

## **Untersuchungen zur Entwicklung der Waldvegetation des Hakels (nordöstliches Harzvorland)**

STEFAN MICHEL; ERNST-GERHARD MAHN

### **Abstract**

MICHEL, ST.; MAHN, E.-G.: Investigations on the development of the forest vegetation of the Havel (northeastern foothills of the Harz mountains). - *Hercynia N.F.* 31 (1998): 65-102.

The forest vegetation of the Havel is characterized by the existence of different types of broad-leaved deciduous forest communities which are described. Oak-hornbeam-forests are dominating on the plain loess-covered sites accompanied by dry oak-forests on shallow slopes and sycamore-ash-forests on slope-foot sites on the bottom of small valleys.

Comparing the actual vegetation with results of former investigations and historical data it could be ascertained, that the existing vegetation structures result of different earlier impact of forest management favouring oak-hornbeam-forests proceeding from the Middle Ages until to this century.

Actually, a decline of light preferring thermophilous herbaceous species as well as an increase of species characterizing an enhanced eutrophication and ruderalization at the forest borders can be observed. Earlier forest management practices are reflected by the dominance of oaks formerly preferred for mast of domestic animals and by the frequency of wild fruit trees.

The impacts of modern forest management are influencing the microclimatic conditions within the stands to higher humidity and so favouring a development towards to more natural forest succession. Actual tendencies of changes are expressed by the increase of beech, ash and sycamore and a retreat of both oak species. Especially for the beech a higher importance within the canopy structure is expected in future.

Conclusions are made concerning future measures of nature conservation and forest management. The importance of protecting natural development processes and the conservation of some rare dry forest species, witnessing the influence of former forest management practices is emphasized.

**Keywords:** deciduous forests, structure, development, protection, Central Germany, dry region

### **1. Einleitung**

Die den östlichen Harz umgebenden Hügellandschaften wurden auf Grund ihrer günstigen klimatischen (Mitteleuropäisches Trockengebiet) wie edaphischen Bedingungen ( $\pm$  tiefgründige Lößdecken) bereits frühzeitig entwaldet und in gehölzarme Agrarlandschaften umgewandelt. Größere geschlossene Waldkomplexe, wie das Waldgebiet des Hakels, gehören daher zu den Besonderheiten dieser Räume.

Stärker als bei eindeutig kulturgeprägten Formationen, die rasch und eindeutig auf Veränderungen des Bewirtschaftungssystems reagieren, stellt sich bei Wäldern die Frage nach ihrer Naturnähe. Vor allem in älteren Arbeiten zur Waldvegetation in Mitteleuropa wird zwar die anthropogene Beeinflussung der Waldgesellschaften am Rande erwähnt, jedoch prinzipiell von der Existenz natürlicher Waldgesellschaften ausgegangen (MEUSEL 1952, 1954 a/b, 1955, PASSARGE 1953, WEINITSCHKE 1954, NEUWIRTH 1954). In neuerer Zeit geben die Erkenntnisse aus der Erforschung älterer, unbeeinflusster Waldgebiete (KOOP 1982) und den Veränderungen

in Waldgebieten mit veränderter oder eingestellter Bewirtschaftung (JAHN et RABEN 1982, JAHN 1984, v. LOCHOW 1990, KRAUSE 1992) Anlaß, einen Großteil der Waldgesellschaften ebenso wie Grünland, Heiden und Halbtrockenrasen als vom Menschen geprägte Vegetation zu betrachten.

Im regionalen Grenzbereich des Areals geschlossener Buchenwälder ist es daher von besonderem vegetationskundlichen Interesse und für die weitere Naturschutz- und Forstplanung von großer Bedeutung, die Struktur und die Entwicklungstendenzen bisher als naturnah angesehener, von Eichen dominierter, gehölzartenreicher Laubmischwälder der Lößackerlandschaften des Mitteldeutschen Trockengebietes beispielhaft zu analysieren. Die Rolle der Eichendominanz im ökologischen Grenzbereich der Rotbuchenwälder ist noch nicht befriedigend geklärt. Großflächig als potentiell natürliche Vegetation ausgewiesenen Eichen-Mischwäldern (WEINERT 1994) stehen in jüngster Zeit Annahmen gegenüber, die von der Durchsetzungsfähigkeit der Buche auf allen nicht zu nassen Standorten ausgehen (JESCHKE mtl. 1995, LEUSCHNER mtl. 1995) und auf einen höheren natürlichen Buchenanteil schließen lassen.

Seit der letzten vegetationskundlichen Bearbeitung des Hakelwaldes (WEINITSCHKE 1954) wurden nur einzelne floristische Beiträge (AURICH, HANELT et HANELT 1982, EICHLER 1970) sowie mehrere waldkundliche und waldhistorische Untersuchungen (HENTSCHEL et SCHAUER 1967, SCHAUER 1971, STUBBE 1971) publiziert.

In vorliegender Arbeit soll die aktuelle Vegetation der Laubmischwälder des Hakels dargestellt und mit den bisher für dieses Gebiet vorliegenden Erkenntnissen verglichen werden. Den Hintergrund hierfür bilden die Standortverhältnisse, die Landschaftsgenese des Gebietes und die Formen wirtschaftlicher Tätigkeit des Menschen. Die vegetationskundliche Bearbeitung soll zugleich Hinweise zu Vegetationsveränderungen in den letzten Jahren unter besonderer Beachtung der Bestandesstrukturen und der Einflüsse aus der umgebenden Intensiv-Agrarlandschaft geben.

Die Arbeit basiert auf der Diplomarbeit des Erstautors. Diese enthält die ungekürzten Gesamttabellen, eine Karte der Untersuchungsflächen sowie detaillierte Einzelergebnisse.

## 2. Untersuchungsmethoden

### 2.1 Vegetationskundliche Untersuchungen

In insgesamt 193 repräsentativen, quasihomogenen Probeflächen wurde die Wald-, Schlagflur- und Saumvegetation in den Sommermonaten der Jahre 1994 und 1995 nach der Skala von WILMANN (1989) aufgenommen. In der Stetigkeitstabelle sind die Stetigkeiten in den einzelnen Vegetationseinheiten in Prozent sowie der Mittelwert des Deckungsgrades ( $r=0,1\%$ ,  $+ = 0,5\%$ ,  $1=2,5\%$ ,  $2m=2,5\%$ ,  $2a=10\%$ ,  $2b=20\%$ ,  $3=37,5\%$ ,  $4=62,5\%$  und  $5=87,5\%$ ) angegeben.

Die Gliederung der Vegetation erfolgte nach maximaler floristischer Ähnlichkeit, unter Berücksichtigung der ökologisch-soziologischen Artengruppen nach SCHUBERT (1972) und der Kenn- und Differentialarten nach OBERDORFER (1977 ff.), in mit deutschen Namen bezeichnete ranglose Vegetationstypen, die zu beschriebenen Syntaxa in Beziehung gesetzt wurden.

Im Sommer 1995 wurden die Waldvegetationstypen des Hakels im Maßstab 1:10 000 kartiert (siehe Karte). Die Ansprache der Vegetationseinheiten erfolgte nach den aus der Tabellenarbeit abgeleiteten kennzeichnenden Artengruppen bzw. Dominanzverhältnissen.

## 2.2 Methoden der Waldstrukturanalyse

Für die Untersuchungen der Waldstrukturen im Hakel wurden Dauerflächen in Form repräsentativer Probe-streifen angelegt. So war eine Wiederholungsaufnahme des Bestockungsprofils von HENTSCHEL et SCHAUER (1967) möglich. Das Untersuchungsprogramm wurde durch eine Kartierung der dominanten Arten der Feld-schicht, Verjüngungsanalysen in Rasterfeldern und lichtklimatische Untersuchungen ergänzt.

Für die Vegetationsaufnahmen (auf insgesamt 6,2 ha) wurden die maximale und die mittlere Höhe (Suunto-Hypsometer), die Deckung der einzelnen Schichten und der Kronenschluß der Baumschicht von 1 (einzelne Bäume) bis 5 (geschlossenes Kronendach) notiert. In allen Vegetationsaufnahmen wurden die Stammzahl jeder Gehölzart in fünf Klassen des Brusthöhendurchmessers erfaßt (BHD; gemessen in 1,3 m Höhe; I- 4 bis 10 cm, II- 11 bis 20 cm, III- 21 bis 35 cm, IV- 36 bis 50 cm, V- >51 cm, in Anlehnung an MAYER 1992). Aus dem mittleren Durchmesser jeder BHD-Klasse wurden die Grundflächen errechnet. Für die Auswertung wurden Stammzahlen und Grundflächen der Gehölze der Aufnahmen jedes Vegetationstypes aufsummiert und auf die Fläche von 1ha umgerechnet. Die Zahl der Gehölze in der Strauchschicht wurde je Vegetationsaufnahme erfaßt, für die einzelnen Vegetationstypen aufsummiert und auf die Fläche von 1 ha umgerechnet.

Anhand der Arbeiten von ROLOFF (1987/88) und FROEBE et GLEIBNER (1993) wurde durch Analyse der Kronenstruktur die mittlere Vitalität der Eichen und der Rotbuchen von 0 (vital) bis 4 (tot) angesprochen. Einzelne Wipfeltriebe wurden nach den Grenzen der Zuwachseinheiten genauer analysiert.

Die in der Feldschicht der Vegetationsaufnahmen vorgefundenen Gehölzjungpflanzen wurden folgenden Größenklassen zugeordnet: I - 0 bis 10 cm; II - 10 bis 20 cm; III - 20 bis 50 cm; IV - 50 bis 100 cm. Die Anzahl der Jungpflanzen wurde für die einzelnen Größenklassen und insgesamt (S) in folgenden Häufigkeitsklassen notiert (Anzahl je 400 m<sup>2</sup>): I - bis 10 Exemplare; II - 10 bis 100 Exemplare; III - 100 bis 1000 Exemplare; IV - >1000 Exemplare. Bei der Auswertung wurde für jede Art berechnet, in wieviel Prozent aller Vegetationsaufnahmen und in wieviel Prozent der Vegetationsaufnahmen jeder Waldgesellschaft sie in den einzelnen Größen- und Häufigkeitsklassen vertreten ist. Die Verbißbelastung wurde jeweils für die Gesamtheit der Pflanzen einer Art und Größenklasse nach folgender Skala geschätzt: I - schwach (<1/3 verbissen, ohne starke Schädigungen); II - mäßig (<2/3 verbissen, vereinzelt starke Schädigung); III - stark (>2/3 verbissen, häufig starke Schädigung).

Von Verjüngungsflächen in strukturellen Inhomogenitäten des Waldes wurden je nach Dichte der Verjüngung Auschnitte von 4 bis 25 m<sup>2</sup> (ausnahmsweise bis 100 m<sup>2</sup>) ausgezählt und die Pflanzen den Größenklassen (erweitert um folgende Kategorien: V - 100 bis 200 cm; VI - 200 bis 400 cm; VII - 400 bis 800 cm; VIII - >800 cm) und dem Verbißgrad der oben genannten Skalen zugeordnet.

## 3. Untersuchungsgebiet

### 3.1. Standortverhältnisse

#### 3.1.1 Klima

Das nordöstliche Harzvorland einschließlich Fallstein-Hakel-Hügelland gehört zum Mitteldeutschen Trocken-gebiet, das durch die 550 mm Jahresniederschlag-Isolinie begrenzt wird und für welches die Vorherrschaft von Schwarzerdeböden (die im Hakel und seiner unmittelbaren Umgebung fehlen), die heute geringe Wald-

bedeckung und das Auftreten kontinentaler Xerothermasenarten wie *Astragalus danicus* und *Stipa capillata* charakteristisch sind (KNAPP 1944, MEUSEL 1952). Das Waldgebiet des Hakels nimmt darin eine gewisse Sonderposition ein, wie durch die Klimadaten (BURSE 1989, STUBBE 1971) belegt wird.

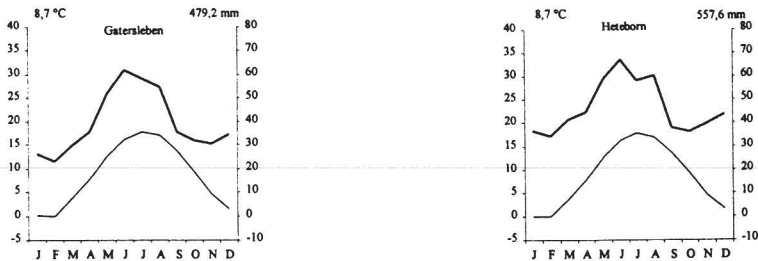


Abb. 1 Klimadiagramme (langjährige Mittel) der Stationen Gatersleben und Heteborn (unter Verwendung der Temperaturen von Gatersleben)

Im langjährigen Mittel zeigen die Klimadiagramme (Abb. 1) weder für Heteborn (200 m NN; 1955 bis 1995) noch für Gatersleben (110 m NN; 1953 bis 1993) Trockenzeiten (vgl. WALTER 1960). In einzelnen Jahren (Abb. 2) treten jedoch mehrwöchige Trockenzeiten auf. Dadurch kann einerseits der Keimungs- und Etablierungserfolg in größeren zeitlichen Abständen fruchtender Baumarten reduziert werden, andererseits wird auf flachgründigeren Standorten die Vegetationsperiode erheblich verkürzt.

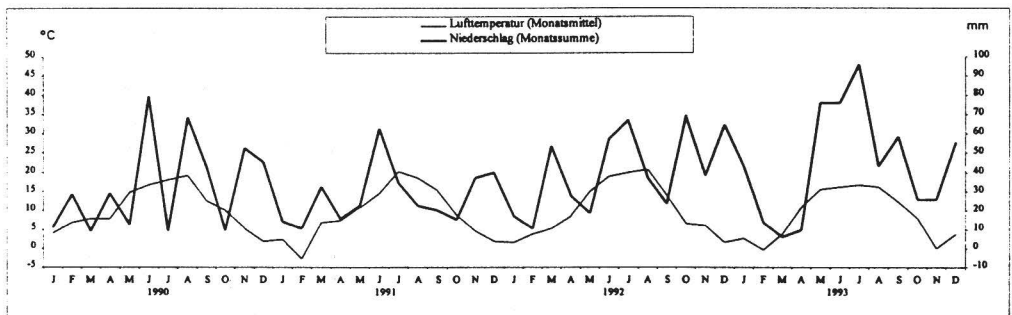


Abb. 2 Monatliche Niederschlagssummen und Temperaturmittel, Gatersleben, 1990-1994

Die beträchtlichen Unterschiede der langjährigen Mittel des Jahresniederschlages von Heteborn 557,6 mm (301,7 bis 903,3 mm) gegenüber 479,2 mm (319,9 bis 683,8 mm) in Gatersleben zeigen, wie stark sich der Höhenunterschied für den Hakel auswirkt. Auf der Hochfläche des Hakels ist ein weiterer Anstieg der Niederschlagssumme zu erwarten.

### 3.1.2 Geologie, Geomorphologie und Böden

Nach den Darstellungen von WUTTKY (1957), STUBBE (1971) und WAGENBRETH et STEINER (1990), wird der zentrale und höchste Teil des Hakelsattels vom verwitterungsbeständigen Unteren Muschelkalk (Wellen-

kalk) gebildet. Oberer Buntsandstein (Röt) ist nur kleinflächig als Streifen am Südhang unterhalb der Domburg und fensterartig auf der Hochfläche oberflächennah anstehend. Im Weichselglazial wurde der Hakel von Löß überdeckt, der heute das wichtigste oberflächlich anstehende Substrat darstellt, dessen Mächtigkeit bis zu 2 m erreicht. Der Löß wurde auf den Rücken und an steilen Talflanken abgetragen und in Tälern als Schwemmlöß akkumuliert.

Das schwach zertalte Plateau des Hakelsattels fällt von etwa 230 m ü. NN (höchster Punkt 245 m ü. NN) allmählich nach Süden auf etwa 170 m ü. NN und nach Nordosten auf ca. 140 m ü. NN ab. Die Wellenkalk-Röt-Grenze tritt nur südlich der Domburg als angedeutete Steilstufe geomorphologisch in Erscheinung. In die Abdachung des Hakels sind Erosionstäler eingeschnitten. Daneben sind mehrere Steinbrüche und Erdfälle als kleinere Hohlformen und unterhalb der Domburg einige Muschelkalkkuppen beachtenswert.

Die Bodentypen des Hakels reichen von flachgründigsten Rendzinen auf Muschelkalk über unterschiedlich tiefgründige Parabraunerden in Lößsubstraten über Muschelkalk bis zu kolluvial beeinflussten anhydromorphen Talböden. Vegetationsprägende Standortfaktoren sind insbesondere die Flachgründigkeit und Klüftigkeit der Rendzinen, die Wechsell Trockenheit der Parabraunerden und die bessere Wasserversorgung der Böden über dem stauenden Röt sowie der Talböden (vgl. im einzelnen MICHEL, 1996).

## 3.2 Vegetations- und Landnutzungsgeschichte

### 3.2.1 Vegetationsgeschichte

Die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Mitteldeutschen Trockengebietes wurde von MÜLLER (1953) untersucht. Einen Überblick über die postglaziale Vegetations- und Klimaentwicklung der Umgebung des etwa 5 km vom Untersuchungsgebiet entfernt gelegenen um 1000 n. Chr. verlandeten Ascherslebener Sees gibt MANIA (1967).

Seit dem späten Boreal existierten Eichen-Mischwälder mit Esche, Linde, Ahorn und Hasel. In diesen trat die Buche vereinzelt bereits seit Ende des Boreals auf, erreichte jedoch erst im späteren Atlantikum höhere Anteile. Die ersten Zeiger ackerbaulicher Tätigkeit traten vor mehr als 6000 Jahren im früheren Atlantikum auf. Das heißt, die Einwanderung der Buche fand zu einer Zeit statt, als der Mensch bereits mit dem Ackerbau in dieser Region begonnen hatte.

Im Subboreal setzte eine starke Ausbreitung der Rotbuche ein, die Eiche hatte dennoch den größten Anteil unter den Bäumen. Kiefer, Esche, Ulme und Linde traten dagegen nur noch vereinzelt auf. Eine intensive bäuerliche Besiedlung in der Umgebung des Ascherslebener Sees läßt sich aus der geschlossenen Getreide- und *Plantago lanceolata*-Pollenkurve schließen. In der gegenüber heute etwas ozeanischeren Zeit des frühen Subatlantikum (Pollenzone IX) wurden die Wälder weiter zurückgedrängt. Dominierende Baumarten waren Eiche und Rotbuche. Die Hainbuche war gegen Ende dieses Abschnittes häufig.

Die Untersuchungen von LANGE (1974) begründen die Annahme des Fehlens natürlicher Steppen im mitteldeutschen Schwarzerdegebiet und des hohen Anteils von Buchenwäldern in frühgeschichtlicher Zeit. Ein nutzungsbedingter Rückgang der Buche setzte mit dem 10. Jahrhundert ein.

### 3.2.2 Siedlungsgeschichte und Waldnutzung

Das nördliche Harzvorland, insbesondere die Lößgebiete, gehören zu den Altsiedlungsgebieten, welche nacheiszeitlich früh besiedelt wurden und seitdem ununterbrochen bevorzugter Siedlungsraum waren. Informatio-

nen zur ur- und frühgeschichtlichen Besiedlung geben MANIA (1967; zit. in STUBBE 1971) und SCHLÜTER et AUGUST (1958). Ausführliche Auswertungen historischer Forstunterlagen finden sich bei STUBBE (1971) und SCHAUER (1971).

Aus der Verteilung der Fundplätze (SCHLÜTER et AUGUST 1958, LANGE 1974) geht hervor, daß mindestens das heutige Waldgebiet des Hakels in ur- und frühgeschichtlicher Zeit weitgehend siedlungsfrei gewesen sein dürfte. Das Waldgebiet dehnte sich in Ost-West-Richtung etwa zweieinhalb mal soweit wie heute aus und reichte fast bis zur Bodeaue. In Nord-Süd-Ausdehnung war der Hakelsattel wie heute bewaldet (SCHLÜTER et AUGUST 1958).

Der Hakel wurde über Jahrhunderte als Mittelwald mit Oberholz aus Eichen und wenigen Buchen und Unterholz aus Linden, Haseln und anderen Arten bewirtschaftet (SCHAUER 1971). Durch die Mittelwaldwirtschaft wurde die Baumartenzusammensetzung nachhaltig geprägt. „Viele spricht dafür..., daß die Hauptholzart der alten Wälder, die Eiche, mindestens seit Ende des 12. Jahrhunderts gepflanzt wurde.“ (SCHUBART 1966) Auch Wild-Birne und Wild-Apfel wurden künstlich eingebracht (SCHUBART 1966). Die Unterschicht wurde, im Gegensatz zu anderen Gebieten des nördlichen Harzvorlandes (ZACHARIAS 1993), in der Regel in 12-jährigem Turnus geschlagen (SCHAUER 1971, FORMELLA 1994). In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erfolgten Pflanzungen und Saaten verschiedenster Baumarten. Die Eichenbestände waren Ende des 18. Jahrhunderts stark übernutzt und die Verjüngung reichte nicht aus (VON MINCKWITZ 1954).

Seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Dominanz der heute 140- bis 180jährigen Eichen durch die Anlage ausgedehnter Eichenkulturen begründet. Im Abschätzungswerk von 1853 werden bereits für 1136 ha Eichenbestände zwischen 1 und 48 Jahren angegeben. Ab 1891 begann die Überführung des Mittelwaldes in Hochwald (FORMELLA 1994). Dabei blieben flächenweise die sich aus Stockausschlägen regenerierenden Linden der Unterschicht erhalten und wurden nur zurückgeschnitten, wenn sie die Eichen zu stark bedrängten. So entstand auf vielen Flächen ein Waldbild, welches noch immer einem durchgewachsenen Mittelwald ähnelt. Einige gemischte Bestände entstanden aus der nach Nutzung belassenen Unterschicht des Mittelwaldes.

Vereinzelt wurden Forsten von Rotbuche und auf kleinerer Fläche von Esche, Fichte und Kiefer angelegt. In den letzten Jahren erfolgten große Schirm- und Kahlschläge sowie großflächige Verjüngung durch Pflanzung von Trauben- und Stiel-Eichen, aber auch von Rotbuchen und beigemischten Lärchen. Die derzeitige forstwirtschaftliche Nutzung ist in erster Linie auf die Erhaltung und Förderung eichenreicher Hochwälder orientiert. Mischbaumarten werden teilweise gefördert und künstlich eingebracht (z.B. Vogel-Kirsche, Elsbeere, Speierling).

Die Waldweide ist im Hakel nahezu seit den ersten urkundlichen Belegen nachzuweisen, dürfte aber seit dem Beginn der Siedlungstätigkeit im Umland erfolgt sein. Das Mast- und Hütungsrecht im Hakel wurde von STUBBE (1971) in Auszügen historischer Urkunden ausführlich dargestellt.

Um eine Beschädigung des Stockausschlages im Mittelwald zu vermeiden, durften Schafe erst nach 4 bis 6 und Rinder erst nach 6 bis 8 Jahren die abgetriebenen Bestände wieder beweiden. Ziegen dürften trotz erlassener Verbote zumindest bis Anfang des 19. Jahrhunderts erheblichen Einfluß auf die Waldstruktur gehabt haben. Die Schweinehutung trug dazu bei, die Verjüngung der Eichen zu fördern, wodurch der Boden gelockert und so günstige Keimungsbedingungen geschaffen wurden.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts verlor die Viehhutung an Bedeutung. Bis 1990 weideten jedoch am nordwestlichen Rand des Großen Hakels noch regelmäßig 200 bis 300 Schafe. Am Kleinen Hakel wurden westlich der Abt. 9 mindestens bis 1994 noch Schafe geweidet, die sicher gelegentlich auch innerhalb des Waldes weideten.

Waldrodungen im Hakelgebiet sind von STUBBE (1971) dokumentiert. Dafür, daß es sich beim Hakel höchstwahrscheinlich auf seiner Gesamtfläche um ein historisch altes Waldgebiet handelt, das seit der postglazialen Wiederbewaldung nie restlos entwaldet war, sprechen auch die Vorkommen von Arten mit deutlicher Bindung an historisch alte Waldflächen [*Mercurialis perennis*, *Sanicula europaea*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*, *Campanula trachelium*, *Polygonatum multiflorum* und andere (WULF 1993, ZACHARIAS 1994, ORTE 1996)] im gesamten Waldgebiet. Einziger Hinweis auf partiellen früheren Ackerbau ist ein kolluviales Bodenprofil aus dem Wassertal.

Die Geschichte der jagdlichen Nutzung des Hakelwaldes wurde von STUBBE (1971) ausführlich dargestellt. Die seit 1969 aufgebauten, systematisch überhegten Damwildbestände schlossen außerhalb gezäunter Flächen nahezu jede Gehölzverjüngung aus (Strecke: Jagdjahre 1991 bis 1993/94: 318 Stück Damwild = 8,2/100 ha und Jahr; 125 Stück Rehwild = 3,2/100 ha und Jahr (HERMANN, Forstamtsleiter, mdl. 1994).

Die Schätzungen des gegenwärtigen Damwildbestandes im Hakel schwanken zwischen etwa 120 und 200 Tieren, dies entspricht Dichten von 9,2 bis 15,4/100ha. Hinzu kommt eine nicht bekannte Anzahl von Rehen. Ihre Verbißwirkung ist im ganzen Hakel sichtbar, besonders deutlich an Waldrändern, wo infolge Ansitzjagd die Tiere das Heraustreten lange hinauszögern. Im Vergleich dazu liegen Schalenwildichten bei natürlicher Bestandesdynamik - ohne Jagd, aber mit den natürlichen Predatoren - zwischen 0,5 und 1 Stück Schalenwild je 100 ha (MAYER et al. 1980).

## 4. Pflanzengesellschaften

### 4.1 Waldgesellschaften des Hakels

Die pflanzensoziologische Abgrenzung höherer Syntaxa in Wäldern wird oft unter besonderer Beachtung der vorherrschenden Baumarten vorgenommen. Die Struktur des Baumbestandes unterliegt jedoch einer starken, anthropogen mehr oder minder gelenkten Dynamik. Andererseits unterscheiden sich Bestände verschiedener Baumarten kaum in ihrer krautigen Vegetation. Für die Gliederung der Waldvegetation im Hakel wurde daher bevorzugt auf Unterschiede in der Ausbildung der Feldschicht zurückgegriffen.

#### 4.1.1 Eichenreiche Trockenwälder (Ordnung *Quercetalia pubescenti-petraeae* Förster 79; Verband *Potentillo albae-Quercion petraeae* Zol. et Jak. 57 n. nov. Jak. 67)

Im Hakel existieren nur reliktsch den *Quercetalia pubescenti-petraeae* zuzurechnende, lichte, niedrigwüchsige Bestände, die sich sowohl strukturell als auch floristisch von den Eichen-Hainbuchenwäldern abheben. Diese werden im folgenden als Trockenwälder bezeichnet.

Durch das Zusammenspiel von historischer Nutzung, insbesondere Waldweide, hoher Wildkonzentration und Standortbesonderheiten, vor allem Windverhagerung, Flachgründigkeit der Böden und Durchsonnung an offenen Waldrändern, konnten diese Gesellschaften entstehen und sich auf kleiner Fläche erhalten. Bei Wegfall der traditionellen Nutzung könnten auf diesen reichen und kräftigen Standorte trockenerer und mittelfrischer Feuchtestufe (BURSE 1989) mesophile Wälder mit teilweise recht eutrophem Charakter entstehen.

Gemeinsam ist den Trockenwäldern des Hakels eine Artengruppe mit *Prunetalia*- bzw. *Berberidion*-Arten (*Evonymus europaeus*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*) und der *Quercetalia pubescenti-petraeae*-Art *Lathyrus niger*.

Eine größere Gruppe von Arten verbindet mit den räumlich nahen bodensauren Eichenwäldern. Es sind dies ebenfalls wärmeliebende Arten (u.a. *Fragaria vesca*, *Primula veris*, *Melica picta*, *Viola hirta*, *Euphorbia*

*cyparissias*, *Brachypodium pinnatum* und *Tanacetum corymbosum*), die für die Quercetalia pubescenti-petraeae und insbesondere für den Verband der subkontinentalen Eichenwälder des Potentillo albae-Quercion petraeae kennzeichnend sind.

In den Trockenwäldern des Hakels kommen Arten der Fagetalia wie *Mercurialis perennis*, *Daphne mezereum*, *Polygonatum multiflorum*, die *Carpion*-Arten *Stellaria holostea*, *Dactylis polygama*, *Potentilla sterilis*, *Galium sylvaticum* und *Festuca heterophylla* sowie eine ganze Reihe weiterer weitverbreiteter Laubwaldsippen, wie *Brachypodium sylvaticum*, und Störungszeiger wie *Galium aparine* und *Galeopsis tetrahit* in ähnlicher Stetigkeit und Artmächtigkeit vor wie in den Eichen-Hainbuchenwäldern. Dennoch erscheint die Abtrennung von diesen durch die große Zahl differenzierender Arten gerechtfertigt.

Da im Hachel die bezeichnenden Sippen der submediterranen Flaumeichenwälder (Quercion pubescenti-petraeae) völlig fehlen, sind die eichenreichen Trockenwälder den subkontinentalen Trockenwäldern des Potentillo albae-Quercion petraeae zuzuordnen.

#### 4.1.1.1 Diptam-Eichen-Eschenwald (Potentillo albae-Quercetum petraeae Libb. 33 n. inv. Oberd. 57 em. Müller - Subassoziation mit *Dictamnus albus*)

Die lichte, artenreiche Baumschicht dieser Wälder (mittlere Deckung 35%, mittlere Höhe 16 m) ist einerseits durch zahlreiche Wildobstbäume, vor allem *Pyrus pyraeaster*, eine hohe Stetigkeit von *Sorbus torminalis*, niedrigwüchsige, kurzschäftige Eichen und mehrstämmige Linden und Hainbuchen, andererseits durch zahlreiche schlechtwüchsige Eschen geprägt. Die Eschen sollen zum Schutz vor Maikäferflug (WEINITSCHKE 1954) angepflanzt worden sein. An diesen Stellen hat sich *Dictamnus* besonders gut entwickelt. Es ist aber nicht erkennbar, daß Diptam durch Eschen gefördert würde, sondern er konzentriert sich lediglich an trockenen Standorten, welche bevorzugt mit Eschen ergänzt wurden.

In der Strauchschicht dominiert der durch Beweidung geförderte *Crataegus oxyacantha*. Häufige Arten sind weiterhin *Evonymus europaeus*, *Corylus avellana*, *Cornus sanguinea* und *Sorbus torminalis*.

Die Feldschicht ist durch das regelmäßige Auftreten von thermophilen Arten, wie *Dictamnus albus*, *Tanacetum corymbosum*, *Euphorbia cyparissias*, *Lathyrus niger*, *Viola hirta* in Kombination mit Elementen nährstoffreicherer frischer Wälder gekennzeichnet. Dabei dominieren Gräser wie *Dactylis polygama*, *Melica picta* und *Roegneria canina*. Lokal, vor allem in Senkenposition, breiteten sich, durch Einträge aus der angrenzenden Intensiv-Agrarlandschaft gefördert, nitrophile Arten (u.a. *Sambucus nigra*, *Urtica dioica*, *Galium aparine* und *Geranium robertianum*) aus. Gegenüber der folgenden Gesellschaft differenzieren das Vorkommen von *Dictamnus albus*, die Häufung von *Evonymus europaeus* und das Fehlen einer ganzen Reihe von Sippen (vgl. Tabelle 2; siehe Falteinlage).

In der Umgebung vitaler Diptambestände sind auch in relativ dunklen, geschlossenen Wäldern nicht selten sterile, kümmernde Diptampflanzen zu finden. Es ist wahrscheinlich, daß sich das Areal des Diptam-Eichen-Eschenwaldes nach der Nutzungsveränderung deutlich verkleinert hat (vgl. auch Karte bei WEINITSCHKE 1954). Der Vergleich mit FÖRSTER (1968) zeigt, daß die Vegetationsveränderungen langsam verlaufen. Die damals scheinbar zurückgehenden Diptamvorkommen sind noch heute in großen Pflanzenzahlen vorhanden. Auch die meisten anderen Trockenwaldarten wurden bestätigt.

Die forstliche Standortkartierung weist in diesem Bereich nur ganz kleinflächig trockenere Standorte aus. Dennoch fiel in den trockenen Sommern 1994 und 1995 auf, daß die oberirdischen Organe der mesophilen Arten der Krautschicht Anfang August bereits weitgehend vertrocknet waren, während die Trockenwaldarten und ganz besonders der Diptam sich noch voll turgeszent zeigten. Ende August / Anfang September 1995 war selbst das Laub vieler Bäume mit Ausnahme von Eichen, Wild-Birnen und Elsbeeren welk.



Trockenwaldinseln an flachgründigen Muschelkalkstandorten (Braunerde-Rendzina) mit *Dictamnus albus* inmitten der Eichen-Hainbuchenwälder fallen auch strukturell als lichte Stellen mit niedrigwüchsigen, teilweise aus Stockausschlag hervorgegangenen Bäumen und einer höheren und dichteren Feldschicht auf. Neben *Sorbus torminalis* und *Pyrus pyraeaster* ist auch die Sommer-Linde in diesem Bereich etwas gehäuft. Diese von WEINTSCHKE (1954) als Sommer-Linden-Mischwald kartierten Bestände lassen sich floristisch gut dem Diptam-Eichen-Eschen- bzw. dem Eichen-Hainbuchenwald anschließen.

In Anlehnung an MÜLLER (in OBERDORFER 1977 ff.) werden diese Trockenwälder als Subassoziation des Potentillo-Quercetum aufgefaßt. MÜLLER bezieht die von SCHUBERT (1972) und von KNAPP (1980) als Lithospermo-Quercetum petraeae bezeichneten Bestände mit ins Potentillo-Quercetum ein.

#### 4.1.1.2 Fingerkraut-Eichenwald (Potentillo albae-Quercetum petraeae Libb. 33 n. inv. Oberd. 57 em. Müller - Subassoziation mit *Polytrichum formosum*)

Die Bestände fallen durch ihren lichten, parkartigen Charakter auf. Die maximal 35% deckende Obere Baumschicht besteht aus einzeln oder in kleinen Trupps stehenden, kurzschäftigen, breitkronigen Trauben-Eichen und vereinzelt aus Hainbuche und Winter-Linde. Eine zweite Baumschicht ist selten ausgebildet, kann aber bis 60% Deckung erreichen. Die lockere Strauchschicht wird von Arten der Baumschicht sowie Weißdom (überwiegend *Crataegus monogyna*), Liguster, Rose, Elsbeere, Hartriegel und Pfaffenhütchen aufgebaut. Die Winter-Linde und die Hainbuche bilden auf Teilflächen dichte Bestände.

Die Feldschicht erreicht in der Regel eine Gesamtdeckung von nahe 100%, im Schatten aufkommender Hainbuchen- und Lindengruppen tritt die Feldschicht zurück. Dominant sind Gräser, u.a. *Brachypodium pinnatum* und *Poa nemoralis*. Weitere charakteristische Gramineen sind *Anthoxanthum odoratum*, *Melica picta*, *Festuca ovina* und *Koeleria macrantha*.

Gegenüber dem Diptam-Eichen-Eschenwald differenzieren eine ganze Reihe Arten wechselfeuchter Standorte wie *Galium boreale*, *Serratula tinctoria*, *Betonica officinalis*, *Selinum carvifolia*, schwach acidophile Arten, z.B. *Melampyrum pratense*, *Anthoxanthum odoratum*, *Solidago vigaurea*, *Hieracium lachenalii*, *Veronica officinalis* sowie Arten subkontinentaler Eichenwälder bzw. wärmeliebender Saumgesellschaften, darunter *Potentilla alba*, *Trifolium alpestre*, *Peucedanum cervaria*, *Campanula persicifolia*, *Clinopodium vulgare*. Moose, u.a. *Polytrichum formosum*, sind in den untersuchten Beständen selten.

Auch im Fingerkraut-Eichenwald treten Arten der Eichen-Hainbuchenwälder auf. Außerdem ist eine gewisse Eutrophierungs- und Ruderalisierungstendenz am häufigen Auftreten von *Urtica dioica*, *Rubus fruticosus* agg., *Galium aparine* u.a. zu erkennen. In den drei Aufnahmen dieser Gesellschaft bei WEINTSCHKE (1954) sind diese Arten noch nicht enthalten.

Die Artengruppenkombination von wärmeliebenden Saum- und Trockenwaldarten, leicht acidophilen Sippen sowie von Arten mesophiler Laubwälder und nährstoffreicherer Standorte zeigt den anthropogenen Charakter dieser Bestände. Wesentliche Standortfaktoren, die Herausbildung und Erhaltung dieses Waldtyps begünstigt haben, dürften die exponierte Lage an Waldrändern mit starker Besonnung und Windverhagerung, die sommers stark austrocknenden, teilweise flachgründigen Lößböden sowie ganz wesentlich die frühere Mittelwaldwirtschaft und Waldweide sein.

Die hohe Konzentration des Damwildes an den westlichen Waldrändern des Kleinen Hakels begünstigte die Erhaltung der lichten Waldstruktur. Als Unterschied zur Waldweide macht sich die größere Selektivität der Nahrungsaufnahme der Cerviden gegenüber den Boviden, insbesondere Rindern und Schafen bemerkbar. Hirsche bevorzugen diverse Dikotylen, z.B. einige der Trockenwaldarten und Gehölze gegenüber Gräsern, was entsprechende Dominanzverhältnisse und einen dichten Filz von Grasstreu bewirkt.

Von WEINTSCHKE (1954) wurde der Fingerkraut-Eichenwald auf großer Fläche im Kleinen Hakel kartiert und von weiteren lichten Stellen im Großen Hakel erwähnt. Auch bei EICHLER (1970) sind Arten des Trockenwaldes aus weiteren Abteilungen des Kleinen Hakels angegeben. Interessant ist ein Vergleich mit der Arbeit von BECKER (1936), in der die ehemals größere Ausdehnung und der größere Artenreichtum des Fingerkraut-Eichenwaldes belegt wird (*Laserpitium latifolium*, *Bupleurum falcatum*, *Succisa pratensis* und, in viel größerer Menge als heute, *Digitalis grandiflora*, *Trifolium medium* und *alpestre*, *Campanula persicifolia*). Einige Jahrzehnte nach Beendigung der Waldweide hatte der Wald noch den Charakter eines Trockenwaldes. Heute fehlen in den meisten der genannten Flächen Arten der Trockenwälder und auch strukturell sind keine Unterschiede zu Eichen-Hainbuchenwäldern erkennbar. Das Potentillo-Quercetum blieb nur als Traufwald an den offenen Waldrändern fragmentarisch erhalten.

Die nutzungsbedingte Ableitung zahlreicher Potentillo-Quercetum-Bestände aus mesophilen Waldgesellschaften wird u.a. von SCHUBERT (1972) und ELLENBERG (1986) erwähnt. „Verdächtig in dieser Richtung sind immer Bestände in mehr oder minder ebener Lage bei mittlerer Wuchsleistung der Bäume (Bestandeshöhe 15-20 m oder mehr).“ (OBERDORFER 1977ff.)

Die syntaxonomische Einordnung ist zwanglos in die Subassoziatio mit *Polytrichum formosum*, typische Variante möglich, wie sie bei OBERDORFER (1977ff.) beschrieben wird. Eine Fassung als licht- und wärme-liebende Subassoziatio des Galio-Carpinetum, z.B. im Sinne der „Untergesellschaft von *Chrysanthemum corymbosum*“ bei SCHUBERT (1972) bzw. der Subassoziatio mit *Potentilla alba* (OBERDORFER 1977 ff.) wäre wegen des reichlichen Vorkommens von Carpinion-Arten ebenfalls möglich.

#### 4.1.2 Drahtschmielen-Eichen- und Drahtschmielen-Buchen-Wald (Quercion robori-petraeae-Gesellschaft)

Nur wenige Flächen im Hakel tragen eine deutlicher acidophile Vegetation. Eine Versauerung der oberen Bodenhorizonte gegenüber dem Ausgangssubstrat Löß wurde in den meisten Bodenprofilen im Untersuchungsgebiet festgestellt. Schwach acidophile Arten kommen im Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwald und im Fingerkraut-Eichenwald vor.

In dem bereits von Eichler (1971) beschriebenen Eichenbestand in Abteilung 61 treten zu den auch andernorts vorkommenden acidophilen Arten *Vaccinium myrtillus* und *Potentilla erecta* hinzu. Häufig sind die Moose *Polytrichum formosum*, *Dicranella heteromalla* und *Catharinea undulata*. Auf eine gewisse Wechselfeuchtigkeit weist *Molinia caerulea* (*arundinacea*) hin. Eine ganze Anzahl der Trockenwaldarten kommt hier ebenfalls vor. Dieser Bestand ist als Übergang zwischen dem Quercion robori-petraeae und einer artenärmeren *Molinia*-Variante des Potentillo-Quercetum, Subassoziatio mit *Polytrichum formosum* aufzufassen.

