

NH_4^+ -N	Minimaler Wert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]	Mittelwert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]	Maximaler Wert [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]
Freilandniederschlag	3,1	8,8	26,0
Bestandsniederschlag	7,3	28,2	58,0

Hieraus ergibt sich:

Tabelle 48: (NO_3^- -N + NH_4^+ -N) nach Tabelle 47

$(\text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NH}_4^+ \text{-N})$	Mittelwert	
	$[\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}]$	$[\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 7\text{w}^{-1}]$
Freilandniederschlag	14,5	1,95
Bestandsniederschlag (Nadelwald)	48,3	6,50

Vergleicht man die Werte des Stickstoffeintrags mit denen der N-Nettomineralisation wird deutlich, dass die N-Nettomineralisationsrate pro Brutversuch während der Vegetationsperiode in allen vier pH-Bereichen erheblich über dem (NO_3^- -N + NH_4^+ -N)-Eintrag durch Bestandsniederschlag des gleichen Zeitraums liegt (vgl. Tab. 48 mit Tab. 45 und 46). Dabei ist mir bewusst, dass Daten aus Nadelholzbeständen nicht voll auf Laubmischwälder übertragbar sind. Andererseits können die aufgeführten Stickstoff-Depositionen mittel- und langfristig zu einem deutlich erhöhten N-Angebot des Bodens führen.

4.7 Die Stickstoff-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens der einzelnen Arten

Die N-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens wurde für die 24 Waldbodenpflanzen untersucht, die auf mindestens sieben der 27 Untersuchungsflächen vorkamen (vgl. Tab. 49). Im pH-Bereich I ist die jeweilige mittlere N-Nettomineralisationsrate auf den Böden von insgesamt 18 Arten höher als bei der Gesamtheit aller Flächen (vgl. Tab. 33). Zu den Arten mit unterdurchschnittlicher N-Nettomineralisationsrate im pH-Bereich I gehören u.a. *Glechoma hederacea*, *Impatiens parviflora* und *Oxalis acetosella*.

Bei einer großen Anzahl an Arten ist im Mineralboden (0-14,8cm) ein Absinken der N-Nettomineralisationsrate vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich IV festzustellen, z.B. bei *Anemone ranunculoides*, *Athyrium filix-femina*, *Circaea lutetiana*, *Corydalis cava* und *Polygonatum multiflorum*.

Dagegen weisen die Untersuchungsflächen anderer Arten eine mit der Gesamtheit aller Flächen identische N-Nettomineralisationsrate (vgl. Tab. 33) auf, u.a. *Anemone nemorosa*, *Hedera helix*, *Pulmonaria obscura* und *Ficaria verna*.

Allgemein zeigt sich:

1. Insgesamt verfügen die Böden, die den geringsten pH-Wert aufweisen (pH-Bereich I), meistens über die höchste N-Nettomineralisationsrate. Diese Tendenz würde sich bei Einbeziehung der N-Nettomineralisation der organischen Auflagen noch verstärken.
2. Keine Art kommt durchgehend auf Böden mit einer, im Vergleich zu den Mittelwerten auf Basis aller Untersuchungsflächen (vgl. Tab. 33), extrem niedrigen oder extrem hohen N-Nettomineralisationsrate vor.

Tabelle 49: N-Nettomineralisationsrate im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) bezogen auf die Untersuchungsflächen mit der jeweiligen Art (nur Arten mit Vorkommen auf ≥ 7 Untersuchungsflächen mit Brutversuchen)

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (\bar{x} aus 5 Brutversuchen)
 x_{\min} = kleinster für eine Untersuchungsfläche erhaltener (Mittel-)Wert
 x_{\max} = größter für eine Untersuchungsfläche erhaltener (Mittel-)Wert

\bar{x} = arithmetisches Mittel für die Untersuchungsflächen

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Art

Art: Anemone nemorosa

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x} / x	x_{\max}	
I	3,01-4,00	2124	3069	4283	13
II	4,01-5,00	2357	2795	3260	6
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	$\geq 6,01$	1674	2328	3340	4

Art: Anemone ranunculoides

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x} / x	x_{\max}	
I	3,01-4,00	3045	3424	3803	2
II	4,01-5,00	2357	2758	3260	4
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	$\geq 6,01$	1674	2214	3340	5

Art: Arum maculatum

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x} / x	x_{\max}	
I	3,01-4,00	2708	3134	3803	6
II	4,01-5,00	1306	2528	3260	6
III	5,01-6,00	-	3461	-	1
IV	$\geq 6,01$	1674	2214	3340	5

Art: Athyrium filix-femina

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	3213	3803	7
II	4,01-5,00	-	2829	-	1
III	5,01-6,00	-	715	-	1
IV	≥ 6,01	-	-	-	0

Art: Brachypodium sylvaticum

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2651	3227	3803	2
II	4,01-5,00	2829	3044	3260	2
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	-	1754	-	1

Art: Carex sylvatica

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2651	3343	3803	5
II	4,01-5,00	-	2829	-	1
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	-	-	-	0

Art: Circaea lutetiana

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	3328	3402	3475	2
II	4,01-5,00	-	2620	-	1
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	1674	1932	2267	4

Art: Corydalis cava

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2826	2939	3045	3
II	4,01-5,00	1306	2495	3260	4
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	1674	2259	3340	4

Art: Deschampsia cespitosa

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2651	3549	4283	4
II	4,01-5,00	2829	2868	2906	2
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	-	1754	-	1

Art: Ficaria verna

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2947	3511	4283	5
II	4,01-5,00	2357	2772	3260	5
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	1754	2547	3340	2

Art: Galium aparine

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	-	4283	-	1
II	4,01-5,00	1306	1832	2357	2
III	5,01-6,00	-	3461	-	1
IV	≥ 6,01	1674	2259	3340	4

Art: Geum urbanum

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	3328	3695	4283	3
II	4,01-5,00	2357	2489	2620	2
III	5,01-6,00	-	715	-	1
IV	≥ 6,01	1674	2259	3340	4

Art: Glechoma hederacea

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2651	2848	3045	2
II	4,01-5,00	2794	3027	3260	2
III	5,01-6,00	-	3461	-	1
IV	≥ 6,01	1674	1932	2267	4

Art: Hedera helix

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	3045	3392	3803	3
II	4,01-5,00	2357	2670	2906	4
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	1674	2507	3340	2

Art: Impatiens parviflora

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2124	2971	4283	8
II	4,01-5,00	1306	2439	2906	5
III	5,01-6,00	-	3461	-	1
IV	≥ 6,01	1674	2259	3340	4

Art: Lamium galeobdolon

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	3411	4283	5
II	4,01-5,00	2357	2815	3260	3
III	5,01-6,00	-	715	-	1
IV	≥ 6,01	-	3340	-	1

Art: Melica uniflora

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2124	3034	4283	4
II	4,01-5,00	1306	2164	2829	3
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	1674	2214	3340	5

Art: Millium effusum

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	3169	4283	9
II	4,01-5,00	2357	2632	2906	2
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	-	-	-	0

Art: Oxalis acetosella

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	2898	3459	6
II	4,01-5,00	2829	2868	2906	2
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	-	-	-	0

Art: Polygonatum multiflorum

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	3160	3803	4
II	4,01-5,00	1306	2283	3260	2
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	1674	1714	1754	2

Art: Pulmonaria obscura

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2651	3326	4283	3
II	4,01-5,00	1306	2429	3260	4
III	5,01-6,00	-	715	-	1
IV	≥ 6,01	1674	2256	3340	3

Art: Rubus fruticosus agg.

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	3459	3739	4283	3
II	4,01-5,00	-	2357	-	1
III	5,01-6,00	-	3461	-	1
IV	≥ 6,01	1754	1893	2032	2

Art: Stellaria holostea

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	2561	3127	4283	5
II	4,01-5,00	2829	3045	3260	2
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	-	1754	-	1

Art: *Viola reichenbachiana*

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg•m ⁻² •7w ⁻¹]			nUF
		x _{min}	\bar{x} / x	x _{max}	
I	3,01-4,00	-	3803	-	1
II	4,01-5,00	1306	2475	3260	5
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	1674	1820	2032	3

4.8 Die Stickstoff-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens im Bereich der einzelnen Gesellschaften

Bei der Betrachtung der N-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens (0-14,8cm) der Gesellschaften AII, BI und BII ist zu berücksichtigen, dass die ermittelten Werte lediglich auf einer geringen Anzahl an Untersuchungsflächen basieren.

Flächen der Gesellschaft AI sind bei den Brutversuchen nicht vertreten, so dass lediglich Werte aus dem Bereich der Gesellschaften AII, BI und BII diskutiert werden können.

Im Rahmen der Untersuchung des Mineralstickstoffangebotes kommen in der Gesellschaft AII ausschließlich Flächen der pH-Bereiche I und II vor. Die Mittelwerte der betreffenden pH-Bereiche unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander und liegen bei ungefähr 3000 mg•m⁻²•7w⁻¹.

Die Gesellschaft BI zeigt vom pH-Bereich I bis hin zum pH-Bereich IV eine fortlaufende Abnahme der N-Nettomineralisationsrate um insgesamt über 1000 mg•m⁻²•7w⁻¹. Im pH-Bereich I liegt der Mittelwert der N-Nettomineralisationsrate über der entsprechenden Angabe für die Gesellschaft AII.

Auch bei der Gesellschaft BII verringert sich die N-Nettomineralisationsrate vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich IV (aus dem pH-Bereich III liegen keine Ergebnisse vor). Im pH-Bereich I befindet sich der Mittelwert der N-Nettomineralisationsrate ungefähr auf dem Niveau des entsprechenden pH-Bereichs bei der Gesellschaft AII und unter dem Wert für die Gesellschaft BI. Im Gegensatz dazu verfügt die Gesellschaft BII im pH-Bereich IV über eine höhere mittlere N-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens als die Gesellschaft BI. Das Absinken der N-Nettomineralisationsrate ist insgesamt vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich IV nicht so stark wie in den Böden der Gesellschaft BI.

Wie bereits bei der Betrachtung aller Untersuchungsflächen festgestellt wurde (vgl. Tab. 33), ist auch im pH-Bereich I bei den Böden der jeweiligen Gesellschaften keine oder keine deutlich geringere N-Nettomineralisationsrate ermittelt worden, als sie in den höheren pH-Bereichen vorliegt.

Auch bei den Gesellschaften fielen die Werte im pH-Bereich I in Relation zu den übrigen pH-Bereichen höher aus, wenn die N-Nettomineralisationsrate auch der organischen Auflagen einbezogen würden [durchgehend Of/(Of+Oh)-Lage].

Tabelle 50: N-Nettomineralisationsrate im oberen Mineralbodenbereich (0-14,8cm) bezogen auf die Untersuchungsflächen mit der jeweiligen Gesellschaft

x = Wert für eine Untersuchungsfläche (x aus 5 Brutversuchen)
 x_{\min} = kleinster für eine Untersuchungsfläche erhaltener (Mittel-)Wert
 x_{\max} = größter für eine Untersuchungsfläche erhaltener (Mittel-)Wert

\bar{x} = arithmetisches Mittel für die Untersuchungsflächen

nUF = Anzahl der Untersuchungsflächen mit der Gesellschaft

Gesellschaft: All

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x} / x	x_{\max}	
I	3,01-4,00	2684	2899	3459	4
II	4,01-5,00	-	2906	-	1
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	-	-	-	0

Gesellschaft: BI

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x} / x	x_{\max}	
I	3,01-4,00	2561	3247	4283	6
II	4,01-5,00	2357	2593	2829	2
III	5,01-6,00	715	2088	3461	2
IV	≥ 6,01	-	2032	-	1

Gesellschaft: BII

pH(CaCl ₂)-Bereich		N-Nettomineralisationsrate (NO ₃ ⁻ -N + NH ₄ ⁺ -N) [mg·m ⁻² ·7w ⁻¹]			nUF
		x_{\min}	\bar{x}	x_{\max}	
I	3,01-4,00	2826	2939	3045	3
II	4,01-5,00	1306	2495	3260	4
III	5,01-6,00	-	-	-	0
IV	≥ 6,01	1674	2259	3340	4

5. Zusammenfassung

Als Folge der steigenden Industrialisierung kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer gesteigerten Emission von Gasen, insbesondere von Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxiden (NO_x). Aus der Reaktion der genannten und anderer Gase mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasser entstanden starke Säuren, die hauptsächlich mit den Niederschlägen, als saurer Regen, auch in die Böden der Region Hannover eingetragen wurden.

Die in jüngerer Zeit offensichtlich eingetretenen Veränderungen des pH-Wertes sowie das Stickstoffangebot des Bodens bilden die Grundlage der Untersuchungen zum heutigen standörtlichen Verhalten von Bodenpflanzen und Vegetationseinheiten frühlingsgeophytenreicher Laubmischwälder der Region Hannover.

Die Wälder des Untersuchungsgebietes werden als lokal gefasste, ranglose *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft betrachtet, die zum Verband *Carpinion betuli* Issl. 24 tendiert. Im subatlantischen Klima Nordwestdeutschlands ist das *Stellario-Carpinetum* Oberd. 57 mit vielen Frische- und Feuchtezeigern die dominierende Assoziation des Verbandes. Da *Carpinus betulus* jedoch in einigen Vegetationsaufnahmen nicht vorkommt, ist eine völlige Übereinstimmung mit der genannten Assoziation nicht gegeben. Eine einzige enger gefasste Einheit zeigt eine leichte Tendenz in Richtung *Galio-Carpinetum* Oberd. 57. Viele Vegetationsaufnahmen dieser Einheit entstammen dem südlich gelegenen Kulf und weisen damit bereits auf subkontinentale und sommertrockene Standorte hin.

Eindeutig ist die Zugehörigkeit der vorliegenden Gesamtgesellschaft zur Ordnung *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 28 und damit zur Klasse *Querc-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 37.

Die *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft wurde auf der Grundlage von 190 Vegetationsaufnahmen in zwei Untergesellschaften gegliedert:

- trennartenfreie Untergesellschaft (Untergesellschaft A)
- Untergesellschaft von *Arum maculatum* (Untergesellschaft B).

Die weitere Differenzierung der Untergesellschaften führte zu insgesamt 28 enger gefassten Vegetationseinheiten.

Alle untersuchten Wälder unterliegen einer forstwirtschaftlichen Nutzung. Aus diesem Grund lässt sich im Einzelfall nicht mit letzter Sicherheit feststellen, inwieweit ein Wald der Gesamtgesellschaft in der Region natürlich oder anthropogen ist. Wahrscheinlich sind jene Bestände als ursprünglich einzustufen, die auf reliktschen Gleyen stehen. Die sich durch die Grundwasserabsenkungen ergebenden Veränderungen lassen die entsprechenden heutigen Wälder als potentielle Rotbuchenwälder erscheinen.

Die (wenigen) Bestände auf Auenlehm haben sich nach Ausbleiben von Überflutungen (infolge von Eindeichungen bzw. durch Vertiefungen des Flussbetts) offensichtlich aus einem *Querc-Ulmetum* zur vorliegenden Gesellschaft entwickelt. Die meisten Bestände stehen auf terrestrischen Böden (Parabraunerde, Terra fusca, Rendzina) und dürften ihre jetzige Zusammensetzung erst durch forstwissenschaftliche Umwandlung von Rotbuchenwäldern erhalten haben.

Auf der Basis von 83 Untersuchungsflächen wurde in den Jahren 1997/1998 das Verhalten von Waldbodenpflanzen und Untergesellschaften der *Carpinus betulus-Quercus robur*-Gesamtgesellschaft zur Bodenazidität untersucht.

Die Beurteilung der Bodenazidität auf der Grundlage der pH(CaCl₂)-Werte, bezogen auf die Referenztiefe von 5-10cm, ergab eine Einteilung in vier Gruppen:

- pH-Bereich I \triangleq pH(CaCl₂) 3,01 - 4,00
- pH-Bereich II \triangleq pH(CaCl₂) 4,01 - 5,00
- pH-Bereich III \triangleq pH(CaCl₂) 5,01 - 6,00
- pH-Bereich IV \triangleq pH(CaCl₂) \geq 6,01 (bis 7,09).

50 Bodenpflanzen, Frühlingsgeophyten sowie mit höherer Stetigkeit auftretende Nicht-Frühlingsgeophyten wurden über den „einfachen/relationalen Bindungsgrad“ (0-100%) nach ihrem heutigen Verhalten zur aktuellen Bodenazidität zu 9 Gruppen zusammengefasst. Vier Gruppen enthalten jeweils Spezies mit einem Schwerpunkt in einem der vier pH-Bereiche, fünf Gruppen umfassen Arten, die jeweils über mehr als einen pH-Bereich mit einem Bindungsgrad \geq 70% vorkamen. Für 16 Arten konnten mit dem Chi-Quadrat Test signifikante Differenzen bezüglich der relativen Häufigkeit in den vier pH-Bereichen nachgewiesen werden.

Das heutige Verhalten der berücksichtigten Arten gegenüber der aktuellen Bodenazidität wird mit dem Verhalten verglichen, das nach den Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) und nach Angaben von OBERDORFER (2001) zu erwarten wäre. Dabei wird davon ausgegangen, dass die genannten Autoren die Situation vor der starken Wirksamkeit des sauren Regens wiedergeben. Bei Ausschluss der Arten auf weniger als 14 der 83 Untersuchungsflächen ergibt sich für die dann verbliebenen 34 häufigeren Arten:

1. 5 Arten stehen heute saurer, als es nach ELLENBERG (1992) zu erwarten war. 4 dieser Spezies haben die Reaktionszahl 8. Ah-Horizonte mit einem entsprechenden pH(CaCl₂)-Wert (über 7) sind heute im Untersuchungsgebiet nur ausnahmsweise vorhanden. Dies könnte eine Folge des sauren Regens sein.
2. 8 Arten sind heute mit gleichem Bindungsgrad wie in höheren pH-Bereichen **auch** auf saureren Böden anzutreffen, als es nach ELLENBERG (1992) anzunehmen war. So kommen Arten mit der Reaktionszahl 7, was einem pH(CaCl₂)-Wert von 5-7 entspricht, heute mit gleicher relativer Häufigkeit auch im pH(CaCl₂)-Bereich 4-5 vor (Beispiele: *Arum maculatum*, *Ficaria verna*, *Stachys sylvatica*). Dies wird damit erklärt, dass trotz der starken Versauerung des Bodens durch den sauren Regen noch die im schwach sauren bis schwach alkalischen Milieu gebildete Humusform (L-Mull!) vorliegt. Gleiche Tendenzen zeigt ein Vergleich des heutigen Verhaltens der Arten im Untersuchungsgebiet gegenüber der Bodenazidität mit den Angaben von OBERDORFER (2001).
3. 5 Arten stehen heute im Untersuchungsgebiet weniger sauer oder auch weniger sauer, als es den Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1992) entspricht. Dieses Ergebnis ist jedoch zu relativieren (u.a. wird das Verhalten von 4 dieser Arten durch die entsprechenden von OBERDORFER 2001 angegebenen pH-Bandbreiten abgedeckt.) Hinzu kommen 3 Arten, die einerseits saurer, andererseits auch weniger sauer stehen, als es nach ELLENBERG (1992) zu erwarten war. (Arten werden unter 2. gezählt).
4. 4 Arten, die von ELLENBERG (1992) als „indifferent“ gegenüber der Bodenreaktion bezeichnet werden, haben im Untersuchungsgebiet (heute) einen pH-Schwerpunktbereich.

