




Forst



EBERSWALDER FORSTLICHE
SCHRIFTENREIHE
BAND XVII

Die Schwarz-Erle im
nordostdeutschen Tiefland

Die Schwarz-Erle im nordostdeutschen Tiefland



Baum des Jahres 2003 ist die Schwarz-Erle, Charakterbaum der norddeutschen Niederungen

EBERSWALDER FORSTLICHE

SCHRIFTENREIHE

BAND XVII

Die Schwarz-Erle

(*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.)

im nordostdeutschen Tiefland

In der Eberswalder Forstlichen Schriftenreihe sind bereits erschienen:

- Band I Paul-Martin Schulz, „Biographie Walter Pfalzgraf, des ersten Leiters des Zentralforstamtes in der Sowjetischen Besatzungszone von 1945–1948“ ISBN 3-933352-02-9
- Band II Horst Mildner/Ekkehard Schwartz, „Waldumbau in der Schorfheide, zum Andenken an Oberlandforstmeister Dr. phil. Erhard Hausendorff“ ISBN 3-933352-06-1
- Band III Dieter Heinsdorf u. a., „Forstliche Forschung im Nordostdeutschen Tiefland (1992-1997)“ ISBN 3-933352-07-X
- Band IV Hans Hollender u. a., „Planung der Waldentwicklung im Land Brandenburg, Vorträge zur Fachtagung am 4. November 1998 in Eberswalde“ ISBN 3-933352-10-X
- Band V Ralf Kätzel u. a., „Forstsaatgutprüfung in Eberswalde 1899–1999, Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft“ ISBN 3-933352-12-6
- Band VI Dieter Heinsdorf, „Das Revier Sauen — Beispiel für erfolgreichen Waldumbau“ ISBN 3-933352-22-3
- Band VII Klaus Höppner u.a., „Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte der Waldbewirtschaftung im südlichen Brandenburg“ ISBN 3-933352-24-X
- Band VIII Hubertus Kraut/Reinhard Möckel, „Forstwirtschaft im Lebensraum des Auerhuhns, ein Leitfaden für die Waldbewirtschaftung in den Einstandsgebieten im Lausitzer Flachland“ ISBN 3-933352-23-1
- Band IX Ralf Kätzel u. a., „Die Birke im Nordostdeutschen Tiefland; Eberswalder Forschungsergebnisse zum Baum des Jahres 2000“ ISBN 3-933352-23-1
- Band X Sonderband; Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, „Landeswaldbericht 1997 und 1998, mit einem Sonderkapitel zur Naturalplanung in Brandenburg“ ISBN 3-933352-31-2
- Band XI Hans-Friedrich Joachim „Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg“ ISBN 3-933352-32-0
- Band XII Christian Brueck u. a., „Zertifizierung von Forstbetrieben. Beiträge zur Tagung vom 5. November 1999 in Fürstenwalde/Spree (Brandenburg)“ ISBN 3-933352-34-7
- Band XIII Dieter Heinsdorf, Joachim-Hans Bergmann, „Sauen 1994 – ein gelungener Waldumbau ...“ ISBN 3-933352-35-5
- Band XIV Sonderband; Abteilung Forstwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, „Landeswaldbericht 1999 mit einem Sonderkapitel „Regionaler Waldbericht für die Zertifizierung der Waldbewirtschaftung in Brandenburg““ ISBN 3-933352-37-1
- Band XV Winfried Riek u. a., „Funktionen des Waldes und Aufgaben der Forstwirtschaft in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt“ ISBN 3-933352-47-9
- Band XVI Carsten Leßner u. a.: „Privatwald in Brandenburg – Entwicklung, Rahmenbedingungen und aktuelle Situation“ ISBN 3-933352-48-7

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung
des Landes Brandenburg, Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Tel.: 03 31 / 8 66 70 16 und 8 66 70 17, Fax: 03 31 / 8 66 70 18
Internet: www.brandenburg.de/land/mlur
E-Mail: pressestelle@mlur.brandenburg.de

Landesforstanstalt Eberswalde, Alfred-Möller-Straße 1, 16225 Eberswalde
Tel.: 0 33 34 / 6 52 02, Fax: 0 33 34 / 6 52 06
Internet: www.lfe.brandenburg.de
E-Mail: Leiter.LFE@lfe-e.brandenburg.de

Gestaltung: Landesforstanstalt Eberswalde, Sachgebiet Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Herstellung: Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft Frankfurt (Oder)
Technische Zentrale, Ringstraße 1010, 15236 Frankfurt (Oder)

Auflage: 1.000 Exemplare

ISBN-Nr: 3-933352-52-5

Eberswalde, im April 2003

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg unentgeltlich herausgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien, noch von Wahlwerbern, noch von Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landes-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Inhalt

Vorwort	7
<i>Klaus Höppner</i>	
Zur Biologie der Schwarz-Erle	9
<i>Bernhard Götz</i>	
Die Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.) in der Waldvegetation des ostdeutschen Tieflandes	19
<i>Gerhard Hofmann</i>	
Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.)	39
<i>Ralf Kätzel</i>	
Erlenstandorte als Quelle und Senke klimarelevanter Spurengase	46
<i>Jürgen Augustin</i>	
Gefährdung der Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.) durch mikrobielle Pathogene	60
<i>Paul Heydeck</i>	
Die Verbreitung der Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.) in den Wäldern Brandenburgs	71
<i>Jörg Müller, Konrad Müller</i>	
Wachstum, Entwicklung, Bestandesbehandlung und Ertragsleistung der Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland	76
<i>Karl-Willi Lockow</i>	
Zur Berücksichtigung des genetischen Potenzials von Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i> [L.] GAERTN.) bei der Waldbewirtschaftung	101
<i>Jens Steigleder, Ralf Kätzel</i>	
Die Bewirtschaftung der Schwarz-Erle im Spreewald	109
<i>Paul Rupp, Ekhard Hafemann, Eugen Nowack</i>	
Die Schwarz-Erle als Wirtschaftsbaumart	124
<i>Lothar Krüger, Heiko Hagemann</i>	



Vorwort

Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTNER) ist eine der drei in Mitteleuropa heimischen Erlenarten. Artspezifische Besonderheiten, wie die ausgeprägte Luftversorgung über ihr Wurzelsystem oder die Fähigkeit zur Stickstoffbindung aus der Luft, sind Gründe für ihre besondere Bedeutung als Baumart sumpfiger bis feuchter Standorte. Sie ist dadurch die bestandesbildende Charakterbaumart von Bruch- und Niederrungswäldern und begleitet kleine Bäche und mittelgroße Fließgewässer als eine der bedeutendsten Laubbaumarten dieser Standorte im nordostdeutschen Tiefland.

In den von ihr geprägten Waldgesellschaften bietet sie Lebensraum für viele feuchtgebietstypische Pflanzen und Tiere, hierunter auch für zahlreiche gefährdete Arten. Mit einem tiefreichenden Wurzelsystem schützt sie die Ufer vor Erosion und hält das Wasser in der Landschaft zurück.

Ausgedehnte Erlenwälder bedeckten in früheren Jahrhunderten große Teile des norddeutschen Tieflands. Heute ist die Lebensgemeinschaft der Schwarz-Erle bedroht. So stehen fast alle Pflanzengesellschaften, in denen die Baumart namensgebend vorkommt – beispielsweise die Erlenbruchwälder –, auf der Roten Liste der in Deutschland gefährdeten Biotope. Durch Rodung, Grundwasserabsenkung, Begradigung von Flussläufen und insbesondere durch Pathogene sind ihre Bestände gefährdet.

In Deutschland konzentrieren sich die größten geschlossenen Erlen-Hochwald-Bestände im nordostdeutschen Tiefland – und hier vor allem im brandenburgischen Spreewald. Die Schwarz-Erle ist nicht nur von ökologischer Bedeutung, auch ihre besonderen Holzeigenschaften werden seit Jahrtausenden geschätzt. Die Erlen-Waldgesellschaften beherbergen die für die Zukunft der Baumart

bedeutendsten genetischen Ressourcen und prägen gleichfalls die beliebtesten Erholungsgebiete unserer Landschaft. Großflächige Unterschutzstellung von Erlenwäldern in Biosphärenreservaten, Landschafts- und Naturschutzgebieten sowie geschützten Waldbiotopen in den vergangenen Jahrzehnten tragen dem Rechnung. Aber auch sie können dem seit 1995 nun auch in Deutschland rasant zunehmenden „neuartigen Erlensterben“ keinen Einhalt gebieten.

Die Baumart verdient unsere Aufmerksamkeit und unseren Schutz. Die Entscheidung des Kuratoriums „Baum des Jahres“, die Schwarz-Erle zum „Baum des Jahres 2003“ auszurufen, trägt diesem Anliegen in besonderem Maße Rechnung.

Die vorliegende Schrift widmet sich den vielfältigen dendrologischen, ökologischen und forstlichen Facetten dieser interessanten Gehölzart. Unter Federführung der Landesforstanstalt Eberswalde erarbeitet, gibt sie einen Überblick zu aktuellen Forschungsarbeiten brandenburgischer Einrichtungen, deren Ergebnisse einen Beitrag zur Zukunftssicherung dieser Baumart leisten sollen. Sie fasst außerdem internationale Ergebnisse zur Schwarz-Erlen-Thematik zusammen. Mögen die folgenden zehn Beiträge das Interesse an der Baumart *Alnus glutinosa* auch über das Jahr 2003 hinaus fördern.



Prof. Dr. Klaus Höppner
Leiter der Landesforstanstalt Eberswalde



Zur Biologie der Schwarz-Erle

Natürliches Verbreitungsgebiet

Die Schwarz-Erle ist eine eurosibirische Pflanze. Nach SCHMIDT (1996) gilt sie als taxonomisch klar abgegrenzte Art des europäischen Laubwaldgebietes. Sie ist eine häufige und bestandesbildende Charakterbaumart in Auen- und Bruchwäldern, entlang von kleinen Bächen und mittelgroßen Fließgewässern (OBERDORFER 1994). Nach der letzten Eiszeit hat sie sich von den Bergwäldern Südeuropas und dem Schwarzmeerraum durch das gesamte mitteleuropäische Laubwaldgebiet nach Norden und Osten verbreitet. Ihr Verbreitungsareal (Abb. 1) reicht von Nordwest-Afrika über ganz Europa, vom Kaukasus, Vorderasien, über Südwest- und West-Asien nach West-Sibirien (westsibirisches Tiefland). In Nord-Amerika ist sie eingebürgert (ERHARDT et al. 2000, SCHMIDT 1996, HEGI 1981, MEUSEL et al. 1965). Ihre Verbreitung in Deutschland ist nahezu flächendeckend (HAEUPLER und SCHÖNFELDER 1989, BENKERT et al. 1996), vom norddeutschen Tiefland über die submontanen Lagen der Mittelgebirge (bis 1.000 m), bis in die Voralpen, alpine Täler und Gebirge zumeist bis 1.200 m an-

steigend. In den Schweizer Alpen steigt sie vereinzelt bis 1.800 m ü. NN an (HEGI 1981).