Ein (gepflanzter) Buchenbestand im Südwesten des Großen Hakels auf Löß hebt sich durch seine gänzlich andere Feldschicht von den benachbarten, häufig ebenfalls buchendominierten Bingelkraut-Eichen-Hainbuchen-Wäldern ab. Neben dem stark vertretenen Verhagerungszeiger *Poa nemoralis* treten häufig *Avenella flexuosa* sowie als weitere säuretolerante Arten *Holcus mollis*, *Luzula campestris*, *Agrostis capillaris*, *Hieracium murorum* und *Hieracium sabaudum* auf. Syntaxonomische Beziehungen bestehen zum Luzulo-Fagetum Meusel 37 und zur *Deschampsia flexuosa*-Gesellschaft Pass. 56, die bei OBERDORFER (1977 ff.) zum Verband Quercion-robori-petraeae gestellt werden.

#### 4.1.3 Eichen-Hainbuchenwälder (*Galio sylvatici-Carpinetum betuli* Oberd. 57)

Als Eichen-Hainbuchenwälder werden in dieser Arbeit alle mesophilen Laubmischwälder aufgefaßt, die sich nicht durch deutliche floristische Eigenheiten abheben (Trockenwälder und Ahorn-Eschen-Hangfußwald).

Die Eichen (fast ausschließlich die Trauben-Eiche) kommen in fast allen Beständen (Stetigkeit V) vor, sind jedoch, wie aus der Zusammenstellung von FORMELLA (1994) hervorgeht, nahezu alle im vorigen Jahrhundert gepflanzt worden. Die Trauben-Eiche dominiert mit 24 bis 75% der Grundfläche, bleibt aber mit Stammzahlen zwischen 50 und 167 Ind./ha hinter den häufigsten Mischbaumarten Hainbuche und Winter-Linde etwas zurück. Diese sind etwa gleich häufig (maximal 26 bzw. 40%), wobei die eine oder andere Art lokal völlig fehlen kann. Daß die Hainbuche bevorzugt an etwas staufeuchten Stellen bestandesprägend auftritt (WEINTSCHKE 1954), kann nicht bestätigt werden.

Mit zum Eichen-Hainbuchenwald werden auch durch Berg-Ulmen und Feld-Ahorn sowie durch Rotbuchen dominierte Bestände gestellt. Eine floristische Differenzierung dieser Bestände als eigenständige Vegetationstypen ist nicht möglich, da es keine auf diese Bestände beschränkte Artengruppen gibt.

In der Strauchschicht der Eichen-Hainbuchenwälder fehlen die Eichen. Winter-Linde, Hainbuche und Hasel als wichtigste Hauschichtarten der früheren Mittelwälder haben wechselnde Anteile, wobei häufig eine Art gegenüber den anderen dominiert. Bei Winter-Linde und Hainbuche ist dies meist die Art, welche auch in der Baumschicht in der größten Zahl vorhanden ist. In den von Hasel dominierten Beständen sind Winter-Linde und Hainbuche auch in der Baumschicht selten.

Holunder (*Sambucus nigra*) ist vor allem in den Randbereichen des Waldes häufig, besonders in Unterhang- und Senkenposition. Auf eine Förderung durch Stickstoffeinträge aus den angrenzenden intensiv bewirtschafteten Feldfluren ist aus der Verbreitung der Dominanzbestände (siehe Karte) zu schließen. *Sambucus nigra* tritt im Hain-Rispengras-Eichen-Hainbuchenwald in geringer (31 Ind./ha), im Wald-Ziest- und im Sauerklee-Eichen-Hainbuchenwald in hoher (89 bzw. 86 Ind./ha) und im Giersch-Eichen-Hainbuchenwald in sehr hoher Dichte (178 Ind./ha) auf. In allen genannten Typen ist der Holunder die subdominante Art der Strauchschicht. Die geringere Dichte im Hain-Rispengras-Eichen-Hainbuchenwald dürfte durch nur lokal günstige Trophie- und Feuchtigkeitsverhältnisse aufgrund der Windverhagerung begründet sein.

Die den Verband des Carpinion kennzeichnenden Arten *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *Stellaria holostea*, *Dactylis polygama*, *Potentilla sterilis* und *Ranunculus auricomus* sind überwiegend mit hoher Stetigkeit zu finden. Die Einordnung im Unterverband *Galio sylvatici-Carpinenion betuli* ist durch das Auftreten der bezeichnenden Art *Galium sylvaticum* sowie Arten wie *Festuca heterophylla*, *Convallaria majalis*, *Melica nutans* bestimmt. Die u.a. von MEUSEL (1952; 1954 a, b; 1955) betonte Verwandtschaft mit dem osteuropäischen *Tilio cordatae-Carpinenion betuli* ist trotz des Hervortretens der Linde gering, da in diesem die subatlantisch verbreiteten Arten wie *Potentilla sterilis*, *Hordelymus europaeus*, *Lonicera periclymenum* und *Fagus sylvatica* aber auch *Galium sylvaticum* durch eine ganze Reihe in Mitteleuropa fehlender Arten ersetzt werden (vgl. OBERDORFER 1977 ff.).

Eine Reihe von Arten, die als Charakterarten der Eichen-Hainbuchenwälder gelten, wie *Stellaria holostea*, *Galium sylvaticum* und *Festuca heterophylla* treten in Buchenbeständen zurück, tun dies jedoch auch in etwas dichter geschlossenen, dunkleren Eichen-Hainbuchenwäldern. Die Buchenwaldkennarten *Hordelymus europaeus*, *Galium odoratum* und *Senecio ovatus* sind in den Eichen-Hainbuchen-Beständen nicht seltener, letztere Art hat in diesen sogar einen deutlichen Schwerpunkt und kann in den feuchteren Ausbildungsformen Dominanzbestände bilden. Da insgesamt die von Buchen dominierten Bestände seltener und klein-

flächiger auftreten und zahlreiche Buchenwaldarten selten sind (*Galium odoratum*) oder fehlen (z.B. *Dentaria bulbifera*, *Festuca altissima*) wurde auf eine Einordnung als mehr oder minder stark nutzungsgeprägte Formen von Buchenwaldgesellschaften, wie sie z.B. ZACHARIAS (1993) im nördlichen Harzvorland Niedersachsens vornimmt, verzichtet.

Wegen des gelegentlichen Auftretens der Buche und der noch zu beschreibenden Entwicklungstendenzen sei an dieser Stelle auf den syntaxonomischen Bezug zu den Buchenwäldern, deren Ersatzgesellschaften die Eichen-Hainbuchenwälder sein könnten, eingegangen:

Das Galio odorati-Fagenion zeichnet sich gegenüber dem Luzulo-Fagetum durch das Auftreten anspruchsvollerer Arten aus, im Hakel u.a. durch *Polygonatum multiflorum*, *Phyteuma spicatum* und *Galium odoratum*. Andererseits fehlen hier einige Buchenwaldarten der niederschlagsreicheren submontanen und montanen Stufe (*Festuca altissima*, *Prenanthes purpurea*, *Actea spicata*). Das Auftreten von reichlich *Mercurialis perennis*, *Hordelymus europaeus*, *Daphne mezereum*, *Campanula trachelium*, *Bromus beneckenii*, *Hepatica nobilis* und *Lathyrus vernus* zeigt die Nähe vieler Eichen-Hainbuchenwälder im Hakel zum Hordelymo-Fagetum (Tx. 37) Kuhn 37 em. Jahn 72, welches W. SCHMIDT (1994 mdl.) als potentielle natürliche Vegetation für den Hakel ansieht.

Der Vergleich mit den älteren Stetigkeitstabellen zeigt Veränderungen in der Zusammensetzung der Feldschicht während der letzten Jahrzehnte. In allen Eichen-Hainbuchenwäldern hat *Mercurialis perennis* zugenommen, welches bei WEINITSCHE (1954) nur in den Feld-Ahorn-Berg-Ulmen- und Buchenbeständen Artmächtigkeiten von 2-3 erreichte, in anderen Beständen maximal mit +-1 vertreten war. Heute ist die Art in 80% der Eichen-Hainbuchenwald-Aufnahmen mit einem mittleren Deckungsgrad von 30% vorhanden und fehlt in keiner Ausbildung völlig. Die Zunahme dieser etwas nitrophilen Art kann eine Reaktion auf diffuse Stickstoffeinträge aus der Luft sein. Möglicherweise erlaubt die bessere Stickstoffversorgung dieser Pflanze sickerfrischer Böden in feuchten Carpinion-Gesellschaften (OBERDORFER 1990), sich auch auf trockeneren Standorten auszubreiten. Außerdem wird *Mercurialis perennis* von Rehen (KLÖTZLI 1965) und Damwild verschmäht. Gleichzeitig verbessern hohe Stickstoffimmissionen das Äsungsangebot und erlauben höhere Wildbestände. Das Wild reduziert die Gehölze und bevorzugte Kräuter, weniger gern gefressene Pflanzen breiten sich als Äsungsunkräuter aus (ELLENBERG JUN. 1986, JAUCH 1987), diese beeinträchtigen wiederum die Gehölzverjüngung (s.a. MICHEL 1996).

*Senecio ovatus* wurde von WEINITSCHE (1954) nur mit Stetigkeit II und Artmächtigkeit + im Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald notiert. Heute kommt die Art in 57% der Eichen-Hainbuchenwaldaufnahmen vor. In lichten Bereichen der frischeren Ausbildungen tritt die Art faziesbildend auf.

Eine Abnahme einzelner Arten in den Eichen-Hainbuchenwäldern ist kaum nachweisbar. Die Stetigkeit von *Convallaria majalis* hat sich von II-III auf 20% verringert, die von *Festuca heterophylla* von III-IV auf 24%, *Galium sylvaticum* nahm von V auf 57% ab.

Die weitere Untergliederung der Eichen-Hainbuchenwälder des Hakels auf streng floristischer Grundlage ist schwierig. Gegenüber den typischen Eichen-Hainbuchenwäldern läßt sich ein frischerer, etwas nährstoffreicherer Flügel, in dem Arten wie *Aegopodium podagraria*, *Sambucus nigra*, *Urtica dioica*, *Scrophularia nodosa* häufiger auftreten, recht gut abgrenzen und durch das Hinzutreten weiterer Arten gliedern.

#### 4.1.3.1 Typische Eichen-Hainbuchenwälder (Galio-Carpinetum, typische Subassoziation)

Die typischen Eichen-Hainbuchenwälder weisen auf diese Subassoziation beschränkte Artengruppen auf. Da die Untereinheiten in erster Linie durch Dominanz- bzw. Standortunterschiede differenziert sind, werden diese

(in Anlehnung an DIERSCHKE et SONG 1982) neutral als Ausbildungen bezeichnet.

In der Nähe von Waldrändern, teilweise auch einige 10 m in den Wald hinein, d.h. als Traufwald (MÜLLER 1987: als schmaler Streifen an Waldrändern ausgebildete, sich strukturell und floristisch von der flächig ausgebildeten Waldvegetation unterscheidende Waldgesellschaft), sind die Eichen-Hainbuchenwälder oft dominant von *Poa nemoralis* geprägt. Die den anderen Untereinheiten eigenen charakteristischen Arten treten im Hain-Rispengras-Eichen-Hainbuchenwald (Galio-Carpinetum, *Poa nemoralis*-Ausbildung) stark zurück, der damit in erster Linie negativ gekennzeichnet ist. Häufig erreichen nur *Poa nemoralis*, *Stellaria holostea* und *Convallaria majalis*, gelegentlich auch *Dactylis polygama* nennenswerte Deckung. Die Baumschicht dieser Wälder ist in der Regel relativ locker, die Strauchschicht beschränkt sich meist auf wenige größere Individuen von *Crataegus oxyacantha*. Gehölzverjüngung ist meist ähnlich stark verbissen wie im Fingerkraut-Eichenwald.

Ein Teil der Wälder dieser Ausbildung steht den Trockenwäldern nahe. Dies wird zum einen aus der unmittelbaren räumlichen Nachbarschaft, zum anderen aus dem häufigen Vorkommen von *Convallaria majalis* deutlich.

Neben dem Verhagerungszeiger *Poa nemoralis* sind nährstoffliebende Arten, z.B. *Sambucus nigra*, *Urtica dioica*, *Milium effusum* und *Impatiens parviflora* in vielen Beständen häufig, besonders wenn diese in die Wälder der Subassoziation mit *Aegopodium podagraria* übergehen. Diese Form ist in den Aufnahmen überrepräsentiert.

Die Obere Baumschicht des Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwaldes (Galio-Carpinetum, *Calamagrostis arundinacea*-Ausbildung) besteht überwiegend aus Trauben-Eiche, die Winter-Linde ist regelmäßig beigemischt. In der stets vorhandenen unteren Baum- und Strauchschicht dominiert die Winter-Linde, Hainbuche und Hasel sind häufig. Die Rotbuche ist gegenüber dem Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald und den frischeren Eichen-Hainbuchenwäldern relativ selten. Die häufig (IV) in geringer Zahl zu findenden Buchensämlinge zeigen die prinzipielle Fähigkeit der Buche, sich auch auf diesen relativ trockenen und kalkarmen Standorten zu verjüngen.

Ein häufiger Begleiter von *Calamagrostis arundinacea* auf tiefgründigeren, oberflächlich entkalkten Löß-Parabraunerden mäßig frischer, kräftiger Standorte ist *Maianthemum bifolium*. Häufiger als in anderen Waldgesellschaften treten Moose (*Catharinea undulata*, *Dicranella heteromalla*, *Fissidens taxifolius* und gelegentlich auch *Polytrichum formosum*) auf.

Die typischen Arten des Galio-Carpinetum (*Stellaria holostea*, *Ranunculus auricomus*, *Dactylis polygama*, *Potentilla sterilis*, *Galium sylvaticum* und *Festuca heterophylla*) sind in diesen Beständen sämtlich gut vertreten. *Mercurialis perennis* ist zwar häufig (IV), erreicht jedoch nur geringe Dominanz (durchschn. Deckung 8,3 %).

Von den Differentialarten des Hordelymo-Fagetum tritt außer *Mercurialis perennis* nur *Daphne mezereum* regelmäßig auf. Die Stetigkeit von *Hordelymus europaeus*, *Bromus beneckenii*, *Sanicula europaea*, *Hepatica nobilis* und *Lathyrus vernus* nimmt erst in Übergangsbeständen zum Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald (siehe Tabelle 2) so zu, daß die Annahme eines Hordelymo-Fagetum als potentiell natürlicher Vegetation begründet ist.

Die stärkere Lößüberdeckung des Muschelkalkes ist Ursache des auffallenden Dominanzwechsels im Artenmosaik des Waldbodens, insbesondere der Seltenheit von Kalkzeigern und der Zunahme säuretoleranter Arten. ELLENBERG (1986) stellt solche Wälder mit charakteristischen Mull-Braunerden und Mull-Parabraunerden als Braunmull-Buchenwälder den Frischen Kalkbuchenwäldern gegenüber.

Es fällt auf, daß *Calamagrostis arundinacea* im Hakel durchaus mit anspruchsvolleren Waldpflanzen wie *Mercurialis perennis*, *Hordelymus europaeus* und *Daphne mezereum* gemeinsam vorkommt und dabei hohe Artmächtigkeit erreicht. Im stärker ozeanisch getönten nördlichen Niedersachsen bleibt die Art dagegen auf die Nutzungsform des Luzulo-Fagetum milietosum mit acidophilen Arten wie *Holcus mollis*, *Avenella flexuosa* beschränkt. Sie schließt sich dort gegenüber o.g. sowie zahlreichen weiteren Arten (u.a. *Galium sylvaticum*, *Sanicula europaea*) geradezu aus. Auch im Unteren Eichsfeld tritt nach BLOSAT et SCHMIDT (1975) *Calamagrostis arundinacea* in Eichen-Hainbuchen-Wäldern nur mäßig saurer Lehmböden auf. *Calamagrostis arundinacea* hat offensichtlich im trockeneren Harzvorland eine etwas weitere Amplitude, obwohl die Art bei ELLENBERG (1986) in Zeigerwert und Text als submontan-subozeanisch bezeichnet wird. Andererseits heißt es unter Verweis auf MEUSEL (1955), daß „*Calamagrostis arundinacea* im extremen Trockenklima offenbar besser gedeiht als *Luzula luzuloides*“.

Die meisten Bestände des Bingelkraut-Eichen-Hainbuchenwaldes (*Galio-Carpinetum*, *Mercurialis perennis*-Ausbildung) sind hochwaldartig strukturiert, auch wenn an frühere Mittelwaldwirtschaft erinnernde Wuchsformen nicht selten sind.

Auf den nur schwach lößüberdeckten Muschelkalkplateaus im Zentrum der Hakelhochfläche und auf mehreren kleineren Muschelkalkaustritten, partiell mit Tondecken, auf kräftigen bis reichen mittelfrischen bis trockeneren Standorten ist die Feldschicht von *Mercurialis perennis* mit Deckungen nahe 100% dominiert, andere Arten sind nur in geringer Zahl beigemischt. An lichtereren Stellen kommt in der Regel *Brachypodium sylvaticum* zur Dominanz, und *Mercurialis perennis* tritt etwas zurück.

Im Übergangsbereich zwischen diesem Vegetationstyp und der vorgenannten Ausbildung hat *Hordelymus europaeus* den Schwerpunkt und ist in den Bingelkraut-Eichen-Hainbuchen-Wäldern wieder seltener. Ähnlich verhalten sich unter anderem *Daphne mezereum*, *Hedera helix*, *Bromus beneckenii* und *Lathyrus vernus*. *Hepatica nobilis* hat den Schwerpunkt der Verbreitung in diesem Waldtyp, was mit der von EICHLER (1970) veröffentlichten Verbreitungskarte dieser Art gut übereinstimmt. Im Bingelkraut-Eichen-Hainbuchenwald treten die typischen Eichen-Hainbuchenwaldarten (besonders *Dactylis polygama*, *Galium sylvaticum*, *Potentilla sterilis* und *Festuca heterophylla*) zurück.

Der Bingelkraut-Eichen-Hainbuchenwald zeigt, gemeinsam mit dem Übergangstyp zum Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwald, starke Anklänge an das *Hordelymo-Fagetum*. An mehreren Stellen, z.B. unterhalb der Domburg und im Wassertal dominiert die Rotbuche, welche insgesamt die Stetigkeit III und eine durchschnittliche Deckung von 44% aufweist. Diese Bestände unterscheiden sich aber floristisch nicht von den benachbarten Wäldern mit Eichen-Linden-Hainbuchen- bzw. Feld-Ahorn und Berg-Ulmen-Dominanz.

Die Verbreitung des Bingelkraut-Eichen-Hainbuchenwaldes hat sich in den letzten Jahrzehnten wenig verändert. Dagegen sind qualitative Veränderungen wahrscheinlich. WEINITSCHKE (1954) fand in der Umgebung der Domburg in aufgelichteten Bereichen noch regelmäßig *Dictamnus albus*, *Tanacetum corymbosum*, *Lithospermum officinale* und *Viola hirta*. Diese Arten müssen stark zurückgegangen sein, obwohl die lichte Struktur zumindest auf Teilflächen noch vorhanden ist. Ebenfalls deutlich seltener geworden ist *Hepatica nobilis*, welche nur noch in einzelnen Exemplaren zu finden ist.

#### 4.1.3.2 Frische Eichen-Hainbuchenwälder (*Galio-Carpinetum*, Subassoziation mit *Aegopodium podagraria*)

Diese Subassoziation wurde vor allem in den unteren Lagen im Norden, Osten und Süden des Großen Hakels und im Kleinen Hakel kartiert. Als Standorte dominieren Unterhänge und Senken in häufig unmittelba-

rer Nachbarschaft zu Äckern. Nordöstlich der Domburg ist die Subassoziaton in der *Stachys sylvatica*-Variante auf dem Plateau ausgebildet.

Die meisten vom Frischen Eichen-Hainbuchenwald eingenommenen Flächen sind in der Forstlichen Standortkarte (BURSE, 1989) als reiche mittelfrische Standorte eingetragen und sollen sich damit in der Wasserhaushalt-Stufe nicht von den Standorten der zuvor genannten Typischen Eichen-Hainbuchenwälder unterscheiden. Aus dem vegetationskundlichen Befund ergibt sich durch das Hinzutreten bzw. die deutliche Zunahme einer Reihe von Arten, welche einen höheren Bedarf an Feuchtigkeit und Nährstoffen haben, ein anderes Bild. Der frischere Charakter der Vegetation könnte zum einen in über Röttonen im Unterboden gestautem Wasser begründet sein. Weiterhin ist durch die exponierte Lage inmitten von Intensiv-Ackerflächen, am Südrand zudem in Senkenposition, ein höherer Stickstoffstatus zu erwarten.

Eventuell ist nur für die *Stachys sylvatica*-Variante der Rang einer Subassoziaton (Subassoziatonen *circaeetosum* und *stachyetosum* diverser Autoren (ELLENBERG 1986, OBERDORFER 1977 ff.) berechtigt. Die als Subassoziaton von *Aegopodium podagraria* zusammengefaßten Bestände ähneln sich jedoch in der hohen Stetigkeit der frische- und nährstoffliebenden Arten derart, daß auch Bestände ohne *Stachys sylvatica* und *Circaea lutetiana* einbezogen wurden.