5. 5 Arten haben im Einklang mit ELLENBERG (1992) im Untersuchungsgebiet keinen pH-Schwerpunkt.
Von diesen Spezies stehen *Anemone nemorosa* und *Impatiens parviflora* heute mit einem Bindungsgrad $\geq 70\%$ auch im pH(CaCl₂)-Bereich 3-4, während nach OBERDORFER (2001) ein pH(CaCl₂)-Wert oberhalb von 4 zu erwarten war.
6. 10 Arten mit Reaktionszahlen bei ELLENBERG (1992) haben ihr Verhalten nicht geändert.
7. *Rubus fruticosus* agg. ist von ELLENBERG (1992) bezüglich des Verhaltens zur Bodenreaktion nicht bewertet worden.

Als wesentlicher Befund ergibt sich: Geben ELLENBERG (1992) und OBERDORFER (2001) das Verhalten der Arten gegenüber der aktuellen Bodenazidität aus der Zeit vor der starken Wirksamkeit des sauren Regens wieder, dann stehen heute 15 der 34 häufigsten Arten (vgl. 1., 2., 5.) im Untersuchungsgebiet saurer oder auch saurer als früher.

Werden nur die 33 häufigsten Arten (ohne *Rubus fruticosus* agg.) mit Vorkommen auf ≥ 14 der 83 Untersuchungsflächen berücksichtigt, dann ergibt sich : 1.: 5 Arten; 2.: 8 Arten; 3.: 5 Arten; 4.: 4 Arten; 5.: 5 Arten; 6.: 6 Arten. Von den 33 Arten stehen 15 (unter Einschluss von *Anemone nemorosa* und *Impatiens parviflora*) heute saurer oder auch saurer als früher.

In jedem Falle lässt sich feststellen, dass die Reaktionszahlen von ELLENBERG (1992) heute für das Untersuchungsgebiet nicht oder nur sehr eingeschränkt gültig sind.

Außer bei den Waldbodenpflanzen wurde von acht höherrangigen Untereinheiten der Gesamtgesellschaft die Bindung an die aktuelle Bodenazidität untersucht.

Diese Einheiten unterscheiden sich deutlich bezüglich ihrer Bindung an die einzelnen pH-Bereiche des Bodens.

Die auf 27 Untersuchungsflächen bezogenen im Geländebrutversuch erhaltenen mittleren Stickstoff-Nettomineralisationsraten, NO₃⁻-N-Nettoraten und NH₄⁺-N-Nettoraten haben völlig überraschend ergeben, dass es zu keiner Abnahme der N-Freisetzung mit steigender aktueller Bodenazidität gekommen war. Dies gilt bereits bei alleiniger Berücksichtigung des Mineralbodenbereichs 0-14,8cm Bodentiefe. Unter Einschluss der Werte der Of- und Oh-Lagen waren die N_{min}-Werte im pH-Bereich I merklich höher als in den übrigen pH-Bereichen (F-Mull, daneben mullartiger Moder und Typischer Moder überwiegend bzw. ausschließlich im pH-Bereich I, in den übrigen pH-Bereichen überwiegend L-Mull). Die hohen N_{min}-Werte im pH-Bereich I werden in Zusammenhang mit einer noch günstigen Humusqualität betrachtet und sind vielleicht auch im Zusammenhang mit jüngeren Stickstoff-Depositionen zu sehen.

Die N-Nettomineralisationsrate des Mineralbodens wurde für 24 Waldbodenpflanzen untersucht, die auf mindestens sieben Untersuchungsflächen vorkamen. Die Böden der meisten Arten verfügten im pH-Bereich I sogar über eine mittlere N-Nettomineralisationsrate, die höher war als bei dem Mittel der Gesamtheit aller Flächen. Zu den Arten mit unterdurchschnittlicher N-Nettomineralisationsrate im pH-Bereich I gehörten u.a. *Corydalis cava*, *Glechoma hederacea*, *Impatiens parviflora* und *Oxalis acetosella*.

Bei einer großen Anzahl an Arten war im Mineralboden (0-14,8cm) ein Absinken der N-Nettomineralisationsrate vom pH-Bereich I bis zum pH-Bereich IV festzustellen: z.B. bei *Anemone ranunculoides*, *Athyrium filix-femina*, *Circaea lutetiana*, *Corydalis cava* und *Polygonatum multiflorum*.

Allgemein lässt sich feststellen, dass die Böden mit dem geringsten pH-Wert meistens über die höchste N-Nettomineralisationsrate verfügten.

Das für die Gesellschaften AII, BI und BII ermittelte Mineralstickstoffangebot des Bodens stimmt in der Kernaussage sowohl mit dem der Arten als auch mit dem der gesamten Untersuchungsflächen überein: Die N-Nettomineralisationsrate, die NO_3^- -N-Nettorate und die NH_4^+ -N-Nettorate wiesen den jeweils höchsten Mittelwert im pH-Bereich I auf.

Insgesamt bleibt abzuwarten, ob die hohen Nmin-Werte im pH-Bereich I von Dauer sein oder aber sinken werden, sobald die Mikroorganismen die jetzigen stabilen Humusverbindungen aufgezehrt haben.

6 Literaturverzeichnis

- ADAM, M. & DIERSCHKE, H. (1990): Laubwaldgesellschaften nordwestdeutscher Lößgebiete.- *Tuexenia* 10: 433-442. Göttingen.
- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. Aufl., 392 S., Hannover.
- ALEXANDER, M. (1977): Introduction to soil microbiology.- 2. ed. John Wiley & sons, New York.
- BARKMAN, J.J., DOING, H. & SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse.- *Acta Bot. Neerland.* 13: 394-419.
- BAUMEISTER, W. & ERNST, W. (1978): Mineralstoffe und Pflanzenwachstum.- 3. Aufl. G. Fischer, Stuttgart, New York.
- BECK, T. (1968): Mikrobiologie des Bodens.- Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München.
- BECK, T. (1979): Die Nitrifikation in Böden.- *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 142: 344-364.
- BLUME, H.-P. (1981): Alarmierende Versauerung Berliner Forsten.- *Berliner Naturschutzblätter* 75: 713-715.
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen.- *ecomed*, Landsberg/Lech: 686 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie.- 3. Aufl., 865 S., Wien.
- DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1983): Waldschäden und Luftverunreinigungen.- *Sondergutachten*, 172 S., Stuttgart und Mainz.
- DIERSCHKE, H. (1974): Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortsgefälle an Wald-rändern.- *Scripta Geobotanica* 6: 246 S., Göttingen.
- DIERSCHKE, H. (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. Göttingen.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden.- 683 S., Stuttgart.
- DIETZ, C. (1973): Geologische Karte von Niedersachsen, Erläuterungen zu Blatt Lehrte, Nr. 3625.- 83 S., Hannover.
- DOXTADER, K.G. & ALEXANDER, M. (1966): Nitrification by heterotrophic soil microorganisms.- *Soil Sci. Amer. Proc.* 30: 351-355.

- DRACHENFELS, O. v. (Bearb.) (1994): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der nach §28a und §28b NNatG geschützten Biotope, Stand September 1994.- Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs., Heft A/4: 1-192. Hannover.
- EBERT, A., GRUPE, O. & GÖRZ, G. (1928): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Gehrden, Nr. 3623.- 78 S., Berlin.
- ELLENBERG, H. (1939): Über Zusammensetzung, Standort und Stoffproduktion bodenfeuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands.- Mitt. Florist. Soziol. Arb. gem. Niedersachsen 5: 3-135. Hannover.
- ELLENBERG, H. (1958): Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage).- Handb. Pflanzenphysiologie 4: 638-708. Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- ELLENBERG, H. (1964): Stickstoff als Standortsfaktor.- Ber. Deut. Botan. Gesell. 77 (3): 82-92.
- ELLENBERG, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- Scripta Geob. 9. Göttingen: 97 S.
- ELLENBERG, H. (1977): Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften.- Oecol. Plant. 12: 1-22.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen (ohne Rubus). In: ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl.- Scripta Geobot. 18: 6-166. Göttingen.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.- 1095 S., Stuttgart.
- ENO, F. (1960): Nitrate production in the field by incubating the soil in polyethylene bags.- Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24: 277-279.
- FORSTLICHE STANDORTSAUFNAHME (1996): Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen/bearb. u. zsgest. vom „Arbeitskreis Standortskartierung“ in der „Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung“- 5. Aufl., 352 S., Eching bei München.
- GERLACH, A. (1973): Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnetto-mineralisation.- Scripta Geobotanica V, 115 S., Göttingen.
- GÖNNERT, T (1989): Ökologische Bedingungen verschiedener Laubwaldgesellschaften des Nordwestdeutschen Tieflandes.- Dissertationes Botanicae 136, 224 S., Berlin und Stuttgart.
- GRENZIUS, R. (1984): Starke Versauerung der Waldböden Berlins.- Forstwissenschaftl. Centralblatt 103: 131-139.
- GRIMME, K. (1977): Wasser- und Nährstoffversorgung von Hangbuchenwäldern.- Scripta Geobotanica XII, 58 S., Göttingen.

- GRUPE, O. (1927a): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Rodenberg, Nr. 3622.- 47 S., Berlin.
- HÄRDITZ, W. (1995): Vegetation und Standort der Laubwaldgesellschaften (Quercus-Fagetalia) im nördlichen Schleswig-Holstein.- Mitt. Arbgem Geobot. Schl.-Holst u. Hamb. 48, 441 S., Kiel.
- HELLMEIER, D. (1987): Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Vegetation und Standort im Forst Studen-Horn bei Gestorf (unter zusätzlicher Verwendung von Vegetationsaufnahmen aus dem Jahre 1986).- Staatsexamensarb. Univers. Hannover: 74 S.
- HESSELMANN, H. (1917): Studien über die Nitratbildung in natürlichen Böden und ihre Bedeutung in pflanzenökologischer Sicht.- Medd. Stat. Skogsförs. Anst. 13/14: 297-422.
- HÖFLE, H.C. & SCHNEEKLOTH, H. (1974): Geologische Karte von Niedersachsen, Erläuterungen zu Blatt Otternhagen, Nr. 3423.- 56 S., Hannover.
- HOFFMANN, A (1927): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Elze, Nr. 3824.- 44 S., Berlin.
- HOFFMANN, G. & TEICHER, K. (1961): Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivität in Böden.- Z. Pflernähr., Düng., Bodenk. 95: 55-63.
- HOFMEISTER, H. (1990): Die Pflanzengesellschaften des Hildesheimer Waldes.- Tuexenia 10: 443-473. Göttingen.
- KANDELER, E. & GERBER, H. (1988): Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium.- Biol. Fertil. Soils 6: 68-72. (zit. n. SCHINNER, F. et al. 1991.)
- KINZEL, H. (1982): Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel.- 534 S., Stuttgart.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & VOLESKE, P. (1984): Biometrie. Einführung in die Statistik für Biologen und Agrarwissenschaftler.- 255 S., Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- KRIEBITZSCH, W.-U. (1978): Stickstoffnachlieferung in sauren Waldböden Nordwestdeutschlands.- Scripta Geobotanica XIV, 66 S., Göttingen.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGGER, G. (1994): Bodenkunde.- 424 S., Stuttgart.
- LANG, E. (1986): Heterotrophe und autotrophe Nitrifikation untersucht an Bodenproben von drei Buchenstandorten.- Göttinger Bodenk. Ber., 89, 1-199.
- LANG, B. & VEJDELEK, Z.J. (1987): Photometrische Analyse.- 634 S., Weinheim.
- LÜDERS, R., MÜLLER, W. & OELKERS, K.H. (1974): Karten des Naturraumpotentials – Teil A: Bodenkundliche Standortkarte.- Hannover.

- MARSHALL, K.G. & ALEXANDER, M. (1962): Nitrification by *Aspergillus flavus*. - J. Bacteriol. 83, 572-578.
- MEDERAKE, R. & SCHMIDT, W. (1991): Pflegeversuche zur Sukzessionslenkung auf Straßenbegleitflächen – Untersuchungszeitraum 1984-1989 – Möglichkeiten und Grenzen standortsgemäßer Vegetationsentwicklung unter dem Einfluß extensiver Pflegemaßnahmen, 2. Teil.- Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 618, 207 S., Bonn-Bad Godesberg.
- MEINS, C. (1996): Stickstoffmineralisierung in niedersächsischen Ackerböden im Winterhalbjahr.- 140 S., Hannover.
- MEYNEN, E. & SCHMIDTHÜSEN, J. (1953): Kartenbeilage „Verwaltungsgrenzenkarte von Deutschland mit naturräumlicher Gliederung“ zum Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- 1. Lieferung, Bonn.
- MEYNEN, E. & SCHMIDTHÜSEN, J. (1957): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- 5. Lieferung, Bonn.
- MEYNEN, E., SCHMIDTHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, H., MÜLLER, M. & SCHULTZE, H.J. (1959): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- 6. Lieferung, Bonn.
- MÖLLER, D. & SCHMIDT, B. (Hrsg.) (1985): Dynamik des Waldsterbens.- 265 S., Berlin, Heidelberg, New York und Tokyo.
- MÖLLER, H. (1970): Soziologisch-ökologische Untersuchungen in Erlenwäldern Holsteins.- Mitt. Arbeitsgem. Flor. Schleswig-Holstein und Hamburg 19, 109 S., Kiel.
- MÖLLER, H. (1975): Soziologisch-ökologische Untersuchungen der Sandküstenvegetation an der schleswig-holsteinischen Ostsee.- Mitt. Arbgem. Geobot. Schl.-Holst. u. Hamb. 26. Kiel. 166 S.
- MÖLLER, H. (1979): Das *Chrysosplenio oppositifolii*-*Alnetum glutinosae* (Meij. Drees 1936), eine neue *Alno*-*Padion*-Assoziation.- Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 21: 167-180, Göttingen.
- MÖLLER, H. (1981a): Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen der Urease- und Saccharaseaktivität des Bodens und der Humusform, vorgenommen an drei *Melico*-*Fagetum*-Ökosystemen des Deisters. Ein Beitrag zur Indikatorfunktion für die biologische Aktivität des Bodens.- Flora 171: 367-386. Jena.
- MÖLLER, H. (1981b): Beziehungen zwischen Enzymaktivität und Humusqualität in Böden des *Luzulo*-*Fagetum* und seiner Fichten-Ersatzgesellschaft im Deister. Zur Indikatorfunktion von Enzymen für die biologische Aktivität des Bodens.- Acta Oecologia. Oecol. Gener. 2 (4): 313-325. Paris.
- MÖLLER, H. (1987a): Die Ureaseaktivität organischer Auflagen als Indikator für die biologische Aktivität des Bodens in drei Ökosystemen der Eilenriede (Stadtwald von Hannover, BRD).- Flora 179: 381-398. Jena.

- MÖLLER, H. (1987b): Beziehungen zwischen Vegetation und Humuskörper in der Eilenriede (Hannover), einem Stadtwald mit menschlich beeinflussten Böden.- Tuexenia 7: 427-446. Göttingen.
- MÖLLER, H. (1997): Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren für die Humusform in terrestrischen Waldökosystemen im Raum Hannover.- Tuexenia 17: 349-365. Göttingen.
- MÖLLER, H. (2003): Zum Gebrauch des arithmetischen Mittels der pH-Werte von Böden.- Tuexenia 23: 397-399. Göttingen.
- MÖLLER, H. (2005): Zur Bestimmung von pH-Werten des Bodens auf der Basis des Bodenvolumens. Mskr.
- MÖLLER, H., AGENA, I. & WETTERAU, A.(2001): Reaktions- und Stickstoffzahlen nach Ellenberg als Indikatoren chemischer Kenngrößen der biologischen Aktivität oberflächennaher Torfe.- Tuexenia 21: 257-271. Göttingen.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1993): Die Bodenkunde.- 579 S., 4. Aufl., DLG, Frankf./M.
- MÜLLER, E.H. (1956): Die Bodenkartierung zum Zwecke der forstlichen Standorterkundung In Nordrhein-Westfalen.- Allg. Forst- u. Jagdz. 127 (8/9): 157-164.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete.- 8. Aufl., 1051 S., Stuttgart.
- PREISING, E., WEBER, H.E. & VAHLE, H.-C. (2003): Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens – Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme, Wälder und Gebüsch.- Naturschutz Landschaftspfl. Nieders., Heft 20/2: 1-139, Hildesheim.
- POTT, R. (1981): Der Einfluß der Niederholzwirtschaft auf die Physiognomie und die floristisch-soziologische Struktur von Kalkbuchenwäldern.- Tuexenia 1: 233-242. Göttingen.
- POTT, R. (1985): Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen.- Abh. Landesmus. Naturk. Münster 47(4). Münster.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands.- 2., überarb. und stark erw. Aufl. UTB für Wissenschaft: Große Reihe.- 622 S., Ulmer, Stuttgart.
- REHFUESS, K.E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2. Aufl.- Parey, Berlin und Hamburg: 294 S.
- RENNER, E. (1970): Mathematisch-statistische Methoden in der praktischen Anwendung.- Berlin u. Hamburg.
- RUNGE, M. (1970): Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralstickstoff-Nachlieferung am Standort.- Flora, Abt. B, 159: 233-257.

- RUNGE, M. (1974a): Die Stickstoff-Mineralisation im Boden eines Sauerhumus-Buchenwaldes, I. Mineralstickstoff-Gehalt und Netto-Mineralisation.- *Oecol. plant.* 9 (3): 201-218.
- RUNGE, M. (1974b): Die Stickstoff-Mineralisation im Boden eines Sauerhumus-Buchenwaldes, II. Nitratproduktion.- *Oecol. plant.* 9 (3): 219-230.
- RUNGE, M. (1978): Die Stickstoff-Mineralisation im Boden einer montanen Goldhaferwiese (*Trisetum flavescens*). *Oecol. Plant.* 13: 147-162.
- SACHS, L. (1992): *Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden.*- 7. Aufl., 846 S., Berlin, Heidelberg, New York.
- SBRZESNY, K. (2000): Die Pflanzengesellschaften der Weg- und Straßenränder in der Region Hannover und die Beziehungen dieser Gesellschaften zu Gestein und Boden.- Diss. Univ. Hannover, 153 S.
- SBRZESNY, K. (2002): Die Pflanzengesellschaften der Weg- und der Straßenränder in der Region Hannover und die Beziehungen dieser Gesellschaften zu Gestein und Boden.- Diss. Bot. 355, 152 S., Berlin und Stuttgart
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde.*- 15. Aufl., 593 S., Heidelberg, Berlin.
- SCHINNER, F., ÖHLINGER, R. & KANDELER, E. (1991): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden.*- 213 S., Berlin, Heidelberg.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. & STAHR, K. (1995): *Bodenkundliches Praktikum.*- 295 S., Wien.
- SCHROEDER, D. (1992): *Bodenkunde in Stichworten.*- 5., rev. u. erw. Aufl. von Blum, W.E.H.- Bornträger; Berlin, Stuttgart: 175 S.
- SEEDORF, H.H. & MEYER, H.H. (1992): *Landeskunde Niedersachsen – Natur- und Kulturgeschichte eines Bundeslandes, Bd. 1: Historische Grundlagen und naturräumliche Ausstattung.*- Neumünster.
- SINGER, P. & FLIEDNER, D. (1970): *Niedersachsen.*- 330 S., München, Frankfurt, Berlin, Hamburg, Essen.
- STEUBING, L. & FANGMEIER, A. (1992): *Pflanzenökologisches Praktikum. Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie.*- Ulmer, Stuttgart, 205 S.
- VOGEL, A. (1981): *Klimabedingungen und Stickstoff-Versorgung von Wiesengesellschaften verschiedener Höhenstufen des Westharzes.*- Diss. Bot. 60, 168 S., Vaduz.
- WALLACE, W. & NICHOLAS, D.J. (1966): *The biochemistry of nitrifying microorganisms.*-*Biol. Rev.* 44, 359-391.
- WEBER, E. (1980): *Grundriß der biologischen Statistik.*- 8. Aufl., 652 S., Stuttgart, New York.