Taxonomie

Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTNER) gehört, wie die wichtigsten heimischen Laubhölzer, zur Ordnung der *Fagales* (Buchenartige) und

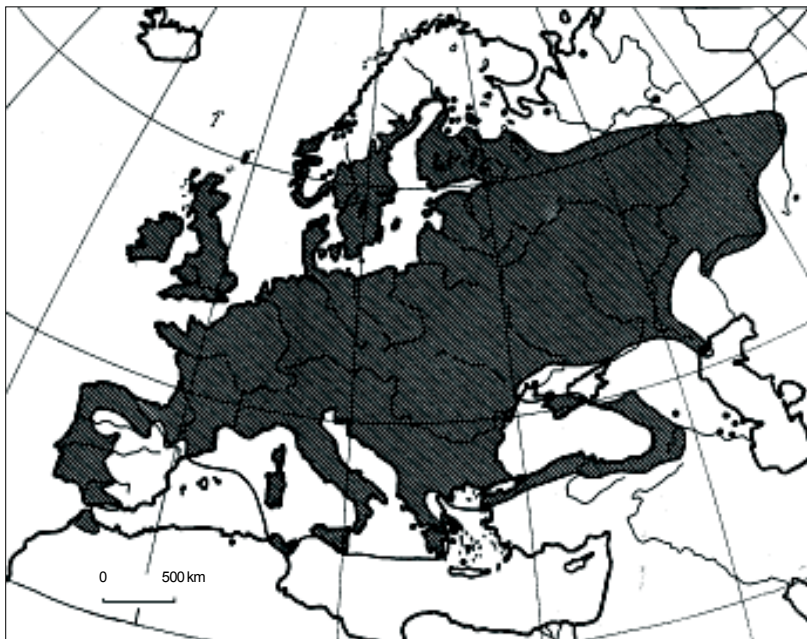


Abb. 1: Verbreitungsgebiet der Schwarz-Erle, verändert nach MEUSEL et al. (1965) und SOKOLOV et al. (1977, aus SCHMIDT 1996)

hier zur Familie der *Betulaceae* (Birkengewächse) (ERHARDT et al. 2000, SITTE et al. 1999). Es handelt sich hierbei um sommergrüne, laubabwerfende

Bäume mit überwiegend nordhemisphärischer Verbreitung. Nach WEBERLING und SCHWANTES (1992) zeichnet sich die Gattung *Alnus* durch Vorblätter aus, die mit dem Tragblatt im weiblichen Dichasium zur verholzenden Fruchtschuppe verwachsen und ein holziges Zäpfchen bilden. Die Schwarz-Erle ist, wie die ebenfalls baumförmige Grau-Erle, der Untergattung *Alnus* zugeordnet (SCHMIDT 1996). Sie gilt als taxonomisch klar abgegrenzte Art. Es wird lediglich eine transkaukasisch-kleinasiatische Sippe (*A. barbata* C. A. MEY), abgetrennt. SCHMIDT (1996) weist in seinen Ausführungen „zur Systematik und Variabilität der mitteleuropäischen Erlen“ auf verschiedene geographische Rassen sowie unterschiedliche Klimatypen hin, die keinen Artstatus erreichen. Des Weiteren auf zahlreiche Varietäten und Formen, die im Verbreitungsareal natürlich vorkommen und vom Normaltyp (*'F. typica'* CALL.) abweichen. Sie zeigen verschiedene Blattgrößen und -formen sowie Unterschiede in den Früchten, der Rinde und der Wuchsform. Hier sei auf SCHMIDT (1996) verwiesen. An Gartenformen, Kulturformen bzw. Kultivaren sind verschiedene schlitzblättrige, gezähnte und gelappte Blattformen, sowie in Blattgröße und -farbe abweichende Formen wie auch ein säulenförmiger Wuchs bekannt. Eine Übersicht ist bei KRÜSSMANN (1976) zu finden. Diese sind selten in Parks oder botanischen Gärten zu sehen. Natürliche Bastarde der Schwarz-Erle mit anderen baumförmigen Erlen der Untergattung *Alnus* sind sowohl in Natur als auch in Kultur bekannt.

Merkmale

Erscheinung

Die Schwarz-Erle ist ein in der Jugend schnell wachsender Baum (LOCKOW 1995, UTSCHIG et al. 2001). Sie erreicht ein Alter von 100 bis 120 (150) Jahren (SCHÜTT et al. 1992) und Höhen von 30 m (GODET 1999), unter günstigsten Bedingungen erreicht sie 40 m (CLAPHAM et al. 1987). Die Krone ist kegelförmig mit einem schlanken, bis in den Wipfel gerade durchlaufenden Stamm (Monopodium) und im Alter waagrecht stehenden Seitenästen (BARTELS 1993, ROLOFF und BÄRTELS 1996, GODET 1999). Dadurch ergibt sich im Winter ein den Nadelhölzern ähnliches Erscheinungsbild (HEGI, 1981). Nach SCOHY (1990, aus PIETZARKA und ROLOFF 2000) gleicht sie dem Wuchs von Fichte. Nach Auffassung des Autors sieht sie im Winter der Lärche sehr ähnlich (Abb. 2). Durch Stockausschlag wird die Schwarz-Erle oftmals auch mehrstämmig (SCHÜTT et al. 1992,

KRÜSSMANN 1976). Der orthotrope Stamm und die sympodiale Verzweigung der Äste, hervorgerufen durch endständige Blüten (siehe Abb. 3), ordnen die Schwarz-Erle dem Architekturmodell SCARRONE zu (BARTELS 1993, PIETZARKA und ROLOFF 2000).

Rinde

Die Rinde junger Triebe (Abb. 4a) ist zimtbraun bis rötlich, später graubraun mit punktförmigen Lentizellen, zunächst drüsig behaart und klebrig (BARTELS 1993, PIETZARKA und ROLOFF 2000, MITCHELL 1974), zur Spitze oft dreikantig (SCHULZ 1999, GODET 1995), siehe Abbildung 3/5. Junge Zweige und Aufwüchse sind glatt, grünbraun mit hellen quer verlaufenden Lentizellen (BARTELS 1993). Mit zunehmendem Durchmesser ergeben sich durch das Dickenwachstum helle Längsrisse (Abb. 4b), die an den Rändern rotbraun gefärbt sind (VAUCHER 1997). Im Alter entwickelt sich eine längsrisige Schuppenborke (Abb. 4c) mit dunkler, schwarzbrauner Färbung, die in kleine eckige Stücke zerklüftet ist (GODET 1999, SCHÜTT et al. 1992, BARTELS 1993).

Blätter, Knospen

Die schraubig gestellten Blattknospen sind länglich, verkehrt eiförmig, 6 bis 9 mm lang (GODET 1995, SCHÜTT et al. 1992) rötlich braun bis violett (vergleiche hierzu Abb. 3 und 4a), und durch einen Wachsüberzug klebrig. Sie sind von drei Schuppen umgeben, wovon nur zwei sichtbar sind (PIETZARKA und ROLOFF 2000, GODET 1995). Die Seitenknospen sind lang und deutlich gestielt, die Endknospen meist weniger (Abb. 3, rechts). Nach der Blütezeit entwickeln sich die Laubblätter (Abb. 5). Sie sind 3 – 7 cm breit und 4 – 10 cm lang, von ovaler (verkehrt eiförmig) oder rundlicher Form und ausgeschweift gesägt (HEGI 1981). Die Spitze ist gestutzt oder ausgerandet bis eingekerbt, die Basis breit keilförmig bis abgerundet (FITSCHEN 2002, GODET 1999). Die Blätter haben auf jeder Seite 6 – 8 bis zum Blattrand verlaufende Seitennerven, sind oberseits dunkelgrün, kahl und klebrig, unterseits etwas heller grün, bis auf die weißlich bis gelbbraun behaarten Nervenwinkel kahl (PIETZARKA und ROLOFF 2000, KRÜSSMANN 1976). Der Blattstiel ist 1,3 bis 2,5 (3) cm lang und fein rau punktiert (MITCHELL 1974, ROLOFF und BÄRTELS 1996). Die Blätter haben einen hohen Lichtbedarf. Neue Blätter werden während der gesamten Vegetationsperiode gebildet; der Blattfall beginnt bereits im Sommer mit den ältesten Blättern an den stärker beschatteten Trieben (PIETZARKA und ROLOFF 2000, BARTELS 1993). So-



Abb. 2: Das Erscheinungsbild der Schwarz-Erle im Winter. Aufnahme aus dem Forstbotanischen Garten Eberswalde

wohl im Sommer wie im Herbst kommt es zu keiner Verfärbung der Blätter (CLAPHAM et al. 1987, PIETZARKA und ROLOFF 2000). Diese fallen aufgrund des hohen Stickstoffgehaltes grün ab (BARTELS 1993) und hinterlassen eine Blattnarbe mit dreiteiliger Blattspur (Abb. 3/6). Die Nebenblätter sind stumpf, schuppenartig und bald abfallend (HEGI 1981).

Blüten und Früchte

Die Blüten der Schwarz-Erle sind eingeschlech-

tig, einhäusig und windbestäubt. Sie stehen in ährenartigen Blütenständen, sog. Kätzchen (FITSCHEIN 2002). Sie werden im Verlauf der Vegetationsperiode angelegt und überdauern den Winter nackt (GODET 1999). Die weiblichen und männlichen Kätzchen bilden zusammen einen übergeordneten Gesamtblütenstand (PIETZARKA und ROLOFF 2000, BARTELS 1993). Dabei stehen die männlichen Kätzchen zu 3 bis 5 terminal am Ende des Triebes, darunter traubig angeordnet die weiblichen Kätzchen (Abb. 3, links). Darunter sitzen



Abb. 3: Zweige der Schwarz-Erle im Winterzustand. **rechts**: Spross mit durchgehender Hauptachse und monopodialer Verzweigung. Die Endknospe setzt das Wachstum des Triebes fort. **links**: Spross mit endständigen Blüten. Die oberste Seitenknospe setzt das Triebwachstum fort (Sympodium).
1: männliche Blütenkätzchen 2: weibliche Blütenkätzchen 3: verholzter Fruchtzapfen 4: Nussfrüchte mit Schwimmflügeln 5: Triebquerschnitt 3-kantig 6: Blattnarbe mit 3-teiliger Blattspur



Abb. 4: Rindenbilder der Schwarz-Erle
 a: Rinde junger Triebe, Zweige und Aufwüchse
 b: Längssrisse durch Dickenwachstum
 c: Schuppenborke

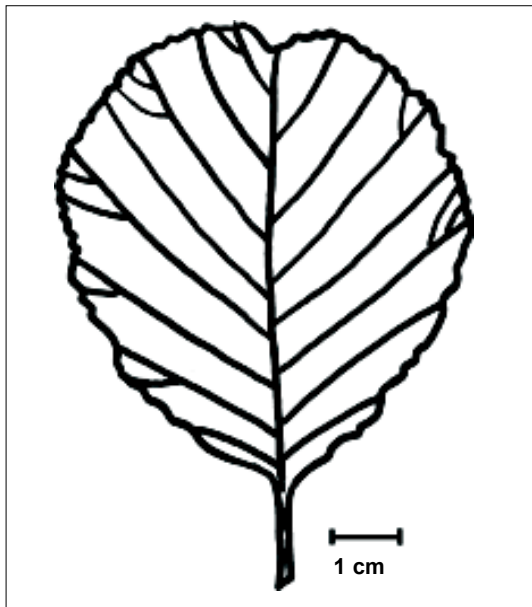


Abb. 5: Laubblatt von Schwarz-Erle, schematisiert

Laubknospen, die den Aufbau des Sprosssystems sympodial fortsetzen. Die männlichen Kätzchen sind aus jeweils 3-blütigen Trugdöldchen (Dichasien) zusammengesetzt, im Winter mattpurpur und etwa 2 – 3 cm lang (MITCHELL 1974). Blüten-diagramme sind bei SITTE et al. 1999 zu finden.