Durch das deutliche Hervortreten der Artengruppe von *Aegopodium podagraria*, insbesondere durch die hohe Deckung des Giersch (durchschnittlich 10 %) und von *Urtica dioica* sowie das Fehlen der Differentialarten der *Stachys sylvatica*-Variante hebt sich der Giersch-Eichen-Hainbuchenwald (*Galio-Carpinetum*, Subassoziaton mit *Aegopodium podagraria*, typ. Variante) von den anderen Eichen-Hainbuchenwäldern ab.

An verlichteten Stellen kommt oft auch *Senecio ovatus* zur Dominanz. Häufig sind *Milium effusum* sowie die Farne *Athyrium filix-femina* und *Dryopteris carthusianorum*. In Senkenposition an Waldrändern existieren von *Urtica dioica* und *Sambucus nigra* dominant beherrschte Bereiche. Zu den anderen Gesellschaften existieren vielfältige Übergänge.

Wesentlich für den Wald-Ziest-Eichen-Hainbuchenwald (*Galio-Carpinetum*, Subassoziaton mit *Aegopodium podagraria*, Variante mit *Stachys sylvatica*) ist das Hinzutreten der Differentialarten feuchter Laubmischwälder *Stachys sylvatica* und *Circaea lutetiana* sowie von *Impatiens noli-tangere*, vor allem an etwas lichterem Stellen, zu der Artengruppe von *Aegopodium podagraria*.

Der Großteil der Fläche des Kleinen Hakels wird von der Subvariante mit *Oxalis acetosella* eingenommen. In ihr sind die genannten Frische- und Nährstoffzeiger hochstet. Dazu kommen die in den fünfziger Jahren noch fehlende und heute auf den Kleinen Hakel weitgehend beschränkte *Oxalis acetosella* sowie *Galium odoratum* vor.

#### 4.1.4 Ahorn-Eschen-Hangfußwald (*Adoxo moschatellinae-Aceretum* (Etter 47) Pass. 59)

In einigen etwas besser wasserversorgten Gründchen, insbesondere im Wassertal, sind Ahorn-Eschen-Hangfußwälder zu finden. In der hohen Baumschicht herrschen gutwüchsige Berg-Ahorne, Eschen und Sommer-Linden vor. Der Berg-Ahorn ist in der Strauchschicht (79 Ind./ha) und im schwachen und starken Stangenholzalder (79 bzw. 75 Ind./ha) stark vertreten. Außerdem kommen in der Strauchschicht Holunder (63 Ind./ha), Sommer- und Winter-Linde (je 50 Ind./ha), Hasel, Rotbuche, Zweigriffliger Weißdorn und Berg-Ulme vor.

In der Feldschicht dominieren Kräuter mit hohem Nährstoff- und Feuchtigkeitsbedarf, darunter *Aegopodium podagraria*, *Circaea lutetiana*, *Stachys sylvatica*, *Ranunculus repens*, *Lysimachia nummularia*. Aus

dem Wassertal ist auch das Vorkommen der submontanen *Petasites albus* bekannt (AURICH et al. 1981). Gegenüber den Eichen-Hainbuchenwäldern tritt *Galium sylvaticum* stark zurück. Im Geophytenaspekt sind *Ranunculus ficaria*, *Anemone ranunculoides* und *Gagea lutea* häufig. In der Mooschicht tritt regelmäßig *Mnium undulatum* auf.

In der Forstlichen Standortkarte sind diese Schwemmlöß-Boden- bzw. Löß-Talstandorte als frischere reiche Standorte, im Wassertal mit Nässe im Unterboden, eingetragen. Im Bodenprofil ist diese Sonderposition an Hydromorphie- und Kolluvialmerkmalen deutlich zu erkennen.

Die syntaxonomische Einordnung dieser Waldgesellschaft wird bei SCHUBERT (1972) im Corydali-Acereto-Fraxinetum Wilmanns 56 in einem Verband Aceri-Fagion vorgenommen. ELLENBERG (1986) verweist auf das „Aceri-Fraxinetum im Sinne von Etter 1947“ sowie das Adoxo-Aceretum von SCAMONI (1960). MÜLLER in OBERDORFER (1977 ff.) ordnet die durch o.g. Baumartenkombination charakterisierte, frische bis feuchte, nährstoffreiche kolluviale Hangfußböden besiedelnde Assoziation Adoxo moschatellinae-Aceretum (Etter 47) Pass. 59 dem Verband Tilio platyphylis-Acerion pseudoplatani Klika 55 zu.

#### 4.2 Veränderungen der Flora und Waldvegetation

Die Hauptschwierigkeit der Nachweisbarkeit von Vegetationsveränderungen in einem bestimmten historischen Zeitraum besteht in der Einschätzung des Ausgangszustandes (WILMANNS et BOGENRIEDER 1986). Dieser ist für den Hakel nur durch Stetigkeitstabellen und die Vegetationskarte (Maßstab etwa 1:25 000) von WEINITSCHKE (1954), die von EICHLER (1970) zusammengestellten floristischen Angaben sowie ältere Vegetationsbeschreibungen (BECKER 1939) dokumentiert. Das Fehlen von Angaben der mittleren Artenzahl, Gesamttabellen und lokalisierbaren Einzelaufnahmen läßt einen direkten statistischen Vergleich nicht zu. Einige grundlegende Tendenzen der Vegetationsveränderung sind jedoch ablesbar.

Wegen der weiten Verbreitung licht- und wärmeliebender Arten im gesamten Waldgebiet ordnete EICHLER (1970) in seiner Ende der vierziger Jahre entstandenen Arbeit die Waldvegetation des Hakels „in allen Teilen, die nicht ... zu schattig (geworden) sind“, dem Verband des Dictamno-Sorbion zu. Die anderen Bestände werden von ihm als „*Melica picta*-Subassoziation“ dem Querceto-Carpinetum angeschlossen. Auf stärker entkalktem Löß wird die Subassoziation des Querceto-Carpinetum luzuletosum in stark verarmter Ausprägung erwähnt. Für den schon damals zu verzeichnenden Rückgang der Trockenwaldarten macht EICHLER das künstliche Einbringen bzw. die Förderung von Schattholzarten verantwortlich. Anhand der Baumartenzusammensetzung betont EICHLER den subkontinentalen Charakter des Hakelwaldes. Die Buchenvorkommen werden für die Rötgebiete als eventuell natürlich angesehen.

Im Vergleich zu älteren Bearbeitungen des Hakelgebietes wurden floristische Veränderungen festgestellt, die vor allem Ausdruck einer Entwicklung zu schattigeren Beständen mit frischerem Bestandesklima sind:

Als neu eingewandeter, inzwischen im gesamten Hakel verbreiteter Neophyt nutzt *Impatiens parviflora* bevorzugt etwas gestörte Stellen. In den Arbeiten von EICHLER (1970) und WEINITSCHKE (1954) ist die Art noch nicht verzeichnet. Im Jahre 1981 waren Vorkommen in Gatersleben bekannt, für den Hakel selbst wurde die Art aber noch nicht angegeben (AURICH et al. 1982). Auf eine noch anhaltende, anthropogen geförderte Ausbreitung weist das gehäufte Auftreten an Wegen und Fahrspuren von Forstfahrzeugen hin. *Galium odoratum* ist im Hakel heute weiter verbreitet als früher. EICHLER (1970) gibt die Art nur für drei Stellen im Großen Hakel an und hält die Art für „vermutlich nirgends ursprünglich“. Nach WULF (1993) ist *Galium odoratum* eine Pflanzenart mit starker Bindung an historisch alte Waldflächen. Der Waldmeister dürfte auch gegen die durch Waldweide bedingten Standortveränderungen (Auflichtung, stärkere Besonnung,



geringere Luft- und Bodenfeuchte) empfindlich sein, so daß seine Ausbreitung durch den Nutzungswandel mitbegründet ist. Auch *Oxalis acetosella* wird von BECKER (1939), EICHLER (1970) (nach Daten von 1949!) und WEINITSCHKE (1954) nicht erwähnt. HENTSCHEL et SCHAUER (1967) erwähnen das Vorkommen der Art, die folglich erst in jüngerer Zeit eingewandert sein muß. Für *Circaea lutetiana* waren EICHLER (1970) nur Angaben aus dem vorigen Jahrhundert bekannt. AURICH et al. (1982) erwähnen die heute in den Wald-Ziest-Eichen-Hainbuchenwäldern nicht seltene Art nur von einem Fundort im Kleinen Hakel. Auch *Allium ursinum* ist heute weiter verbreitet als bei EICHLER (1970) angegeben.

In den Eichen-Hainbuchenwäldern sind kaum Veränderungen nachweisbar. Erheblich zugenommen haben *Mercurialis perennis* und *Senecio ovatus*. Abgenommen haben *Hepatica nobilis*, *Convallaria majalis*, *Festuca heterophylla* und *Galium sylvaticum*.

AURICH et al. (1982) weisen auf den Rückgang vieler lichtliebender Arten wie des Diptam und vor allem der Orchideen im Hakel und die Veränderungen durch die Intensivierung der Landwirtschaft in der Umgebung hin. Aus aktueller Kenntnis des Gebietes sind folgende Arten - überwiegend solche der Trockenwälder, wärmeliebender Säume und Xerothermrassen - durch Aufgabe der Bauernwaldnutzung und die starke Eutrophierung der Waldränder verschwunden: *Dianthus superbus*, *Polygala vulgaris*, *Bupleurum falcatum*, *Laserpitium latifolium*, *Laserpitium prutenicum*, *Galium glaucum*, *Asperula tinctoria*, *Asperula cynanchica*, *Scabiosa ochroleuca*, *Succisa pratensis*, *Campanula glomerata*, *Campanula persicaria*, *Helianthemum nummularia*, *Melampyrum nemorosum*, *Stachys recta*. Bei weiteren Arten ist eine starke Abnahme von Fundorten und Individuen sicher: *Trifolium alpestre*, *Trifolium medium*, *Galium boreale*, div. Orchideen, *Selinum carvifolia*, *Peucedanum cervaria*, *Potentilla alba*, *Betonica officinalis*, *Digitalis grandiflora*, *Filipendula hexapetala*.

Hinsichtlich der Vegetationsveränderungen ist der Rückgang der durch Waldweide aus anderen Gesellschaften hervorgegangenen Trockenwälder, vor allem des Fingerkraut-Eichenwaldes, am auffälligsten. Ihre Entwicklung geht zu mesophileren, an ruderalen, nitrophilen Saumarten reichen Gesellschaften. Die lichtliebenden Trockenwaldarten, vor allem Arten mit sehr geringen Individuenzahlen und/oder geringer Konkurrenzkraft (z.B. *Potentilla alba*, *Genista tinctoria*, *Peucedanum cervaria*, *Selinum carvifolia*), gehen weiter zurück. Diese Veränderungen werden bei rascherer Ausbreitung des Holunders, weiteren Stickstoffeinträgen, nachlassendem Wildverbiß und der Entstehung geschlossener Waldmäntel sich beschleunigen.

Für die Eichen-Hainbuchenwälder des Hakels sind Veränderungen der Trophie und des Bestandesklimas zu erkennen. Die Nährstoffeinträge aus der umgebenden Agrarlandschaft beeinflussen die Vegetation einige zehn Meter in die Bestände hinein. Waldstücke, die durch ihre Lage im Relief und lange Grenzlinien zu Äckern bei geringer Gesamtfläche den Einträgen besonders ausgesetzt sind, werden von nitrophilen Arten wie *Sambucus nigra* und *Urtica dioica* sowie Störungszeigern wie *Impatiens parviflora* und *Galeopsis tetrahit* dominiert. Neben den direkten Einträgen dürften auch indirekte Stickstoffimmissionen (KÖRSCHENS et MAHN 1995 stellten im Mitteldeutschen Trockengebiet um Halle 50 kg/ha und Jahr fest) derartige Vegetationsveränderungen fördern. Das mit der Zunahme von Schattbaumarten sich verändernde Lichtklima läßt lichtliebendere Arten zurückgehen. Andererseits wird das Bestandesklima luftfeuchter, wodurch Arten wie *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-femina*, *Stachys sylvatica* und *Circaea lutetiana* zunehmen. Derartige Veränderungen stellen auch WILMANNs et BOGENRIEDER (1986) für die Eichen-Hainbuchenwälder des Kaiserstuhls fest.

#### 4.3 Bestandesstruktur und Mosaik der Waldbodenvegetation

Da die Strukturen der Baum- und Strauchschicht in Wirtschaftswäldern anthropogen großflächig nivelliert wurden, wirken sich standörtliche Gradienten stark auf die Zusammensetzung der Vegetation aus. Entlang von

Tabelle 1: Baumbestand der Waldgesellschaften

| Waldtyp (Zahl der Aufnahmen)  |                     | TEI   | WLi   | HBu   | RBu   | BAh   | Es    | SLI   | BUI  | SEI  | VKI  | FAh  | WAp  | WBI  | EBe  | SAh  | Bi   | sonst. | ges.   |
|---|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|
| Diptam-Eichen-Eschenwald (6)  | Stämme je ha        | 25,0  | 19,2  | 17,3  |       | 5,8   | 222,7 | 44,2  | 5,8  | 13,4 | 11,5 | 24,2 | 1,9  | 17,3 | 30,7 | 1,9  |      |        | 440,8  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 5,7%  | 4,4%  | 3,9%  |       | 1,3%  | 50,5% | 10,0% | 1,3% | 3,0% | 2,6% | 5,5% | 0,4% | 3,9% | 7,0% | 0,4% |      |        | 100,0% |
| Fingerkraut-Eichenwald (9)  | Stämme je ha        | 83,9  | 262,2 | 151,8 |       | 11,1  |       |       |      | 1,9  |      |      |      |      | 2,8  | 13,9 |      | 2,8    | 549,6  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 15,3% | 47,7% | 27,6% |       | 2,0%  |       |       |      | 0,3% |      |      |      |      | 0,5% | 2,5% |      | 0,5%   | 100,0% |
| Hain-Rispengras-Eichen-Hainbuchenwald (8)   | Stämme je ha        | 103,1 |       | 225,0 |       |       | 25,0  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        | 353,1  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 29,2% |       | 63,7% |       |       | 7,1%  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        | 100,0% |
| Wald-Reifgras-Eichen-Hainbuchenwald (15)  | Stämme je ha        | 158,7 | 160,3 | 71,8  | 10,0  | 1,7   | 21,7  | 3,3   |      | 26,7 | 1,7  |      |      |      | 3,3  |      |      | 71,8   | 531,1  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 29,9% | 30,2% | 13,5% | 1,9%  | 0,3%  | 4,1%  | 0,6%  |      | 5,0% | 0,3% |      |      |      | 0,6% |      |      | 13,5%  | 100,0% |
| Übergangsbestände zwischen Wald-Reifgras- und Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald (9) | Stämme je ha        | 130,7 | 172,4 | 50,0  | 19,5  | 36,1  | 22,2  | 22,2  |      |      | 11,1 | 2,8  |      |      |      |      |      | 13,9   | 480,9  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 27,2% | 35,8% | 10,4% | 4,0%  | 7,5%  | 4,6%  | 4,6%  |      |      | 2,3% | 0,6% |      |      |      |      |      | 2,9%   | 100,0% |
| Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald (46)  | Stämme je ha        | 49,7  | 113,9 | 99,9  | 105,3 | 37,3  | 19,4  | 24,8  | 32,4 | 4,9  | 25,9 | 24,3 |      | 4,9  | 7,6  | 2,7  | 7,0  | 0,5    | 560,5  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 8,9%  | 20,3% | 17,8% | 18,8% | 6,6%  | 3,5%  | 4,4%  | 5,8% | 0,9% | 4,6% | 4,3% |      | 0,9% | 1,3% | 0,5% | 1,3% | 0,1%   | 100,0% |
| Giersch-Eichen-Hainbuchenwald (10)  | Stämme je ha        | 142,5 | 50,0  | 377,5 | 65,0  | 27,5  | 55,0  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        | 797,5  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 17,9% | 6,3%  | 47,3% | 8,2%  | 3,4%  | 6,9%  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        | 100,0% |
| typ. Wald-Ziest-Eichen-Hainbuchenwald (16)  | Stämme je ha        | 166,9 | 35,9  | 123,2 | 6,2   | 1,6   | 12,5  |       |      | 18,7 |      |      |      |      |      |      |      |        | 365,0  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 45,7% | 9,8%  | 33,8% | 1,7%  | 0,4%  | 3,4%  |       |      | 5,1% |      |      |      |      |      |      |      |        | 100,0% |
| Sauerklee-Eichen-Hainbuchenwald (11)  | Stämme je ha        | 56,8  | 186,4 | 4,5   | 31,8  | 109,1 | 4,5   |       |      | 11,4 |      |      |      |      |      |      | 25,0 |        | 429,6  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 13,2% | 43,4% | 1,1%  | 7,4%  | 25,4% | 1,1%  |       |      | 2,6% |      |      |      |      |      |      | 5,8% |        | 100,0% |
| Ahorn-Eschen-Hangfußwald (6)  | Stämme je ha        | 33,4  | 8,3   | 20,9  | 4,2   | 187,7 | 41,7  | 25,0  | 29,2 | 8,3  | 4,2  | 4,2  |      |      |      |      |      | 4,2    | 371,1  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 9,0%  | 2,2%  | 5,6%  | 1,1%  | 50,6% | 11,2% | 6,7%  | 7,9% | 2,2% | 1,1% | 1,1% |      |      |      |      |      |        | 100,0% |
| Alle Vegetationsaufnahmen (6,2 ha)  | Stämme je ha        | 90,3  | 102,5 | 101,7 | 44,0  | 31,5  | 36,1  | 13,9  | 11,3 | 8,5  | 10,0 | 9,6  | 0,2  | 2,9  | 5,3  | 1,8  | 9,8  | 11,1   | 490,5  |
|   | Grundfläche (m²/ha) | 18,4% | 20,9% | 20,7% | 9,0%  | 6,4%  | 7,4%  | 2,8%  | 2,3% | 1,7% | 2,0% | 2,0% | 0,0% | 0,6% | 1,1% | 0,4% | 2,0% | 2,3%   | 100,0% |
|   |                     | 11,9  | 2,6   | 2,4   | 5,2   | 0,5   | 1,1   | 0,6   | 0,2  | 0,7  | 0,3  | 0,3  | 0,0  | 0,2  | 0,3  | 0,0  | 0,2  | 0,2    | 26,7   |
|   |                     | 44,7% | 9,6%  | 8,8%  | 19,7% | 2,0%  | 4,1%  | 2,1%  | 0,6% | 2,5% | 1,1% | 1,3% | 0,0% | 0,8% | 1,0% | 0,1% | 0,6% | 0,9%   | 100,0% |

Standortgradienten ist bei homogener Bestandesstruktur deutlich das Optimum des Vorkommens bestimmter Arten erkennbar, die sich daher lokal als Kennarten eignen. In natürlichen, unbeeinflussten Wäldern entstehen durch Naturereignisse und die Zyklizität der Waldentwicklung Mosaik, die schwer in die, in bewirtschafteten Wäldern entwickelte, Syntaxonomie einzuordnen sind. Das strukturelle und kleinstandörtliche Mosaik überlagert Standortgradienten dergestalt, daß innerhalb des Optimums ungeeignete und außerhalb geeignete Kleinstandorte entstehen. Das Optimum des Auftretens bestimmter Arten wird verwischt (KOOP 1982).

Im Haket führen vielfältige Bestandesstrukturen im Komplex mit edaphischen Unterschieden und Zufallsereignissen zu Vegetationsdifferenzierungen, welche naturnahen Wäldern näher sind als einförmig bewirtschafteten Altersklassenwäldern. Im Binkelkraut-Eichen-Hainbuchenwald auf Muschelkalk ohne bzw. mit sehr dünner Lößdecke nimmt beispielsweise *Mercurialis perennis* nahezu gleichmäßig die gesamte Fläche ein, ohne daß unterschiedliche Lichtintensitäten und Vegetationsstrukturen die Verteilung stärker beeinflussen würden. Im Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwald auf Lößparabraunerde ist eine Häufung von *Mercurialis* in Bereichen mittlerer Beleuchtungsstärke bei etwas flacher anstehendem Muschelkalk festzustellen. Lichtere Bereiche werden verstärkt von *Calamagrostis arundinacea* eingenommen. Im Sauerklee-Eichen-Hainbuchenwald ist *Mercurialis* auf größere Offenflächen beschränkt. Ein ähnliches Phänomen ist das Auftreten feuchtigkeitsliebender Arten wie *Athyrium filix-femina*, *Stachys sylvatica*, *Scrophularia nodosa* in lichterem Bereichen, vor allem in Bestandeslücken, die nach KOOP (1982) wegen der reduzierten Wurzelkonkurrenz und der verringerten Interzeption und Verdunstung des Blätterdaches feuchter sind als ihre Umgebung. Auf flachgründigen Böden und an Waldrändern kann durch stärkere Besonnung und Wind auch ein gegenüber dem geschlossenen Bestand trockenerer Standort mit lichtliebenden, trockenheitstoleranten Arten wie *Euphorbia cyparissias*, *Hypericum perforatum* entstehen. Weiterhin kann die Verstärkung der Stickstoffmineralisierung anspruchsvollere Arten begünstigen. Wurzelsteller schaffen durch die Umlagerung von Bodensubstrat weitere, u.a. durch höheren pH-Wert differenzierte Kleinstandorte. Dickungsphasen sind wiederum nahezu ohne Feldschicht. Aus diesen Verteilungsmustern der Feldschicht läßt sich nur bei großflächigerem Vergleich ein vorherrschender Vegetationstyp ermitteln.