- WEBER, H.E. (1992): Zeigerwerte der Rubus-Arten. In: ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl.- Scripta Geobot. 18: 167-174. Göttingen.
- WITTICH, W. (1963): Bedeutung einer leistungsfähigen Regenwurmfauna unter Nadelwald für Streuzersetzung, Humusbildung und allgemeine Bodendynamik.- Schr.reihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen 30: 3-60.
- WITTMANN, O. & FETZER, K.D. (1982): Aktuelle Bodenversauerung in Bayern.- Bayer. Staatsmin. Landesentw. U. Umweltfagen - Materialien 20.
- WUNDRAM, A. & MÖLLER, H. (2005): Statistische Erfassung jahreszeitlicher Schwankungen der pH(CaCl₂)-Werte des Bodens von Laubmischwäldern in der Region Hannover. Mskr.
- ZEZSCHWITZ, E. v. (1968): Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Ein Beitrag zur Kenntnis der Trophie.- Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 16: 143-174.
- ZEZSCHWITZ, E. v. (1980): Analytische Kennwerte typischer Humusformen westfälischer Bergwälder.- Z. Pfl. Ernähr., Bodenk. 143 (6): 692-700.
- ZÖTTL, H. (1958): Bestimmung der Stickstoffmineralisation im Waldhumus durch den Brutversuch.- Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkde. 81: 35-49.

Anhang: Übersicht

Abb. 3: Berücksichtigte Waldgebiete

Tab. 1: Lage der Aufnahmeflächen

Tab. 2: Mittlere pH(H₂O)- und pH(CaCl₂)-Werte aus verschiedenen Bodentiefen mit Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem pH(CaCl₂)-Bereich bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

Tab. 3: pH(CaCl₂)-Werte in 5-10cm Bodentiefe in den verschiedenen Untersuchungs-Zeiträumen

Tab. 4: Ureaseaktivität [$\text{mg NH}_3\text{-N} \cdot (100\text{ml Boden})^{-1} \cdot 2\text{h}^{-1}$] und C/N-Verhältnis in 0-14,8cm Tiefe mit Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem pH(CaCl₂)-Bereich (Referenz-Bodentiefe 5-10cm)

Tab. 5: Daten zur N-Nettomineralisation

Tab. 5A1: N-Nettomineralisationsrate im Mineralboden (0-14,8cm)

Tab. 5A2: NO₃⁻-N-Nettorate im Mineralboden (0-14,8cm)

Tab. 5A3: NH₄⁺-N-Nettorate im Mineralboden (0-14,8cm)

Tab. 5A4: Nitrifikationsgrad im Mineralboden (0-14,8cm)

Tab. 5B1: N-Nettomineralisationsrate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

Tab. 5B2: NO₃⁻-N-Nettorate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

Tab. 5B3: NH₄⁺-N-Nettorate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

Tab. 6: Von der Station Hannover Flughafen in den berücksichtigten Zeiträumen gemessene Lufttemperaturen und Niederschlagssummen (Datenbasis: Deutscher Wetterdienst)

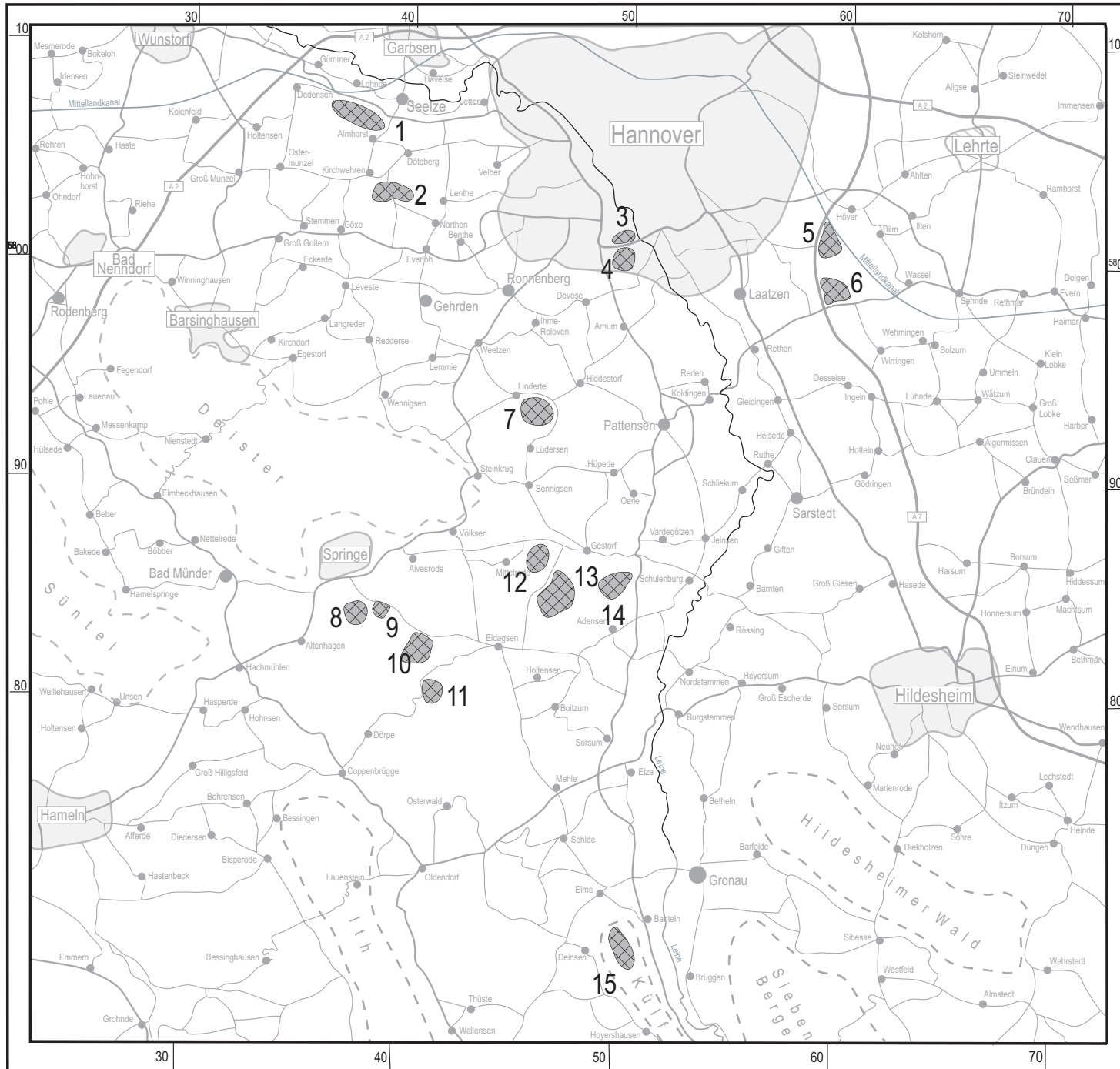


Abb. 3: Berücksichtigte Waldgebiete:

- 1 Lohder Holz
- 2 Wald bei Kirchwehren
- 3 Ricklinger Bad
- 4 Ricklinger Holz
- 5 Gaim
- 6 Bockmerholz
- 7 Stamstorfer Holz
- 8 Springe, hinter Krankenhaus
- 9 Parkplatz am Kleinen Deister
- 10 Elmschebruch
- 11 Holzmühle
- 12 Limberg
- 13 Hallerburger Holz
- 14 am Bodelschwing-Hof
- 15 Kulf



Tab. 1: Lage der Aufnahme­flächen**Einheit A:**

Einheit	lfd. Nr. in den Vegeta- tionstabellen der Anlage	Aufnahmenr.	Rechtswert	Hochwert
AI	1	69	35 496	58 001
	2	63	35 498	58 002
	3	61	35 498	58 003
	4	62	35 497	58 003
	5	78	35 493	58 001
	6	69a	35 496	57 999
AIIaa	7	262	35 380	57 846
	8	286	35 395	58 028
	9	94a	35 596	58 014
	10	279a	35 373	58 062
AIIab	11	275a	35 391	58 060
	12	123	35 474	57 930
	13	277	35 386	58 062
	14	105	35 469	57 933
	15	106	35 468	57 933
	16	193	35 470	57 867
AIIba	17	151	35 482	57 844
	18	284	35 395	58 033
	19	163	35 484	57 842
	20	162	35 483	57 843
	21	282	35 393	58 031
AIIbb	22	281	35 386	58 057
	23	294	35 394	58 031
	24	150	35 484	57 845
	25	189	35 469	57 868
AIIca	26	102	35 602	57 990
	27	104	35 604	57 988
	28	103a	35 603	57 989
AIIcb	29	101	35 601	57 991
	30	293	35 395	58 030
	31	99	35 597	57 989

**Einheit B:
BIa**

Einheit	lfd. Nr. in den Vegeta- tionstabellen der Anlage	Aufnahmenr.	Rechtswert	Hochwert	
Blaaa	1	68	35 497	58 001	
	2	72	35 495	58 002	
	3	117	35 463	57 930	
Blaab	4	82	35 600	58 009	
	5	204	35 496	57 693	
	6	203	35 496	57 694	
Blabaa	7	255	35 381	57 845	
	8	276	35 385	58 063	
	9	278	35 384	58 062	
	10	288	35 400	58 034	
	11	252	35 387	57 842	
	12	124	35 471	57 929	
	13	147	35 480	57 847	
	14	198	35 469	57 861	
	Blabab	15	164	35 487	57 841
		16	130	35 507	57 858
		17	100	35 601	57 992
18		125	35 470	57 929	
19		254	35 386	57 842	
20		148	35 481	57 848	
21		251	35 388	57 843	
22		173	35 484	57 851	
23		283	35 393	58 032	
24		143	35 504	57 857	
25		195	35 470	57 866	
26		195a	35 470	57 865	
27	259	35 383	57 842		
28	107	35 467	57 932		
29	120	35 465	57 931		
Blabba	30	285	35 398	58 033	
	31	167	35 486	57 845	
	32	84	35 598	58 010	
	33	92	35 594	58 016	
Blabbb	34	103	35 604	57 989	
	35	83	35 599	58 010	
	36	126	35 469	57 925	
	37	280	35 368	58 063	
	38	89	35 593	58 013	
	39	86	35 597	58 011	
	40	87	35 596	58 011	
	41	292	35 397	58 027	
	42	273	35 393	58 061	
	43	93	35 595	58 017	

44	170	35 491	57 848
45	165	35 483	57 847
46	88	35 595	58 012
47	274	35 392	58 061

**Einheit B:
BIb**

Einheit	lfd. Nr. in den Vegeta- tionstabellen der Anlage	Aufnahmenr.	Rechtswert	Hochwert
BIba	1	116	35 465	57 933
	2	112	35 470	57 934
	3	114	35 467	57 934
	4	95	35 603	57 994
BIbbaa	5	113	35 468	57 932
	6	134	35 505	57 857
	7	132	35 506	57 858
	8	133	35 506	57 859
	9	121	35 465	57 930
	10	66	35 498	58 001
	11	97	35 600	57 987
	12	96	35 602	57 994
	13	279	35 373	58 060
	14	158	35 477	57 845
BIbbab	15	129	35 510	57 856
	16	289	35 400	58 028
BIbbba	17	227	35 423	57 823
	18	238	35 428	57 822
	19	122	35 464	57 930
BIbbb	20	140	35 505	57 856
	21	205	35 498	57 690
	22	160	35 483	57 850
	23	161	35 483	57 849
	24	169	35 490	57 847
	25	91	35 593	58 015
	26	166	35 485	57 846
	27	168	35 491	57 847
	28	94	35 594	58 010
	29	171	35 490	57 848
BIabba	30	194	35 469	57 866
	31	149	35 481	57 846
	32	172	35 485	57 850
	33	81	35 600	58 009

**Einheit B:
BII**

Einheit	lfd. Nr. in den Vegeta- tionstabellen der Anlage	Aufnahmenr.	Rechtswert	Hochwert
BIIaaa	1	56	35 502	58 008
	2	58	35 500	58 008
	3	54	35 500	58 009
	4	59	35 501	58 007
	5	57	35 501	58 008
	6	298	35 399	57 982
	7	297	35 398	57 980
BIIaab	8	79	35 494	57 999
	9	64	35 496	58 000
	10	60	35 499	58 006
	11	73	35 495	57 999
	12	65	35 497	58 000
	13	74	35 497	57 999
	14	67	35 498	58 000
	15	71	35 496	58 002
	16	55	35 499	58 009
BIIaba	17	214	35 505	57 683
	18	192	35 469	57 867
	19	208	35 502	57 685
BIIabb	20	212	35 512	57 675
	21	219	35 499	57 693
	22	218	35 504	57 686
	23	210	35 503	57 681
	24	209	35 503	57 684
	25	211	35 509	57 677
	26	213	35 505	57 681
	27	207	35 500	57 689
	BIIabc	28	206	35 500	57 690
29		180	35 469	57 862
30		186	35 466	57 864
31		183	35 467	57 863
32		178	35 470	57 859
33		187	35 467	57 868
34		301	35 471	57 861
35		154	35 481	57 845
36		145	35 475	57 848
37		144	35 473	57 848
38		188	35 468	57 869
BIIba	39	153	35 480	57 845
	40	146	35 479	57 847
	41	244	35 419	57 807
	42	154	35 480	57 844
	43	177	35 475	57 847

	44	258	35 382	57 841
	45	128	35 511	57 856
	46	174	35 479	57 841
	47	155	35 480	57 846
	48	299	35 273	57 803
	49	296	35 398	57 979
BIIbbaa	50	175	35 480	57 840
	51	246	35 417	57 808
	52	196	35 472	57 864
BIIbbab	53	139	35 502	57 856
	54	141	35 501	57 855
	55	176	35 480	57 839
	56	245	35 416	57 809
	57	138	35 503	57 858
	58	142	35 500	57 854
	59	137	35 508	57 860
BIIbbba	60	231	35 421	57 824
	61	156	35 479	57 846
	62	226	35 425	57 824
	63	228	35 423	57 821
	64	131	35 507	57 859
	65	230	35 421	57 822
	66	98	35 600	57 992
	67	242	35 415	57 807
	68	235	35 425	57 820
	69	233	35 420	57 820
	70	232	35 421	57 820
	71	234	35 420	57 823
	72	236	35 427	57 821
	73	237	35 427	57 820
	74	239	35 427	57 822
	75	229	35 422	57 821
	76	240	35 428	57 823
BIIbbbb	77	157	35 477	57 846
	78	136	35 510	57 859
	79	135	35 510	57 858

Tab. 2: Mittlere pH(H₂O)- und pH(CaCl₂)-Werte aus verschiedenen Bodentiefen mit Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem pH(CaCl₂)-Bereich bei der Referenz-Bodentiefe 5-10cm

pH-Bereich I

Aufnahmenr./ Gebiet	61 Ricklinger Holz		62 Ricklinger Holz		67 Ricklinger Holz		79 Ricklinger Holz		81 Gaim	
	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,34	4,53	4,85	4,03	5,00	4,18	4,88	4,03	4,97	4,10
Oh	5,18	4,22	4,53	3,77	4,67	3,96	-	-	-	-
1-3cm	4,68	3,65	4,28	3,49	4,60	3,70	4,61	3,67	4,94	3,99
5-10cm	4,59	3,65	4,30	3,56	4,56	3,67	4,56	3,55	4,84	3,75
15-20cm	4,66	3,76	4,70	3,85	4,76	3,83	4,52	3,62	5,01	3,99
35-40cm	4,78	3,80	5,11	4,21	5,24	4,26	4,52	3,69	4,99	4,05

Aufnahmenr./ Gebiet	91 Gaim		102 Bockmerholz		103 Bockmerholz		105 Stamstorfer Holz		106 Stamstorfer Holz	
	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,57	4,65	5,10	4,36	4,97	4,22	6,46	5,26	5,78	4,84
Oh	5,26	4,24	4,93	3,96	-	-	-	-	5,60	4,50
1-3cm	4,84	3,75	4,25	3,19	4,58	3,50	5,75	4,60	4,84	3,89
5-10cm	4,90	3,82	4,30	3,25	4,42	3,43	4,99	3,83	4,58	3,61
15-20cm	5,06	4,05	4,49	3,54	5,35	4,36	4,75	3,80	4,77	3,79
35-40cm	5,23	4,13	4,65	3,78	6,23	5,47	4,70	3,86	4,95	3,94

Aufnahmenr./ Gebiet	124 Stamstorfer Holz		130 am Bodel- schwing-Hof		144 Hallerburger Holz		146 Hallerburger Holz		147 Hallerburger Holz	
	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,36	4,30	5,86	5,19	5,66	4,92	4,99	4,22	5,52	4,58
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	4,91	4,02	5,12	4,15	5,22	4,04	4,58	3,52	4,84	3,72
5-10cm	4,82	3,81	5,03	3,96	5,01	3,92	4,54	3,54	4,63	3,67
15-20cm	5,18	3,99	5,42	4,30	4,99	3,90	4,54	3,60	4,66	3,65
35-40cm	5,80	4,64	5,85	4,76	5,06	4,02	4,74	3,81	4,67	3,85

Aufnahmenr./ Gebiet	148 Hallerburger Holz		150 Hallerburger Holz		151 Hallerburger Holz		153 Hallerburger Holz		162 Hallerburger Holz	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,43	4,51	5,79	4,92	5,35	4,33	5,64	4,52	5,48	4,47
Oh	-	-	-	-	5,06	4,14	-	-	-	-
1-3cm	4,74	3,69	5,30	4,16	4,49	3,67	4,64	3,64	4,51	3,42
5-10cm	4,68	3,74	4,94	3,93	4,56	3,66	4,45	3,62	4,46	3,51
15-20cm	4,62	3,82	5,30	4,04	4,67	3,87	4,40	3,58	4,52	3,73
35-40cm	4,74	3,93	6,02	4,62	4,69	3,92	4,78	3,91	4,62	3,80