Mit dem Aufblühen im März verbreiten sie ihre Pollen und färben sich dunkelgelb. Dabei strecken sie sich auf etwa 5 bis 10 cm und hängen dann nach unten über. Durch die Anordnung der Kätzchen wird Fremdbestäubung begünstigt (HEGI 1981). Die weiblichen Blüten-Kätzchen bestehen meist aus 2-blütigen Trugdöldchen (die Mittelblüte des Dichasiums ist i. d. R. ausgefallen) mit 4 Vorblättern und einem Tragblatt (HEGI 1981). Sie sind im Winter graugrün, etwa 5 mm lang mit 3 mm langem Stiel, aufrecht stehend. Sie färben sich zur Blütezeit rötlich. Die Bestäubung erfolgt durch den Wind. Während des Heranreifens bilden sich die bis zu 2 cm langen braunen verholzenden Fruchzapfen (MITCHELL 1974), siehe Abbildung 3/3. In der Achsel der verholzenden 5-zipfeligen Fruchtschuppen, die aus der Verwachsung der vier Vorblätter mit dem Deckblatt hervorgehen (SITTE et al. 1999), sitzen die etwa 2 mm kleinen braunen Nussfrüchte (Abb. 3/4). Sie sind flach, leicht und am Rande mit schmalen, flügelartigen Luftpolstern versehen (PIETZARKA und ROLOFF 2000, BARTELS 1993).

Vermehrungsbiologie

Mit der Blüte der männlichen Kätzchen im zeitigen Frühjahr vor dem Laubaustrieb erfolgt die Aus-

lassung der Pollen. Die Abgabe dauert etwa 2 bis 4 Tage. Der Pollen ist rund 28 Tage lebensfähig (HEGI 1981). Er erträgt sowohl Trockenheit als auch hohe Luftfeuchtigkeit (PIETZARKA und ROLOFF 2000). Zwischen Bestäubung und Befruchtung vergeht ein Zeitraum von bis zu 3 Monaten (WEBERLING und SCHWANTES 1992). Dies liegt nach HEGI (1981) in einer Ruhepause im Wachstum des Pollenschlauches begründet, die bis Mitte Juni andauern kann. Über die natürliche Samenreife sind in der Literatur unterschiedliche Angaben vorhanden. So tritt nach HEGI (1981) diese im September bis Oktober ein, nach BÄRTELS (1989) reifen die Samen von Oktober bis November. Mit dem Reifen der Samen verfärben sich die Zapfen braun. In natürlicher Umgebung schließt sich an die Samenreife der Samenfall an, dieser dauert bis zum folgenden Frühjahr. Die Samen fallen aus den am Baum verbleibenden Zapfen, die Verbreitung erfolgt durch Wind und Wasser. Der Wassertransportweg wird als der effektivere angesehen, da der dürrrempfindliche Samen im Wasser bis zu 12 Monate lebensfähig bleibt, weitere Entfernungen zurücklegen kann und meist auf ein feuch-

tes Keimbett trifft (PIETZARKA und ROLOFF 2000, BÄRTELS 1993).

Für eine künstliche Vermehrung müssen die Zapfen vor dem Öffnen geerntet werden. Im Anschluss wird die Öffnung der Zapfen durch trockene, luftige Lagerung oder durch Klengen herbeigeführt. Meist fallen nicht alle Samen aus den Zapfen. Um einen optimalen Samenertrag zu erhalten, können die Zapfen mechanisch zerkleinert werden (BÄRTELS 1995). Bei trocken-kalter Lagerung (-4 bis -10°C) bleiben die Samen in luftdicht geschlossenen Behältnissen zwei bis drei Jahre keimfähig (ROHMEDER 1972). Vier bis fünf Wochen nach der Aussaat der Erlensamen setzt die Keimung ein. Saatgut mit voll entwickelten Embryonen keimt annähernd zu 100 %, der Anteil gesunden Saatguts an gereinigtem Saatgut liegt zwischen 30 % und 70 % (PIETZARKA und ROLOFF 2000, BÄRTELS 1989).

Die kleinen endospermlosen Samen keimen epigäisch mit zwei kleinen eiförmigen Kotyledonen, seltener drei (GUPPY 1897, aus HEGI 1981, KIRCHNER et al. 1914, aus PIETZARKA und RO-

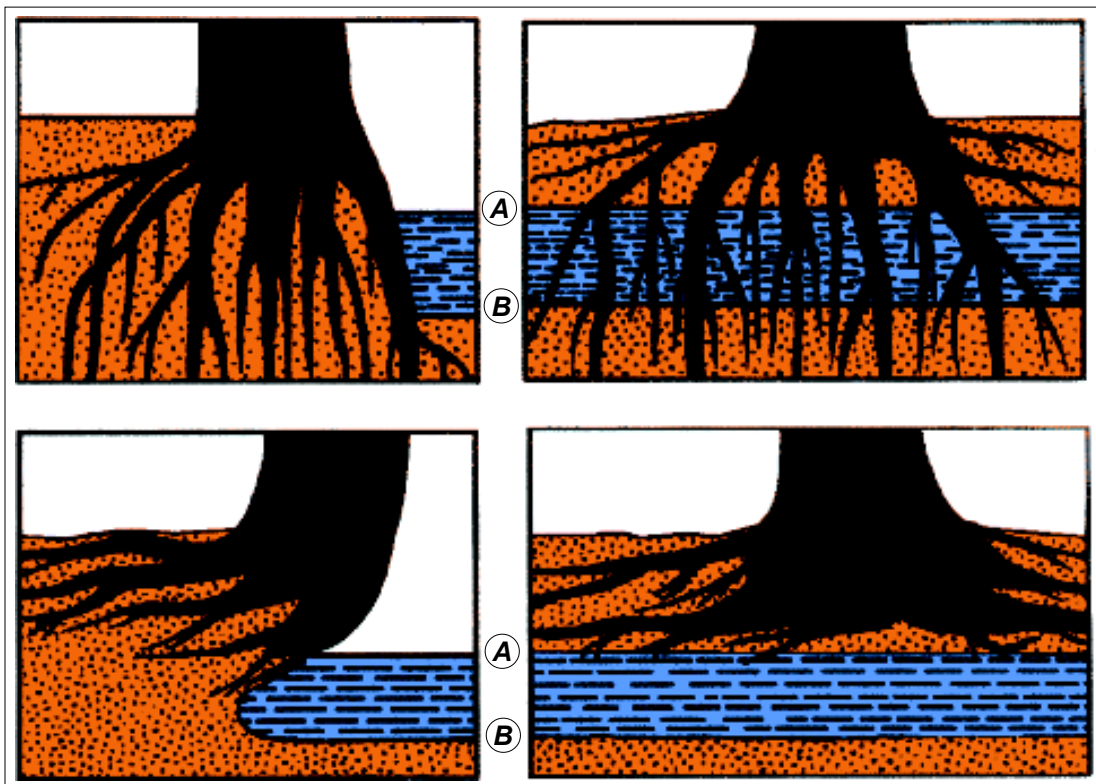


Abb. 6: Wurzelbild (schematisiert) der Schwarz-Erle (oben) im Vergleich zu einer Hybrid-Pappel (unten), A = Wasserspiegel, B = Gewässersohle, aus AID 1994



Abb. 7: Erlenbruchwald im NSG Nonnenfließ – Schwärzetal am Südrand der Stadt Eberswalde

LOFF 2000), meist ohne endogene Keimruhe. Die Primärblätter sind kerbig gesägt und kurz behaart, die apikale Einbuchtung der späteren Blätter ist noch nicht vorhanden, weiter sind alle sechs bis acht Blätter des ersten Jahres zugespitzt.

Wurzeln

Schwarz-Erlen bilden ein tief reichendes Herzwurzelsystem (SCHÜTT et al. 1992, POLOMSKI und KUHN 1998) mit einem hohen Anteil an vertikal ausgerichteten Schwachwurzeln mit 0,5 bis 3 cm Durchmesser (PIETZARKA und ROLOFF 2000). Insbesondere auf vernässten Standorten wurzelt sie so tief wie keine andere heimische Baumart. Dabei ist sie in der Lage, auch in dauerhaft durch Grundwasser vernässten Böden zu wurzeln (POLOMSKI und KUHN 1998, AID 1994), siehe Abbildung 6. Sie breitet sogar unter der Bachsohle von Flüssen ihre Wurzeln aus. Ferner wurde bei Überflutung die Bildung von Adventivwurzeln in sauerstoffreicheren Bereichen beobachtet, die physiologisch besser an anaerobe Bedingungen angepasst sind. Nähere Angaben sind dem Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL zu entnehmen.

Ökologische Besonderheiten

Die Schwarz-Erle hat vielfältige Funktionen im Gewässerökosystem: Sie bietet Lebensraum für viele feuchtgebietstypische Pflanzen und Tiere (FUKAREK et al. 1995, AID 1994, ELLENBERG 1996, SCHMIDT 1999), hierunter auch zahlreiche gefährdete Arten (RÖSER 1995, <http://www.Floraweb.de>, <http://www.bfn.de>). Sie ist Nahrungs- und Nährstofflieferant für viele Organismen. Es bilden sich Nahrungsketten, die bei der Schwarz-Erle ihren Ausgangspunkt finden (PRESCOTT 1996, GHARADJEDAGHI 1997, DILLY und IRMLER 1998, AMMER und AMMER 1998, PILIPIUK 2001).

Erlen bilden ein tiefreichendes Wurzelsystem (siehe Abschnitt „Wurzeln“), mit dem sie die Ufer vor (Hochwasser-) Erosion schützen und dauerhaft befestigen. Sie halten das Wasser in der Landschaft zurück und wirken ausgleichend auf den Oberflächenabfluss. Ferner wirken sie positiv auf die Wasserqualität von Bächen und Flüssen, in dem sie mit dem durchwurzelten Ufersaum die Nährstoffausträge aus der Landwirtschaft z. T. fast vollständig herausfiltern (KNAUER und MANDER 1989,



Abb. 8: Erlenbruchwald im NSG Nonnenfließ – Schwärzetal am Südrand der Stadt Eberswalde

MANDER 1994). Die Beschattung wirkt einer weiteren Eutrophierung entgegen.

Die Schwarz-Erle gedeiht am besten auf Böden mit einem hohen Maß an Feuchtigkeit. Es handelt sich überwiegend um nasse Standorte im Ufer- und Auebereich von Gewässern, die gelegentlich überflutet werden (HEGI 1981). Hier kann sie der Konkurrenz anderer Baumarten ausweichen. Sie zählt neben wenigen Weidenarten zu den Baumarten, die das höchste Maß an Bodennässe und Überflutung ertragen. Dies gelingt ihr durch die Fähigkeit, den für das Wurzelwachstum notwendigen Luftsauerstoff durch Lentizellen im Bereich der Stammbasis und des Wurzelanlaufes aufzunehmen und durch ein Leitgewebe (Aerenchym) zur Wurzel zu transportieren (GROSSE und SCHRÖDER 1985). Als weitere Anpassung an feuchte Standorte ist sie sehr verschwenderisch mit Wasser. Nach ESCHENBACH und KAPPEN (1999a und b) weist sie unter den heimischen Baumarten die höchsten Transpirationsraten auf. Auf Trockenheit reagiert sie daher sehr empfindlich.