## 5. Rolle ausgewählter Gehölzarten

### 5.1 Trauben- und Stiel-Eiche

Die Eichenbestände des Haket sind überwiegend durch forstliche Maßnahmen begründet worden (FORMELLA, 1994). Die Trauben-Eiche dominiert auf den lessivierten Lößböden. Stiel-Eichen treten häufiger auf tonigen, wechsellöcherigen Kalkrendzinen sowie nährstoffreichen, feuchten Alluvialböden auf.

Im Haket ist die Trauben-Eiche derzeit fast völlig auf die oberen Durchmesserklassen beschränkt (siehe Abb. 3). Nur im Diptam-Eichen-Eschenwald wurden mehrfach Eichen in der Strauchschicht festgestellt. Die Trauben-Eiche ist in 76% der Vegetationsaufnahmen in der Verjüngung zu finden. In 53% der Vegetationsaufnahmen waren dabei nur einzelne Exemplare vorhanden. Bis zu 100 Jungeichen waren in 19% der Vegetationsaufnahmen vorhanden, mehr als 100 nur in 4%. Der größte Teil der Jungeichen fand sich in der Größenklasse I, in weniger als einem Viertel der Aufnahmen fanden sich Individuen der zweiten Größenklasse. Eine Höhe von mehr als 20 cm wurde nur ganz ausnahmsweise erreicht.

Da im Haket lediglich in sehr lichten Beständen vereinzelt gut entwickelte Eichenjungpflanzen vorhanden sind, könnte eine Regeneration des Eichenwaldes nur in Bestandeslücken bzw. Zerfallsphasen stattfinden. Die dazu nötige Synchronisation von Zerfall und Mastjahr kommt nur selten zustande. Später keimende Eichen sind im Haket anderen Gehölzarten oder den sich rasch einfindenden Hochstauden unterlegen. Die günstigsten Be-

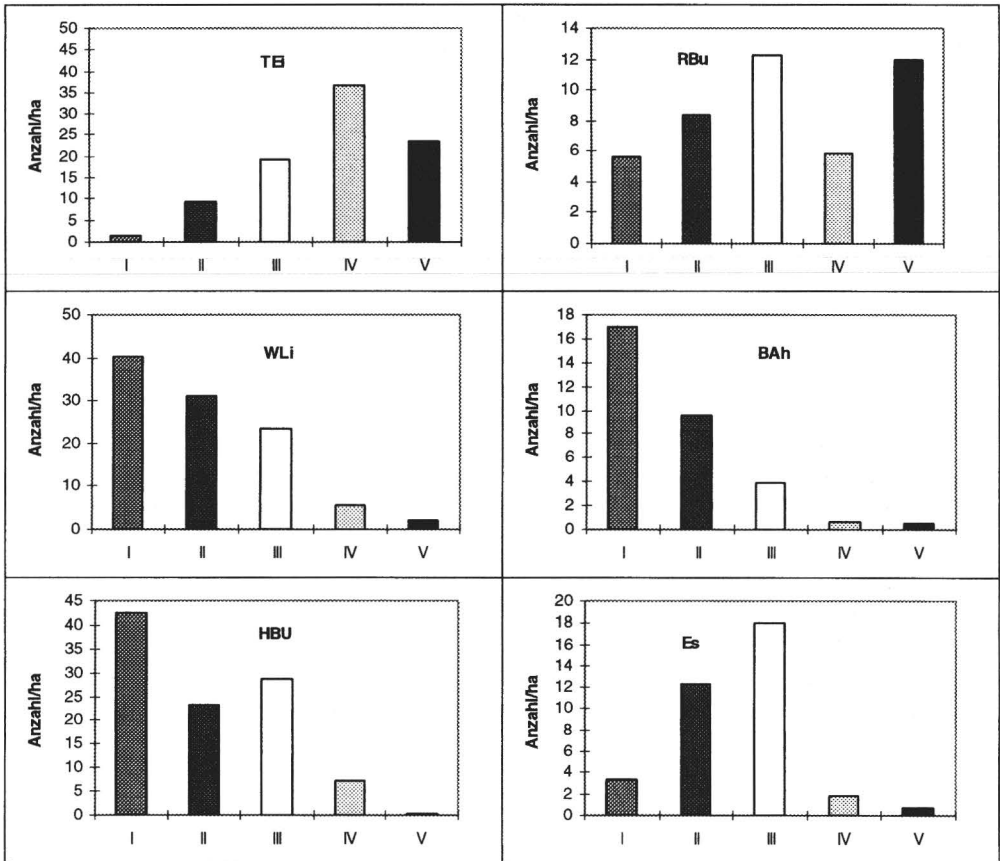


Abb. 3 Verteilung der Stammzahl ausgewählter Baumarten auf die BHD-Klassen in allen Vegetationseinheiten

dingungen finden Eichensämlinge in grasreichen Beständen mit lückiger Baum- und Strauchschicht des Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwaldes und der Eichen-Trockenwälder.

Nur ausnahmsweise wurde im Havel eine natürliche Regeneration durch Aufwachsen einzelner Jungeichen oder die Entstehung von Trauben-Eichen dominierter Dickungen beobachtet. Der Wildverbiß dürfte hierfür mitverantwortlich sein. Die letzten ergiebigeren Eichelmasten lagen in einer Zeit extrem überhöhter Damwildbestände. Doch spricht das Fehlen vorher etablierter Jungeichen gegen die Regenerationsfähigkeit der Eichen in den vorhandenen naturnahen Waldstrukturen. Bereits ROSSEL (1970) erwähnt das Fehlen von Eichenverjüngung.

Die Analyse der Verjüngungsflächen im Havel bestätigte die aus forstlich begründeten Eichen-Mischbeständen bekannte (FRICKE 1982) geringere Wachstumsgeschwindigkeit der Eichen gegenüber konkurrierenden Baumarten (außer Buche) und die von KÖRPEL (1995) erwähnte Benachteiligung der Eichen gegenüber Berg- und Spitz-Ahorn und Esche in gemischter Verjüngung.

Bei stärkerer Beteiligung beschattender Begleitbaumarten am Bestandaufbau ist eine Verjüngung nur in zeitlicher Synchronisation mit dem Absterben dieser Bäume möglich. Beim Absterben der Alteichen können größere Flächen ohne Eichenanteil entstehen (LEIBUNDGUT 1978). Ob und wie die Eichen diese wiederbesiedeln ist offen. KOOP (1982) nimmt an, daß sich lichtbedürftige, langlebige Arten (z.B. *Quercus robur*) nur in die Bestände späterer Stadien einmischen können, wenn auf größeren Kahlfächen Pionierstadien entstehen, in denen diese Arten sich mit ansiedeln und nach Zerfall des Pionierstadiums aufwachsen können. Solche großen Freiflächen sind gerade in den Eichen-Hainbuchenwäldern selten. In lichten südeuropäischen Eichenwäldern mit geringer Beteiligung anderer Baumarten sind meist einzelne Eichenheister in der Strauchschicht vorhanden, die langfristig für die Erhaltung des Bestandes ausreichen (LEIBUNDGUT 1978).

Zur Bewertung der Rolle der Eichen im potentiellen Bestandaufbau ist die Konkurrenzkraft der Alteichen gegenüber anderen Baumarten wichtig. Eine Zyklizität der Populationsentwicklung der Eichen setzt voraus, daß die Eichen den begleitenden Bäumen tatsächlich „an Dauer überlegen“ sind (ELLENBERG 1986).

Die Untersuchungen im Hakel haben ergeben, daß in Mischung mit Rotbuchen letztere größere Höhen erreichen als die Eichen. Nur gut bekronte herrschende Eichen halten der Buchenkonkurrenz lange stand, schwächere Bäume werden schnell ausgeschattet. Für Bestände mit geringeren Eichenanteilen wird diese Beobachtung vielerorts bestätigt (JAHN 1979, BECKER 1989). Unterständige Hainbuchen und Linden bedrängen die Eichen kaum. Erst mit der Verlichtung von Eichenkronen durch längerfristige Vitalitätsminderung können diese in den Kronenraum der Eichen einwachsen. Im Gegensatz zu den von LEIBUNDGUT (1978) genannten eichenreichen Mischurwäldern, in denen die Eichen eine nahezu reine Oberschicht bilden, können im Hakel Linden und Bergahorn, seltener die Hainbuche, die Höhe der Eiche erreichen. Ihre derzeit geringe Konkurrenz im Kronenraum ist durch gezielte Entnahmen begründet. Die schlechte Vitalität vieler Eichen im Hakel und der überproportional hohe Anteil absterbender und toter Bäume (vgl. Abb. 4 und Abb. 5) führen zu einem rascheren Absinken des Eichenanteiles, als dies das hohe potentielle Lebensalter erwarten ließe.

Die Betrachtung von Alterstruktur, Verjüngung und Vitalität sprechen gegen eine langfristig stärkere Beteiligung der Eichen am natürlichen Bestandaufbau der Wälder im Hakel.

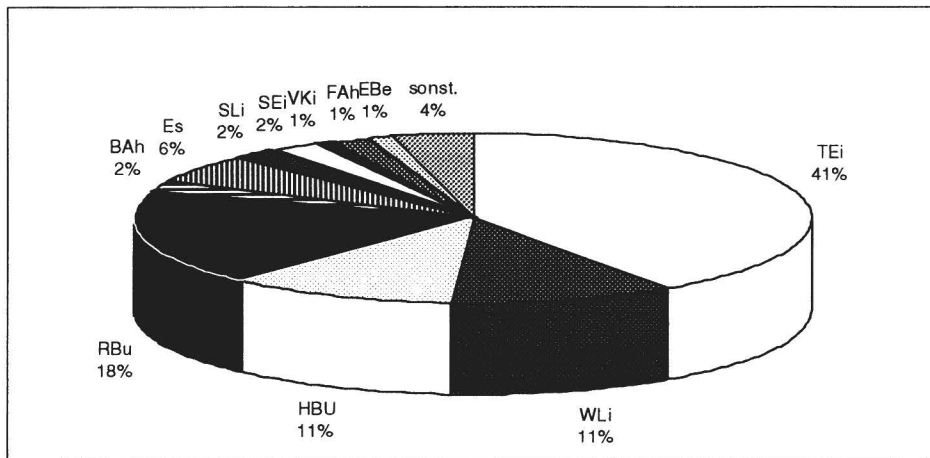


Abb. 4 Anteile der Baumarten an der Grundfläche in allen Vegetationseinheiten

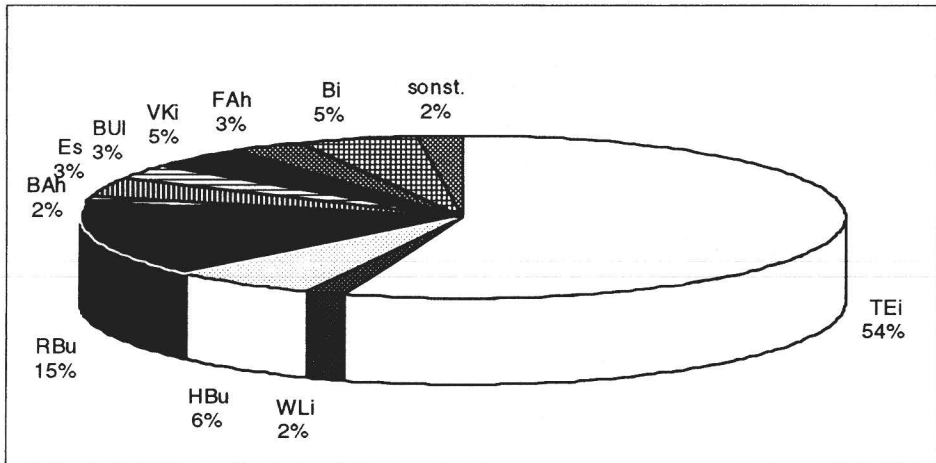


Abb. 5 Anteile der Baumarten am Totholz (Grundfläche) in allen Vegetationseinheiten

## 5.2 Hainbuche, Winter- und Sommer-Linde, Hasel

Die die Eichen begleitenden Baumarten Hainbuche, Winter- und Sommer-Linde sind in den einzelnen Teilen des Hakels in jeweils sehr verschiedener Menge vorhanden. Als Ursache hierfür vermuten WUTTKY (1957) und WEINTSCHKE (1953) vor allem standörtliche Faktoren. Die scharfen Grenzen zwischen den von einer dieser Arten dominierten Flächen und der partielle Ausschluß der anderen Art sind jedoch Indiz eines anthropogen geprägten Verteilungsmusters. Im Mittelwald kommen bei 10- bis 12jährigem Umtrieb echte Sträucher, bei 18-20jährigem die Eichen, bei 20- bis 30jährigem die Hainbuche und bei mehr als 30jährigem Umtrieb die Rotbuche zur Herrschaft (BROUILLARD 1911, zit. n. ELLENBERG 1986). Im Hakel sind die Linden selbst in schattigen Bereichen derart regenerationsfähig, daß auch ein Hieb alle 12 Jahre (siehe 3.2.2) gut vertragen wird. Bei starker Übernutzung der Linden konnte sich die Hasel durchsetzen. Längere Umtriebszeiten förderten die Hainbuche. Nach der Überführung der Mittelwaldbestände in Hochwald wurden stellenweise Hainbuchen und Linden stark reduziert.

PIGOTT (1975) stellte in Bialowiesza noch nach mehreren Jahrzehnten einen starken Einfluß von früherem starken Wildverbiß auf die Durchmesserverteilung der Linden fest. Im Hakel sind dagegen auch in Zeiten höchster Damwildichte einzelne Linden in die Baumschicht eingewachsen. Die Durchmesserklassen sind daher in kontinuierlich abnehmender Häufigkeit vertreten (Abb. 3). Die geringere Beeinträchtigung der Altersstruktur der Linden im Hakel kann durch ein anderes Äsungsverhalten von Damwild im Gegensatz zu Rothirsch und Wisent bedingt sein. PIGOTT (1975) hebt besonders die Tendenz der Winter-Linde hervor, sich unter dem Schirm von Hainbuchen zu etablieren. Dagegen ist im Hakel die Wuchsleistung bereits unter lichtem Eichenschirm deutlich vermindert. Unter den stärker beschattenden Hainbuchen können sich Linden nicht entwickeln. Die Hainbuche wandert in lindenreiche Bestände ein. Im Hakel regenerieren sich vorwiegend einzelne Linden vegetativ aus den in der Unterschicht weitverbreiteten Büschen. Dickungsartig aufwachsende Lindenverjüngung ist demgegenüber selten. Die Winter-Linde ist in der Feldschicht von 58% der Vegetationsaufnahmen vertreten. Mehr als 100 Exemplare sind in 13% der Vegetationsaufnahmen vorhanden. Die Vertei-

lung auf die Größenklassen ist ausgeglichen. Bis zur Strauchschicht sind alle Übergänge vorhanden. Gegenüber der Trauben-Eiche ist die Winter-Linde durch höhere Schattentoleranz und die sehr hohe Regenerationsfähigkeit bei Wildverbiß im Vorteil.

Bei der Hainbuche dominiert dagegen die generative Vermehrung, Stockausschlag ist selten. Die größten Entwicklungschancen haben in dichten Gruppen unter sehr guten Lichtverhältnissen aufwachsende Hainbuchsämlinge. Einzelne wachsende und beschattete Exemplare werden sehr stark verbissen. Die hohe Sämlingszahl und rasche Höhenzunahme befähigen die Hainbuche, die in 80% der Vegetationsaufnahmen in der Verjüngung auftrat, ihre Zahl und Verbreitung zu erhöhen.

Die Verjüngung der Hasel ist gegenüber den Linden und Hainbuchen gering. Die meisten Haseln regenerieren sich immer wieder aus dem Xylopodium der Sträucher. Sie sind meist vital und können an lichten Stellen Höhen bis zu 10 m erreichen.

Hainbuche, Hasel und beide Lindenarten dürften künftig in stärkerem Maße am Bestandesaufbau beteiligt sein. Die Hainbuche könnte, truppweise aus individuenreichen Verjüngungsflächen hervorgehend, partiell das Waldbild dominieren. Auch Winter- und Sommer-Linden werden künftig, vor allem in der Oberschicht, höhere Anteile als bisher erreichen. Eine allmähliche Verschiebung der Dominanzverhältnisse zugunsten der Hainbuche ist nicht auszuschließen.

### 5.3 Rotbuche

Nach ELLENBERG (1986) tritt ab etwa 550 mm (MAYER 1992: 600 mm!) Jahresniederschlag die Buche auf, erreicht jedoch erst bei ausreichend niedrigen Sommertemperaturen nennenswerte Bestandesanteile. Dieses Verhältnis von Niederschlägen und Sommertemperaturen läßt sich durch den Quotienten aus Juli-Temperaturmittel  $\times$  1000/Jahresniederschlag ausdrücken. Die Buchengrenze liegt dann bei 30, bis 15 können die Buche und die sie begleitenden Nadelbäume allein natürliche Wälder bilden. Während im Nordosten und Norden des Buchenareals Spätfrost den Laubaustrieb und die Fruktifikation der Buche regelmäßig stören, hemmen in mitteleuropäischen Eichen-Hainbuchen-Landschaften meist Frühjahrs- und Sommertrockenheit die Konkurrenzfähigkeit der Buche. Diese wirken sich in erster Linie auf die Keimung und das Aufkommen der Sämlinge aus. Neben der Keimung und Etablierung der Jungbuchen wird auch das Wachstum der Altbäume durch die Niederschläge, vor allem von Mai bis Juli, beeinflusst (KRAUSE 1992).

Der Niederschlag-Temperatur-Quotient liegt für die Meßstationen am Hakel außerhalb der o.g. Buchengrenze (Gatersleben 37,4; Heteborn etwa 31,7), doch ist auf der Hakel-Hochfläche mit einer etwas niedrigeren Juli-Temperatur und durch Höhenlage und Auskämmeffekt des Waldes mit erhöhten Niederschlägen zu rechnen. Das gute Wachstum gepflanzter Buchen (bis 40 m) und die Verteilung der Buchentrupps über den ganzen Hakel belegt die Eignung der meisten Standorte für die Rotbuche. Die Vitalität der meisten Buchen ist gut, Schäden haben kein größeres Ausmaß als in klimatisch optimalen Gebieten. Der hohe Anteil von Bäumen mit Spritzkern könnte standörtlich bedingt sein. Die ökologische Potenz der Buche wird dadurch nicht eingeschränkt.

Da die Entwicklungsfähigkeit der gepflanzten Buchen nicht eingeschränkt ist, könnte das Klima nur die Keimung und Sämlingsetablierung limitieren. Die Buche ist jedoch über den gesamten Hakel in der Verjüngung in Einzel-exemplaren verbreitet. In der Nähe gepflanzter Altbuchen wachsen spontan einzelne Bäume der verschiedensten Altersstufen. In Buchenbeständen sind Oskars (Vorverjüngung) häufig in großer Zahl zu finden, die über Jahre ungünstige Lichtverhältnisse und Wildverbiß überdauern. Die einzelnen Rotbuchsämlinge außerhalb der Buchenbestände entgehen jedoch selten dem Wildverbiß. Spontan aufgekommene Jungbuchen in

Strauch- und Baumschicht wurden maximal in 40 m Entfernung von Altbuchen gefunden. Die zu geringe Diasporenmenge bzw. Keimlingszahl scheint daher ein limitierender Faktor einer rascheren Ausbreitung der Buche in die Eichen-Hainbuchenwälder zu sein. Die starken Schwankungen der jährlichen Niederschläge könnten zudem die Häufigkeit der Synchronisation der Fruktifikation mit günstigen Keimungs- und Etablierungsbedingungen reduzieren.