Aufnahmenr./ Gebiet	164 Hallerburger Holz		189 Limberg		254 Parkplatz am Kleinen Deister		255 Springe, hinter Krankenhaus		262 Springe, hinter Krankenhaus	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,43	4,45	5,12	4,52	4,85	3,94	5,33	4,06	5,00	4,38
Oh	-	-	-	-	4,88	3,91	-	-	4,95	4,01
1-3cm	4,95	4,07	4,83	3,90	4,76	3,70	4,92	3,98	4,59	3,72
5-10cm	4,89	3,95	4,66	3,82	4,62	3,71	4,80	3,73	4,38	3,67
15-20cm	5,08	4,25	4,64	3,74	4,91	3,91	4,67	3,80	4,68	3,90
35-40cm	5,26	4,41	4,72	3,83	5,15	4,14	5,19	4,23	5,22	4,40

Aufnahmenr./ Gebiet	273 Lohnder Holz		277 Lohnder Holz		282 Wald bei Kirchwehren		283 Wald bei Kirchwehren		284 Wald bei Kirchwehren	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,75	4,74	4,83	4,02	4,86	4,15	-	-	5,38	4,56
Oh	5,54	4,61	-	-	-	-	-	-	5,21	4,24
1-3cm	5,29	4,24	4,37	3,38	4,40	3,44	4,80	3,71	4,67	3,72
5-10cm	4,55	3,60	4,36	3,40	4,40	3,42	5,48	3,95	4,38	3,50
15-20cm	4,57	3,70	4,49	3,71	4,47	3,62	6,00	4,82	4,62	3,72
35-40cm	4,66	3,77	4,62	3,79	4,58	3,73	6,59	5,38	5,45	3,98

Aufnahmenr./ Gebiet	285 Wald bei Kirchwehren		292 Wald bei Kirchwehren		294 Wald bei Kirchwehren	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,60	4,80	4,92	4,23	5,09	4,19
Oh	-	-	5,41	4,50	5,41	4,50
1-3cm	4,52	3,51	5,00	3,83	4,78	3,74
5-10cm	4,36	3,37	4,77	3,79	4,51	3,40
15-20cm	4,40	3,54	4,78	3,88	4,61	3,84
35-40cm	4,58	3,67	5,04	3,99	4,75	3,88

pH-Bereich II

Aufnahmenr./ Gebiet	54 Ricklinger Bad		65 Ricklinger Holz		82 Gaim		86 Gaim		87 Gaim	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	-	-	5,70	4,58	6,06	5,06	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,20	5,42	5,08	4,35	5,71	4,59	5,97	5,21	4,98	3,85
5-10cm	5,82	4,92	5,02	4,17	5,11	4,02	5,90	4,88	5,22	4,10
15-20cm	6,06	4,83	5,28	4,30	4,86	3,91	5,83	4,96	6,09	4,90
35-40cm	6,27	5,17	5,62	4,66	5,13	4,13	6,00	5,10	6,40	5,32

Aufnahmenr./ Gebiet	107 Stamstorfer Holz		112 Stamstorfer Holz		123 Stamstorfer Holz		128 am Bodel- schwingh-Hof		134 am Bodel- schwingh-Hof	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,43	5,02	-	-	6,10	5,31	-	-	-	-
Oh	-	-	-	-	6,19	5,23	-	-	-	-
1-3cm	5,40	4,15	5,80	4,89	5,85	4,69	5,56	4,66	6,03	5,32
5-10cm	5,37	4,29	5,56	4,44	5,28	4,08	5,47	4,40	5,97	4,84
15-20cm	5,83	4,46	5,67	4,54	5,60	4,61	5,62	4,44	6,25	5,38
35-40cm	6,51	5,49	5,77	4,60	6,64	5,62	5,72	4,66	6,52	5,65

Aufnahmenr./ Gebiet	135 am Bodel- schwingh-Hof		136 am Bodel- schwingh-Hof		138 am Bodel- schwingh-Hof		140 am Bodel- schwingh-Hof		183 Limberg	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	-	-	-	-	-	-	5,70	4,85
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,35	5,44	5,93	4,81	5,37	4,29	5,60	4,72	5,81	4,77
5-10cm	5,87	4,97	5,37	4,39	5,07	4,10	5,63	4,62	5,61	4,38
15-20cm	6,04	5,15	5,44	4,35	5,04	4,06	5,80	4,80	6,06	4,92
35-40cm	6,38	5,47	5,64	4,47	5,10	4,11	5,93	4,90	6,67	5,54

Aufnahmenr./ Gebiet	186 Limberg		195 Limberg		195a Limberg		198 Limberg		205 Külf	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	6,60	5,91	-	-	6,36	5,67	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	6,65	5,82	-	-
1-3cm	5,74	4,92	5,98	4,99	5,90	4,77	6,33	5,32	5,97	4,72
5-10cm	5,43	4,30	5,79	4,60	5,49	4,43	5,66	4,48	5,43	4,28
15-20cm	5,38	4,37	5,47	4,33	5,32	4,27	5,81	4,60	5,21	4,13
35-40cm	-	-	5,38	4,25	5,34	4,12	6,07	4,96	5,06	4,09

Aufnahmenr./ Gebiet	207 Külf		238 Elmsche- bruch		242 Holzmühle		251 Parkplatz am Kleinen Deister		259 Springe, hinter Krankenhaus	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	5,84	4,98	-	-	-	-	5,77	4,56	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	5,29	4,04	6,23	5,20	5,58	4,40	4,97	4,15	6,13	5,18
5-10cm	5,44	4,61	5,78	4,61	5,34	4,27	5,06	4,11	6,06	4,98
15-20cm	6,17	5,63	5,80	4,72	5,41	4,32	4,79	3,95	5,90	4,73
35-40cm	-	-	6,05	4,87	5,53	4,41	5,46	4,43	6,38	5,56

pH-Bereich III

Aufnahmenr./ Gebiet	59 Ricklinger Bad		88 Gaim		89 Gaim		125 Stamstorfer Holz		187 Limberg	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	6,84	6,16	5,67	4,60	6,47	5,76	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,53	5,63	6,79	5,96	5,52	4,60	6,93	6,05	6,11	5,40
5-10cm	6,20	5,36	6,72	5,88	5,82	5,12	7,11	6,00	6,09	5,22
15-20cm	5,97	5,05	6,69	5,89	6,26	5,42	7,23	6,29	6,20	5,22
35-40cm	5,92	4,84	6,82	6,30	6,34	5,65	7,48	6,51	6,65	5,85

Aufnahmenr./ Gebiet	210 Külf		226 Elmsche- bruch		227 Elmsche- bruch		231 Elmsche- bruch		232 Elmsche- bruch	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,83	5,86	6,47	5,32	6,15	5,16	6,58	5,65	6,38	5,52
5-10cm	6,59	5,49	6,30	5,18	6,07	5,04	6,65	5,77	6,25	5,48
15-20cm	6,48	5,77	6,24	5,31	6,15	5,07	6,80	5,97	5,87	4,67
35-40cm	-	-	6,21	5,48	6,24	5,25	6,87	6,20	6,13	5,07

Aufnahmenr./ Gebiet	235 Elmsche- bruch	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-
Oh	-	-
1-3cm	6,58	5,86
5-10cm	6,73	5,91
15-20cm	7,07	6,12
35-40cm	7,19	6,26

pH-Bereich IV

Aufnahmenr./ Gebiet	117 Stamstorfer Holz		154 Hallerburger Holz		155 Hallerburger Holz		156 Hallerburger Holz		157 Hallerburger Holz	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,77	5,89	7,17	6,47	7,32	6,52	7,14	6,23	7,35	6,42
5-10cm	7,45	6,44	7,34	6,66	7,23	6,52	7,37	6,39	7,61	6,50
15-20cm	7,68	6,62	7,96	6,73	7,39	6,60	7,57	6,58	7,83	6,64
35-40cm	8,16	6,86	8,03	6,67	7,70	6,76	7,80	6,76	8,04	6,88

Aufnahmenr./ Gebiet	176 Hallerburger Holz		178 Limberg		180 Limberg		203 Külf		204 Külf	
Horizont/ Bodentiefe	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	-	-	-	-	-	-	6,51	5,83	7,38	6,49
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	7,10	6,24	7,22	6,29	6,89	6,09	6,79	5,95	8,16	6,80
5-10cm	7,58	6,51	7,20	6,36	7,04	6,01	6,84	6,14	8,32	7,09
15-20cm	7,79	6,62	7,44	6,50	6,34	5,62	7,24	6,32	7,82	6,98
35-40cm	7,99	6,88	-	-	-	-	-	-	-	-

Aufnahmenr./ Gebiet	208 Külf		209 Külf		258 Springe, hinters Krankenhaus		301 Hallerburger Holz	
	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)
Of	6,10	5,25	-	-	-	-	-	-
Oh	-	-	-	-	-	-	-	-
1-3cm	6,91	6,05	6,50	5,95	6,71	5,89	6,85	6,10
5-10cm	6,87	6,07	6,89	6,27	7,03	6,12	7,06	6,25
15-20cm	6,92	6,20	6,95	6,31	7,09	6,29	7,22	6,34
35-40cm	-	-	-	-	7,20	6,39	7,36	6,44

Tab. 3: pH(CaCl₂)-Werte in 5-10cm Bodentiefe in den verschiedenen Untersuchungszeiträumen

Tiefe 5-10cm	pH-Bereich I									
	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	61	62	67	79	81	91	102	103	105	106
Feb. 1998	3,72	3,63	3,61	3,44	3,71	3,67	3,33	3,43	4,01	3,68
April 1997	3,79	3,78	3,82	3,75	4,01	3,82	3,25	3,52	3,77	3,69
Juni 1997	3,65	3,62	3,76	3,63	3,73	3,81	3,18	3,55	4,10	3,30
Juli 1997	3,64	3,53	3,53	3,45	3,62	3,92	3,15	3,44	3,53	3,66
Sept. 1997	3,49	3,56	3,42	3,55	3,58	3,83	3,36	3,30	3,71	3,61
Nov. 1997	3,58	3,25	3,89	3,50	3,84	3,89	3,25	3,36	3,83	3,69
Mittelwert	3,65	3,56	3,67	3,55	3,75	3,82	3,25	3,43	3,83	3,61

Tiefe 5-10cm	pH-Bereich II									
	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	124	130	144	146	147	148	150	151	153	162
Feb. 1998	4,12	3,96	4,02	3,44	3,69	3,68	3,73	3,76	3,62	3,66
April 1997	3,96	4,07	3,96	3,64	3,82	3,85	4,07	3,68	3,68	3,78
Juni 1997	3,15	4,11	3,97	3,68	3,69	3,74	4,01	3,78	3,66	3,21
Juli 1997	3,72	3,87	3,79	3,30	3,44	3,44	3,78	3,56	3,40	3,39
Sept. 1997	3,81	3,79	3,86	3,37	3,48	3,77	4,06	3,54	3,51	3,49
Nov. 1997	4,10	3,93	3,92	3,80	3,87	3,94	3,92	3,63	3,84	3,51
Mittelwert	3,81	3,96	3,92	3,54	3,67	3,74	3,93	3,66	3,62	3,51

Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	164	189	254	255	262	273	277	282	283	284
Feb. 1998	4,43	3,91	3,77	3,92	3,89	3,60	3,35	3,42	4,31	3,50
April 1997	3,86	3,99	4,14	3,89	3,78	3,62	3,41	3,59	4,28	3,23
Juni 1997	3,85	4,17	3,79	3,66	3,77	3,54	3,46	3,31	3,95	3,72
Juli 1997	4,02	3,55	3,59	3,31	3,46	3,74	3,40	3,39	3,51	3,64
Sept. 1997	3,64	3,43	3,35	3,73	3,51	3,49	3,46	3,43	3,48	3,31
Nov. 1997	3,88	3,85	3,63	3,86	3,58	3,59	3,33	3,39	4,15	3,60
Mittelwert	3,95	3,82	3,71	3,73	3,67	3,60	3,40	3,42	3,95	3,50

Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.		
pH [CaCl ₂]	285	292	294
Feb. 1998	3,37	3,68	3,48
April 1997	3,44	3,67	3,56
Juni 1997	3,36	3,79	3,30
Juli 1997	3,53	3,62	3,16
Sept. 1997	3,19	3,91	3,69
Nov. 1997	3,30	4,04	3,23
Mittelwert	3,37	3,79	3,40

		pH-Bereich II								
Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	54	65	82	86	87	107	112	123	128	134
Feb. 1998	4,82	4,31	3,92	4,79	3,97	4,81	4,94	4,39	4,02	4,84
April 1997	4,92	4,48	4,22	4,92	4,83	4,32	4,13	4,22	4,27	4,91
Juni 1997	5,57	3,82	4,24	4,37	4,88	4,29	3,91	3,96	4,44	4,70
Juli 1997	4,56	3,72	4,02	4,63	3,41	3,80	4,44	4,06	4,30	4,61
Sept. 1997	4,66	4,07	3,55	4,98	3,43	4,14	4,87	3,68	4,72	4,81
Nov. 1997	4,98	4,62	4,14	5,57	4,10	4,39	4,32	4,17	4,65	5,18
Mittelwert	4,92	4,17	4,02	4,88	4,10	4,29	4,44	4,08	4,40	4,84

Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	135	136	138	140	183	186	195	195a	198	205
Feb. 1998	5,44	4,49	4,10	4,46	4,58	4,40	4,82	4,66	4,49	3,83
April 1997	4,65	4,54	4,18	4,66	4,14	4,34	4,45	4,43	4,48	4,90
Juni 1997	4,97	4,31	4,21	4,57	4,07	4,50	4,41	4,23	4,17	4,28
Juli 1997	4,72	4,15	4,12	4,62	4,87	3,91	4,65	4,14	4,47	4,23
Sept. 1997	4,88	4,25	3,84	4,47	4,38	4,16	4,51	4,52	4,67	3,89
Nov. 1997	5,13	4,58	4,16	4,96	4,22	4,47	4,76	4,59	4,60	4,52
Mittelwert	4,97	4,39	4,10	4,62	4,38	4,30	4,60	4,43	4,48	4,28

Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.				
	207	238	242	251	259
pH [CaCl ₂]					
Feb. 1998	4,27	5,14	4,32	4,42	5,54
April 1997	5,22	4,19	4,27	4,27	5,41
Juni 1997	4,34	4,51	4,16	4,03	4,98
Juli 1997	4,11	4,07	4,26	3,79	4,37
Sept. 1997	3,79	4,01	4,35	3,54	4,65
Nov. 1997	5,90	5,72	4,27	4,58	4,94
Mittelwert	4,61	4,61	4,27	4,11	4,98

Tiefe 5-10cm	pH-Bereich III										
	Fläche-Nr.										
pH [CaCl ₂]	59	88	89	125	187	210	226	227	231	232	235
Feb. 1998	5,82	5,98	5,27	6,48	5,68	5,68	4,37	4,89	5,95	5,93	6,57
April 1997	5,37	5,94	5,12	6,08	5,29	5,37	5,18	5,05	5,87	5,84	6,05
Juni 1997	5,32	5,73	5,53	6,33	5,42	5,49	4,07	5,02	5,92	5,31	5,79
Juli 1997	4,90	5,75	4,87	6,18	4,82	4,72	5,60	5,04	5,60	4,96	5,30
Sept. 1997	5,27	5,88	5,04	6,07	4,68	5,81	5,88	5,09	5,48	5,38	5,91
Nov. 1997	5,46	5,97	4,88	4,87	5,42	5,85	5,97	5,16	5,80	5,48	5,84
Mittelwert	5,36	5,88	5,12	6,00	5,22	5,49	5,18	5,04	5,77	5,48	5,91

Tiefe 5-10cm	pH-Bereich IV									
	Fläche-Nr.									
pH [CaCl ₂]	117	154	155	156	157	176	178	180	203	204
Feb. 1998	6,44	6,70	6,66	6,56	6,98	6,57	6,45	5,57	6,49	7,19
April 1997	6,74	6,45	6,58	6,25	6,64	6,20	6,55	6,11	6,35	7,13
Juni 1997	7,09	6,80	6,45	6,39	6,50	6,41	6,37	6,49	6,00	6,94
Juli 1997	6,73	6,14	6,10	6,20	5,88	6,51	5,96	6,01	5,51	6,86
Sept. 1997	5,45	6,97	6,76	6,30	6,54	6,72	6,29	6,55	6,14	7,19
Nov. 1997	6,21	6,87	6,57	6,65	6,43	6,67	6,56	5,30	6,36	7,21
Mittelwert	6,44	6,66	6,52	6,39	6,50	6,51	6,36	6,01	6,14	7,09

Tiefe 5-10cm	Fläche-Nr.			
	208	209	258	301
pH [CaCl ₂]				
Feb. 1998	5,92	6,57	6,35	6,36
April 1997	6,07	6,52	6,11	6,13
Juni 1997	6,10	5,89	6,07	6,21
Juli 1997	5,23	5,72	6,02	6,19
Sept. 1997	6,31	6,27	6,05	6,27
Nov. 1997	6,80	6,62	6,12	6,34
Mittelwert	6,07	6,27	6,12	6,25

Tab. 4: Ureaseaktivität [$\text{mg NH}_3\text{-N} \cdot (100\text{ml Boden})^{-1} \cdot 2\text{h}^{-1}$] und C/N-Verhältnis in 0-14,8cm Tiefe mit Zuordnung der Untersuchungsflächen zu einem pH(CaCl_2)-Bereich (Referenz-Bodentiefe 5-10cm)

pH-Bereich I

Aufnahmenr.	Urease-aktivität	C/N-Verhältnis
67	3,22	13,30
79	3,82	14,10
91	1,66	13,95
102	6,62	15,68
103	3,80	15,36
130	2,28	12,47
150	16,96	13,54
153	6,14	13,88
164	9,70	13,19
254	13,50	16,18
262	2,54	14,68
277	0,86	15,45
285	2,76	14,95
294	14,16	14,27

pH-Bereich II

Aufnahmenr.	Urease-aktivität	C/N-Verhältnis
54	1,38	11,58
65	1,06	11,47
87	5,08	15,29
123	14,36	12,06
138	1,80	11,61
183	0,46	13,97
195	1,08	13,79
198	7,50	14,04

pH-Bereich III

Aufnahmenr.	Urease-aktivität	C/N-Verhältnis
59	0,88	10,93
88	2,58	18,67
125	2,06	11,67

pH-Bereich IV

Aufnahmenr.	Urease- aktivität	C/N- Verhältnis
117	2,20	12,94
154	19,56	10,24
155	38,40	10,71
176	80,44	9,89
301	55,46	10,81

Tab. 5: Daten zur N-Nettomineralisation

Tab. 5A1: N-Nettomineralisationsrate im Mineralboden (0-14,8cm)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov.1997	April 1998
		N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	2396	1957	4732	3181	1152
	277	1754	2753	8495	1957	1680
	262	1613	1974	3169	682	3181
	294	1741	8489	3676	1880	1507
	150	(1606)	-	(5390)	(888)	(509)
	164	4483	3817	11111	236	1769
	130	2038	2946	9910	3375	748
	254	5333	2963	7180	1101	800
	91	2167	3753	4408	1441	1485
	285	1678	2997	1817	3211	3101
	103	2454	1432	5623	2016	2017
	153	1742	2150	7241	1961	2129
	79	4865	1805	4338	923	2200
	67	2609	1446	4752	1837	4092
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	4509	5462	1984	985	1591
	195	3109	3592	4662	1039	1743
	198	2834	2944	3326	698	1984
	87	(591)	(3171)	-	(756)	(121)
	183	2014	1261	1034	491	1732
	138	2498	4388	5655	998	2761
	65	4425	2979	4037	515	2016
	54	5181	1934	3268	582	2138
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	4687	2583	6078	1156	2801
	88	561	60	278	1279	1395
	59	(3114)	(879)	(2801)	(1788)	-
pH [CaCl ₂] ≥6,01	117	1170	1277	3513	1354	2848
	154	3987	1955	2684	1975	734
	176	2126	6296	5880	1097	1302
	155	1633	2298	1517	2092	831
	301	3374	990	2073	1150	1183