Aufgrund ihres geringen Alters, eines schnellen (Jugend-) Wachstums (LOCKOW 1995, UT-

SCHIG et al. 2001), der Bildung vieler kleiner Früchte und des hohen Lichtbedarfes ist sie als Pionierbaumart einzuschätzen. Beschattung verträgt sie sehr schlecht. Dies führt in älteren, natürlichen, nicht forstlich genutzten Beständen zu einem erhöhten, ökologisch bedeutsamen Totholzanteil (Abb. 7 und 8) im Vergleich zu anderen Waldgesellschaften (BOBIEC 2002).

Herkunft des Baumnamens, Mythologie

Der Name 'Erle' wurde aus dem althochdeutschen 'erila' gebildet, was durch Wortumstellung aus 'elira' entstand und auf das germanische 'alizo' zurückgeht (DORSCH 1996). Der Name Schwarz-Erle rührt von der im Alter dunkelgrauen bis schwarzen Rinde her. Der immer wieder benutzte Name Rot-Erle liegt in der rötlichen Farbe des frisch geschnittenen Holzes begründet und ist aus taxonomischen Gründen zu vermeiden, da es zu Verwechslungen mit der nordamerikanischen *Alnus rubra*

BONG. (= *Alnus oregona* NUTT.) führt. Des Weiteren sind viele Volksnamen wie Eller, Else, Elder Irl (HEGI 1981) und Kleberle (DORSCH 1996) bekannt. Letzteres wegen der klebrigen Knospen und jüngsten Triebe, die auch den lateinischen Baumnamen *Alnus glutinosa* – von lat. *glutinosus*, klebrig (SCHUBERT und WAGNER 2000) – begründen. Als weiteren Namen nennt DORSCH (1996) 'Walperbaum', da in Thüringen in der Walpurgisnacht (Walpernacht) Haus und Stall durch Aufhängen von Schwarz-Erlen-Zweigen vor Hexen geschützt wurden. Überhaupt ranken sehr viele nordische Sagen und alte Bräuche um den Baum aus der unbewohnten Außenwelt, der mit Hexen, Elfen, Geistern, Zauberei, Irrlicht, Dämonen und dem rothaarigen unheimlichen Erlenweib in Verbindung gebracht wurde. Nach HEGI (1975) soll in alten germanischen Sagen das Weib aus der Erle entstanden sein, der Mann dagegen aus der Esche. In der Volksheilkunde wurde früher die Abkochung der Erlenrinde zum Gurgeln gegen Mandel- und Rachenentzündungen sowie zum Spülen bei Darmblutungen angewandt (SCHÖNFELDER und SCHÖNFELDER 1995).

Literatur

- AID (1994): Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e. V. (Hrsg.): Bewuchs an Wasserläufen. Nr. 1087/1994. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich/Westfalen.
- AMMER, S.; AMMER, CH. (1998): Lumbricid associations on a former open clay pit after recultivation with different tree species. Forstwissenschaftliches Centralblatt Nr. 117.
- BÄRTELS, A. (1994): Gehölzvermehrung. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BÄRTELS, A. (1995): Der Baumschulbetrieb. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BARTELS, H. (1993): Gehölzkunde: Einführung in die Dendrologie. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BENKERT, D.; FUKAREK, F.; KORSCH, H. (Hrsg.) (1996): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.
- BOBIEC, A. (2002): Living stands and dead wood in the Bialowieza forest: suggestions for restoration management. Forest Ecology and Management. Nr. 165. S. 125–140.
- CLAPHAM, A. R.; TUTIN, T.G.; WARBURG, E. F. (1987): Flora of the British Isles, 3. Aufl. Cambridge University Press.
- DILLY, O.; IRMLER, U. (1998): Succession of the food web during the decomposition of leaf litter in a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) forest. Pedobiologia 42. S. 109–123.
- DORSCH, A. (1996): Herkunft und Bedeutung der deutschen und lateinischen Baumnamen. In: KOCH, W. (Hrsg.): Baumkunde Band 1. IHW-Verlag, Eching/München.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- ERHARDT, W.; GÖTZ, E.; BÖDEKER, N.; SEYBOLD, S. (2000): Zander Handwörterbuch der Pflanzennamen. 16. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- ESCHENBACH, C.; KAPPEN, L. (1999a): Leaf water relations of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) growing at neighbouring sites with different water regimes. Trees: Structure and Function, Vol. 14. S. 28–38.
- ESCHENBACH, C.; KAPPEN, L. (1999b): Water use in neighbouring stands of beech (*Fagus sylvatica* L.) and black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Annals of Forest Science, Vol. 56. S. 107–120.
- FITSCHEN, J. (2002): Gehölzflora. 11. Aufl., Quelle und Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- FUKAREK, F.; HÜBEL, H.; MÜLLER, G. K.; SCHUSTER, R.; SUCCOW, M. (1995): Urania-Pflanzenreich Bd. Vegetation. ISBN 3-332-00550-2. Leipzig, Jena, Berlin.
- GHARADJEDAGHI, B. (1997): Phytophagous arthropod fauna on alders (*Alnus* ssp.) in banks of brooks in Upper Frankonia. Part 1: assessment by the beating method. Phytophage Arthropoden an Erlen (*Alnus* ssp.) in bachbegleitenden Gehölzsäumen Oberfrankens. Teil 1: Klopfprobenuntersuchung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, Nr. 116. S. 158–177.
- GODET, J.-D. (1995): Knospen und Zweige. Naturbuch Verlag, Augsburg.
- GODET, J.-D. (1999): Bäume und Sträucher. Thales Medien, Braunschweig.
- GROSSE, W.; SCHRÖDER, P. (1985): Aeration of the roots and chloroplast-free tissues of trees. Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft 98. S. 311–318.
- GUPPY, H.B. (1897): Irregularity of some Cotyledons. JUST'S Botan. Jahresber. 25.
- HAEUPLER, H.; SCHÖNFELDER, P. (Hrsg.) (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 2. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- HEGI, G. (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa Band V Teil 3. Parey Verlag, Berlin/Hamburg.
- HEGI, G. (1981): Illustrierte Flora von Mitteleuropa

- Band III Teil 1. Parey Verlag, Berlin/Hamburg.
<http://www.bfn.de/03/030101.htm> (2003): Rote Liste gefährdeter Tiere. Informationsnetz des Bundesamtes für Naturschutz.
- <http://www.Floraweb.de> (2003): Informationsnetz des Bundesamtes für Naturschutz zu Pflanzen und Vegetation.
- KIRCHNER, O.; LOEW, E.; SCHRÖTER, C. (1914): Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- KNAUER, N.; MANDER, Ü. (1989): Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotop an Gewässern in Schleswig-Holstein. 1. Mitteilung: Filterung von Stickstoff und Phosphor. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung. S. 265–276.
- KRÜSSMANN, G. (1976): Handbuch der Laubgehölze. Bd 1. A-D. 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. S. 139–141.
- LOCKOW, K.-W. (1995): Neue Ertragstafel für die Roterle. Der Wald 45. S. 268–271.
- MANDER, Ü. (1994): Nährstoffrückhalt durch Gewässerrandstreifen. In: BASTIAN, O.; SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart. S. 243–247.
- MEUSEL, H.; JÄGER, E.J.; WEINERT, E. (1965): Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Bd. 1 VEB Fischer, Jena.
- MITCHELL, A. (1974): Die Wald- und Parkbäume Europas. Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- PIETZARKA, U.; ROLOFF, A. (2000): *Alnus glutinosa* L. (die Schwarz-Erle). In: SCHÜTT, P.; SCHUCK, H.J.; LANG, K.J.; ROLOFF, A.: Enzyklopädie der Holzgewächse. Ecomed Verlag, Landsberg/Lech. 19. Erg. Lfg.. S. 1–16.
- PILIPIUK, I. (2001): Enchytraeid communities (*Enchytraeidae*, *Oligochaeta*) of the ash-alder carr (*Circaeo-Alnetum*) in two regions of Poland. Fragmenta Faunistica, Vol. 44. S. 21–31.
- POLOMSKI, J.; KUHN, N. (1998): Wurzelsysteme. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (Hrsg.). Verlag Paul Haupt, Bern Stuttgart, Wien.
- PRESCOTT, C.E. (1996): Influence of forest floor type on rates of litter decomposition in microcosmos. Soil Biology & Biochemistry, Vol. 28. S. 1319–1325.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Parey Verlag, Berlin/Hamburg
- ROLOFF, A.; BÄRTELS, A. (1996): Gehölze: Bestimmung, Herkunft und Lebensbereiche, Eigenschaften und Verwendung. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- RÖSER, B. (1995): Grundlagen des Biotop- und Artenschutzes. ISBN 3-609-65930-0. 5. Aufl., Ecomed Verlag, Landsberg/Lech.
- SCHMIDT, P. A. (1996): Zur Systematik und Variabilität der mitteleuropäischen Erlen (Gattung *Alnus* Mill.) Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft Nr. 82. S. 15–42.
- SCHMIDT, P. A. (1999): Übersicht der natürlichen Waldgesellschaften Deutschlands. Sächsische Landesanstalt für Forsten (Hrsg.). ISBN 3-932967-03-8. 2. Aufl., Druckerei Vettters, Radeburg.
- SCHÖNFELDER, P.; SCHÖNFELDER, I. (1995): Der Kosmos-Heilpflanzenführer. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.
- SCHUBERT, R.; WAGNER, G. (2000): Botanisches Wörterbuch. 12. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- SCHULZ, B. (1999): Gehölzbestimmung im Winter. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SCHÜTT, P.; SCHUCK, H.J.; STIMM, B. (Hrsg.) (1992): Lexikon der Forstbotanik. Ecomed Verlag, Landsberg/Lech.
- SCOHY, IR.J.P. (1990): Promotion de la petite propriété forestière. L'aulne glutineux (2ème partie). Silva Belgica Nr. 97, S. 47–52.
- SITTE, P.; ZIEGLER, H.; EHRENDORFER, F.; BRESINKY, A. (Hrsg.) (1999): Strasburger. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 34. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- SOKOLOV, S.J.; SVJAZEVA, V.A.; KUBLI, V. A. (1977): Arealy derev'jev i kustarnikov SSSR. (Verbreitungsgebiete der Bäume und Sträucher der UdSSR). Teil 1. Leningrad (Nauka).
- UTSCHIG, H.; ESPER, M.; PRETZSCH, H. (2001): Ökologie und Wachstum der Schwarz-erle. In: LWF-aktuell Nr. 27. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hrsg.). ISSN 1435-4098. Druckerei Lerchl, Freising.
- VAUCHER, H. (1997): Baumrinden: Aussehen, Struktur, Funktion, Eigenschaften. Naturbuch-Verlag, Augsburg.
- WEBERLING, F.; SCHWANTES, H.O. (1992): Pflanzensystematik. Ulmer-Verlag, Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Bernhard Götz
 Forstbotanischer Garten
 der Fachhochschule Eberswalde
 Am Zainhammer 5
 16225 Eberswalde

Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) in der Waldvegetation des ostdeutschen Tieflandes

Die Schwarz-Erle ist eine der wenigen einheimischen Baumarten, die von Natur aus sowohl als alleiniger Waldbildner wie auch als Misch- und Begleitbaumart in anderen Waldgesellschaften auftreten kann. In ihrem Vorkommen hauptsächlich an grundnasse Standorte gebunden, ist sie zu einem typischen Baum der tiefländischen Brücher und Niederungen geworden. Durch die bei Waldbäumen seltene Fähigkeit, die Wurzeln über interne Leitsysteme vom unteren Stammbereich aus mit lebenswichtigem Sauerstoff zu versorgen, kann die Schwarz-Erle, ohne Konkurrenz anderer Baumarten, auch auf sehr nassen, luftsauerstofffreien Moorstandorten siedeln. Oft wird dadurch diese Baumart (als enger Standortsspezialist unter den Baumarten) zum ersten Waldpionier in Moor-Verlandungsreihen und bildet gleichzeitig stabile Endstadien der Vegetationsentwicklung auf Niedermooren.