Die Buche ist durch ihr streng phasenhaftes, von den Witterungsbedingungen des Vorjahres abhängiges Wachstum gegenüber der Hainbuche, welche günstige Bedingungen des laufenden Jahres durch kontinuierlichen Zuwachs zu nutzen vermag, benachteiligt. Der Verlust der Endknospe durch winterlichen Verbiß reduziert das Höhenwachstum der Rotbuche wegen ihrer Wuchsrhythmik und der strengen Akrotonie viel stärker, als das der flexibleren Hainbuche. In Verjüngungsflächen unter zusammenbrechenden Rotbuchen ist diese im Unterschied zu optimalen Buchengebieten sehr selten und die alljährlich fruchtende, trockenheitsfestere Hainbuche dominiert die aufwachsenden Dickungen. In den derzeit vielerorts aufwachsenden Berg-Ahorn Dickungen und den wenigen Eschendickungen können einzelne Rotbuchen aufkommen.

Aus den vegetationsgeschichtlichen Befunden, der Kenntnis der historischen Waldnutzung und der gegenwärtig stattfindenden Sukzession ist auf einen höheren potentiell natürlichen Buchenanteil im Hachel zu schließen. Die Ausbreitungstendenz der Rotbuche ist jedoch zu gering, als daß sich in kürzeren Zeiträumen die Laubmischwälder zu buchendominierten Beständen wandeln könnten. Die Ausbreitung findet allmählich statt und könnte mit der Entstehung eines buchenfreundlicheren Bestandesklimas durch die rasche Erhöhung der Anteile der Schattbaumarten Winter-Linde, Hainbuche und Berg-Ahorn und bei einer Reduzierung der Schalenwild dichte sich beschleunigen.

#### 5.4 Esche und Berg-Ahorn

Esche und Berg-Ahorn sind sowohl Arten reicherer, frischer Standorte als auch Pionier- bzw. Zwischenwaldbäume und Begleitbaumarten in der Sukzession und dem Entwicklungszyklus der Buchenwälder (MAYER 1992, REMMERT 1992, ELLENBERG 1986, OTTO 1994). Die Arten haben im Hachel ihren Verbreitungsschwerpunkt und ihr Wuchsoptimum im frischen Ahorn-Eschen-Hangfußwald. Darüber hinaus sind im ganzen Hachel weitere Vorkommen forstlich begründet worden. Von diesen Bäumen aus werden die anemochoren Samen verbreitet, so daß die Arten in vielen Aufnahmen in der Feldschicht festgestellt wurden.

FÖRSTER (1968) führt den schlechten Wuchs der Eschen am Westrand des Großen Hakels auf ehemaligen Niederwaldbetrieb, die scherende Wirkung der vorherrschenden Westwinde und häufigen Maikäferfraß zurück. Ein wichtiger Faktor ist der Trockenstreiß in längeren niederschlagsfreien Perioden (eine Differenzierung in genetisch fixierte Ökotypen ist bei der Esche nach MAYER (1992) nicht gegeben). Eschen auf mittelfrischen und frischeren Standorten haben bessere Wuchsleistungen. Auf solchen Standorten ist, ausreichender Diasporeneintrag vorausgesetzt, meist eine individuenreiche Verjüngung in Warteposition vorhanden. Das Schalenwild behindert auch bei ausreichendem Licht das Aufkommen der Eschenverjüngung. Bei Verringerung der Wildschäden kann die Esche durch Absterben der Eichen entstehende Bestandeslücken ohne Linden- oder Hainbuchenunterstand rasch füllen.

Seit etwa zwei Jahrzehnten (siehe Abb. 6) kommen Berg-Ahorne bevorzugt auf reichen frischeren Standorten in größerer Zahl auf. Diese Ausbreitung könnte Indiz einer Eutrophierung der Standorte durch Stickstoffimmissionen aus der Luft sein. Nach SACHSE (1989) fördert hoher Stickstoffeintrag *Acer pseudoplatanus*. Auch ein feuchteres Bestandesklima durch dichter Kronenschluß und Zunahme des Linden- und Hainbuchenanteils in der Oberschicht der betreffenden Bestände könnte die Ausbreitung des Berg-Ahorn fördern. Der Jungwuchs des Berg-Ahorn ist sehr schattenertragend und kann längere Zeit im geschlossenen Bestand in



Warteposition überleben. Beim Entstehen von Lücken im Kronendach wachsen die „Oskars“ sehr rasch. Der jährliche Höhenzuwachs übertrifft dann deutlich die Verluste durch Wildverbiß. Da auch die häufigen Schälsschäden kaum zu Ausfällen führen, wird der Berg-Ahorn im Verhältnis zu empfindlicheren Arten gefördert.

Die gegenwärtigen Trends weisen auf eine - von der Verteilung der Altbäume und der Entwicklung des Wildbesatzes beeinflusste - geringere Zunahme des Anteils der Esche und eine stärkere Zunahme des Anteil des Berg-Ahorn am Bestandaufbau hin.

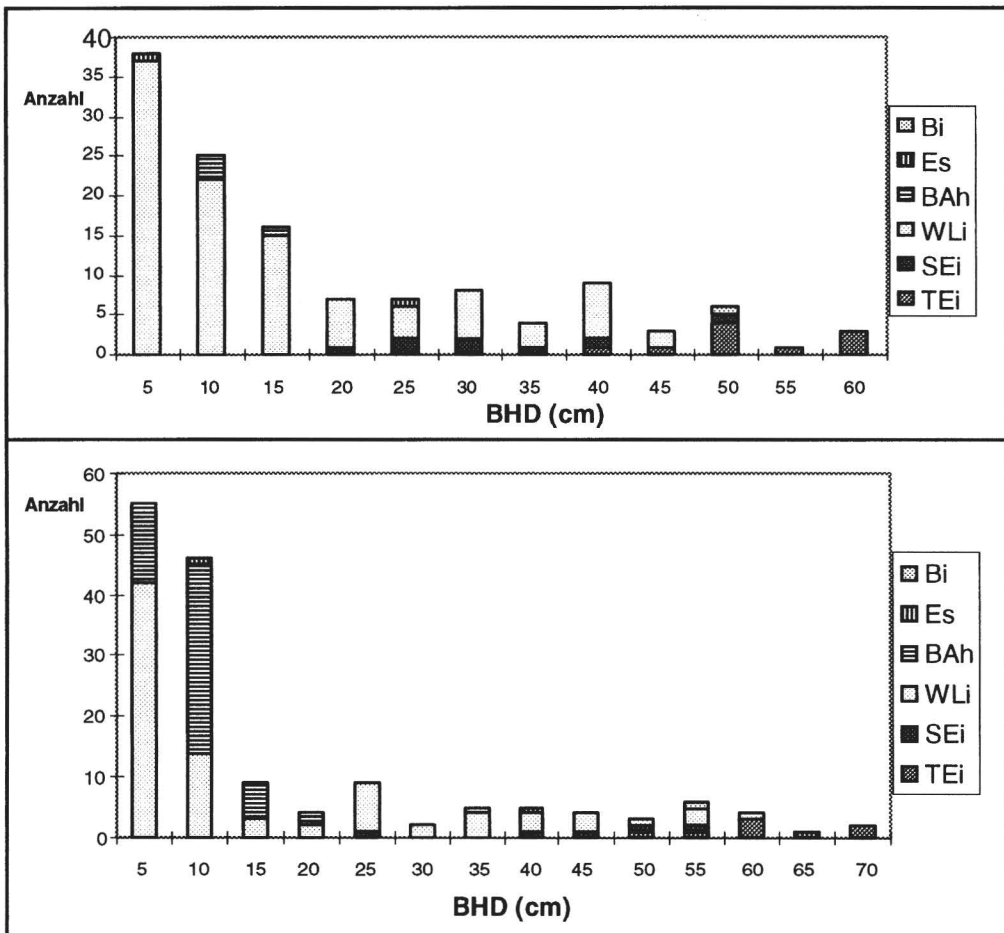


Abb. 6 Verteilung der Bäume nach Brusthöhendurchmesser 1963 (oben) und 1995 (unten) (Transekt 4 - Sauerklee-Eichen-Hainbuchenwald, MICHEL 1996)

## 5.5 Wildobstarten

Die Vogel-Kirsche ist wenig schattenertragend (Ellenberg 1986) und erreicht ihr Optimum auf frischen reichen Lehmböden in sommerwarmen Lagen (MAYER 1992). Sie ist im Nordharzraum seit dem Mittelalter gezielt gefördert worden (SCHUBART 1966). Der heutige Reichtum des Hakels an Vogel-Kirschen ist ein Ergebnis der historischen Waldnutzung. Wegen des wertvollen Holzes werden gegenwärtig die Kirschen bei Durchforstungen begünstigt. In lichter Beständen verjüngt sich die Vogel-Kirsche gut, wird aber stark verbissen.

Die Elsbeere gilt als kennzeichnende Art lichter, trockener Eichenwälder. In diesen hat sie im Haken den Schwerpunkt des Vorkommens, doch sind auch andernorts häufig Elsbeeren zu finden. Die Verbreitung der Elsbeere weist auf die früher weitere Ausdehnung derartiger Wälder durch Mittel- und Hudewaldnutzung hin. Die Elsbeeren vermehren sich meist über Wurzelbrut, Sämlinge sind selten. Auch diese Art kommt wegen der Verbißbelastung derzeit nicht auf. Außerhalb der flachgründigsten Standorte wird die Art weiter zurückgehen. Ob kleinflächige Zusammenbrüche für die Regeneration der Elsbeere ausreichen, ist fraglich.

Die mittelalterliche Waldnutzung förderte ganz besonders Wild-Birne und Wild-Apfel (SCHUBART 1966). Auch später blieb die Schonung des Wildobstes und seine Pflanzung an Wegen und Grenzen noch lange Tradition. Im Haken sind der sehr seltene Wild-Apfel und die gelegentlich anzutreffende Wild-Birne an Wegen, vor allem an Kreuzungen derart konzentriert, daß man die meisten Bäume als gepflanzt ansehen muß, obwohl die helleren Wegränder am ehesten ein spontanes Aufkommen der lichtliebenden Gehölze zulassen. Vermutlich spontane Wild-Birnen innerhalb des Waldes sind an der Muschelkalkschichtstufe an der Domburg und in den eichenreichen Trockenwäldern recht häufig. Nach BARTELS (1993) ist es unsicher, ob es noch echte Wild-Birnen oder nur verwilderte Formen gibt. Auch die wenigen Speierlinge im Haken dürften alle gepflanzt sein.

## 6. Bestandesstrukturen

Die im Haken vorzufindenden Bestandesstrukturen sind überwiegend das Produkt forstlicher Bewirtschaftung in den letzten beiden Jahrhunderten. Dies gilt nicht nur für die eindeutig als Forsten anzusprechenden Schirm- und Kahlschläge, Dickungen, Stangen- und Baumhölzer einer Altersklasse, sondern in gleichem Maße für die auf den ersten Blick naturmah wirkenden geschichteten Mischbestände.

In den permanenten Eingriffen ausgesetzten Wäldern fällt es schwer, aus dem Nebeneinander verschiedener Waldstrukturen Stadien der Waldsukzession und Phasen der Entwicklung abzuleiten, wie dies u.a. KOOP (1982) für verschiedene, seit längerem nicht bewirtschaftete Wälder tat. Die anthropogene Beeinflussung verhindert vielfach die Sukzession zu Endstadien der Waldentwicklung und erhält Stadien, die als Zwischenwaldstadien anzusprechen sind. Andererseits wird auch die zyklische Entstehung von Pionierstadien unterbunden und innerhalb der vorhandenen Stadien werden die räumlich-zeitlichen Anteile und der Charakter der Entwicklungsphasen verändert.

### 6.1 Mehrschichtige Hochwälder

Den großräumig dominierende Waldstrukturtyp bilden mehrschichtige Hochwälder mit Eichen in der Oberschicht und unter- und mittelständigen Haseln, Linden und Hainbuchen, die aus der Überführung ehemaliger Mittel- und Hudewälder Ende des vergangenen Jahrhunderts entstanden sind. Durch den Abtrieb der Alteichen sind sehr breitkronige, tief bestete Bäume selten. Die meisten Eichen sind heute etwa 140 bis 180 Jahre alt und wuchsen in relativ oberholzreichen Beständen auf. Durch regelmäßige Durchforstung der Bestände wurde eine gleichmäßige Verteilung der Bäume in der Oberschicht erzielt.

Die Bestandesstruktur dieser Wälder zeigt deutlich den allmählichen Übergang von der Mittel- zur Hochwaldwirtschaft. Bei der Überführung wurde der Unterstand nur entfernt, wenn er die Bäume der Oberschicht bedrängte. In Zeiten von Brennholzangel wurde bevorzugt die Unterschicht dieser Überführungsbestände geschlagen. Im Hake sind noch heute, etwa 100 Jahre nach der Beendigung der geregelten Mittelwaldnutzung in den meisten Beständen strukturelle Merkmale dieser Nutzungsform erhalten. Die ehemaligen Mittelwälder unterscheiden sich von als Hochwälder angelegten Beständen durch einen deutlichen stufigen Aufbau, eine weitere Altersklassenverteilung (Linde und Hainbuche in der Regel jünger als Trauben-Eiche), vereinzelte und mehrstämmige Stockausschläge, lebende und tote Gehölzstöcke, geringere Zahl oberständiger Bäume mit breiterer Krone und tieferem Kronenansatz (s.a. JAHN et RABEN 1982, ZACHARIAS 1993). An vielen Bäumen weisen starke abgestorbene Äste unterhalb der heutigen Kronenansätze auf einen früher lichterem Stand hin.

In jüngerer Zeit wurde, um Verjüngungen der Trauben-Eiche einzuleiten, auf größeren Flächen außer einer geringen Zahl von Eichenüberhältern der Baumbestand eingeschlagen und die Unterschicht auf Stock gesetzt. Auf diese Weise wurden kurzzeitig Strukturen geschaffen, die einem frisch geschlagenen Mittelwald ähneln. Durch permanente Eingriffe wird die Regeneration mehrstämmiger Gehölze in der Unterschicht verhindert und eine dichte Eichendickung herangezogen, so daß der Mittelwaldcharakter rasch verloren geht. In einigen Beständen sind nach Nutzung der Oberschicht die Bäume der Unterschicht zu baumartenreichen Stangenhölzern ohne Eiche herangewachsen.

Zwischen femelartig strukturierten, lichten Beständen mit sehr lockerer Oberschicht und gut ausgebildeter von Hasel oder Linde beherrschter Strauchschicht bis zu dunklen nahezu einschichtigen Waldbildern mit höherem Hainbuchenanteil existieren alle Übergänge. Echte Plenterstrukturen, in denen alle Entwicklungsphasen auf ein und derselben Fläche vorkommen, fehlen im Hake.

Vom Kronenschluß und dem Anteil der Linden und Hainbuchen in der Oberschicht wird das Lichtklima der Bestände beeinflusst. In den lichterem mittelwaldartigen Beständen wechselt die Beleuchtungsstärke kleinräumig infolge der inhomogenen Verteilung der stärker als die Eichen beschattenden Unterschicht und der oft tief herabreichenden Kronenäste. Flächen mit relativen Beleuchtungsstärken unter 0,2% wechseln mit Lichtflecken von 10 bis 40 % (max. 70%) der Freilandintensität.

Aus diesem Grund bildet auch die Feldschicht in derart strukturierten Beständen einen abwechslungsreichen Teppich verschieden hoher und dicht wachsender Kräuter unterschiedlichen Lichtbedarfs (siehe Transekte in MICHEL 1996). In der Dynamik der Wälder dieses Strukturtypes herrscht die Tendenz vor, daß die Schattbaumarten der Hauschicht des Mittelwaldes sowie Esche und Berg-Ahorn in der Oberschicht die nach und nach absterbenden Eichen ersetzen und das Lichtklima einförmiger wird. Daraus resultiert eine gleichförmigere Verteilung der Krautschicht. Dies bestätigt die Angaben von EBER (1972) und ELLENBERG (1986) zum Lichtklima in Eichen-Hainbuchenwäldern.

Die mehrschichtigen Hochwälder im Hake lassen, auch wegen der weithin ähnlichen Alterszusammensetzung der Bestände, keinen deutlichen Mosaikzyklus erkennen. Eine Optimal- oder Terminalphase ohne Verjüngung, wie sie für Buchenwälder typisch ist (KNAPP et JESCHKE 1991) fehlt in den meisten Eichen-Hainbuchenwäldern. Am ehesten ist sie in den an Schattbaumarten reichen Beständen festzustellen.

Der Zerfall der Wälder ist bisher nur kleinflächig als Absterben einzelner Eichen festzustellen. Kleinere Lücken können von den sich ausbreitenden Kronen benachbarter Bäume geschlossen werden. Freigestellte Eichen bilden am Stamm meist zahlreiche Klebäste, die das freie Lichtangebot nutzen und Ersatzkronen aufbauen können. Ist die Lücke größer, können bisher unterdrückte Linden, die in ihrer Wuchsform sehr plastisch sind, den Kronenschluß rasch wieder herstellen. Nach KOOP (1982) entstehen in Eichen-Hainbuchenwäldern

im Gegensatz zu Buchenwäldern mehr kleinere Bestandeslücken, die rasch von unterständigen Bäumen ausgefüllt werden.

In größeren Bestandeslücken besteht die Möglichkeit der Entstehung hochwüchsiger Krautfluren und Brombeerbestände und von Verjüngungsflächen. Es ist fraglich, ob im Untersuchungsgebiet in *Urtica dioica*- und *Senecio ovatus*-Dominanzbeständen sowie in den *Rubus fruticosus*-Dickichten die weitere Entwicklung vorhandener Gehölzverjüngung und neue Etablierungen derart behindert sind, daß länger ausdauernde Kraut- und Brombeergebüschstadien entstehen. Da in allen Zäunungen sich reichlich Gehölzverjüngung eingestellt hat und in diesen Dickungen devitalisierte, ausgeschattete Bromberen häufig undurchdringliche Gestrüppe bilden, muß der Wildverbiß als überwiegender, die Sukzession der Wurflücken hemmender Faktor gelten.

Die Abhängigkeit der Gehölzverjüngung von dem Vorhandensein der „Oskars“, von dem Ausmaß der Zerstörung dieser bei der Entstehung der Lücke und von der krautigen Konkurrenz beschreiben PIGOTT (1975), KOOP (1982) und ZÜGE (1986). In neu entstandenen Wurflücken bilden die vorhandenen Gehölzjungpflanzen rasch dichte Dickungen. Fehlen die „Oskars“ oder werden diese zerstört, so entsteht eine dichte Krautschicht, in der das Aufkommen von Gehölzkeimlingen erschwert ist. Die Kräuterstadien oder -phasen werden nicht von Pioniergehölzen, sondern von schattenertragenden Arten späterer Stadien besiedelt. Im Hachel sind nie Pioniergehölze in nennenswerten Anteilen an Verjüngungsflächen beteiligt. Nur infolge großflächiger Kahlschläge treten Salweide, Birke, Vogelbeere und Aspe auf.

PIGOTT (1975) stellte im Urwald von Bialowiesza eine gruppenweise Mischung der Baumarten fest, die auf Verjüngungsflächen zurückgeht, die aus fast nur einer Art und fast gleichaltrig aufgebaut sind. Einartige Verjüngungsgruppen können auch aus ursprünglich gemischten Trupps hervorgehen, in denen durch unterschiedliches Samenangebot eine Art dominierte.

In den im Hachel untersuchten Verjüngungsflächen schwankte der Anteil beigemischter Bäume, eine Art dominierte fast stets deutlich (siehe Abb. 7). Aus dieser zahlenmäßigen Überlegenheit resultiert die hohe Wahrscheinlichkeit der Durchsetzung dieser Art im Laufe der Reduktion der Stammzahl. In den untersuchten Transekten wachsen sowohl einartige als auch gemischte Stangenholzgruppen. Die meisten Verjüngungsgruppen sind in Bestandeslücken zu finden. Unter Schirm (von Eichen) aufgewachsenen Verjüngungsgruppen (Berg-Ahorn, Hainbuche und Winter-Linde) wurden im Untersuchungsgebiet selten vorgefunden.

Die derzeitige Bindung dichter Gehölzverjüngung an Auflichtungen ist auch durch den Wildverbiß bedingt. Auch JAUCH (1987) stellte bei starkem Rehwildbesatz fest, daß nur an den lichtesten Stellen Jungwuchs aufkommt. Im Zaun ist die Lichtabhängigkeit geringer. Nach ZÜGE (1986) stammen die Bäume in den Dickungen eines Kalkbuchenwaldes überwiegend aus der vorhandenen Vorverjüngung und den in den ersten drei Jahren nach der Auflichtung gekeimten Samen. Daraus ist die Dominanz weniger Größenklassen in Verjüngungstrupps zu erklären.