Tab. 5A2: NO₃⁻-N-Nettorate im Mineralboden (0-14,8cm)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov. 1997	April 1998
		NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate
		[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	1519	592	3881	1034	1172
	277	1724	2739	7965	1978	1662
	262	1485	2069	3096	567	3482
	294	709	7675	2584	923	249
	150	(1563)	-	(5243)	(855)	(173)
	164	4323	3733	11091	320	2052
	130	1817	2740	6423	3094	862
	254	3822	2790	4371	538	629
	91	2016	3403	3664	1117	1563
	285	1386	2903	-90	2230	2365
	103	1263	1204	5610	907	925
	153	1283	2117	7165	1961	2246
	79	4751	1790	4320	908	2176
	67	2565	1499	4699	1376	4017
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	4540	5666	1874	852	278
	195	2824	3588	4653	961	1428
	198	2574	2934	3076	474	2029
	87	(34)	(1612)	-	(32)	(-10)
	183	1596	1008	1082	147	1798
	138	2446	4330	5636	956	2813
	65	3931	2911	4100	353	2000
	54	5161	1880	3169	530	2092
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	4681	2575	6000	1135	2842
	88	96	-2	41	1341	1429
	59	(3064)	(816)	(2791)	(1726)	-
pH [CaCl ₂] ≥6,01	117	974	883	3434	1292	2848
	154	3886	1933	2611	1961	799
	176	2083	6212	5869	1064	1341
	155	1504	2243	1459	2052	960
	301	3245	930	2060	1142	1172

Tab. 5A3: NH₄⁺-N-Nettorate im Mineralboden (0-14,8cm)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov.1997	April 1998
		NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate
		[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	878	1365	851	2147	-20
	277	30	14	530	-20	18
	262	129	-96	73	115	-300
	294	1032	814	1093	957	1259
	150	(43)	-	(147)	(33)	(336)
	164	160	84	20	-85	-283
	130	221	206	3487	281	-114
	254	1511	173	2810	563	171
	91	151	350	744	323	-78
	285	292	94	1908	981	736
	103	1191	227	13	1109	1092
	153	459	33	76	0	-117
	79	114	15	17	15	24
	67	43	-53	53	461	74
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	-31	-203	110	132	1313
	195	284	4	9	77	315
	198	260	10	250	223	-45
	87	(557)	(1560)	-	(724)	(131)
	183	418	253	-49	344	-65
	138	53	59	19	41	-52
	65	494	68	-63	161	15
	54	20	54	99	52	46
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	5	8	78	22	-41
	88	465	62	238	-61	-34
	59	(50)	(64)	(10)	(62)	-
pH [CaCl ₂] ≥6,01	117	195	394	80	62	0
	154	102	22	73	14	-64
	176	43	84	11	33	-39
	155	129	55	57	40	-129
	301	130	60	13	9	11

Tab. 5A4: Nitrifikationsgrad im Mineralboden (0-14,8cm)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Nitrifikations-grad				
		grad [%]	grad [%]	grad [%]	grad [%]	grad [%]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	63	30	82	33	102
	277	98	100	94	101	99
	262	92	105	98	83	109
	294	41	90	70	49	16
	150	(97)	-	(97)	(57)	(34)
	164	96	98	100	136	116
	130	89	93	65	92	115
	254	72	94	61	49	79
	91	93	91	83	78	105
	285	83	97	-5	69	76
	103	51	84	100	45	46
	153	74	98	99	100	105
	79	98	99	100	98	99
	67	98	104	99	75	98
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	101	104	94	86	17
	195	91	100	100	92	82
	198	91	100	92	68	102
	87	(6)	(51)	-	(4)	(-8)
	183	79	80	105	30	104
	138	98	99	100	96	102
	65	89	98	102	69	99
	54	100	97	97	91	98
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	100	100	99	98	101
	88	17	-3	15	105	102
	59	(98)	(93)	(100)	(97)	-
pH [CaCl ₂] ≥6,01	117	83	69	98	95	100
	154	97	99	97	99	109
	176	98	99	100	97	103
	155	92	98	96	98	116
	301	96	94	99	99	99

Tab. 5B1: N-Nettomineralisationsrate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov.1997	April 1998
		N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	N-Netto- mineralisationsrate [mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	303	2260	8788	1331	204
	277	1266	4108	2869	565	1485
	262	10286	5615	12828	1731	2009
	294	1194	1592	3761	741	1467
	150	(1007)	-	(1039)	(365)	(10)
	164	1987	2336	1742	1245	667
	130	176	-	-	-	-
	254	3607	3554	8137	2174	907
	91	442	2336	4275	708	1714
	285	1656	1785	4780	-108	4204
	103	343	610	2715	-62	1152
	153	11	354	283	278	1874
	79	-	557	2911	462	-
	67	-	4701	3654	5	-
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	2213	346	835	832	718
	195	0	57	100	3	44
	198	304	1632	3264	-11	727
	87	(-)	(-)	-	(-)	(-)
	183	373	520	502	31	575
	138	-	-	-	-	-
	65	-	-	-	-	-
	54	-	-	-	-	-
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	94	30	103	111	132
	88	13	5	-	-	-
	59	(-)	(-)	(-)	(-)	-
pH [CaCl ₂] ≥ 6,01	117	-	-	-	-	-
	154	-	-	-	-	-
	176	-	-	-	-	-
	155	-	-	-	-	-
	301	-	-	-	-	-

Tab. 5B2: NO₃⁻-N-Nettorate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov.1997	April 1998
		NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate	NO ₃ ⁻ -N- Nettorate
		[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	296	2107	6023	286	373
	277	753	2941	2695	644	1087
	262	9864	5630	11694	2235	1858
	294	1185	1298	3626	584	1261
	150	(994)	-	(989)	(359)	(87)
	164	1903	2162	1711	1589	699
	130	172	-	-	-	-
	254	2552	3098	6038	1270	904
	91	436	2133	4195	363	1654
	285	1565	1406	-49	-132	4164
	103	337	549	2713	156	309
	153	10	353	280	185	1654
	79	-	468	2880	111	-
	67	-	4697	3621	-8	-
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	2157	376	822	627	867
	195	-3	45	94	1	43
	198	247	1563	3239	-26	768
	87	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	183	363	498	482	17	250
	138	-	-	-	-	-
	65	-	-	-	-	-
	54	-	-	-	-	-
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	86	19	101	76	118
	88	7	4	-	-	-
	59	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
pH [CaCl ₂] ≥ 6,01	117	-	-	-	-	-
	154	-	-	-	-	-
	176	-	-	-	-	-
	155	-	-	-	-	-
	301	-	-	-	-	-

Tab. 5B3: NH₄⁺-N-Nettorate in den organischen Auflagen (Of + Oh)

pH-Bereich	Fläche Nr.	Juni 1997	Juli 1997	Sept. 1997	Nov.1997	April 1998
		NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate	NH ₄ ⁺ -N- Nettorate
		[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]	[mg*m ⁻² *7w ⁻¹]
pH [CaCl ₂] 3,01-4,00	102	7	153	2765	1045	-168
	277	513	1167	174	-79	398
	262	422	-15	1134	-505	150
	294	8	295	135	157	206
	150	(12)	-	(51)	(7)	(-77)
	164	84	174	31	-344	-32
	130	4	-	-	-	-
	254	1055	456	2100	904	2
	91	7	203	80	345	59
	285	91	379	4829	23	40
	103	6	62	2	-218	843
	153	1	2	3	93	220
	79	-	89	31	352	-
	67	-	5	33	13	-
pH [CaCl ₂] 4,01-5,00	123	56	-30	12	205	-149
	195	4	12	6	1	1
	198	57	69	25	16	-41
	87	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	183	10	22	20	14	325
	138	-	-	-	-	-
	65	-	-	-	-	-
	54	-	-	-	-	-
pH [CaCl ₂] 5,01-6,00	125	8	12	3	36	14
	88	6	1	-	-	-
	59	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
pH [CaCl ₂] ≥ 6,01	117	-	-	-	-	-
	154	-	-	-	-	-
	176	-	-	-	-	-
	155	-	-	-	-	-
	301	-	-	-	-	-

Tab. 6: Von der Station Hannover-Flughafen in den berücksichtigten Zeiträumen gemessene Lufttemperaturen und Niederschlagssummen (auf der Grundlage der Tageswerte)

(Datenbasis: Deutscher Wetterdienst)

1 = 1.-15. der Monats

2 = 16.- Ende des Monats

Zeitraum		Mittel der Lufttemperatur (°C)	Summe des Niederschlags (mm)
FEB 97	1	4,2	21,6
	2	7,3	50,0
MRZ 97	1	8,0	3,9
	2	4,7	45,0
APR 97	1	6,1	17,7
	2	7,8	17,7
MAI 97	1	12,3	32,1
	2	13,3	22,8
JUN 97	1	18,3	14,7
	2	14,9	56,4
JUL 97	1	18,0	22,3
	2	17,5	88,8
AUG 97	1	20,7	20,5
	2	20,6	22,4
SEP 97	1	15,8	14,2
	2	12,1	2,3
OKT 97	1	12,2	22,8
	2	4,7	1,4
NOV 97	1	6,6	41,7
	2	2,9	3,8
FEB 98	1	5,0	3,4
	2	8,0	8,0
MRZ 98	1	4,8	62,0
	2	7,3	4,0
APR 98	1	8,3	39,3
	2	10,7	42,6

Vegetationstabelle 1

Carpinus betulus-Quercus robur-Gesa

A = trennartenfreie Untergesells

AI = trennartenfreie Variar

All = Variante von Milium

Alla = trennartenfre

Allaa = trenn

Allab = Ausb

Allb = Subvariante

Allba = trenn

Allbb = Ausb

Allc = Subvariante

Allca = trenn

Allcb = Ausb

Laufende Nr. Aufnahme Nr.	AI					
	1	2	3	4	5	6
	69	63	61	62	78	69a
Höhe der Baumschicht I (m)	25	25	24	24	27	25
Höhe der Baumschicht II (m)	18	12	16	18	16	18
Höhe der Baumschicht III (m)	5	7	.	7	5	.
Kronenschluss der Baumschicht I (%)	60	70	50	60	60	60
Kronenschluss der Baumschicht II (%)	70	20	50	60	30	80
Kronenschluss der Baumschicht III (%)	<5	<5	.	<5	5	.
Höhe der Strauchschicht (m)	4	3	3	3	3	3
Vegetationsbedeckung durch Strauchschicht (%)	10	<5	5	<5	10	5
Vegetationsbedeckung durch Krautschicht (%)	80/95	70/100	50/90	60/95	70/100	100
Vegetationsbedeckung durch Moosschicht (%)	.	.	.	.	.	.
Baumschicht I :						
KI Querco-Fagetea			Quercus robur	4	.	4
KI Querco-Fagetea			Fagus sylvatica	.	2b	3
O Fagetalia			Fraxinus excelsior	.	3	2b
			Betula pubescens	.	.	2b
V Carpinion			Carpinus betulus	.	.	4
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	.	.	.
			Populus tremula	.	.	.
V Carpinion			Tilia cordata	.	.	.
			Larix decidua	.	.	.
Baumschicht II :						
V Carpinion			Carpinus betulus	2b	2b	3
KI Querco-Fagetea			Fagus sylvatica	.	.	3
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))			Acer platanoides	.	.	2a
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	3	2a	2a
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)			Tilia platyphyllos	.	.	.
			Sorbus aucuparia	.	.	2b
KI Querco-Fagetea			Quercus robur	.	.	5
V Carpinion			Tilia cordata	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)			Ulmus glabra	+	.	.
			Betula pubescens	.	.	.
			Alnus glutinosa	.	.	.
Baumschicht III :						
V Carpinion			Carpinus betulus	.	.	1 Ex.
KI Querco-Fagetea			Fagus sylvatica	.	.	1 Ex.
KI Querco-Fagetea			Hedera helix	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	.	.	+
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))			Acer platanoides	+	1 Ex.	.
KI Querco-Fagetea			Corylus avellana	.	.	.
KI Querco-Fagetea			Acer campestre	.	+	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)			Ulmus glabra	.	.	1 Ex.
Strauchschicht :						
			Sambucus nigra	2a	+	2a
KI Querco-Fagetea			Corylus avellana	.	.	1 Ex.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)			Crataegus x macrocarpa	.	.	1 Ex.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	.	.	+
KI Querco-Fagetea			Fagus sylvatica	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))			Acer platanoides	.	.	+
			Frangula alnus	.	.	+
Krautschicht und Moosschicht :						

Grundstock der Gesamtgesellschaft:

KI Querco-Fagetea	Anemone nemorosa	5	4	3	4	4	.
	Impatiens parviflora	5	5	5	5	5	5
KI Querco-Fagetea	Hedera helix	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (schwach)	Ficaria verna	+	2a	2a	2a	.	.
O Fagetalia	Polygonatum multiflorum	.	.	1	.	.	.
Trennarten B gegen A :							
O Fagetalia	Arum maculatum	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Anemone ranunculoides	.	.	.	.	.	.
	Glechoma hederacea	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Adoxa moschatellina	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Viola reichenbachiana	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Pulmonaria obscura	.	.	.	.	.	.
Trennarten BI gegen BII, gleichzeitig B gegen A :							
O Fagetalia	Leucojum vernum	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Corydalis cava	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Mercurialis perennis	.	.	.	.	.	.
Trennarten BIb gegen BIIa, BIIb gegen BIIa, gleichzeitig B gegen A :							
	Aegopodium podagraria	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Allium ursinum	.	.	.	.	.	.
DO Fagetalia	Primula elatior	.	.	.	.	.	.
Trennarten AII gegen AI :							
O Fagetalia	Milium effusum	.	.	.	.	.	.
	Dryopteris carthusiana	.	.	.	.	.	.
	Oxalis acetosella	.	.	.	.	.	.
	Athyrium filix-femina	.	.	.	.	.	.
	Atrichum undulatum	.	.	.	.	.	.
	Lonicera periclymenum	.	.	.	.	.	.
	Polytrichum formosum	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Pruno-Rubion)	Moos						
Trennart AIIb gegen AIIa, AIIc :							
O Fagetalia	Lamium galeobdolon	1	.	.	.	.	.
Trennart AIIc gegen AIIa, AIIb :							
	Luzula pilosa	.	.	.	.	.	.
Trennarten AIIab gegen AIIaa, AIIbb gegen AIIba, AIIcb gegen AIIca :							
	Deschampsia cespitosa	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Carex sylvatica	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Stachys sylvatica	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Circaea lutetiana	.	.	.	.	.	.
Übrige Charakterarten des Verbandes Carpinion betuli, der Ordnung Fagetalia sylvaticae, der Klasse Querco-Fagetea :							
V Carpinion (Ass Galio-Carpinetum)	Galium sylvaticum	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Stellaria holostea	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Carpinus betulus juv.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Dactylis polygama	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Prunus avium juv.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior juv.	1	.	.	.	.	+
O Fagetalia (schwach)	Scrophularia nodosa	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Dryopteris filix-mas	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach)	Paris quadrifolia	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus juv.	.	.	.	.	.	+
O Fagetalia (V Fagion, Ass Galio od.-Fagetum (schwach))	Galium odoratum	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)	Rumex sanguineus	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Impatiens noli-tangere	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion (schwach))	Elymus caninus	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra juv.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)	Carex remota	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Fagus sylvatica juv.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Melica uniflora	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Corylus avellana juv.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Acer campestre juv.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Convallaria majalis	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Quercus robur juv.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (schwach)	Poa nemoralis	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Brachypodium sylvaticum	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa juv.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Quercion rob.-petr.)	Viola riviniana	.	.	.	.	.	.
Übrige Gefäßpflanzen :							
	Rubus idaeus	.	.	.	.	.	.
	Sorbus aucuparia juv.	.	.	.	.	.	.
	Maianthemum bifolium	.	.	.	.	.	.
	Urtica dioica	.	.	.	.	.	1
	Rubus fruticosus agg.	.	.	.	.	.	.
	Sambucus nigra juv.	.	.	.	.	.	.
	Moehringia trinervia	.	.	.	.	.	.
	Galium aparine	.	+	.	.	.	.
	Poa trivialis	.	.	.	.	.	.
	Senecio ovatus	.	.	.	.	.	.
	Galeopsis tetrahit	.	.	.	.	.	.
	Dryopteris dilatata	.	.	.	.	.	.
	Juncus effusus	.	.	.	.	.	.
	Aesculus hippocastanum juv.	.	.	.	.	.	.
	Geranium robertianum	.	.	.	.	.	.
	Geum urbanum	.	.	.	.	.	.

Übrige Moose :

Sambucus racemosa juv.	.	.	.	.	.	.
Melica nutans	.	.	.	.	.	.
Dicranella heteromalla	.	.	.	.	.	.
Eurhynchium striatum	.	.	.	.	.	.
Hypnum cupressiforme	.	.	.	.	.	.
Fissidens taxifolius	.	.	.	.	.	.
Mnium affine	.	.	.	.	.	.