Innerhalb der Waldvegetation zeigt sich die Schwarz-Erle als Waldbildner auf nassen bis feuchten organischen Substraten (Niedermooren) und als Mischbaum auf mineralischen Nass- und Feuchtstandorten, in beiden Fällen bei Beschränkung auf Böden mit reicher bis mittlerer Nährstoffausstattung.

Im ostdeutschen Tiefland liegt der Anteil dieser Nass- und Feucht-Standorte an der Gesamtfläche bei knapp 20 %, aber nur ein geringer Teil dieses Areals ist heute noch bewaldet, davon mit Schwarz-Erle um 3 % der heutigen verbliebenen Waldflächen des Tieflandes. Der größte Teil der potenziellen Standorte für Schwarz-Erle ist bewirtschaftetes Grünland geworden.

Die standörtliche Differenzierung der Niederungen bedingt eine natürliche Mannigfaltigkeit der

Vegetation, die durch menschliche Eingriffe in das Wasserregime noch gesteigert wurde. So können wir heute eine Vielzahl von Waldgesellschaften mit Schwarz-Erle erkennen, die sich im Beziehungsgefüge Standort und Vegetation herausgebildet haben.

Schwarzerlenwälder

Waldgesellschaften, in denen die Schwarz-Erle bestandesbildend auftritt, kommen vorwiegend auf grundwasserbeherrschten organischen Böden vor und gliedern sich in Abhängigkeit von Bodentrophie und unterschiedlichen Wasserregimen der Standorte in die Waldgesellschaftsgruppen

- Moorbirken-Schwarzerlen-Sumpf- und Bruchwälder
- Seggen-Schwarzerlen-Sumpf- und Bruchwälder
- Schwarzerlen-Quellwälder
- Stauden-Schwarzerlen-Niederungswälder

Im Bereich der **Sumpfwälder**, die zu den offenen Pflanzengesellschaften der Gewässer, Röhrichte und Riede vermitteln, ist ein kleinräumiger Wechsel der standörtlichen Bedingungen gegeben. Langzeitig überwässerte Bereiche wechseln mit grundsumpfig-dauernassen Stellen ab, auf denen das Bodensubstrat oberflächlich zumindest nicht dauerhaft durchnässt ist. Die Schwarz-Erle wächst hier auf Wurzelstöcken, den sog. Bülten, die sie oft selbst aufgebaut hat und auf denen sie sich wurzelnd erhält. Dadurch entsteht ein standörtliches Kleinmosaik von Bülten und Schlenken, dem ein



Abb. 1: Torfmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald im NSG Grumsiner Forst/Redernswalde (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin), Foto: HOFMANN

Gefüge unterschiedlicher bodenchemisch-hydrologischer Prozesse entspricht.

In den **Bruchwäldern** ist ständige Grundnässe mit einem deutlich absinkenden Jahresgang zum Herbst hin verbunden, wobei das organische Bodensubstrat nur selten, und dann außerhalb der Vegetationszeit kurzzeitig überwässert ist.

Die Schwarzerlen-Sumpf- und Bruchwälder zeigen sich in folgenden Ausbildungen.

Moorbirken-Schwarzerlen-Sumpf- und Bruchwälder auf dauernassen, mittelmäßig nährstoffversorgten Niedermoorböden mit mäßigem Wachstumspotenzial für Schwarz-Erlen

Torfmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald

Dieser Bruchwaldtyp bildet ein Bindeglied zwischen den Schwarzerlen- und Moorbirken-Bruchwäldern. In der mittelwüchsigen Baumschicht sind Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und Moor-Birke (*Betula pubescens*) kombiniert. Die Bodenvege-

tation enthält sowohl anspruchsvollere Pflanzen der Schwarzerlen-Bruchwälder als auch weniger anspruchsvolle Arten, z. B. Kleinseggen und vor allem als kennzeichnende Elemente gegen den Großseggen-Schwarzerlenwald Torfmoose (*Sphagnum palustre*, *Sph. fimbriatum*, *Sph. squarrosum*, *Sph. fallax*, *Sph. angustifolium*). Für den Typus der Waldgesellschaft bilden ständig grundnasse lockere Torfe mittlerer Nährkraft das Bodensubstrat (Standortsgruppe OM2), daneben treten noch eine weniger nasse Sauerklee- (*Oxalis acetosella*-) Ausbildung auf OM2-3 sowie eine bodenärmere Moosbeeren- (*Vaccinium oxycoccus*-) Ausbildung auf OM2/OZ2 auf. Die seltenen Vorkommen zeigen eine Bindung an organische Nassböden in Moränen-senken und nassen Niederungsteilen. Forstliche Ersatzgesellschaften bilden selten Torfmoos-Birkenforsten.

Pfeifengras-Moorbirken-Schwarzerlenwald

Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und Moor-Birke (*Betula pubescens*) bilden die Baumschicht dieses Bruchwaldes, als Sträucher treten in geringer Menge Himbeere (*Rubus idaeus*) und Faulbaum (*Frangula alnus*) auf. In der Bodenvegetation ist



Abb. 2: Sumpfcalla-Moorbirken-Schwarzerlenwald im NSG Grumsiner Forst/Redernswalde (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin), Foto: HOFMANN

folgende Artenkombination bezeichnend: Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*), Hundes-Straußgras (*Agrostis canina*), Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*), Torfmoose (*Sphagnum palustre*, *Sph. fimbriatum*). Bestimmende Standortfaktoren sind grundnasse bis oberbodenfeuchte Torfdecken mit mittlerem Nährstoffgehalt. Die Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung (Standortsgruppe OM3) grenzt sich vom Typus (OM3/4) und einer weniger nassen Sauerklee- (*Oxalis acetosella*-) Ausbildung (OM4) ab. Eine Sumpfporst- (*Ledum palustre*-) Ausbildung (OM3/OZ3) vermittelt zu den Moorbirken-Brüchern. Die Einheit ist nur noch selten in Niederungen und Geländehohllagen (oft randlich) anzutreffen.

Sumpfcalla-Moorbirken-Schwarzerlenwald

In grundsumpfigen, zeitweise überwässerten Niedermooren mit mittlerer Nährstoffausstattung (Standortsgruppe OM1) treffen wir im nordöstlichen Tiefland diese Waldgesellschaft an, in der neben der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) auch Moor-Birke (*Betula pubescens*), bei mittlerem bis geringem Wuchs beider Baumarten, vorkommen. Hauptarten

der Bodenvegetation sind Sumpffarn (*Thelypteris palustris*), Sumpf-Labkraut (*Galium palustre*) und Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) in Verbindung mit weniger anspruchsvollen Pflanzenarten wie Sumpfcalla (*Calla palustris*), Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*), Sumpf-Veilchen (*Viola palustris*), Blutaue (*Potentilla palustris*) Bleich-Segge (*Carex canescens*) und anderen. Die in der Regel gut ausgebildete Moosschicht enthält verschiedene Torfmoose (*Sphagnum spec.*). Eine Moosbeeren- (*Vaccinium oxycoccus*-) Ausbildung auf OM1/OZ1 vermittelt zu den Moorbirken-Brüchern.

Weißmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald

Diese Waldgesellschaft stellt sich im Rahmen der Sumpfwälder als Hagermoos-Bültenwald dar. Der Nährstoffgehalt des Bodensubstrates ist im kleinstandörtlichen Mosaik deutlich differenziert. Die Bülten haben nur geringe Nährstoffgehalte, wodurch große Polsterbildungen des Weißmooses (*Leucobryum glaucum*) und das Auftreten anderer anspruchsloser Moose wie z. B. Frauenhaar (*Polytichum formosum*), Gewöhnlicher Gabelzahn (*Dicranum scoparium*), Nickendes Pohlmoos (*Pohlia nutans*), Schwanenhals-Sternmoos (*Mnium hor-*



Abb. 3: Weißmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald im LSG Westhavelland, NSG Pitzerber Laake, Foto: POMMER

num) und Flechten (*Cladonia spec.*) möglich werden. Weiterhin wachsen dort Dornfarne (*Dryopteris carthusiana*, *D. dilatata*). (Standortsgruppe OZ2). Die Schlenken sind noch gut bis mittelmäßig mit Nährstoffen versorgt (Standortsgruppe OK-1/OM1), Hauptarten sind dort Sumpf-Labkraut (*Galium palustre*), Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*), Wasser-Schwertlilie (*Iris pseudacorus*), Walzen-Segge (*Carex elongata*), Sumpffarn (*Thelypteris palustris*), Straußgras (*Agrostis stolonifera*) und Wasserfeder (*Hottonia palustris*). Langzeitig überwässerte Schlenken zeichnen sich durch flächenhafte Wasserlinsen- (*Lemna spec.*) Decken aus. Die Einheit ist nur noch sehr selten im Bereich pleistozäner Moränensenken und Tallagen anzutreffen.

Seggen-Schwarzerlen-Sumpf- und Bruchwälder auf dauernassen, gut nährstoffversorgten Moorböden mit mittlerem bis gutem Wachstumspotenzial für Schwarz-Erlen

Wasserfeder-Schwarzerlenwald

Bezeichnendes Merkmal dieses Sumpfwaldes ist das Wachstum der bestandesbildenden mittelwüchsigen Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*) auf Bülden, die aus Ansammlungen von organischem Material um die Baumwurzeln entstanden sind. Sie überragen die eigentliche Bodenoberfläche, die langzeitig von Wasser überstaut ist, bis zu einem Meter und bilden so einen nur begrenzten Wuchsraum für Bruchwaldpflanzen. Die wassergefüllten Schlenken werden von Wasserpflanzen wie Wasserfeder (*Hottonia palustris*), Wasserlinse (*Lemna spec.*), Wasserstern (*Callitriche spec.*), Wasserfenchel (*Oenanthe aquatica*) und Froschbiss (*Hydrocharis morsus-ranae*) und anderen besiedelt, die gegen die Bruchwälder abgrenzen. Im Erscheinungsbild der Waldgesellschaft treten sowohl Wasserlinsen als auch Wasserfeder und Großseggen hervor. Den Standort bildet ein luftfeuchter Mosaikbereich aus dauersumpfigem Niedermoortorf ei-

nerseits (Standortsgruppe OK1) und organischen Bülden mit zeitweise oberflächiger Abtrocknung (OK2) andererseits. Der Nährstoffhaushalt ist als kräftig anzusprechen. Das Vorkommen dieses sensiblen Waldtyps ist an einen ausgeglichenen Wasserhaushalt der Umgebung gebunden, bei dem Wasserzufluss und -verlust langfristig gut ausgeglichen sind. Die Vorkommen beschränken sich im wesentlichen auf Moränensenken in Laubwaldgebieten und isolierte Vorkommen in Flussniederungen.