## 6.2 Einschichtige Hochwälder

Einschichtige Hochwälder sind im Hachel auf geringer Fläche zu finden. Meist handelt es sich um Buchenbestände, deren Strauch- und Untere Baumschicht schwach entwickelt ist. Diese der Optimal- und Terminalphase des Urwaldzyklus (MAYER, 1971; LEIBUNDGUT, 1993) entsprechenden Hallenwälder sind aus überwiegend gleichaltrigen Bäumen mit einzelnen jüngeren Bäumen in der Oberschicht sowie in den Unterschichten aufgebaut. Die hohe Homogenität der Bestände ist in ihrer Entstehung aus Pflanzungen und der vereinheitlichenden Auslesedurchforstung begründet. KNAPP et JESCHKE (1991) stellten dagegen in Perlgrasbuchenwäldern der Terminalphase eine Altersspanne von 100 bis 300 Jahren fest.

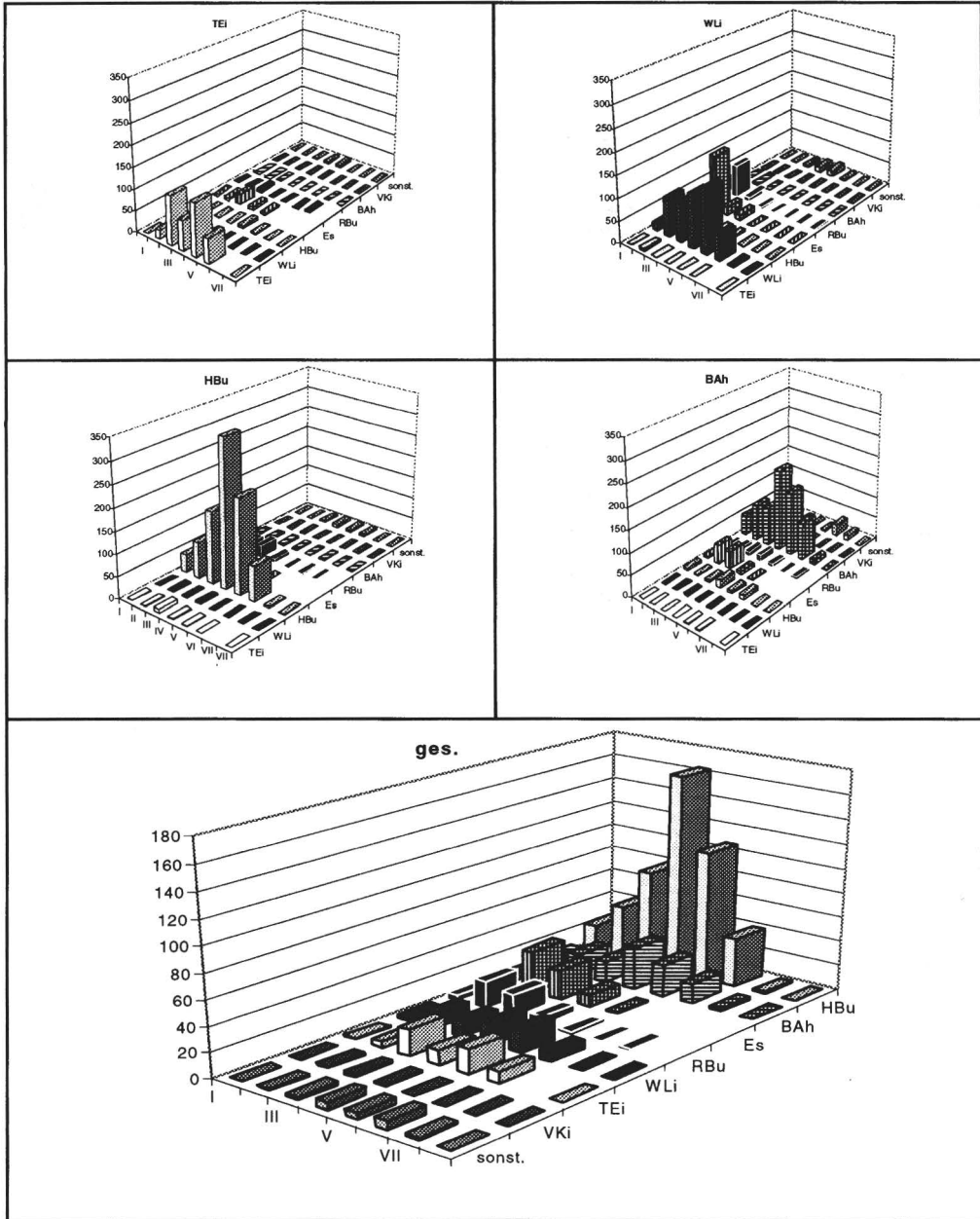


Abb.7 Stammzahl je 100 m<sup>2</sup> in Verjüngungsflächen (oben einzelne Typen, unten insgesamt) in Größenklassen

Die einschichtigen Hochwälder haben meist sehr ausgeglichene Lichtverhältnisse (EBER 1972, ELLENBERG 1986). Das im Hochwald aufgenommene Transekt (MICHEL 1996) ist wegen des seitlichen Lichteinfalls durch benachbarte Bestandeslücken nicht ganz typisch. Die Unterschiede der relativen Beleuchtungsstärke des diffusen Lichtes (Mittelwert 2,8 %) sind sehr gering (1-5 %, Standardabweichung 1,38).

Mit dem Beginn des Zerfalls setzt eine stärkere Strukturierung ein. Nachdem zunächst benachbarte Bäume den bei Ausfall einzelner Bestandeglieder freiwerdenden Kronenraum nutzen, entstehen mit dem Abbrechen einzelner Buchen Bestandeslücken, die sich durch Besonnung der Stämme plötzlich freigestellter Bäume und deren Absterben vergrößern. Die Zerfallsflächen sind nicht größer als 400-600 m<sup>2</sup>, ähnlich, wie dies KNAPP et JESCHKE (1991) beschreiben.

Die Regeneration in der Verjüngungsphase verläuft im Hakel anders als in optimalen Buchengebieten, wo die während der Zerfallsphase gebildeten Lücken innerhalb von 5-10 Jahren von dichtem Buchenjungwuchs gefüllt werden (KNAPP et JESCHKE 1991). In den Bestandeslücken kommen neben *Rubus fruticosus* vor allem Hainbuche, Bergahorn und Esche in großer Zahl auf. Die Rotbuche ist nur in geringen Anteilen vertreten und gegenüber den anderen Arten zunächst im Höhenwachstum unterlegen. In vielen Buchenwäldern dominieren der Berg-Ahorn (KNAPP, mdl. 1996) oder die Esche als Zwischenwaldarten. In den Dickungen sind die Edellaubbäume der Buche im Höhenwachstum und an Zahl überlegen, vom Übergang von der Dickung zum Stangenholz an verschieben sich Grundflächen- und Stammzahlanteile kontinuierlich zugunsten der Buche (SCHMIDT 1991, ZÜGE 1986, OTTO 1994).

Aus den Hainbuchendickungen könnten, wegen der für unterständige Buchen sehr ungünstigen Lichtverhältnisse, die wenigen Buchen verdrängt werden. In diesem Fall würden sich die Buchenbestände in Hainbuchenwälder umwandeln, ein aus anderen Gebieten nicht beschriebenes Phänomen.

### 6.3 Sonderstandorte

An einigen Sonderstandorten im Hakel existieren abweichende Strukturformen. Auf flachgründigen Muschelkalkkrücken im Westteil des Großen Hakels sind Trockenwaldreste und Waldauflichtungen vorhanden, die durch niedrigwüchsige, kurz- und krummschäftige Eichen und Wildobstbäume den von KNAPP (1979/80) beschriebenen Grenzwäldern auf Trockenstandorten ähneln. Die häufig mehrstämmigen Wuchsformen der Linden belegen eine Förderung der Waldauflichtung durch frühere Niederwaldnutzung und Viehhutung. Auf diesen Flächen ist derzeit keine Tendenz zur Bildung von Verjüngungshorsten zu beobachten. Die Waldauflichtungen scheinen langfristig relativ stabil zu sein. Die schlechtwüchsigen Eschenhorste auf flachgründigen Muschelkalkrendzinen sind an derartigen Waldauflichtungen gepflanzt worden.

Eine ähnliche Struktur haben die von Feld-Ahorn und Berg-Ulmen dominierten, an Wildobst und Hasel reichen Bestände um die Domburg. Diese sind im Übergang zur Zerfallsphase. Auf den Freiflächen dominieren hochwüchsige Brennessel-Fluren. In den Graben-Wallsystemen und am südexponierten Hang bildet *Buglossoides purpurocaerulea* dichte Teppiche. Gehölzverjüngung fehlt fast völlig. Die Waldstruktur ist ein Ergebnis des Zusammenspiels des Offenhaltens der Flächen, Eutrophierung, mechanischer Störung und der Wechselstrockenheit der Terra fusca-Rendzinen.

### 6.4 Randstrukturen

Der strukturelle Aufbau von Waldrändern mit einem der flächig ausgebildeten Waldgesellschaft vorgelagerten strukturell und häufig auch floristisch differenzierten 20 bis 50 m breiten Traufwald, wie er im Hakel auftritt, wird von MÜLLER (1987) anhand für Südwestdeutschland typischer Gesellschaftsfolgen beschrieben. Der Traufwald ist in der Regel durch die Windwirkung und ein extremeres Ein- und Ausstrahlungsklima mit häufi-

gerem Frostwechsel trockener und lichter als das Waldesinnere. In dieses Schema passen auch die den Eichen-Hainbuchenwäldern vorgelagerten Trockenwaldreste im Hakel. Abweichend sind dagegen die gegenüber dem Bestandesinneren stark eutrophierten, ebenfalls als schmale Streifen zwischen Waldmantel und Waldesinneren ausgebildeten, von Nitrophilen dominierten Bereiche.

Die Waldränder des Hakels sind durch zwei verschiedene Strukturtypen zu charakterisieren. Im ersten Fall fehlt ein vorgelagerter Mantel aus Sträuchern völlig. Im Traufbereich des Waldes, der von einem im 17. Jahrhundert als Grenzmarkierung angelegten, etwa meterhohen Wall begrenzt wird, ist ein grasreicher Saum ausgebildet. Sonne und Wind können in die offenen Waldränder ungehindert eindringen und sorgen somit für Austrocknung und Aushagerung. Etwas weiter im Bestandesinneren wird eingetragenes Bodenmaterial und zusammengewehtes Laub akkumuliert, wodurch die Ausbreitung nitrophiler Holundergebüsche gefördert wird. Die offenen Waldränder sind an den stärker dem Wind und der Besonnung ausgesetzten West- und Südseiten zu finden. Ihre Entstehung ist oft durch Beweidung an den Triftwegen gefördert worden.

An die offenen Waldränder anschließend stocken Traufwälder, die an lichte Hudewälder erinnern. Kurzschäftige, breitkronige Eichen sind einzeln oder in kleinen Gruppen über die Fläche verteilt. Ein geschlossenes Kronendach fehlt. Einzelne alte, mehrstämmige Linden, Hainbuchen, Rotbuchen und Berg-Ahorne sind vor allem auf dem Randwall vorhanden. Die Gehölzverjüngung ist zu kleinen Büschen verbissen. Aus den Wuchsformen ist der zoogene Charakter dieser durch die besonderen klimatischen Bedingungen an offenen Waldrändern mitbedingten Waldstruktur abzulesen. Die Jungeichen dieser Bestände haben wegen des günstigen Lichtklimas gute Zuwachsraten, sind jedoch sehr durch Verbiß gefährdet. Die Entwicklungstendenz geht dahin, daß die truppweise eine Strauchschicht bildenden Hainbuchen und Linden sich allmählich ausbreiten und das Kronendach schließen, so daß das lichte, trockene Bestandesklima verlorengeht.

Der zweite Strukturtyp, der geschlossenen Waldrand, ist aus Gras- bzw. Staudensaum, Gebüschmantel und partiell Traufwald aufgebaut. In der Regel in Unterhangposition im Übergang zur intensiv genutzten Ackerlandschaft existieren nitrophile Varianten mit *Urtica dioica*-Säumen und Holundergebüsch. Aus der Häufung des Holunders an den Waldrändern, besonders den nach Westen exponierten, ist auf eine direkte Eutrophierung durch Staubeinträge und die erhöhte Naßdeposition durch den Auskämmeffekt der Waldränder zu schließen (siehe Karte). Einige Waldränder, die tiefer liegen als angrenzende Ackerflächen, werden auch im Bestandesinneren von artenarmen *Sambucus nigra*- und *Urtica dioica*-Beständen derart beherrscht, daß nach dem Absterben der an den Waldrändern besonders oft abgängigen Eichen die Waldregeneration derart gebremst ist, daß für längere Zeit stabile Brennessel-Holunder-Gesellschaften entstehen. Ob diese nach einigen Jahren an Vitalität verlieren und die Etablierung von Baumsämlingen möglich wird, ist derzeit nicht zu erkennen.

Die thermophilere Variante der geschlossenen Waldränder ist am typischsten an flachgründigeren Standorten entwickelt. Die Säume sind meist *Clinopodium*-Säume mit *Euphorbia cyparissias* und Gräsern wie *Elytrigia repens* und *Brachypodium pinnatum*. Der Gebüschmantel ist oft lückiger als die Holundergebüsche und besteht aus Liguster-Schlehengebüsch (*Ligustro-Prunetum*) mit *Crataegus*-Arten und *Evonymus europaeus*. Der angrenzende Waldbestand kann verschiedenen Typen angehören. Am Nordwestrand des Hakels handelt es sich um den Diptam-Eichen-Eschenwald.

## 7. Entwicklungstrends

Der Eichen-Linden-Mischwald wird von MEUSEL (1953) ebenso wie von PASSARGE (1953) als Klimaxvegetation unter heutigen Bedingungen angesehen, die nur an Sonderstandorten durch andere Vegetationsformen abgelöst wird. MEUSEL nimmt allerdings an, daß sich bei Vorhandensein einer geschlossenen Wald-

decke auch im Mitteldeutschen Trockengebiet buchenreichere Gesellschaften durchsetzen würden. ELLENBERG (1986) weist darauf hin, daß zwischen den „reinen montanen Buchenwäldern und den mit Sicherheit buchenfreien Laubmischwäldern der mitteleuropäischen Trockengebiete“ alle Übergänge möglich sind.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß der Hachel diesem Übergangsgebiet angehört. Im Kern des Mitteldeutschen Trockengebietes sind bis auf die Alte Göhle (Querfurter Platte), das Bergholz und die Döläuer Heide bei Halle jedoch keine großflächigen Wälder auf den Lößplatten mehr vorhanden. In diesen Waldgebieten gedeihen gepflanzte Rotbuchenbestände gut und spontane Naturverjüngung ist nicht selten. Da auch an den trockenheits- und edaphisch bedingten Waldgrenzstandorten des Südwest-Kyffhäusers Rotbuchen sich derzeit ausbreiten (vgl. SCHNEIDER 1997), ist die Existenz von trockenheitsbedingt natürlicherweise buchenfreien Waldgesellschaften im Mitteldeutschen Trockengebiet fraglich.

Für den Hachel können Eichen-Lindenmischwälder im Gegensatz zur Darstellung bei WEINERT (1994) nicht als potentiell natürliche Vegetation gelten. Die Gehölzartenkombination ist in erster Linie durch Mittelwaldwirtschaft bedingt. Die Eiche ist eine zur Mastnutzung stark geförderte Baumart, deren heute im Hachel vorzufindende Bestände forstlich begründet wurden.

Das Bestandesklima nicht oder naturnah bewirtschafteter Laubmischwälder ist dem der Buchenwälder ähnlicher als das der mittelwaldähnlichen Eichen-Hainbuchenwälder (Ellenberg 1986). Dem entspricht auch die Veränderung in der Zusammensetzung der Krautschicht. Die sich allmählich, gruppenweise gemischt, in den Baumschichten durchsetzenden Linden, Hainbuchen, Eschen und Berg-Ahorne sind entweder Sukzessionsstadien auf dem Weg zu Buchenwäldern mit einem hohen Anteil von Mischbaumarten oder bilden eigene Waldgesellschaften. Die in stärker belasteten Landschaften festzustellenden Vegetationsveränderungen - vor allem das Vordringen von nitrophilen Saum- und Ruderalarten in Wälder und die Ausbreitung ehemals begrenzt vorkommender Gehölzarten (u. a. Ahorn-Arten) - erschweren die Zuordnung der Vegetation zu beschriebenen Syntaxa.

Aus der langsamen, durch das Schalenwild gebremsten Ausbreitung der Buche könnten auch im Hachel mittelfristig Buchenwälder entstehen:

Auf Muschelkalkstandorten und flachgründigen Löß-Parabraunerden wären dies Waldhaargersten-Buchenwälder (Hordelymo-Fagetum Kuhn 1937 em. Dierschke 1989) der Subassoziaton von *Lathyrus vernus*. Wälder mit absoluter Vorherrschaft des Bingelkrautes werden von SCHUBERT (1972) als Bingelkraut-Rotbuchen-Mischwald (Mercuriali-Fagetum (Fukarek 51) Hofm. 65) hervorgehoben. Diese Assoziaton wird in neueren vegetationskundlichen Übersichten (OBERDORFER 1977 ff., DIERSCHKE 1989, MÜLLER 1989, SCHMIDT 1995) nicht erwähnt. Auf frischeren Kalkstandorten könnte die Subassoziaton von *Circaea lutetiana* der Waldhaargersten-Buchenwälder die künftige Waldgesellschaft sein. Ellenberg (1986) nennt als feuchteren Flügel der Frischen Kalkbuchenwälder den Bärlauch-Buchenwald. *Allium ursinum*-Herden sind im Hachel auf dem hinichtlich des Wasserhaushaltes durch höhere Niederschläge und tonige Verwitterungsdecken begünstigten Domburgplateau zu finden. In diesem Bereich kommt nach AURICH et al. (1982) auch *Corydalis cava* vor.

Für die jetzt von Wald-Reitgras-Eichen-Hainbuchenwäldern eingenommenen Flächen ist bei Ausbreitung der Rotbuche mit einem Rückgang der dominierenden Grasart zu rechnen. Trotz der aktuellen Seltenheit von *Galium odoratum* und des Vorkommens von Säurezeigern (*Calamagrostis arundinacea*, *Majanthemum bifolium*, *Dicranella heteromalla*, *Polytrichum formosum*, selten *Luzula luzuloides*) sind auf diesen basenärmeren Standorten Waldmeister-Buchenwälder (Galio odorati-Fagetum Th. Müller 66) zu erwarten. Diese Gesellschaften werden von ELLENBERG (1986) durch die Humusform als Mull-Buchenwälder gekennzeichnet. Die Entwicklung zum Luzulo-Fagetum milietosum, einer Gesellschaft, die zwischen den bodensauren



Quercetalia und dem mesotraphenten Fagion vermittelt, dessen Ersatzgesellschaft im nordwestlichen Harzvorland die an *Calamagrostis arundinacea* reichen Eichen-Hainbuchenwälder sind (ZACHARIAS 1993), ist wegen der dominierenden Mullböden und des verbreiteten Vorkommens anspruchsvollerer Arten im Hakel nicht zu erwarten. Artenärmere, etwas bodensaure Ausbildungsformen bzw. Subassoziationen könnten dem Flattergras-Buchenwald (s. a. POTT et HÜPPE 1991) nahestehen. Unter den Galio odorati-Fageten würden die frischeren Standorte (Wald-Ziest- und Sauerklee-Eichen-Hainbuchenwald) von einer Subassoziation mit *Circaea lutetiana* eingenommen.

Den Orchideen-Buchenwäldern (Carici-Fagetum Moor 1952) ähnliche Wälder sind im Hakel nur auf kleinsten Flächen trockener Muschelkalk-Rendzinen zu erwarten. In Eichen-Trockenwaldresten sind einige der kennzeichnenden Arten (*Carex montana*, *Vincetoxicum hirsutinaria*, *Convallaria majalis*, *Orchis purpurea* und vor allem *Sorbus torminalis*) zu finden. Auf diesen Flächen ist derzeit keine Bucheneinwanderung zu beobachten, unmittelbar benachbarten Buchenbeständen fehlen die genannten Arten bis auf kümmernde Einzelexemplare.

## 8. Naturschutz im Hakel

Seit 1963 sind Teile des Großen Hakels (289,5 ha) und der Kleine Hakel (157,0 ha) Naturschutzgebiet. Drei Flächen von insgesamt 35,5 ha wurden als Totalreservate aus der forstlichen Bewirtschaftung genommen. Nach der Festsetzung als „Important Bird Area“ der Europäischen Union wurde der gesamte Hakelwald 1995 Naturschutzgebiet.

In Wald-Naturschutzgebieten sollte der Prozeßschutz normalerweise Vorrang vor anderen Optionen haben. In den wichtigsten naturnahen Ökosystemen Mitteleuropas ist eine nicht direkt beeinflusste Dynamik auch in Naturschutzgebieten noch immer die Ausnahme. Selbst von Seiten des Naturschutzes wurden und werden Eingriffe zur „Pfleger naturnaher Wälder“ als nötig angesehen (SCHAUER 1974, WEINERT mdl. 1995).