Untergesellschaft (Fagetalia sylvatica)
 Charakteristisch
 Merkmale
 Effusiv
 Die Subvariante
 artenfreie Ausbildung
 Ausbildung mit Deschampsia cespitosa
 von Lamium galeobdolorum
 artenfreie Ausbildung
 Ausbildung mit Deschampsia cespitosa
 von Luzula pilosa
 artenfreie Ausbildung
 Ausbildung mit Deschampsia cespitosa

Allaa				Allab						Allba					Allbb				Allca	
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
262	286	94a	279a	275a	123	277	105	106	193	151	284	163	162	282	281	294	150	189	102	104
24	24	24	24	27	24	22	20	22	25	24	22	24	22	22	27	25	20	24	24	22
16	12	18	18	18	16	16	12	7	18	15	16	12	12	14	20	20	12	16	16	16
8	.	10	12	14	.	8	.	.	.	.	8	.	.	8	12	10	.	6	8	7
30	40	50	40	20	90	30	80	90	70	70	30	90	90	30	40	20	80	80	60	30
30	90	50	50	70	.	60	30	10	30	40	70	20	30	60	50	50	30	20	30	60
30	.	10	5	5	.	<5	.	.	.	.	<5	.	.	5	5	5	.	<5	10	10
3	.	3	.	4	3	.	2	3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	3	3
5	.	<5	.	<5	<5	.	<5	<5	.	.	.	<5	.	.	.	.	.	.	<5	<5
70/10	60/<5	10	90	5	70/10	80/80	70/80	70/30	5/90	80/95	80/<5	80/90	40/15	90/5	90/95	95/50	70/20	10/10	90/30	90/<5
.	.	.	.	<5	.	.	<5	<5	<5	.	.	.	<5	.	<5	10	10	.	<5	<5
3	3	3	3	2b	3	3	.	3	.	4	3	4	.	2b	3	2b	.	.	2a	3
.	.	2b	2a	.	3	.	.	3	.	.	.	.	.	2a	2a	.	.	.	3	.
.	.	.	.	.	2a	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	4	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	4	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.
2a	3	3	3	4	.	4	2a	2a	2a	2b	3	2a	2a	3	3	3	2b	.	3	3
2b	3	2a	2b	.	.	.	.	1 Ex.	2a	.	2b	.	.	3	.	.	.	2b	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a
.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	2a	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	2a	2a	2a	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	2a	.	.	2a	.
2b	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2a	.	.	.	+	.	.
.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.
2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	2a
.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.
2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	+	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	+	1	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

		Allcb		
28	29	30	31	
103a	101	293	99	
22	22	25	22	
12	14	14	7	
7	7	6	.	
90	80	40	20	
<5	10	30	5	
<5	5	10	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
10	90/<5	80/5	90/50	
<5	<5	10	<5	
<hr/>				
2b	3	3	2a	Quercus robur
2b	3	.	2a	Fagus sylvatica
.	.	.	.	Fraxinus excelsior
3	.	.	.	Betula pubescens
.	.	.	.	Carpinus betulus
.	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	Populus tremula
.	.	.	.	Tilia cordata
.	.	.	.	Larix decidua
.	2a	2a	2a	Carpinus betulus
1 Ex.	.	2a	.	Fagus sylvatica
.	.	.	.	Acer platanoides
.	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	Tilia platyphyllos
.	.	.	.	Sorbus aucuparia
.	.	.	.	Quercus robur
.	.	.	.	Tilia cordata
.	.	.	.	Ulmus glabra
.	2a	.	.	Betula pubescens
.	.	.	.	Alnus glutinosa
.	+	2a	.	Carpinus betulus
.	1 Ex.	+	.	Fagus sylvatica
.	.	1	.	Hedera helix
.	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	Acer platanoides
+	.	.	.	Corylus avellana
.	.	.	.	Acer campestre
.	.	.	.	Ulmus glabra
.	.	.	.	Sambucus nigra
.	.	.	.	Corylus avellana
.	.	.	.	Crataegus x macrocarpa
.	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	Fagus sylvatica
.	.	.	.	Acer platanoides
.	.	.	.	Frangula alnus

.	5	5	5	Anemone nemorosa
.	1	+	.	Impatiens parviflora
.	+	2a	.	Hedera helix
.	.	.	.	Ficaria verna
.	+	.	1	Polygonatum multiflorum
.	.	.	.	Arum maculatum
.	.	.	.	Anemone ranunculoides
.	.	.	.	Glechoma hederacea
.	.	.	.	Adoxa moschatellina
.	.	.	.	Viola reichenbachiana
.	.	.	.	Pulmonaria obscura
.	.	.	.	Leucojum vernum
.	.	.	.	Corydalis cava
.	.	.	.	Mercurialis perennis
.	.	.	.	Aegopodium podagraria
.	.	.	.	Allium ursinum
.	.	.	.	Primula elatior
.	1	.	1	Milium effusum
1 Ex.	1 Ex.	+	+	Dryopteris carthusiana
1	1	1	3	Oxalis acetosella
.	.	.	.	Athyrium filix-femina
1	1	.	1	Atrichum undulatum
1	.	.	.	Lonicera periclymenum
.	.	1	.	Polytrichum formosum
.	.	.	.	Lamium galeobdolon
1 Ex.	+	+	+	Luzula pilosa
.	.	+	1 Ex.	Deschampsia cespitosa
.	.	.	.	Carex sylvatica
.	.	.	.	Stachys sylvatica
.	.	.	.	Circaea lutetiana
.	.	.	.	Galium sylvaticum
.	.	1	.	Stellaria holostea
.	.	+	+	Carpinus betulus juv.
.	+	.	.	Dactylis polygama
.	1 Ex.	.	.	Prunus avium juv.
.	+	.	.	Fraxinus excelsior juv.
.	.	.	.	Scrophularia nodosa
.	.	.	.	Dryopteris filix-mas
.	.	.	.	Paris quadrifolia
.	.	.	.	Acer pseudoplatanus juv.
.	1	1	.	Galium odoratum
.	.	.	.	Rumex sanguineus
.	.	.	1	Impatiens noli-tangere
.	.	.	.	Elymus caninus
.	.	.	.	Ulmus glabra juv.
.	.	.	+	Carex remota
.	+	+	1	Fagus sylvatica juv.
.	.	.	.	Melica uniflora
.	1 Ex.	.	.	Corylus avellana juv.
.	.	.	.	Acer campestre juv.
.	.	.	.	Convallaria majalis
.	.	.	.	Quercus robur juv.
.	.	.	.	Poa nemoralis
.	+	.	.	Brachypodium sylvaticum
.	.	.	.	Crataegus x macrocarpa juv.
.	.	1	.	Viola riviniana
.	+	.	1	Rubus idaeus
.	.	.	1 Ex.	Sorbus aucuparia juv.
2a	.	.	.	Maianthemum bifolium
.	.	.	.	Urtica dioica
.	.	.	.	Rubus fruticosus agg.
.	.	.	.	Sambucus nigra juv.
.	1	.	1	Moehringia trinervia
.	.	.	.	Galium aparine
.	.	.	1i	Poa trivialis
.	.	.	.	Senecio ovatus
.	.	.	.	Galeopsis tetrahit
.	.	.	.	Dryopteris dilatata
.	.	.	1	Juncus effusus
.	.	+	.	Aesculus hippocastanum juv.
.	.	.	.	Geranium robertianum
.	.	.	.	Geum urbanum

.	.	.	1 Ex.	Sambucus racemosa juv.
.	1	.	.	Melica nutans
.	1	.	.	Dicranella heteromalla
.	.	.	.	Eurhynchium striatum
.	.	.	.	Hypnum cupressiforme
.	.	.	.	Fissidens taxifolius
.	.	2a	.	Mnium affine

Vegetationstabelle 2

Carpinus betulus-Quercus robur-Gesamtges

B = Untergesellschaft von Arum macul

BI = trennartenfreie Variante

Bla = trennartenfreie Sub

Blaa = trennartenfr

Blaaa = trenr

Blaab = Unte

Blab = Ausbildung

Blaba = trenr

Blaba:

Blabat

Blabb = Unte

Blabb:

Blabbl

Laufende Nr. Aufnahme Nr.	Blaaa			Blaab			7
	1	2	3	4	5	6	
	68	72	117	82	204	203	255
Höhe der Baumschicht I (m)	25	25	24	20	18	18	20
Höhe der Baumschicht II (m)	15	20	12	16	7	10	16
Höhe der Baumschicht III (m)			5			5	6
Kronenschluss der Baumschicht I (%)	60	70	80	30	20	90	70
Kronenschluss der Baumschicht II (%)	50	40	20	60	30	20	20
Kronenschluss der Baumschicht III (%)	.	.	<5	.	.	<5	5
Höhe der Stauchsicht (m)	3	3	.	2	3	2	3
Vegetationsbedeckung durch Strauchsicht	5	<5	.	10	10	20	<5
Vegetationsbedeckung durch Krautschicht (%)	50/100	95/95	50/70	70/40	50/80	50/90	80/40
Vegetationsbedeckung durch Moosschicht (%)	.	.	<5	<5	<5	.	<5
Baumschicht I :							
KI Querco-Fagetea		3	.	2b	.	3	3
KI Querco-Fagetea		.	.	.	.	3	2b
O Fagetalia	3	3	5	.	2a	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	3	.	.	.	2a	2a	.
V Carpinion	.	.	.	2a	.	.	.

V Carpinion	.	.	.	.	.	.	.
Baumschicht II :							
V Carpinion	2a	2b	2a	2b	2a	2a	2a
KI Querco-Fagetea	.	2b	2a	2a	.	.	.
V Carpinion	.	.	.	2b	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	3	.	.	.	.	2a	.
O Fagetalia	.	.	.	.	2a	.	.
KI Querco-Fagetea	.	.	.	.	2a	.	.
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	2a	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))	2a	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.	2a
KI Querco-Fagetea	.	.	.	.	.	.	.
Baumschicht III :							
V Carpinion	.	.	.	.	.	.	2a
KI Querco-Fagetea	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	.	.	.	.	.	+	.
	.	.	1 Ex.	.	.	.	.
V Carpinion	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	.	.	.	.	.	.	.

Strauchsicht :							
KI Querco-Fagetea	.	.	.	2a	+	+	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	.	.	.	.	2a	2a	1
V Carpinion	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	.	.	.	.	1	.	.
	2a	1	.	.	.	.	.
Trennart Blaab gegen Blaaa :							
KI Querco Fagetea (V Berberidion)	.	.	.	2a	.	2a	.

KI Querco-Fagetea	Ilex aquifolium	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra	.	+	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Ribeso sylv.-Fraxinetum)	Ribes rubrum var. rubrum	.	.	.	.	.	1 Ex.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Fagus sylvatica	.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))	Acer platanoides	1 Ex.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Berberidion)	Viburnum lantana	.	.	.	.	.	.	+
	Pyrus communis	.	.	.	.	.	.	.
Krautschicht und Moosschicht :									
Grundstock der Gesamtgesellschaft :									
KI Querco-Fagetea	Anemone nemorosa	3	2b	3	4		3	4	
	Impatiens parviflora	5	5	.	1	1	.	3	
KI Querco-Fagetea	Hedera helix	.	.	.	3	.	.	.	
O Fagetalia	Polygonatum multiflorum	.	1	.	1	.	.	.	
Trennarten B gegen A :									
O Fagetalia	Arum maculatum	1	1	1	1	1	1	.	
O Fagetalia	Anemone ranunculoides	.	.	1	.	.	.	.
	Glechoma hederacea	.	4	2a	2a	2b	1	.	
O Fagetalia	Adoxa moschatellina	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Viola reichenbachiana	.	1	1	.	1	.	1	
O Fagetalia	Pulmonaria obscura	.	1	.	1	.	.	.	
Trennarten BII gegen BI, gleichzeitig B gegen A :									
O Fagetalia	Leucopodium vernum	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Corydalis cava	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Mercurialis perennis	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten BIb gegen BIa, BIb gegen BIa, gleichzeitig B gegen A :									
	Aegopodium podagraria	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Allium ursinum	.	.	.	.	.	.	.
DO Fagetalia	Primula elatior	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten Blab gegen Blaa :									
	Oxalis acetosella	.	.	.	.	.	.	+
	Athyrium filix-femina	.	.	.	.	.	.	.
	Dryopteris carthusiana	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Lamium galeobdolon	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Milium effusum	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten Blabb gegen Blaba :									
KI Querco-Fagetea (V Pruno-Rubion)	Lonicera periclymenum	.	.	.	.	.	.	.
	Maianthemum bifolium	.	.	.	.	.	.	.
	Sorbus aucuparia juv.	.	.	.	.	.	.	.
	Luzula pilosa	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten Blabbb gegen Blabba, Grundstock der Gesamtgesellschaft :									
KI Querco-Fagetea (schwach)	Ficaria verna	2b	5	.	.	3	.	3	
Trennarten Blabab gegen Blabaa :									
O Fagetalia	Carex sylvatica	.	.	.	.	.	.	.
	Deschampsia cespitosa	.	.	.	.	.	.	.
Trennarten Blaab gegen Blaaa :									
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Stachys sylvatica	.	.	.	2a	1	1	.	
KI Querco-Fagetea	Brachypodium sylvaticum	.	.	.	.	1	1	.
KI Querco-Fagetea (V Berberidion)	Lonicera xylosteum juv.	.	.	.	2a	+	+	.	
KI Querco-Fagetea (schwach)	Poa nemoralis	.	.	.	.	.	.	+
Übrige Charakterarten des Verbandes Carpinion betuli, der Ordnung Fagetalia sylvaticae, der Klasse Querco-Fagetea :									
V Carpinion	Carpinus betulus juv.	.	.	.	+	.	.	.	
V Carpinion	Stellaria holostea	.	.	.	.	.	1	.
V Carpinion	Dactylis polygama	.	.	.	+	.	.	.	
V Carpinion	Tilia cordata juv.	.	.	.	+	.	.	.	
V Carpinion (Ass Galio-Carpinetum)	Galium sylvaticum	.	.	.	1	.	.	.	
V Carpinion	Potentilla sterilis	.	.	.	+	.	.	.	
V Carpinion	Prunus avium juv.	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior juv.	.	.	1	+	2a	1	+	
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Circaea lutetiana	.	1	1	2a	1	.	1	
O Fagetalia (V Fagion, Ass Galio od.-Fagetum (schwach))	Galium odoratum	.	.	.	.	2a	1	2a
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus juv.	.	.	.	.	2b	3	1
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)	Tilia platyphyllos juv.	.	.	.	+	.	.	.	
O Fagetalia (schwach)	Scrophularia nodosa	.	.	+	.	.	.	1 Ex.	
O Fagetalia	Dryopteris filix-mas	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach)	Paris quadrifolia	.	.	1	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))	Acer platanoides juv.	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Impatiens noli-tangere	.	1	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Phyteuma spicatum	.	.	.	+	.	.	.	
O Fagetalia	Campanula trachelium	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Fagion, Ass Hordelymo-Fagetum)	Hordelymus europaeus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici-Fagetum)	Cephalanthera damasonium	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Elymus caninus	.	.	.	.	.	1	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Prunus padus juv.	.	.	+	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)	Rumex sanguineus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Ribeso sylv.-Fraxinetum)	Ribes rubrum var. rubrum	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Fagus sylvatica juv.	.	.	.	.	+	+	+
KI Querco-Fagetea	Corylus avellana juv.	.	.	.	2a	+	+	.	

KI Querco-Fagetea	Melica uniflora	.	.	3	.	1	3	1
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa juv.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Convallaria majalis	.	.	.	2a	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Quercus robur juv.	.	.	.	1 Ex.	.	+	.
KI Querco-Fagetea	Acer campestre juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Quercion rob.-petr.)	Viola riviniana	.	.	.	.	.	1	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Evonymus europaea juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (Ass Salici-Viburnetum op.)	Viburnum opulus juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (schwach) (V Berberidion (schwach))	Cornus sanguinea	.	.	.	.	+	+	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus monogyna juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Berberidion)	Viburnum lantana juv.	.	.	.	.	.	+	.
KI Querco-Fagetea	Ilex aquifolium	.	.	.	.	.	.	.
Übrige Gefäßpflanzen :								
	Rubus fruticosus agg.	.	+	2a	+	2a	.	.
	Geum urbanum	.	+	.	+	.	+	.
	Rubus idaeus	.	.	3	.	1	.	+
	Urtica dioica	.	1	+	.	1 Ex.	.	.
	Galium aparine	.	.	.	.	.	.	.
	Galeopsis tetrahit	.	.	.	1	.	.	.
	Geranium robertianum	.	.	.	.	.	.	.
	Ranunculus auricomus	.	.	.	1	.	1	+
	Senecio ovatus	.	.	.	.	+	.	.
	Dryopteris dilatata	.	.	.	.	.	.	.
	Fragaria vesca	.	.	.	.	.	.	.
	Sambucus nigra juv.	.	.	.	.	.	.	.
	Alliaria petiolata	.	1	.	.	.	.	.
	Moehringia trinervia	.	.	.	.	.	.	.
	Arctium nemorosum	.	.	.	.	.	.	.
	Vicia sepium	.	.	.	.	.	.	.
	Ajuga reptans	.	+	.	.	.	.	.
	Filipendula ulmaria	.	.	.	.	.	.	.
	Juncus effusus	.	.	.	.	.	.	.
	Aesculus hippocastanum juv.	.	.	.	.	.	.	.
	Juglans regia juv.	.	.	.	.	.	.	.
	Betula pubescens juv.	.	.	.	.	.	.	.
	Heracleum sphondylium	.	.	.	.	+	.	.
	Lysimachia vulgaris	.	.	.	.	.	.	.
Übrige Moose :								
	Atrichum undulatum	.	.	.	.	1	.	1
	Eurhynchium praelongum	.	.	+	.	.	.	1
	Eurhynchium striatum	.	.	.	1	1	.	1
	Fissidens taxifolius	.	.	.	.	.	.	.
	Polytrichum formosum	.	.	.	.	.	.	.
	Dicranella heteromalla	.	.	.	.	.	.	+
	Mnium affine	.	.	.	.	.	.	1
	Brachythecium rutabulum	.	.	.	.	.	.	.
	Hypnum cupressiforme	.	.	.	.	.	.	.

Quercus robur
Fagus sylvatica
Fraxinus excelsior
Acer pseudoplatanus
Tilia cordata
Betula pubescens
Populus tremula
Carpinus betulus

Carpinus betulus
Fagus sylvatica
Tilia cordata
Acer pseudoplatanus
Fraxinus excelsior
Corylus avellana
Tilia platyphyllos
Ulmus glabra
Acer platanoides
Sorbus aucuparia
Quercus robur

Carpinus betulus
Fagus sylvatica
Corylus avellana
Hedera helix
Acer pseudoplatanus
Betula pubescens
Tilia cordata
Crataegus x macrocarpa
Pyrus communis

Corylus avellana
Acer pseudoplatanus
Carpinus betulus
Fraxinus excelsior
Sambucus nigra

Lonicera xylosteum

Ilex aquifolium
Ulmus glabra
Ribes rubrum var. rubrum
Crataegus x macrocarpa
Fagus sylvatica
Tilia cordata
Acer platanoides
Viburnum lantana
Pyrus communis

Anemone nemorosa
Impatiens parviflora
Hedera helix
Polygonatum multiflorum

Arum maculatum
Anemone ranunculoides
Glechoma hederacea
Adoxa moschatellina
Viola reichenbachiana
Pulmonaria obscura

Leucojum vernum
Corydalis cava
Mercurialis perennis

Aegopodium podagraria
Allium ursinum
Primula elatior

Oxalis acetosella
Athyrium filix-femina
Dryopteris carthusiana
Lamium galeobdolon
Miliium effusum

Lonicera periclymenum
Maianthemum bifolium
Sorbus aucuparia juv.
Luzula pilosa

Ficaria verna

Carex sylvatica
Deschampsia cespitosa

Stachys sylvatica
Brachypodium sylvaticum
Lonicera xylosteum juv.
Poa nemoralis

Carpinus betulus juv.
Stellaria holostea
Dactylis polygama
Tilia cordata juv.
Galium sylvaticum
Potentilla sterilis
Prunus avium juv.

Fraxinus excelsior juv.
Circaea lutetiana
Galium odoratum
Acer pseudoplatanus juv.
Tilia platyphyllos juv.
Scrophularia nodosa
Dryopteris filix-mas
Paris quadrifolia
Acer platanoides juv.
Impatiens noli-tangere
Phyteuma spicatum
Campanula trachelium
Hordelymus europaeus
Cephalanthera damasonium
Elymus caninus
Prunus padus juv.
Rumex sanguineus
Ribes rubrum var. rubrum

Fagus sylvatica juv.
Corylus avellana juv.