Schilf-Schwarzerlenwald

An flachen verlandeten Seeufnern prägen gelegentlich mittelwüchsige Schwarz-Erlen (*Alnus glutinosa*) in der Baumschicht und Massenfaltungen des Schilfes (*Phragmites australis*) in der Bodenvegetation das Erscheinungsbild dieses



Abb. 4: Wasserfeder-Schwarzerlenwald im NSG Grumsiner Forst/Redernswalde (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin), Foto: HOFMANN



Abb. 5: Schilf-Schwarzerlenwald im NSG Keetz-Seen im Nationalpark Müritz, Süd-Mecklenburg, Foto: HOFMANN

eher artenarmen Uferwaldes. Das Bodensubstrat bilden langfristig flach überwässerte, meist nur geringmächtige organische Decken in Dauernässe mit kräftiger Nährstoffausstattung (Standortsgruppe OK1). Von den Bruchwäldern unterscheiden Vorkommen von typischen Wasserpflanzen wie Froschbiss (*Hydrocharis morsus-ranae*), Rohrkolben (*Thypha angustifolia*, *Th. latifolia*), Hoher Ampfer (*Rumex hydrolapathum*) und anderen. Die Einheit ist hauptsächlich an Seerändern der Jungmoränenlandschaften in kleinen Streifen und Flächen anzutreffen. An Untereinheiten treten eine Seerosen- (*Nymphaea*, *Nuphar*-) Ausbildung in unmittelbarer Nähe zu offenen Wasserflächen und eine Moos- (*Calliergonella*-) Ausbildung im nahen Uferbereich auf. Eine Nutzung des Baumbestandes führt meist irreversibel zur Röhrichtbildung.

Grauweiden-Schwarzerlenwald

Als Bindeglied zu den nassen, baumfreien Weidengebüschen zeichnet sich dieser Sumpfwald im natürlichen Grenzbereich des Waldwachstums durch massenhaftes Auftreten der Grau-Weide (*Salix cinerea*) bei gleichzeitig durch Wasserüberschuss stark gehemmten Wuchs der lockeren Baumschicht der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) aus. Arten der Bodenvegetation sind Sumpffarn (*Thelepteris palustris*), Bittersüßer Nacht-

schatten (*Solanum dulcamara*), Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*) und in geringer Menge Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*). Vom Typus der Gesellschaft grenzt sich eine betont nasse Ausbildung mit Wasserpflanzen wie Froschbiss (*Hydrocharis morsus-ranae*), Wasserlinsen (*Lemna*, *Spirodela*), Hornkraut (*Ceratophyllum* div. spec.), Rohrkolben (*Typha* spec.) und anderen ab. Das organische Bodensubstrat ist nährkräftig bis mittelmäßig mit Nährstoffen versorgt, der Wasserhaushalt ist sehr nass, zeitweise ist der Boden flach überwässert (Standortsgruppe OK1/OM+1) Die Einheit findet sich in Moränenensenken und nassen Abschnitten von Talniederungen.

Großseggen-Schwarzerlenwald

Dieser in den ostdeutschen Niederungen weit verbreitete Bruchwald wird in der mittel- bis gutwüchsigen Baumschicht von der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) beherrscht. Sträucher sind durch Schwarze Johannisbeere (*Ribes nigrum*) gering vertreten. In der Bodenvegetation bestimmen große Seggen (*Carex acutiformis*, *C. elata*, *C. riparia*) und Sumpffarn (*Thelepteris palustris*) das Bild. Daneben kommen Wasser-Schwertlilie (*Iris pseudacorus*), Bittersüßer Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*),



Abb. 6: Großseggen-Schwarzerlenwald im Finowtal bei Eberswalde, Foto: HOFMANN



Abb. 7: Schaumkraut-Schwarzerlenwald in Nordostbrandenburg im NSG Melzower Forst (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin), Foto: HOFMANN

Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*), Sumpf-Labkraut (*Galium palustre*) und Sumpf-Haarstrang (*Peucedanum palustre*) häufig vor. Die Standorte sind dauernasse, aber nicht wasserüberstaute organische, lockere Niedermoor torfe mit kräftigem Nährstoffgehalt (Standortsgruppe OK2). Vom vegetationskundlichen Typus grenzen geringe Vorkommen von Wasserlinsen (*Lemna spec.*) nassere Bereiche, die von Großem Springkraut (*Impatiens noli-tangere*), Kleb-Labkraut (*Galium aparine*) und Bach-Nelkenwurz (*Geum rivale*) zum Brennessel-Schwarzerlenwald vermittelnde Bereiche ab. Gelegentlich treten noch eine Blutaugen- (*Potentilla palustris*-) Ausbildung mit geringem, aber stetem Vorkommen der Grau-Weide (*Salix cinerea*) sowie eine Variante mit geringen Anteilen von Torfmoosen (*Sphagnum spec.*) auf, die schwächere Bodennährkraft (OK2/OM+2) signalisieren.

Im Rahmen der Bruchwälder ist der Großseggen-Schwarzerlenwald die im Gebiet verbreitetste Einheit. Durch forstliche Maßnahmen sind vereinzelt in seinem Bereich Kiefern-, Birken-, Pappel- und Weidenforsten mit reichlich Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*) im Unterwuchs entstanden.

Schwarzerlen-Quellwälder auf quellsumpfigen, nährstoff- und kalkreichen, vorwiegend organischen Bodensubstraten mit mittlerem bis gutem Wachstumspotenzial für Schwarz-Erlen

Quellaustritte in Tallagen, an Hängen und Moränenfüßen tragen diese besondere Form des Schwarzerlenwaldes, in dem die Wasserzuleitung nur relativ geringen Schwankungen unterliegt. Im Gebiet ist folgende Einheit vertreten.

Schaumkraut-Schwarzerlenwald

Im Quellbereich von Hängen entwickelt sich auf nährstoffreichem, oft kalkhaltigem überwiegend sumpfig-organischem Substrat unter ständiger Druckwasservernässung dieser Quellmoorwald, dessen mittel- bis gutwüchsige Baumschicht von der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) beherrscht wird. In der Bodenvegetation wird im Frühjahr das Massenauffreten von Bitter-Schaumkraut (*Cardamine amara*) zum bezeichnenden Merkmal. Die Abgren-

zung zu den Eschen-Quellwäldern ergibt sich durch den hier stärkeren Anteil von Bruchwaldpflanzen wie Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*), Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Bittersüßer Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Sumpffarn (*Thelypteris palustris*) und anderen. Der Typus der Einheit siedelt auf Standortgruppe OR2, bei stärkerer Durchnässung kommt eine Wasserlinsen- (*Lemna*-) Ausbildung (OR1/2) vor, schwächere Vernässung (OR2/3) wird durch geringe Vorkommen von Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), Dunkles Lungenkraut (*Pulmonaria obscura*), Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) angezeigt. Die nur seltenen Vorkommen des Waldtyps konzentrieren sich an Unter- und Mittelhanglagen von Tälern und Seitentälchen sowie auf Quellenaustritte im Bereich der End- und Kuppenmoränen.

Stauden-Schwarzerlen-Niederungswälder auf nassfeuchten, gut nährstoffversorgten Moorböden mit hohem Wachstumspotenzial für Schwarz-Erlen

Diese Gruppe von Waldgesellschaften besiedelt organische Nassböden der Tiefland-Niederungen, auf denen der Grundwassereinfluss gegenüber den Sumpf- und Bruchwäldern deutlich abgeschwächt ist. Demzufolge verlaufen hier in den oberen Bodenschichten die Stoffumsetzungsprozesse wesentlich intensiver, was sich im zahlreichen Auftreten von Stauden und Großkräutern äußert, die freigesetzte N-Verbindungen verwerten. In einer durch Trophie- und Substratunterschiede bedingten Reihe sind folgende Einheiten festzustellen.

Scharbockskraut-Brennessel-Schwarzerlenwald

In der Baumschicht herrscht die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) absolut vor, gelegentlich finden sich im Unterwuchs und der unteren Baumschicht einige Eschen (*Fraxinus excelsior*) ein. In der Strauchschicht ist Himbeere (*Rubus idaeus*) gering, aber stetig vertreten. Das Bild der üppigen Bodenvegetation wird von Stauden und Kräutern geprägt, unter ihnen vor allem Brennessel (*Urtica dioica*), Großes Springkraut (*Impatiens noli-tangere*), Bach-Nelkenwurz (*Geum rivale*), Hexenkraut (*Circaea lutetiana*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Weiße Anemone (*Anemone nemorosa*). Diese werden begleitet von Seggen, Gräsern und

Blattmoosen wie Sumpf-Segge (*Carex acutiformis*), Riesen-Schwingel (*Festuca gigantea*), Gemeines Rispengras (*Poa trivialis*), Welliges Blattmoos (*Plagiomnium undulatum*). Zum bezeichnenden Merkmal gegenüber der folgenden Einheit wird der üppige Frühjahrsaspekt mit Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) sowie das gelegentliche Vorkommen betont anspruchsvoller Kräuter wie Binkelkraut (*Mercurialis perennis*), Giersch (*Aegopodium podagraria*), Moschuskraut (*Adoxa moschatellina*) u. a. Das Bodensubstrat ist vorwiegend organisch bei reicher, oft kalkreicher Bodennährkraft. Nach dem Feuchtehaushalt lässt sich eine Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung auf der Standortgruppe OR3 vom Typus der Einheit auf OR4 abgrenzen. Ständiger Grundwassereinfluss im Unterboden und mäßiges sommerliches Abtrocknen im Oberboden sorgen für optimalen Pflanzenwuchs. Die seltene Einheit ist in Geländehohlagen jungpleistozäner Moränen ausgebildet, gelegentlich ist auch eine Bindung an leicht quellige Geländepartien gegeben, so dass eine vermittelnde Stellung zu den Quell-Wäldern gegeben ist.

Brennessel-Schwarzerlenwald

Das kennzeichnende Merkmal dieses Schwarz-erlen-Niederungswaldes ist das kombinierte Auftreten von anspruchsvollen Bruchwaldpflanzen mit Massenentfaltung von Stauden und Kräutern wie Brennessel (*Urtica dioica*), Groß- und Kleinblütiges Springkraut (*Impatiens noli-tangere*, *I. parviflora*), Stinkender Storchschnabel (*Geranium robertianum*), Kleb-Labkraut (*Galium aparine*), Hexenkraut (*Circaea lutetiana*). Das Bodensubstrat ist lockerer kräftig nährstoffversorgter Niedermoortorf mit Tendenzen zur Vererdung. Nach dem Feuchtehaushalt lässt sich eine Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung auf der Standortgruppe OK3 vom Typus der Einheit auf OK3/4 abgrenzen. Eine weitere Untereinheit mit Goldnessel (*Lamium galeobdolon*) besiedelt Standorte der Stufe OK4. Einen Sonderfall bildet im Spreewald die Rohrglanzgras- (*Phalaris arundinacea*-) Ausbildung auf zeitweise überfluteten organisch-mineralischem Substrat (Standortgruppe OK3/ÜK2), in der noch Zweizahn (*Bidens frondosa*), Sumpf-Kreuzkraut (*Senecio paludosus*) und Frühe Traubenkirsche (*Prunus avium*) vorkommen. Die im Brennessel-Schwarzerlenwald ausgezeichnete Wuchskraft der bestandesbildenden Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) ist das Ergebnis günstiger Standortbedingungen, wie guter Bodennährkraft und hohem Stickstoffumsatz durch den optimalen Ausgleich von dauernder Grundnässe und guter Oberboden-Durchlüftung und -feuchte. Die Einheit ist in den Niederungen des Tieflandes relativ verbreitet, sie ist als natürliches



Abb. 8: Brennessel-Schwarzerlenwald in Mittel-Mecklenburg, Foto: HOFMANN



Abb. 9: Himbeer-Schwarzerlenwald im Finowtal bei Eberswalde, Foto: HOFMANN

Glied der Waldvegetation anzusehen, kann aber auch durch Wasserabsenkungen in Bruchwäldern sekundär entstehen oder entstanden sein. Als forstliche Ersatzgesellschaften treten gelegentlich Pappel-, Birken- und Fichtenforsten mit Stauden-Unterswuchs auf.