Es wird vorgeschlagen, zumindest auf Flächen von jeweils mehr als 100 ha, insgesamt mindestens 300 ha (23%) dauerhaft auf forstliche Eingriffe zu verzichten. „Nirgends wäre es ... dringender, Waldreservate für wissenschaftliche Studien zu schaffen als in Eichen-Hainbuchenwäldern, die innerhalb des Buchenareals liegen.“ (ELLENBERG 1986).

Aus historischer Nutzung hervorgegangene und nur durch diese zu erhaltende, schützenswerte Pflanzengesellschaften und Waldstrukturen bzw. an diese Nutzung gebundene Pflanzenarten sind nur noch auf kleiner Fläche vorhanden und sollten durch gezielte Pflege erhalten, entwickelt und womöglich erweitert werden. Eine besondere Bedeutung hätte dabei eine Wiederaufnahme von Mittelwaldnutzung in Kombination mit Waldweide.

Mit der zunehmenden Einführung naturnaher Forstwirtschaft auf der gesamten Waldfläche der öffentlichen Hand sollte diese Form der Nutzung in NSG an Bedeutung verlieren und besonders strengen Kriterien unterliegen. Dies gilt insbesondere für Nutzungsanteile, Eingriffshäufigkeit, Betriebstechnik und Erschließungsgrad. Die naturnahe Waldnutzung sollte sich an der natürlichen Dynamik des Waldes orientieren und diese möglichst wenig beeinflussen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß die großflächige Begründung und Erhaltung von Trauben-Eichenbeständen nur mit großem Aufwand und hoher Eingriffsintensität möglich ist. In den aus einer naturnahen Waldnutzung resultierenden Bestandesstrukturen ist nur mit sehr geringen Eichenanteilen in der Naturverjüngung zu rechnen. Die forstliche Nutzung sollte sich daher auf die natürlich aufkommenden Baumarten ausrichten.

Konkrete Flächen- und Behandlungsvorschläge sind bei MICHEL (1996) enthalten.

## 9. Zusammenfassung

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

Es wird die aktuelle Walvegetation des Hakels, einer Waldinsel im nördöstlichen Harzvorland, dargestellt. Standort-abhängig unterschiedlichen Ausbildungen von Eichen-Hainbuchenwäldern stehen auf Trockenstandorten und in Traufwaldbereichen Relikte von Eichen-Trockenwäldern und auf wasserzügigen, kolluvial beeinflussten Talstandorten Ahorn-Eschen-Hangfußwälder gegenüber. Aus dem Vergleich mit älteren Bearbeitungen werden Vegetationsveränderungen abgeleitet, die sowohl mit anthropogen veränderten Umwelteinflüssen als auch sich wandelnden Bestandesstrukturen in Verbindung stehen können. Wesentliche Ergebnisse sind u.a. die Abnahme von lichtliebenden, thermophilen Arten und von durch diese geprägte Waldgesellschaften und vor allem in den Randbereichen Eutrophierungs- und Ruderalisierungserscheinungen als Folge direkter Stickstoffeinträge.

Aus der aktuellen Verteilung der Gehölzarten, dem Vorkommen der Gehölze in der Verjüngung sowie der Horizontal- und Vertikalstruktur der Waldbestände wird die Dynamik der Gehölzvegetation abgeleitet. Die Laubmischwälder des Hakels sind keine natürlichen Waldgesellschaften, sondern das Produkt historischer Waldnutzungsformen und moderner Forstwirtschaft. Die Dominanz der Eichen ist ebenso wie die verbreiteten Wildobstvorkommen durch Pflanzung und Förderung dieser Arten als Mastbäume begründet worden. Relikte der Mittel- und Hudewaldwirtschaft sind Eichen-Trockenwälder und mehrschichtige Eichen-Hainbuchenwälder mit breitkronigen Eichen in der Oberschicht und einer nutzungsbedingt stark variierenden Unterschicht ausschlagsfähiger Gehölze, vor allem Linden, Hainbuche und Hasel. Die moderne Forstwirtschaft veränderte das Bestandesklima und unterstützte die Sukzession durch Pflanzungen durch die historische Nutzung verdrängter Gehölzarten.

Die Trauben-Eichen sind auf obere Altersklassen beschränkt und fehlen weitgehend in der aufkommenden Verjüngung. Die Arten der Hauschicht des Mittelwaldes haben zunehmende Bedeutung im Bestandesaufbau. Die im klimatischen Übergangsbereich wachsende Rotbuche zeigt eine leichte Ausbreitungstendenz. Eine schwache Zunahme zeigt die Esche. Der Berg-Ahorn ist lokal sehr stark in Ausbreitung und wird künftig einige Bestände dominieren. Der Entwicklungstrend geht zu Laubmischwäldern aus Schatt- und Halbschattbäumen mit ganz geringer Beteiligung der Eichen und langsam steigendem Buchenanteil. Als dominierende Waldgesellschaften sind in fernerer Zukunft frische Kalk- und Braunmull-Buchenwälder denkbar.

Die abschließenden Vorschläge zu Naturschutz- und Forstwirtschaft orientieren sich am Primat des Prozeßschutzes. Nur kleinflächig sollen wertvolle Trockenwaldrelikte durch gezielte Biotopschutzmaßnahmen erhalten und entwickelt werden.

## 10. Danksagung

Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr. W. Schauer, ehemals Institut für Landschaftsforschung und Naturschutz Halle, der uns eine Dauerbeobachtungsfläche zeigte und unveröffentlichtes Material zur Verfügung stellte. Herrn Formella, Forstliche Landesanstalt Sachsen-Anhalt, Abt. Forstplanung ermöglichte die Einsicht in forstliche Unterlagen und gab Informationen zur historischen und aktuellen forstlichen Behandlung des Gebietes. Frau Schöndube ist für die Klimadaten aus Heteborn zu danken.

## 11. Literatur

- AURICH, O.; HANELT, D.; HANELT, P. (1982): Floristische Neu- und Wiederfunde aus dem Hakel und seiner Umgebung. - *Hercynia N.F.* **19**: 5-15.
- BARTELS, H. (1993): *Gehölzkunde*. - Stuttgart.
- BECKER, A. (1939): Die jahreszeitliche Vegetationsentwicklung des Kleinen Hakels. - *Hercynia I* (1): 99-115.

- BECKER, A. (1989): Buche und Eiche: Veränderungen im Mischungsverhältnis in zehn Jahren. - LÖLF-Mitteilungen 3: 16-18.
- BLOSAT, P.; SCHMIDT, W. (1975): Laubwaldgesellschaften im Unteren Eichsfeld. - Mit. flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 18: 239-257.
- BURSE, K. D. (1989): Forstliche Standortkarte des Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebes Ballenstedt, Revier Heteborn. unveröff. Aktualisierung der Ausgabe von 1979.
- DIERSCHKE, H. (1989): Artenreiche Buchenwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. - Ber. d. Reinh.Tüxen-Ges. I: 107-147.
- DIERSCHKE, H.; SONG, Y. (1982): Vegetationsgliederung und kleinräumige Horizontalstruktur eines submontanen Kalkbuchenwaldes. - In: DIERSCHKE, H. (Red.): Struktur und Dynamik von Wäldern. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1981: 513-539. - Vaduz.
- EICHLER, H.J. (1970): Flora und Vegetation des Hakels. - Willdenowia, Beiheft 6: 5-204.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4. verb. Aufl. - Stuttgart.
- ELLENBERG, H. jun. (1986): Immissionen - Produktivität der Krautschicht - Populationsdynamik des Rehwildes: Ein Versuch zum Verständnis ökologischer Zusammenhänge. - Natur und Landschaft 9: 335-340.
- FORMELLA (1994): Auszüge aus der waldbaulichen Entwicklungsgeschichte des Hakel. - unveröff. Manuskript.
- FÖRSTER, M. (1968): Über xerotherme Eichenmischwälder des deutschen Mittelgebirgsraumes. - Diss. Forst. Fak. Univ. Göttingen.
- FRICKE, O. (1982): Die Entwicklung von Eichen-Jungwüchsen und -jungbeständen mit gleichalten Mischbaumarten. - Diss. Forst. Fak. Univ. Göttingen.
- FROEBE, H. A.; GLEIßNER, P. (1993): Das Eichensterben im Augustinerwald. - RWTH-Themen 2: 38-43.
- HENTSCHEL, P.; SCHAUER, W. (1967): Bestockungsanalysen als Beiträge zur wissenschaftlichen Erschließung von Naturschutzgebieten. - Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch. 7: 47-74.
- JAHN, G. (1979): Zur Frage der Buche im nordwestdeutschen Flachland. - Forstarchiv 50: 85 - 95.
- JAHN, G. (1984): Eichenmischwälder in Nordwestdeutschland - naturnah oder anthropogen? - Phytocoenologia 12: 363 - 372.
- JAHN, G.; RABEN, G. (1982): Über den Einfluß der Bewirtschaftung auf Struktur und Dynamik der Wälder. - In: DIERSCHKE, H. (Red.): Struktur und Dynamik von Wäldern. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1981: 717-734. - Vaduz.
- JAUCH, E. (1987): Der Einfluß des Rehwildes auf die Waldvegetation in verschiedenen Forstrevieren Baden-Württembergs. - Diss. Univ. Hohenheim.
- KÖRSCHENS, M.; MAHN, E.G. (1995): Strategien zur Regeneration belasteter Agrarökosysteme des mitteldeutschen Schwarzerdegebietes. - Stuttgart.
- KLÖTZLI, F. (1965): Qualität und Quantität der Rehäsung in Wald- und Grünlandgesellschaften des nördlichen Schweizer Mittellandes. - Veröff. d. Geobot. Inst. d. Eidgen. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich. 38.
- KNAPP, H. D. (1979/80): Geobotanische Studien an Waldgrenzstandorten des hercynischen Florenggebietes. - Flora 168: 276-319; 168: 468-510; 169: 177-215.
- KNAPP, H. D.; JESCHKE, L. (1991): Naturwaldreservate und Naturwaldforschung in den ostdeutschen Bundesländern. - Schriftenr. Vegetationsk. 21: 21-54. - Bonn-Bad Godesberg.
- KNAPP, R. (1944): Pflanzen, Pflanzengesellschaften, Lebensräume. Teil 2. - Halle.
- KOOP, H. (1982): Waldverjüngung, Sukzessionsmosaik und kleinstandörtliche Gliederung infolge spontaner Waldentwicklung. - In: DIERSCHKE, H. (Red.): Struktur und Dynamik von Wäldern. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1981: 235 - 273. - Vaduz.

- KORPEL, S. (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. - Stuttgart.
- KRAUSE, C. (1992): Ganzbaumanalyse von Eiche, Buche, Kiefer und Fichte mit dendroökologischen Methoden unter besonderer Berücksichtigung von Klima-Wachstums-Beziehungen und Weiserjahren. - Diss. Univ. Hamburg.
- LANGE, E. (1974): Zur Entwicklung der natürlichen und anthropogenen Vegetation in frühgeschichtlicher Zeit. - Diss. B. Univ. Halle.
- LEIBUNDGUT, H. (1978): Über die Dynamik europäischer Urwälder. - Allg. Forstzeitschr. **33** (24): 686-690.
- LEIBUNDGUT, H. (1993): Europäische Urwälder. Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft. - Berlin.
- LOCHOW, A. v. (1990): Die Buche in den Waldgesellschaften Nordwestdeutschlands. Ergebnisse aus Strukturanalysen in den Niedersächsischen Naturwaldreservaten. - Natur und Landschaft **65**: 319-325, 397.
- MANIA, D. (1967): Das Quartär der Ascherslebener Depression im Harzvorland. - Hercynia N.F. **4**: 51-82.
- MAYER, H. (1971): Das Buchen-Naturwaldreservat Dobra Kampeiten im niederösterreichischen Waldviertel. - Schweiz. Z. Forstwes. **122**: 45-66.
- MAYER, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. - Jena.
- MAYER, H.; NEUMANN, M.; SOMMER, H.-G. (1980): Bestandesaufbau und Verjüngungsdynamik unter dem Einfluß natürlicher Wilddichten im kroatischen Urwaldreservat Corkova Uvala / Plitvicer Seen. - Schweiz. Z. Forstwes. **131**: 45-70.
- MEUSEL, H. (1952): Die Eichenmischwälder des miteldeutschen Trockengebietes. - Wiss. Z. Univ. Halle. Math.-Nat. **1**(1/2): 49-72.
- MEUSEL, H. (1954a): Über die Wälder der mitteleuropäischen Löß-Ackerlandschaften. - Wiss. Z. Univ. Halle. Math.-Nat. **4**(1): 21-35.
- MEUSEL, H. (1954b): Vegetationskundliche Studien über mitteleuropäische Waldgesellschaften. 4: Die Laubwaldgesellschaften des Harzgebietes. - Angew. Pflanzensoziol. (Wien), Festschr. Aichinger 1: 437-472.
- MEUSEL, H. (1955): Die Laubwaldgesellschaften des Harzgebietes. - Wiss. Z. Univ. Halle. Math.-Nat. **4**: 901-908.
- MICHEL, S. (1996): Untersuchungen zu Struktur und Dynamik der Laubmischwälder des Hakels (nordöstliches Harzvorland). - Dipl.-Arb. Univ. Halle, Institut f. Geobotanik und Bot. Garten.
- MINCKWITZ, H. v. (1954): Waldgeschichtliches aus dem Schwarzerde-Eichengebiet zwischen Elbe und Harz. - Arch. Forstwes. **3**: 105 ff.
- MÜLLER, H. (1953): Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung des miteldeutschen Trockengebietes. - Nova Acta Leopoldina NF **16**(110): 1-67.
- MÜLLER, Th. (1987): Der Traufwald. - Natur und Landschaft **62**: 344 - 346.
- MÜLLER, Th. (1989): Die artenreichen Rotbuchenwälder Süddeutschlands. - Ber. d. Reinh. Tüxen-Ges. **1**: 149-163.
- NEUWIRTH, G. (1954): Die Waldgesellschaften des Fallsteins. - Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. **3**: 929-946.
- ONDERDORFER, E. (1977 ff.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2. stark bearb. Aufl. Teil II: Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgras-Gesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren. (1978); Teil IV: Wälder und Gebüsche. (1992) - Jena;c.
- ONDERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 6. überarb. u. erg. Aufl. - Stuttgart.
- OTTE, V. (1996): Das Alter des Waldstandortes als Ursache floristischer Unterschiede in Forsten des Alvenslebener Hügellandes. - Hercynia N.F. **30**: 53-68
- OTTO, H.-J. (1994): Waldökologie. - Stuttgart.
- PASSARGE, H. (1953): Waldgesellschaften des miteldeutschen Trockengebietes. - Arch. Forstwes. **2**: 1 - 58; 182

- 208; 340 - 383; 532 - 551.
- PIGOTT, C. P. (1975): Natural regeneration of *Tilia cordata* in relation to forest-structure in the forest of Bialowiesza, Poland. - Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. B (Biol.) **270**: 151-179.
- POTT, R.; HÜPPE, J. (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. - Abh. Westf. Mus. Naturk. **53** (1/2): 1-313 Münster.
- REMMERT, H. (1992) Ökologie: ein Lehrbuch. 5. neubearb. u. erw. Aufl. - Berlin;c.
- ROLOFF, A. (1987/1988): Morphologie der Kronenentwicklung von *Fagus sylvatica* L. (Rotbuche) unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Veränderungen. I. Morphogenetischer Zyklus, Anomalien infolge Blattfall und Prolepsis. - Flora **179**: 355-378., II. Strategie der Luftraumeroberung und Veränderungen durch Umwelteinflüsse. - Flora **180**: 297-338.
- ROSSEL, B. (1970): Waldbestockte Naturschutzgebiete im Harzvorland (Fallstein - Huy - Haket). - Natursch. u. naturkundl. Heimatforsch. Bez. Halle Magdeburg. **7** (1/2): 90 - 107.
- ROTHMALER, W. (1984 ff.): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und BRD. Bd. 2: Gefäßpflanzen. Hrsg. : SCHUBERT, R.; WERNER, K.; MEUSEL, H. 12. Aufl. (1984). Bd. 3: Atlas der Gefäßpflanzen. Hrsg.: SCHUBERT, R.; JÄGER, E.; WERNER, K. 7. Aufl. (1988). Bd. 4: Kritischer Band. Hrsg.: SCHUBERT, R.; VENT, K. 8. Aufl. (1990). - Berlin.
- SACHSE, U. (1989): Die anthropogene Ausbreitung von Berg- und Spitzahorn. Ökologische Voraussetzungen am Beispiel Berlins. - Landsch.-Entw. u. Umweltforsch. **63**. Berlin.
- SCHAUER, W. (1971): Zur Entwicklung der Waldbestockung in den NSG Großer und Kleiner Haket. - Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch. **11**: 273-287.
- SCHAUER, W. (1974): Beitrag zur Erarbeitung von ökologisch begründeten Pflegeprinzipien für NSG mit Laub- und Nadelholzmischbestockungen im Pleistozängebiet der DDR. - Arch. Natursch. u. Landschaftsforsch. **13**: 61-78.
- SCHLÜTER, O.; AUGUST, O. (Hrsg.) (1958): Atlas des Saale- und Mittleren Elbegebietes.
- SCHMIDT, P.A. (1995): Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. - Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten. **4/95**
- SCHMIDT, W. (1991): Die Bodenvegetation im Wald und das Mosaik-Zyklus-Konzept. - Laufener Seminarbeiträge **5/91**, 16-29.
- SCHNEIDER, K. (1997): Untersuchungen zur Struktur und Dynamik der Gehölzvegetation an Waldgrenzstandorten auf Zechstein des Kyffhäusergebirges. - Dipl.-Arb. Univ. Halle, Institut f. Geobotanik und Bot. Garten.
- SCHUBART, W. (1966): Die Entwicklung des Laubwaldes als Wirtschaftswald zwischen Elbe, Saale und Weser. - Aus dem Walde **14**: 1-213.
- SCHUBERT, R. (1972): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. III. Wälder. - Hercynia N.F. **9**: 1-34, 106-136, 197-228.
- STUBBE, M. (1971): Wald-, Wild- und Jagdgeschichte des Haket. - Arch. Forstwes. **20**(2): 115-204.
- WAGENBRETH, O.; STEINER, W. (1990): Geologische Streifzüge. 4. Aufl. - Leipzig.
- WALTER, H. (1960): Standortslehre, analytisch-ökologische Geobotanik (Einführung in die Phytologie. Bd. III). 2. Aufl. - Stuttgart.
- WEINERT, E. (1994): Potentielle natürliche Vegetation. 1:300 000. - In: Landschaftsprogramm des Landes Sachsen-Anhalt. - Magdeburg.
- WEINTSCHKE, H. (1954): Die Waldgesellschaften des Hakels. - Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. **3**: 947-978.
- WILMANN, O. (1989): Ökologische Pflanzensoziologie. 4. Aufl. UTB 269. - Heidelberg.
- WILMANN, O.; BOGENRIEDER, A. (1987): Zur Nachweisbarkeit und Interpretation von Vegetationsveränderungen. - Verh. Ges. f. Ökol. (Gießen 1986). Band **XVI**: 35 - 44.

- WULF, M. (1993): Zur Bedeutung historisch-alter Waldflächen für den Pflanzenartenschutz. - Verh. Ges. f. Ökol. **XXII**: 269 - 272.
- WUTTKY, K. (1957): Gedanken zu Waldzustand und Bewirtschaftung des Hakels. - unveröff. Mskr.
- ZACHARIAS, D. (1993): Flora und Vegetation von Wäldern der Querco-Fagetea im nördlichen Harzvorland Niedersachsens unter besonderer Berücksichtigung der Eichen-Hainbuchen-Mittelwälder. - Diss. Univ. Braunschweig.
- ZACHARIAS, D. (1994): Bindung von Gefäßpflanzen an Wälder alter Waldstandorte im nördlichen Harzvorland Niedersachsens - ein Beispiel für die Bedeutung des Alters von Biotopen für den Pflanzenartenschutz. - Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte. 7(3): 76-88.
- ZÜGE, J. (1986): Wachstumsdynamik eines Buchenwaldes auf Kalkgestein mit besonderer Berücksichtigung der interspezifischen Konkurrenzverhältnisse. - Diss. Forstwiss. Fachber. Univ. Göttingen.

*Manuskript angenommen: 27. Mai 1998*

*Anschrift der Verfasser: Dipl.-Biol. Stefan Michel, Gr. Gosenstraße 18, D-06114 Halle;*

*Prof. Dr. Ernst-Gerhard Mahn, Institut für Geobotanik und Botanischer Garten, Neuwerk 21, D-06108 Halle.*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [31](#)

Autor(en)/Author(s): Mahn Ernst-Gerhard, Michel Stefan

Artikel/Article: [Untersuchungen zur Entwicklung der Waldvegetation des Hakels 65-102](#)