Melica uniflora
Crataegus x macrocarpa juv.
Convallaria majalis
Quercus robur juv.
Acer campestre juv.
Viola riviniana
Evonymus europaea juv.
Viburnum opulus juv.
Cornus sanguinea
Crataegus monogyna juv.
Viburnum lantana juv.
Ilex aquifolium

Rubus fruticosus agg.
Geum urbanum
Rubus idaeus
Urtica dioica
Galium aparine
Galeopsis tetrahit
Geranium robertianum
Ranunculus auricomus
Senecio ovatus
Dryopteris dilatata
Fragaria vesca
Sambucus nigra juv.
Alliaria petiolata
Moehringia trinervia
Arctium nemorosum
Vicia sepium
Ajuga reptans
Filipendula ulmaria
Juncus effusus
Aesculus hippocastanum juv.
Juglans regia juv.
Betula pubescens juv.
Heracleum sphondylium
Lysimachia vulgaris

Atrichum undulatum
Eurhynchium praelongum
Eurhynchium striatum
Fissidens taxifolius
Polytrichum formosum
Dicranella heteromalla
Mnium affine
Brachythecium rutabulum
Hypnum cupressiforme

Vegetationstabelle 3

Carpinus betulus-Quercus

B = Untergesellschaft

Bl = tre

Laufende Nr. | Aufnahme Nr.	Blba			
	1 116	2 112	3 114	4 95
Höhe der Baumschicht I (m)	24	22	24	24
Höhe der Baumschicht II (m)	10	5	.	16
Höhe der Baumschicht III (m)	.	.	.	.
Kronenschluss der Baumschicht I (%)	90	50	80	70
Kronenschluss der Baumschicht II (%)	10	30	.	20
Kronenschluss der Baumschicht III (%)	.	.	.	.
Höhe der Strauchschicht (m)	.	.	3	3
Vegetationsbedeckung durch Strauchschicht (%)	.	.	<5	<5
Vegetationsbedeckung durch Krautschicht (%)	95/60	80/95	80/100	80/30
Vegetationsbedeckung durch Moosschicht (%)	.	.	.	.
Baumschicht I :				
O Fagetalia	Fraxinus excelsior	5	.	3
Kl Querco-Fagetea	Quercus robur	.	2a	.
Kl Querco-Fagetea	Fagus sylvatica	2a	.	2a
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus	.	.	.
	Populus tremula	.	3	2b
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.
	Betula pubescens	.	.	.
V Carpinion	Carpinus betulus	.	.	.
	Alnus glutinosa	.	.	2b
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)	Tilia platyphyllos	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Hedera helix	.	.	1 Ex.
Baumschicht II :				
V Carpinion	Carpinus betulus	2a	.	.
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Fagus sylvatica	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Corylus avellana	.	2b	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Quercus robur	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Acer campestre	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))	Acer platanoides	.	.	.
Baumschicht III :				
V Carpinion	Carpinus betulus	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Corylus avellana	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))	Acer platanoides	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra	.	.	.

Kl Querco-Fagetea	Hedera helix	.	.	.	.
Strauchschicht :					
Kl Querco-Fagetea	Corylus avellana	.	.	+	+
	Sambucus nigra	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea (V Berberidion)	Lonicera xylosteum	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa	.	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Ribes uva-crispa	.	.	.	.
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.	.
V Carpinion	Carpinus betulus	.	.	.	.
Krautschicht und Mooschicht :					
Grundstock der Gesamtgesellschaft:					
Kl Querco-Fagetea	Anemone nemorosa	1	4	2b	5
Kl Querco-Fagetea (schwach)	Ficaria verna	1	2a	1	.
Kl Querco-Fagetea	Hedera helix	.	1	.	.
O Fagetalia	Polygonatum multiflorum	.	1	2a	1
	Trennarten B gegen A :				
O Fagetalia	Arum maculatum	+	1	+	.
O Fagetalia	Anemone ranunculoides	1	.	3	.
	Glechoma hederacea	.	.	.	1
O Fagetalia	Adoxa moschatellina	.	.	.	.
O Fagetalia	Viola reichenbachiana	.	.	+	.
O Fagetalia	Pulmonaria obscura	.	1 Ex.	.	.
	Trennarten BII gegen BI, gleichzeitig B gegen A :				
O Fagetalia	Leucocjum vernum	.	.	.	.
O Fagetalia	Corydalis cava	.	.	.	.
O Fagetalia	Mercurialis perennis	.	.	.	.
	Trennarten BIb gegen BIa, BIbB gegen BIba, gleichzeitig B gegen A :				
O Fagetalia	Aegopodium podagraria	.	3	3	2a
DO Fagetalia	Allium ursinum	5	.	3	.
	Primula elatior	.	.	1	.
	Trennarten BIbb gegen BIba :				
	Moos				
O Fagetalia	Atrichum undulatum	.	.	.	.
	Lamium galeobdolon	.	.	.	.
	Deschampsia cespitosa	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Brachypodium sylvaticum	.	.	.	.
O Fagetalia	Carex sylvatica	.	.	.	.
	Trennarten BIbbb gegen BIbba :				
O Fagetalia	Urtica dioica	.	.	.	.
	Oxalis acetosella	.	.	.	.
	Athyrium filix-femina	.	1	.	.
O Fagetalia	Dryopteris filix-mas	.	.	+	.
	Trennarten BIbbbb gegen BIbbba; BIbbab gegen BIbbaa :				
O Fagetalia (V Fagion, Ass Galio od.-Fagetum (schwach))	Galium odoratum	.	.	.	.
	Grundstock der Gesamtgesellschaft				
	Impatiens parviflora	.	.	.	.
	Dryopteris carthusiana	.	.	.	.
Übrige Charakterarten des Verbandes Carpinion betuli, der Ordnung Fagetalia sylvaticae, der Klasse Querco-Fagetea :					
V Carpinion	Stellaria holostea	.	.	.	2a
V Carpinion	Potentilla sterilis	.	.	.	.
V Carpinion	Carpinus betulus juv.	.	.	.	.
V Carpinion (Ass Galio-Carpinetum)	Galium sylvaticum	.	.	.	.
V Carpinion	Dactylis polygama	.	.	.	.
V Carpinion	Tilia cordata juv.	.	.	.	.
V Carpinion	Prunus avium juv.	.	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior juv.	2a	1	1	1
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Circaea lutetiana	1	.	1	.
O Fagetalia	Milium effusum	.	.	+	1
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Stachys sylvatica	.	1	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus juv.	2b	.	.	.
O Fagetalia (schwach)	Paris quadrifolia	.	.	1	.
O Fagetalia (schwach)	Scrophularia nodosa	+	.	.	.
O Fagetalia	Campanula trachelium	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Impatiens noli-tangere	.	.	.	.
O Fagetalia	Ranunculus lanuginosus	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Elymus caninus	.	.	.	.
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)	Tilia platyphyllos juv.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)	Rumex sanguineus	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)	Carex remota	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Gagea lutea	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Fagus sylvatica juv.	.	.	+	+
Kl Querco-Fagetea (V Berberidion)	Lonicera xylosteum juv.	.	.	.	+
Kl Querco-Fagetea (V Pruno-Rubion)	Lonicera periclymenum	1	.	.	+
Kl Querco-Fagetea	Corylus avellana juv.	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa juv.	.	.	.	.
Kl Querco-Fagetea	Quercus robur juv.	.	.	.	1 Ex.

Robur-Gesamtgesellschaft (Fagetalia sylvaticae)
 entfernt von Arum maculatum,
 trennartenfreie Variante

Blb = Subvariante von Aegopodium podagraria

Blba = trennartenfreie Ausbildung

Blbb = Ausbildung mit Atrichum undulatum

Blbba = trennartenfreie Unterausbildung

Blbbaa = trennartenfreie Form

Blbbab = Form mit Galium odoratum

Blbbb = Unterausbildung mit Urtica dioica

Blbbbba = trennartenfreie Form

Blbbbbaa = Form mit Galium odoratum

Blbbaa										Blbbab		Blbbbba					
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
113	134	132	133	121	66	97	96	279	158	129	289	227	238	122	140	205	160
24	24	24	24	22	25	20	22	24	25	20	116	25	24	22	25	12	25
14	7	18	7	7	12	16	16	18	18	7	10	14	18	7	14	6	18
5	.	.	.	.	6	.	7	10	.	.	5	.	.	.	7	.	8
60	80	70	80	80	80	80	40	20	60	80	20	70	50	70	80	60	70
10	50	30	30	<5	<5	10	60	60	50	10	60	5	30	<5	10	20	20
10	.	.	.	.	20	.	5	10	.	.	10	.	.	.	20	.	<5
3	.	.	3	.	3	.	2	2	.	3	4	2	3	.	2	3	3
10	.	.	<5	.	5	.	<5	<5	.	<5	<5	5	<5	.	5	5	5
90/90	90/50	80/60	80/60	90/80	90/95	70/60	40/60	95/10	60/70	90/40	50/60	90/90	95/5	80/95	95/40	90/80	90/90
.	20	<5	10	<5	.	<5	10	30	.	10	<5	10	60	<5	<5	<5	<5

.	5	4	5	4	.	.	2b	2b	2a	3	.	2a	.	2a	2b	.	3
2a	.	.	.	.	3	2b	2a	.	.	.	.	3	.	.	3	.	3
.	.	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	2a	2b	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	3	2b	4	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	2b	2a	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.
.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.
.
.
.	2a	3	2a	+	.	2a	4	4	3	.	.	.	2b	+	.	2a	2a
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	+	.	.	.	.	2a
2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.
.	3	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	1	.
.
2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
2a	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	2a	.	.	2a	.	.	.	.	.	+
.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.
.
.
.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hedera helix
.	+	+	.	.	.	+	.	2a	2a	.	Corylus avellana
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Sambucus nigra
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lonicera xylosteum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Crataegus x macrocarpa
.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	Fraxinus excelsior
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ribes uva-crispa
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia cordata
.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Carpinus betulus
5	4	5	4	4	5	5	1	5	5	4	Anemone nemorosa
2a	2b	.	1	2b	.	1	4	2a	1	.	Ficaria verna
1	.	.	.	1	1	.	.	2a	.	2b	Hedera helix
.	.	.	.	.	1	+	1	+	+	+	Polygonatum multiflorum
.	1	.	.	.	1	.	1	+	.	1	Arum maculatum
.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	Anemone ranunculoides
1	1	3	.	1	1	1	.	+	1	.	Glechoma hederacea
.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	2a	Adoxa moschatellina
+	1	.	.	.	.	1	+	.	1	.	Viola reichenbachiana
+	1	+	.	.	1	.	.	+	+	1	Pulmonaria obscura
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Leucjum vernum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Corydalis cava
.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	Mercurialis perennis
.	.	.	.	.	2a	3	.	1	3	1	Aegopodium podagraria
.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	Allium ursinum
+	1	1	1 Ex.	1	.	.	.	.	.	.	Primula elatior
2a	1	.	1	.	.	.	.	1	1	.	Atrichum undulatum
1	2b	.	2a	1	4	.	1	2a	.	1	Lamium galeobdolon
1	+	+	4	2a	.	1	+	2a	2b	.	Deschampsia cespitosa
1	.	+	.	.	.	3	.	.	2a	.	Brachypodium sylvaticum
+	+	1	+	.	.	.	.	+	+	.	Carex sylvatica
+	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	Urtica dioica
2a	.	1	2b	.	2b	.	.	2a	.	3	Oxalis acetosella
2a	.	+	3	+	2b	1 Ex.	3	2a	.	.	Athyrium filix-femina
.	.	.	1 Ex.	.	.	+	4	1 Ex.	.	.	Dryopteris filix-mas
1	2m	.	1	1	.	1	1	1	+	.	Galium odoratum
.	1	1	+	+	1	.	1	1	.	+	Impatiens parviflora
.	.	+	.	+	1 Ex.	.	.	+	1 Ex.	.	Dryopteris carthusiana
1	1	+	1	.	1	.	.	.	.	.	Stellaria holostea
1	.	+	.	.	.	+	.	.	1	.	Potentilla sterilis
.	1	2a	.	+	.	.	.	.	.	1	Carpinus betulus juv.
.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	Galium sylvaticum
.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Dactylis polygama
.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia cordata juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	Prunus avium juv.
1	2a	2a	1	1	.	.	.	.	.	1	Fraxinus excelsior juv.
1	1	.	1	.	1	1	.	1	+	1	Circaea lutetiana
+	+	2a	1	.	+	.	+	+	.	1	Milium effusum
1	+	1	.	.	2a	+	.	.	+	.	Stachys sylvatica
3	.	.	1	.	.	.	1	1	.	.	Acer pseudoplatanus juv.
.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	Paris quadrifolia
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Scrophularia nodosa
.	1	.	.	.	.	+	.	.	+	.	Campanula trachelium
.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	Impatiens noli-tangere
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	Ranunculus lanuginosus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Elymus caninus
.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia platyphyllos juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Rumex sanguineus
.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Carex remota
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gagea lutea
1	.	.	.	+	+	.	.	1 Ex.	.	+	Fagus sylvatica juv.
+	.	.	.	+	.	.	.	+	1	1 Ex.	Lonicera xylosteum juv.
.	1	.	2a	2a	.	.	.	2a	1	+	Lonicera periclymenum
.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	1 Ex.	Corylus avellana juv.
.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	1 Ex.	Crataegus x macrocarpa juv.
.	.	1 Ex.	.	.	.	+	.	.	.	.	Quercus robur juv.

Vegetationstabelle 4

Carpinus betulus-Quercus robur-Gesarr

B = Untergesellschaft von Arum I

BII = Variante von Leucoju

BIIa = trennartenfrei

BIIaa = trenn:

BIIaaa

BIIaab

BIIab = Ausbi

BIIaba

BIIabb

BIIabc

BIIb = Subvariante v

BIIba = trenn:

BIIbb = Ausb

BIIbba

BIIbbb

Laufende Nr. | Aufnahme Nr.	BIIaaa					
	1	2	3	4	5	6
Höhe der Baumschicht I (m)	24	18	20	24	24	25
Höhe der Baumschicht II (m)	15	6	15	15	15	20
Höhe der Baumschicht III (m)	5	.	5	.	5	6
Kronenschluss der Baumschicht I (%)	40	90	40	10	40	70
Kronenschluss der Baumschicht II (%)	30	10	90	70	50	10
Kronenschluss der Baumschicht III (%)	<5	.	<5	.	5	<5
Höhe der Strauchschicht (m)	2	3	2	3	2	2
Vegetationsbedeckung durch Strauchschicht (%)	20	<5	<5	10	10	30
Vegetationsbedeckung durch Krautschicht (%)	90/<5	90/10	80/70	80/<5	90/<5	95/40
Vegetationsbedeckung durch Mooschicht (%)	.	.	.	80	10	.
Baumschicht I :						
O Fagetalia			Fraxinus excelsior	2b	.	2a
KI Quercus-Fagetea			Quercus robur	2a	.	3
KI Quercus-Fagetea			Fagus sylvatica	2a	.	2a
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	.	.	3
V Carpinion			Tilia cordata	.	.	.
			Pinus sylvestris	.	.	.
V Carpinion			Carpinus betulus	.	.	.
			Alnus glutinosa	.	.	.
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)			Tilia platyphyllos	.	.	.
O Fagetalia, schwach (Ass Aceri-Tilietum, schwach)			Acer platanoides	.	.	2a
KI Quercus-Fagetea			Hedera helix	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)			Ulmus glabra	.	3	.
			Populus tremula	.	.	.
			Betula pubescens	.	.	.
V Carpinion			Prunus avium	.	.	.
			Aesculus hippocastanum	.	.	.
KI Quercus-Fagetea			Acer campestre	.	.	.
			Larix decidua	.	.	.
Baumschicht II :						
V Carpinion			Carpinus betulus	.	2a	3
KI Quercus-Fagetea			Fagus sylvatica	.	.	2a
O Fagetalia (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	2a	.	3
O Fagetalia			Fraxinus excelsior	.	.	2b
V Carpinion			Tilia cordata	.	.	2a
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)			Ulmus glabra	2b	+	2a
KI Quercus-Fagetea			Corylus avellana	.	.	3
KI Quercus-Fagetea			Acer campestre	.	.	3
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tilietum (schwach))			Acer platanoides	.	.	2a
KI Quercus-Fagetea (O Prunetalia)			Crataegus x macrocarpa	.	.	.
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)			Tilia platyphyllos	.	.	.
KI Quercus-Fagetea			Quercus robur	.	.	.
			Robinia pseudoacacia	.	.	.
Baumschicht III :						
KI Quercus-Fagetea			Fagus sylvatica	.	.	.
V Carpinion			Carpinus betulus	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))			Acer pseudoplatanus	+	.	1

O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tiliatum (schwach))	Acer platanoides	+	.	1	.	.	+
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra	+	.	.	.	1	.
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Corylus avellana	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Acer campestre	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Fraxinus excelsior	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Hedera helix	.	.	.	.	.	.
	Picea abies	.	.	.	.	.	.

Strauchschicht :

KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Sambucus nigra	.	.	+	2a	.	.
O Fagetalia	Crataegus x macrocarpa	+	+	1 Ex.	.	.	.
O Fagetalia (V Tilio-Acerion, schwach)	Fraxinus excelsior	.	.	+	.	.	2a
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Acer pseudoplatanus	1	+	.	+	+	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Ribes uva-crispa	2b	.	1	.	2a	2a
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus monogyna	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Evonymus europaea	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Berberidion)	Lonicera xylosteum	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Tilia cordata	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)	Ulmus glabra	.	+	.	+	+	.
KI Querco-Fagetea	Fagus sylvatica	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Carpinus betulus	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Rosa canina	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (schwach) (V Berberidion (schwach))	Cornus sanguinea	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)	Prunus padus	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Corylus avellana	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus laevigata	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Prunus spinosa	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (V Berberidion)	Berberis vulgaris	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Quercetalia pub.-pet.)	Laburnum anagyroides	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (Ass Aceri-Tiliatum (schwach))	Acer platanoides	.	.	.	.	.	.
	Sambucus racemosa	.	.	.	.	.	+
	Atropa bella-donna	.	.	.	.	.	.
	Juglans regia	.	.	.	.	.	1
	Rubus fruticosus agg.	.	.	.	.	.	.

Krautschicht und Moosschicht :

Grundstock der Gesamtgesellschaft:

KI Querco-Fagetea	Anemone nemorosa	2b	2a	2b	2a	4	.
O Fagetalia	Polygonatum multiflorum	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Hedera helix	1	2b	1	+	.	.

Trennarten B gegen A :

O Fagetalia	Arum maculatum	1	1	1	1	1	1
O Fagetalia	Anemone ranunculoides	.	.	+	3	.	.
	Glechoma hederacea	.	.	.	1	.	.
O Fagetalia	Adoxa moschatellina	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Viola reichenbachiana	.	.	+	.	.	.
O Fagetalia	Pulmonaria obscura	+	1	.	.	.	.

Trennarten BII gegen BI, gleichzeitig B gegen A :

O Fagetalia	Leucogonum vernum	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Corydalis cava	2a	3	3	3	2a	.
O Fagetalia	Mercurialis perennis	.	.	.	.	.	5

Trennarten BIIb gegen BIIa, gleichzeitig B gegen A :

O Fagetalia	Aegopodium podagraria	.	.	.	.	.	.
DO Fagetalia	Allium ursinum	.	.	.	.	.	.
	Primula elatior	.	.	.	.	.	.