Himbeer-Schwarzerlenwald

Dieser gutwüchsige Schwarzerlenwald wird im Erscheinungsbild durch die Massenfaltung der Himbeere (*Rubus idaea*) geprägt, der sich öfter noch die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) hinzugesellt. Im dichten Strauchwuchs fallen andere Arten kaum auf. Typische Bruchwaldpflanzen treten zurück, wie es überhaupt nur wenigen weiteren Pflanzen gelingt, stetes Auftreten zu erlangen. Die Standorte sind oberflächlich abtrocknende grundnasse Niedermoortorfe mit mittlerem bis kräftigem Nährstoffangebot. Vom vegetationskundlichen Typus der Waldgesellschaft auf der Standortgruppe OK4/OM4 trennt sich noch eine Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung auf OK3/OM3 ab. Die Einheit kommt sowohl unter natürlichen Bedingungen wie auch nach Grundwasserabsenkungen mit anschließender Torfvererdung vor. Bei

selten großflächiger Ausbildung ist sie im Gebiet öfter anzutreffen.

Rasenschmielen-(Flatterulmen)-Schwarzerlenwald

Bei Vorherrschen der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und schon natürlich häufigerem Auftreten der Fatter-Ulme (*Ulmus laevis*) in der gutwüchsigen Baumschicht fällt bei diesem Niederwald die Dominanz der Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) in der Bodenvegetation auf und wird zum bezeichnenden und abgrenzenden Merkmal. Für die Artenzusammensetzung ist das Nebeneinander von Bruchwaldpflanzen und Dauernässe meidenden Arten typisch. Das Bodensubstrat ist eine Mischung von dichter gelagertem organisch-mineralischem Material (Modde, Schlick) mit guter Nährkraft (Standortgruppe OK4/NK1). Der Wasserhaushalt ist grundnass bis oberbodenfeucht, etwas feuchtere Standorte der Gruppe OK3/NK0 tragen die Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung. Bevorzugt findet sich die Einheit in Talauen, in denen gelegentlich Überflutungen zu Stoffsedimentationen führen (Spreewald). An forstlichen Ersatzgesellschaften sind selten Pappel- und Ei-



Abb. 10: Rasenschmielen-(Flatterulmen)-Schwarzerlenwald im NSG Innerer Unterspreewald, Foto: HOFMANN

chenforsten vertreten. Begrenzte Vorkommen finden sich auch in Moränensenken.

Alpenhexenkraut-(Frauenfarn-) Schwarzzerlenwald

Diese vom Nordosten in unseren Raum einstrahlende Waldgesellschaft erreicht im ostdeutschen Tiefland ihre Westgrenze. Am Aufbau der gutwüchsigen Baumschicht ist die Schwarz-Erle in dominanter Form beteiligt, bisweilen kommen Moor-Birke (*Betula pubescens*) und als Besonderheit der Lausitz auf natürliche Weise auch die Fichte (*Picea abies*) in einigen „Vorposten“ (wie im NSG Euloer Bruch und in der Neißeau) vor. In der Bodenvegetation werden die Vorkommen der Hexenkräuter (*Circea alpina* und *C. intermedia*) in Verbindung mit Schattenblume (*Maianthemum bifolium*) zum kennzeichnenden Merkmal. Hauptarten sind in der Strauchschicht Himbeere (*Rubus idaeus*) und Faulbaum (*Frangula alnus*), in der Bodenvegetation der meist vorherrschende Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*) sowie u. a. Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Sauerklee (*Oxalis acetosella*), Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*), Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*) sowie Sternmoos (*Mnium hornum*) und Welliges Blattmoos (*Plagiomnium undulatum*). Die Standorte sind kühl-luftfeuchte Geländehohllagen mit organischen Nassböden, die

kräftige (bis mittlere) Nährstoffversorgung zeigen, der Wasserhaushalt ist grundnass-oberbodenfeucht (Standortsgruppe OK4 bis OM+4). Eine Sumpffarn- (*Thelypteris palustris*-) Ausbildung auf OK3 zeigt höhere Standortsfeuchte an. Die Vorkommen der Einheit sind an Moränensenken und Tallagen im Bereich des natürlichen Tiefland-Buchenwaldgebietes (einschließlich des Fläming) gebunden, gelegentlich finden sich in ihrem Bereich forstliche Umwandlungen in Birkenforsten und labile Fichtenforsten, alle mit hohen Farnanteilen in der Bodenvegetation.

Eschenwälder mit der Schwarz-Erle als Mischbaumart

Auf vorwiegend mineralischen Nassstandorten des Tieflandes sind Eschenwälder die dem natürlichen Vegetationspotenzial entsprechenden Waldgesellschaften. Hier findet die Schwarz-Erle für ihr Wachstum zwar optimale Bedingungen und erreicht Höchstleistungen in der Biomassenproduktion, jedoch ist sie in ihrer Konkurrenzkraft unter natürlichen Gegebenheiten der bestandesbildenden



Abb. 11: Alpenhexenkraut-Schwarzzerlenwald im Postluch bei Britz (Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin), Foto: HOFMANN

Esche (*Fraxinus excelsior*) oft unterlegen, so dass Eschenwälder in der Regel die Schwarz-Erle – wenn überhaupt – nur als Mischbaumart enthalten. Durch Wirtschaftsmaßnahmen ist im natürlichen Bereich der Eschenwälder heute die Schwarz-Erle meist überrepräsentiert (z. B. im Spreewald). Die Eschenwälder zeigen sich in verschiedenen Waldgesellschaften.

Schaumkraut-Eschenwald

Quellmoore mit vorwiegend mineralischem Untergrund tragen diesen Edellaubbaumwald, in dessen Baumschicht die Esche (*Fraxinus excelsior*) dominiert, vereinzelt von der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) begleitet. In der Bodenvegetation ist der Frühjahrsaspekt mit Bitter-Schaumkraut (*Cardamine amara*) bezeichnend. Die Abgrenzung zum Schaumkraut-Schwarzerlenwald ergibt sich durch den Rückgang oder das Fehlen von Bruchwaldarten und die Anwesenheit von Mineralboden bevorzugenden Frühjahrsblüchern wie Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Einbeere (*Paris quadrifolia*), Gelber Anemone (*Anemone ranunculoides*) und Wald-Ziest (*Stachys sylvatica*). Das Bodensubstrat bilden kalkhaltige druckwasservernässte, stark humose Lehme mit hohem Nährstoffgehalt (Standortsgruppe NR1). Die wenigen, auch fächermäßig begrenzten Vorkommen dieser Waldgesellschaft beschränken sich auf Quellaustritte im Bereich jungpleistozäner Moränen.

Giersch-Eschenwald

Bei absoluter Vorherrschaft der Esche (*Fraxinus excelsior*) und nur sporadischem Vorkommen der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*) in der Baumschicht zeichnen sich die hochwachsenden Bestände dieser artenreichen Waldgesellschaft durch ihren üppigen Kräuteraspekt aus, in dem besonders Giersch (*Aegopodium podagraria*), bisweilen auch Bingelkraut (*Mercurialis perennis*) dominieren.

Den ausgeprägten Frühjahrsaspekt bilden Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*), Gelbe Anemone (*Anemone ranunculoides*), Dunkles Lungenkraut (*Pulmonaria obscura*), Bach-Nelkenwurz (*Geum rivale*) und Wald-Ziest (*Stachys sylvatica*), die gegenüber der folgenden Einheit differenzieren. Moose sind vor allem durch Welliges Blattmoos (*Plagiomnium undulatum*) vertreten. Die Standorte sind mineralische Nassböden mit hohem Kalk- und Nährstoffgehalt bei dauernd feuchtem Wasserhaushalt (Standortsgruppe NK1 bis NK2). Die Vorkommen konzentrieren sich auf nährstoffreiche Moränensenken. Viele potenzielle Standorte des Giersch-Eschenwaldes liegen heute im Bereich

ackerbaulich genutzter Moränenböden. Gefährdungen entstehen vor allem durch Bodenverdichtungen und Entwässerungen.

Traubenkirschen-Eschenwald

Esche (*Fraxinus excelsior*), Traubenkirsche (*Prunus padus*), Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*) und Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) bilden in Niederungen einen artenreichen, hochwüchsigen Wald, in dessen Bodenvegetation Kräuter und Gräser das Bild bestimmen, z. B. Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Riesen-Schwinge (*Festuca gigantea*), Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Brennessel (*Urtica dioica*), Gundermann (*Glechoma hederacea*), Dreinervige Nabelmiere (*Moehringia trinervia*), Echte Nelkenwurz (*Geum urbanum*), Hopfen (*Humulus lupulus*). Gegenüber der vorigen Einheit unterscheidet das Fehlen von Giersch (*Aegopodium podagraria*) sowie anspruchsvollen Frühjahrsblüchern und Stauden. Die Standorte sind kalkfreie mineralische Nassböden mit kräftigem Nährstoffgehalt, die im Wasserhaushalt als dauerfeucht zu bezeichnen sind und teilweise in Flusstälern noch kurzzeitig überflutet werden (Standortsgruppe NK1/NK2, ÜK2). Die Vorkommen der Einheit verteilen sich über die Flussniederungen des gesamten Bezugsgebietes. Gefährdungen ergeben sich durch Manipulationen am Wasserhaushalt und über Bodenverdichtungen durch Befahren. Als forstliche Ersatzkulturen treten Brennessel-reiche Pappelforsten sowie reine Schwarzerlen-Anpflanzungen (z. B. im Spreewald) auf.

Winkelseggen-Eschenwald

Dieser im wesentlichen an das natürliche mecklenburgische und nordbrandenburgische Buchenwaldgebiet gebundene Eschenwald besiedelt kleine Moränensenken auf nährstoffkräftigen, mehr dichtgelagerten mineralischen Nasstandorten mit dauerfeuchtem, gelegentlich leicht quelligem Wasserhaushalt (Standortsgruppe NK1). In der Baumschicht herrschen Esche (*Fraxinus excelsior*) gelegentlich mit beigemischter Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*), in der Bodenvegetation Winkel-Segge (*Carex remota*) vor. Diese Kombination ist zugleich bezeichnendes wie differenzierendes Merkmal. Die Vorkommen sind sehr selten.

Schwarzerlen-Eschen-Flatterulmen-Auenwald

Diese artenreiche Waldgesellschaft ist in der unteren Oderaue punktuell auf eingedeichten, nicht mehr überfluteten nährstoffreichen Auenböden anzutreffen. Sie ist sekundär durch Veränderung der Auen-Ökologie entstanden.

Weiden-Schwarzerlen-Uferwälder

Im Uferbereich von Flüssen kommen oft schmalstreifige Galeriewälder zur Ausbildung, in denen sich Baumweiden und Schwarz-Erlen als gemeinsame Bestandesbildner zu besonderen Waldgesellschaften zusammenfinden. Sie kommen im Tiefland hauptsächlich in folgenden Einheiten vor.