Trennarten BIIbb gegen BIIba :

	Moos						
O Fagetalia	Atrichum undulatum	.	.	.	.	.	.
	Lamium galeobdolon	1	.	.	.	.	.
	Deschampsia cespitosa	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Brachypodium sylvaticum	.	.	.	.	.	.

Trennarten BIIbbb gegen BIIbba :

O Fagetalia	Carex sylvatica	.	.	.	.	.	.
	Rubus idaeus	.	.	.	.	.	.
	Oxalis acetosella	.	.	.	.	.	.
	Athyrium filix-femina	.	.	.	.	.	.
	Dryopteris carthusiana	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia	Dryopteris filix-mas	.	.	.	.	.	.
	Cardamine pratensis	.	.	.	.	.	.

Trennarten BIIbbbb gegen BIIbbba; BIIbbab gegen BIIbbaa :

KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Evonymus europaea juv.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach)	Scrophularia nodosa	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Corylus avellana juv.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Dactylis polygama	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea (O Prunetalia)	Crataegus x macrocarpa juv.	.	.	.	.	.	.

Trennarten BIIlab gegen BIIlaa :

KI Querco-Fagetea	Melica uniflora	.	.	.	.	.	.
V Carpinion	Stellaria holostea	.	.	.	.	.	.
	Chaerophyllum temulum	.	.	.	.	.	.
KI Querco-Fagetea	Acer campestre juv.	.	.	.	.	.	.
	Geranium robertianum	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Fagion, Ass Galio od.-Fagetum (schwach))	Galium odoratum	.	.	.	.	.	.

Trennart BIIlabc gegen BIIlaba, BIIlabc :

	Primula veris
--	---------------	---	---	---	---	---	---

Trennarten BIIlabc gegen BIIlaba, BIIlabb :

O Fagetalia (schwach) (V Tilio-Acerion (schwach))	Acer pseudoplatanus juv.	1	2a	.	1	1	.
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))	Circaea lutetiana	.	.	1	.	.	.

KI Quercu-Fagetea (schwach)	Grundstock der Gesamtgesellschaft	Galium aparine	.	.	.	.	.	.	1
	Trennarten Bllaab gegen Bllaab :	Ficaria verna	4	3	3	3	3	3	.
	Grundstock der Gesamtgesellschaft	Impatiens parviflora	.	.	.	.	.	.	.
		Urtica dioica	.	.	.	.	.	.	.
Übrige Charakterarten des Verbandes Carpinion betuli, der Ordnung Fagetalia sylvaticae, der Klasse Quercu-Fagetea :									
V Carpinion		Carpinus betulus juv.	.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion		Prunus avium juv.	.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion		Potentilla sterilis	.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion		Tilia cordata juv.	.	.	.	.	.	.	.
V Carpinion (Ass Galio-Carpinetum)		Galium sylvaticum	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia		Fraxinus excelsior juv.	.	.	.	.	.	.	3
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))		Stachys sylvatica	.	.	.	.	.	.	+
O Fagetalia (V Tilio-Acerion)		Tilia platyphyllos juv.	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach) (V Alno-Ulmion (schwach))		Elymus caninus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia		Milium effusum	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia		Campanula trachelium	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (schwach)		Paris quadrifolia	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Aceri-Tiliatum (schwach))		Acer platanoides juv.	.	.	3	.	.	.	.
O Fagetalia (V Fagion, Ass Hordelymo-Fagetum)		Hordelymus europaeus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)		Impatiens noli-tangere	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)		Rumex sanguineus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia		Ranunculus lanuginosus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia		Lathyrus vernus	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Carici remotae-Fraxinetum)		Carex remota	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Frax.-Aceretum, Ass Ulmo-Aceretum)		Ulmus glabra juv.	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Ribeso sylv.-Fraxinetum)		Ribes rubrum var. rubrum	.	.	+	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)		Gagea lutea	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (V Alno-Ulmion)		Prunus padus juv.	.	.	.	.	.	.	.
O Fagetalia (Ass Stellario-Alnetum)		Stellaria nemorum	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea		Fagus sylvatica juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (V Berberidion)		Lonicera xylosteum juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (schwach)		Poa nemoralis	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea		Quercus robur juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Prunetalia)		Crataegus monogyna juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (V Pruno-Rubion)		Lonicera periclymenum	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Prunetalia)		Rosa canina	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Prunetalia)		Clematis vitalba	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea		Convallaria majalis	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (Ass Salici-Viburnetum op.)		Viburnum opulus juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (schwach)		Hepatica nobilis	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Prunetalia)		Prunus spinosa juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (V Berberidion)		Berberis vulgaris juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Quercetalia pub.-pet.)		Laburnum anagyroides juv.	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (V Quercion rob.-petr.)		Viola riviniana	.	.	.	.	.	.	.
KI Quercu-Fagetea (O Prunetalia)		Ribes uva-crispa	.	.	.	.	.	.	+
Übrige Gefäßpflanzen :									
		Cirsium oleraceum	.	.	.	.	.	.	.
		Geum urbanum	.	.	2b	+	.	.	.
		Rubus fruticosus agg.	.	.	.	.	.	.	.
		Sambucus nigra juv.	.	.	.	.	.	.	.
		Senecio ovatus	.	.	.	.	.	.	.
		Ranunculus auricomus	.	1	.	.	.	.	.
		Arctium nemorosum	.	.	.	.	.	.	.
		Lamium maculatum	.	.	.	.	.	.	.
		Fragaria vesca	.	.	.	.	.	.	.
		Alliaria petiolata	.	.	.	.	.	.	.
		Galeopsis tetrahit	.	.	.	.	.	.	.
		Vicia sepium	.	.	.	.	.	.	.
		Poa trivialis	.	.	.	.	.	.	.
		Veronica chamaedrys	.	.	.	.	.	.	.
		Atropa bella-donna	.	.	.	.	.	.	.
		Sambucus racemosa	.	.	.	.	.	.	.
		Juglans regia juv.	.	.	.	.	.	.	1
		Moehringia trinervia	.	.	.	.	.	.	.
		Sorbus aucuparia juv.	.	.	.	.	.	.	.
		Hypericum hirsutum	.	.	.	.	.	.	.
		Dactylorhiza maculata	.	.	.	.	.	.	.
		Eupatorium cannabinum	.	.	.	.	.	.	.
		Campanula rapunculoides	.	.	.	.	.	.	.
		Stellaria media	.	.	.	.	.	.	.
		Dryopteris dilatata	.	.	.	.	.	.	.
Übrige Moose :									
		Eurhynchium striatum	.	.	.	.	.	.	.
		Fissidens taxifolius	.	.	.	.	.	.	.
		Eurhynchium praelongum	.	.	.	5	2a	.	.
		Mnium undulatum	.	.	.	.	.	.	.
		Hypnum cupressiforme	.	.	.	.	.	.	.
		Mnium affine	.	.	.	.	.	.	.
		Dicranella heteromalla	.	.	.	.	.	.	.
		Brachythecium rutabulum	.	.	.	.	.	.	.

ntgesellschaft (Fagetalia sylvaticae)

maculatum

im vernalis

die Subvariante

artenfreie Ausbildung

1 = trennartenfreie Unterausbildung

2 = Unterausbildung mit Impatiens parviflora

3 = Unterausbildung mit Melica uniflora

4 = trennartenfreie Unterausbildung

5 = Unterausbildung mit Primula veris

6 = Unterausbildung mit Acer pseudoplatanus juv

von Aegopodium podagraria

artenfreie Ausbildung

7 = Unterausbildung mit Atrichum undulatum

8 = trennartenfreie Unterausbildung

9 = trennartenfreie Form

10 = Form mit Evonymus europaea juv.

11 = Unterausbildung mit Carx sylvatica

12 = trennartenfreie Form

13 = Form mit Evonymus europaea juv.

BIIaab										BIIaba			BIIabb						
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
297	79	64	60	73	65	74	67	71	55	214	192	208	212	219	218	210	209	211	213
25	18	25	24	25	25	25	25	25	24	18	16	22	15	15	14	18	14	16	18
14	6	20	18	16	18	20	16	16	18	12	8	16	10	8	.	12	10	12	12
6	.	12	5	8	8	6	6	5	5	8	.	6	6	.	.	6	6	5	6
70	90	50	30	60	70	50	70	50	50	30	80	30	80	30	90	20	70	20	60
30	<5	40	30	15	10	40	20	50	50	40	5	60	5	10	.	70	10	40	30
<5	.	5	<5	5	5	<5	<5	<5	<5	5	.	5	<5	.	.	5	5	<5	<5
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	.	2	.	2	2	3	3	2	3	4
<5	10	<5	<5	10	<5	5	<5	10	<5	.	5	.	10	60	<5	<5	<5	<5	<5
60/5	80/95	80/40	95/80	90/95	90/100	90/100	80/100	90/20	80/<5	80/40	40/90	40/100	95/20	70/40	90/30	95/5	90/20	90/95	60/80
<5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<5	.	.	.	.	.	.	.	.

3	.	2b	3	4	3	2b	.	3	.	2a	4	2a	4	2b	.	.	.	.	3
.	.	.	.	.	3	.	3	.	.	.	2a	.	2b	.	2b	.	.	.	.
3	.	3	.	.	.	3	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	3	.	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	2a	2b	.	2a	2a	2b	.	2b	.
.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	2b	.	.
.
.	.	.	.	.	2a	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.
2a	.	3	2b	2a	.	3	.	2a	2a	3	.	2b	.	2a	.	2b	2a	.	2a
2b	+	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	2a
.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	2a	2b	.	.	.	3	.	3	.
.	.	.	2a	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	2a	.	.	2a	.	2b	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	2a	.
.
1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1 Ex.	.
.	.	.	.	2a	.	+	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	+	+	.	1 Ex.
.	.	.	+	+

BIIabc																BIIba			
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
207	206	180	186	183	178	187	301	154	145	144	188	153	146	244	152	177	258	128	174
22	22	18	22	22	12	26	16	22	22	24	24	25	27	22	24	20	24	22	20
18	18	12	15	6	6	14	8	10	16	8	12	20	6	10	18	12	18	16	12
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	6	8	6	6
30	20	95	80	90	70	60	40	95	60	90	90	80	90	90	30	90	80	70	30
60	50	5	10	5	10	30	90	20	50	5	10	30	40	5	60	10	30	40	70
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<5	.	.	.	<5	<5	<5	<5
4	3	.	.	.	3	.	2	.	3	3	.	.	.	3	2	.	2	2	3
<5	20	.	.	.	5	.	15	.	<5	<5	.	.	.	<5	10	.	<5	<5	<5
60/90	30/95	90/<5	90/<5	30/100	80/95	40/95	90/95	95/95	60/<5	70/60	70/<5	95/60	60/100	60/20	80/100	70/70	95/40	90/70	95/5
<5	<5	.	.	.	<5	.	<5	.	.	.	<5	.	.	<5	.	.	<5	.	.
.	.	3	2a	3	4	4	.	.	3	3	5	2b	.	3	.	.	3	4	.
2a	2a	.	.	.	2a	2a	2a	.	.	.	.	2b	4	2a	3	4	3	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	3	2a	3	2a	3	3	.	.	.	.	.	.
.	.	4	3	2b	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	3	.	.	.	.	.
2a	2a	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	3
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.
.
.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.
.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	3	+	+	.	.	.	.	2b	2b	2a	+	3	3	.	4	2a	.	3	2a
.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	3	.	.
.	.	.	.	.	2a	.	5	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	4
.	.	+	.	2a	.	2b	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	.	2a	.	1 Ex.	2a	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.

.
.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	2a	.	1 Ex.	2a	1 Ex.	.	.
.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
2b	1	2b	2b	2b	.	3	4	1	4	4	3	3	4	2a	5	5	5	4	5
+	.	+	.	.	+	2a	1	.	+	1	1	1	1	1	.	+	.	+	1
2a	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.
2m	1	+	1	.	1	.	.	1	+	+	.	+	.	1	1	.	1	.	1
2a	.	.	2b	.	.	.	.	2a	1	1	2a	1	1	2a	.	.	1	1	2a
1	.	.	.	.	2a	1	2a	.	.	1	.	1	1	1	.	1	.	1	3
.	.	.	1	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	1	.	.	1	.
1	.	.	1	.	1	.	+	1	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	+
.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	1	.	1
1	.	.	3	.	.	4	2b	3	.	1	2b	3	.	.	.	.	.	.	.
2a	2a	4	.	1	2a	.	.	1	1	.	.	.	2a	3	2a	3	.	4	.
.	.	4	4	.	.	3	2b	2a	.	3	3	4	3	.	.	2a	+	2a	3
3	4	.	2b	5	3	.	2b	4	1	2a	2b	4	4	.	1	3	.	3	.
1	.	.	.	.	.	.	1	+	.	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1
.	.	.	.	1	1	2a	2b	.	1	1	1	2a	.	.	1	1	2a	2a	.
.	.	.	1	.	1	1	2a	1	+	2b	2b	2b	.	.	.	1	.	.	3
.	.	.	.	.	.	.	+	.	1 Ex.	.	.	+	1	.	2a	1	1	1	.
.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	1	1	.	+	+	+	+	.	.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
.
3	.	.	2b	.	1	.	.	4	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
.	.	.	+	.	.	+	1	.	.	+	1	.	.	.	.	+	1	.	2a
.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	.	.	1	.	+	.	.	1	.	.	1 Ex.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.
1	.	.	1	+	.	1	+	+	2a	1	.	1	.	+	1	+	1	+	.
1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	+	+

BIIbbba										BIIbbbb			
67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	
242	235	233	232	234	236	237	239	229	240	157	136	135	
16	25	24	24	24	25	24	24	25	24	22	24	24	
8	20	16	20	12	20	.	20	18	16	.	7	7	
.	10	8	6	.	6	.	6	.	8	.	.	.	
90	60	70	80	60	50	70	60	80	70	90	70	80	
5	30	30	20	20	20	.	50	20	20	.	20	30	
.	<5	10	<5	.	10	.	<5	.	<5	.	.	.	
3	3	3	4	3	3	3	3	.	.	.	4	.	
<5	<5	<5	<5	5	5	5	5	.	.	.	<5	.	
95/80	95/10	95/90	95/60	95/70	95/10	95/70	95/<5	95/10	100/<5	20/70	95/70	90/60	
.	10	30	30	10	10	30	40	5	30	<5	20	10	
.	3	3	3	2b	3	3	3	3	2a	.	3	4	Fraxinus excelsior
.	2a	.	2a	2b	.	2a	.	3	3	.	.	.	Quercus robur
.	.	.	.	.	2a	.	2b	.	3	.	.	.	Fagus sylvatica
5	2a	2a	.	2b	2a	2a	.	.	2a	.	3	2a	Acer pseudoplatanus
.	.	3	.	2a	.	.	2a	.	.	.	.	.	Tilia cordata
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Pinus sylvestris
1 Ex.	.	.	.	.	.	2a	.	.	.	2b	.	.	Carpinus betulus
.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Alnus glutinosa
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia platyphyllos
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Acer platanoides
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hedera helix
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ulmus glabra
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Populus tremula
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Betula pubescens
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Prunus avium
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aesculus hippocastanum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	Acer campestre
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Larix decidua
+	.	2a	2a	.	2a	.	3	.	.	.	+	+	Carpinus betulus
.	2a	2a	2a	2a	.	.	.	2a	2a	.	.	.	Fagus sylvatica
+	.	2a	.	.	.	.	.	2a	2a	.	.	.	Acer pseudoplatanus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Fraxinus excelsior
.	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia cordata
.	2b	.	.	.	2a	.	.	.	.	.	.	.	Ulmus glabra
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2b	3	Corylus avellana
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Acer campestre
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Acer platanoides
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Crataegus x macrocarpa
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Tilia platyphyllos
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Quercus robur
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Robinia pseudoacacia
.	+	2a	+	.	2a	.	+	.	1 Ex.	.	.	.	Fagus sylvatica
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Carpinus betulus
.	.	2a	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	Acer pseudoplatanus

.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	Galium aparine
1	4	3	4	1	3	3	3	2b	3	.	2a	2a	Ficaria verna
1	.	.	.	.	+	1	.	.	.	+	+	.	Impatiens parviflora
2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	Urtica dioica
.	.	.	+	.	.	+	1	.	.	.	.	.	Carpinus betulus juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Prunus avium juv.
.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	Potentilla sterilis
.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	Tilia cordata juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Galium sylvaticum
1	1	1	1	+	+	+	.	+	+	4	+	.	Fraxinus excelsior juv.
+	.	1	1	+	+	1	.	+	.	.	1	.	Stachys sylvatica
.	+	1 Ex.	1	.	.	1 Ex.	.	.	1 Ex.	+	.	.	Tilia platyphyllos juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Elymus caninus
.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	+	+	+	Milium effusum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	Campanula trachelium
.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2a	+	Paris quadrifolia
.	.	.	1	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	Acer platanoides juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hordelymus europaeus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Impatiens noli-tangere
.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	Rumex sanguineus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ranunculus lanuginosus
.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lathyrus vernus
.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	Carex remota
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ulmus glabra juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ribes rubrum var. rubrum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Gagea lutea
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Prunus padus juv.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Stellaria nemorum
.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Fagus sylvatica juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lonicera xylosteum juv.
.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	.	Poa nemoralis
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Quercus robur juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Crataegus monogyna juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Lonicera periclymenum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Rosa canina
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Clematis vitalba
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Convallaria majalis
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Viburnum opulus juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hepatica nobilis
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Prunus spinosa juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Berberis vulgaris juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Laburnum anagyroides juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Viola riviniana
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ribes uva-crispa
.	.	.	.	+	1 Ex.	+	.	.	.	.	.	.	Cirsium oleraceum
.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	1	1	Geum urbanum
.	+	+	+	.	.	+	.	1 Ex.	.	.	.	1	Rubus fruticosus agg.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Sambucus nigra juv.
.	.	1	+	+	1	1	.	+	.	.	.	.	Senecio ovatus
.	+	.	1	1	+	1	.	.	.	.	.	.	Ranunculus auricomus
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Arctium nemorosum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	Lamium maculatum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Fragaria vesca
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Alliaria petiolata
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	Galeopsis tetrahit
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	Vicia sepium
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Poa trivialis
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Veronica chamaedrys
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	Atropa bella-donna
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Sambucus racemosa
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Juglans regia juv.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Moehringia trinervia
.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	.	Sorbus aucuparia juv.
.	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	Hypericum hirsutum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Dactylorhiza maculata
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Eupatorium cannabinum
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Campanula rapunculoides
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Stellaria media
.	.	.	.	.	.	1 Ex.	.	.	.	.	.	.	Dryopteris dilatata
.	1	2a	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1	Eurhynchium striatum
.	1	1	1	1	1	1	1	.	.	1	.	.	Fissidens taxifolius
.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	Eurhynchium praelongum
.	.	1	2a	.	.	1	1	1	.	.	.	.	Mnium undulatum
.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Hypnum cupressiforme
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	Mnium affine
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Dicranella heteromalla
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Brachythecium rutabulum