Fahlweiden-Schwarzerlen-Auenwald

Baumweiden (*Salix x rubens*, *S. alba*, *S. fragilis*) und Erlen (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) bilden die Baumschicht dieses meist nur streifenartig ausgebildeten Tiefland-Uferwaldes, in dessen Bodenvegetation üppig entwickelte Brennesseln (*Urtica dioica*) ins Auge fallen. Die Besonderheiten liegen hier neben der Baumweiden-Beteiligung im Auftreten einiger flussbegleitender Pflanzen wie Baum- und Hopfen-Seide (*Cuscuta lupuliformis*, *C. europaea*) sowie mehr wärmeliebender Elemente wie Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*), Schöllkraut (*Chelidonium majus*), Hecken-Kälberkropf (*Chaerophyllum temulum*).

Das Bodenmaterial kann sehr unterschiedlich sein. Es sind stark humose Sande, überschlickte Auentorfe oder Auensedimente, alle mit gutem

Nährstoffangebot, welche periodisch, im Sommer jedoch seltener, in geringer Höhe überflutet werden (Standortsgruppe OK3/ÜK1/2), Vorkommen finden sich in Tälern entlang der Fluss- und Bachläufe. Der Bodenwasserhaushalt ist durch den Fließgewässereinfluss ständig grundfeucht bis nass. Forstlich erfolgten Ersetzungen durch Pappelanbau (Brennessel-Pappelforsten). Gefährdungen ergeben sich durch uferbauliche Maßnahmen und Ablagerungen von Baggergut.

Bruchweiden-Schwarzerlen-Auenwald

Dieser an das Gebirgsvorland und das Hügelland gebundene Galeriewald der Fluss- und Bachufer erreicht das Tiefland nur selten, z. B. in der Neiße-Aue. Bezeichnend ist hier das deutliche Zurücktreten von Fahl- und Silberweide in der Baumschicht, die hier vornehmlich von Bruch-Weide (*Salix fragilis*) und Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) gebildet wird. In der Bodenvegetation fehlt die für den Fahlweiden-Schwarzerlenwald bezeichnende wärmeliebende Artenkomponente, dafür sind Hain-Sternmiere (*Stellaria nemorum*), Wald-Schachtelhalm (*Equisetum sylvaticum*) und andere kühl-feuchte Lagen bevorzugende Arten vertreten. Die Standorte sind Kies- und Sandablagerungen mit starker organischer Komponente, der Wasserhaushalt ist bei zeitweiliger Frühjahrsüberflutung ganzjährig grundfeucht (Standortsgruppe ÜK1/2).



Abb. 12: Fahlweiden-Schwarzerlen-Auenwald im Nationalpark Unteres Odertal, Foto: HOFMANN

Hainbuchen- und Stieleichenwälder auf grund- und stauwasserbeeinflussten mineralischen Standorten mit der Schwarz-Erle als Nebenbaumart

Stieleichen-Hainbuchenwälder in Rasenschmielen- und Seegras-Ausbildungen

Diese im Lössgebiet des Hügellandes stärker verbreiteten Einheiten haben neben dem Vorkommen der bestandesbildenden Hainbuche (*Carpinus betulus*), der beigemischten Stiel-Eiche (*Quercus robur*) öfter auch geringe Anteile der Schwarz-Erle in der Baumschicht. In der Bodenvegetation erreichen Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), Wald-Segge (*Carex sylvatica*) bzw. Seegras (*Carex brizoides*) höhere Mengenanteile. Diese Ausbildungen sind im Tiefland selten anzutreffen, Vorkommen sind aus dem Fläming und Neißetal belegt.

Das mögliche Gedeihen der Schwarz-Erle auf den hier typischen wechsellässigen, schweren, zur Verdichtung neigenden Böden (Standortsgruppe WK1/2) belegt die Fähigkeit dieser Baumart, im sauerstoffarmen Bodenmilieu Fuß zu fassen und anschließend relativ dauerhaft in der Baumschicht zu verbleiben.

Sternmieren-(Gelbweiderich-)Moorbirken-Stieleichenwald

Als Bindeglied zwischen den Schwarzerlen-Niederungswäldern und den sehr bodensauren Pfeifengras-Stieleichenwäldern zeigt diese Waldgesellschaft der Tiefland-Niederungen noch eine gelegentliche Beteiligung der Schwarz-Erle in der Baumschicht.

Der Grundstock der Bodenvegetation wird hier schon von Arten bestimmt, die für nährstoffschwächere Standorte typisch sind, wie Moor-Birke (*Betula pubescens*) in der Baumschicht und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*), Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) sowie Wald-Frauenhaar (*Polytrichum formosum*) in der Bodenvegetation. Zu diesen gesellen sich noch Große Sternmiere (*Stellaria holostea*), Weiße Anemone (*Anemone nemorosa*) sowie einige Elemente der Schwarzerlenwälder, wie z. B. Gelbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Braune Segge (*Carex nigra*) hinzu. Zu diesen gesellen sich noch einige Elemente der Schwarzerlenwälder.

Die Standorte bilden hier grundwassernahe, anmoorige Sande mittlerer bis ziemlich armer Bodentrophie (Standortsgruppe NM1/NZ1). Im Bereich dieser Einheit sind heute verbreitet Adlerfarn-Kiefernforsten ausgebildet.

Schwarz-Erlen in forstlich begründeten Reinbeständen im Bereich grundwasserferner Standorte

In Gebieten mit Niederschlägen über 600 mm ist die Schwarz-Erle auf grundwasserfreien Böden gelegentlich in Reinkulturen forstlich begründet worden. Diese nur kleinflächig angelegten Vorwälder zielen auf die standortsmeliorative Wirkung der Schwarz-Erle und dienen der Vorbereitung eines dauerhaften Laubwaldes mit standortsheimischen Baumarten.

Die Mehrzahl der vorgefundenen Bestände zeigt folgende Vegetationsgliederung dieser Schwarz-erlenforsten und damit zugleich den relativ engen Standortsbereich, der in der Regel für diese Aufforstungen gewählt wurde.

- Farn-Schwarzerlenforst im natürlichen Bereich des Farn-Buchenwaldes auf luftfeuchten nährstoffkräftigen Schatthängen (Standortsgruppe K1-2) mit sehr gutem Jugendwachstum der Schwarzerlen. Kennzeichnend in der Bodenvegetation sind Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*) in hoher Mengenfaltung in Verbindung mit den Arten der folgenden Einheit.
- Goldnessel-Schwarzerlenforst im natürlichen Bereich des Perlgras-Buchenwaldes auf lehmigem, nährkräftigem Standort (Standortsgruppe K2) mit gutem Jugendwachstum der Schwarz-Erlen. Kennzeichnende Arten der Bodenvegetation sind Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), Waldmeister (*Galium odoratum*), Wald-Segge (*Carex sylvatica*) u. a.
- Sauerklee-Schwarzerlenforst im natürlichen Bereich des Flattergras-Buchenwaldes auf nährkräftigen bis mittelmäßig nährstoffversorgten Tieflehm-Standorten (Standortsgruppe M+2) mit nur mäßigem Wachstum der Schwarz-Erle. Es fehlen hier die o. g. Arten. Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und Flattergras (*Milium effusum*) gehören zu den wenigen vertretenen Arten.

Als Ausnahmefälle wurden Schwarzerlenbestände beobachtet, in denen einerseits anspruchsvolle Sträucher wie Holunder (*Sambucus nigra*) und Hasel (*Corylus avellana*) im Unterwuchs dominieren, andererseits ist der Anbau lokal auch auf sandige Standorte ausgedehnt worden, auf denen sich die wenig wüchsigen Schwarzerlenforsten durch Massenentfaltungen von Sandrohr (*Calamagrostis epigejos*) oder Straußgras- (*Agrostis capillaris*) auszeichnen.

Vielfalt und Gefährdung von Flora und Vegetation des Schwarzerlenwaldes

Der Schwarzerlenwald im ostdeutschen Tiefland ist Lebensraum für eine beachtliche Anzahl von Pflanzenarten der heimischen Flora. Eine umfangreiche Analyse der Vegetationszusammensetzung erbrachte den Nachweis, dass 516 verschiedene Pflanzenarten im Bereich des natürlichen Schwarzerlenwaldes Daseinsbedingungen finden und am Aufbau der Vegetationsstrukturen beteiligt sind. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass sich darunter 209 Pflanzenarten befinden, die nach den „Roten Listen“ von Deutschland bzw. den betreffenden Bundesländern als in ihrem Bestand gefährdet eingeschätzt werden. Dabei handelt es sich bei diesen Arten in über 170 Fällen um heute wirklich seltene Arten.

Die **Wahrscheinlichkeit des Vorkommens** von mindestens einer in ihrem Bestand gefährdeten Art (nach den Roten Listen, RL) auf einer 400 m² großen Fläche an einem beliebigen Ort innerhalb der Schwarzerlen-reichen Wälder ist in Abhängigkeit vom jeweiligen Waldtyp differenziert. Nach Untersuchungen von JENSSEN und HOFMANN (2001) auf der Grundlage der Instituts-Datenbank liegt diese Wahrscheinlichkeit für Arten nach den Roten Listen Deutschland (D) und Brandenburg (BB) bei folgenden Werten:

	RL D	RL BB
Schwarzerlen-Waldgesellschaften		
Torfmoos-Typ	100 %	100 %
Sumpfcalla-Typ	100 %	100 %
Weißmoos-Typ	100 %	100 %
Wasserfeder-Typ	100 %	100 %
Großseggen-Typ	90 %	70 %
Grauweiden-Typ	90 %	60 %
Rasenschmielen-Typ	80 %	80 %
Pfeifengras-Typ	80 %	60 %
Schilf-Typ	70 %	30 %
Schaumkraut-Typ	40 %	100 %
Brennessel-Typ	40 %	60 %
Eschen-Waldgesellschaften		
Traubenkirschen-Typ	30 %	90 %
Giersch-Typ	10 %	90 %
Winkelseggen-Typ	10 %	70 %

Diese Ergebnisse belegen in quantifizierter Form den hohen Wert der Schwarzerlen-reichen Waldgesellschaften, insbesondere aber der Sumpfwälder, als Lebensraum für seltene, schützenswerte Pflanzenarten.

Information über den **Artenreichtum** gibt die Anzahl der pro Flächeneinheit vorkommenden Pflanzenarten. Auf 400 m² Fläche beobachten wir in den Schwarzerlenwäldern im Mittel zwischen 13 und 39 verschiedene Pflanzenarten (vgl. Tabelle 1), wobei stets eine Streuung gegeben ist, die durch Variabilitätskoeffizienten zwischen 20 % und 50 % beschrieben wird.

Zur Bestimmung der **Pflanzenartendiversität** kann die Boltzmann-Shannon-Entropie H dienen, die ein Maß für die Unbestimmtheit der Verteilung von Elementen bzw. der Unsicherheit der Vorhersage ihrer Vorkommen in einem festgelegten Bereich ist. Angewandt auf Pflanzengesellschaften bewegen sich die H-Werte, als Diversitätspotenzial H_{max} nach JENSSEN und HOFMANN (2001) definiert, in der gesamten Waldvegetation des ostdeutschen Tieflandes von nahe Null als geringes und 0,65 als sehr hohes Potenzial der Pflanzenartendiversität. Danach sind die Waldgesellschaften, die von Schwarz-Erlen bestimmt werden bzw. in denen sie vorkommen, wie folgt zu bewerten.

Mittleres bis hohes Potenzial für Pflanzenartenvielfalt (H zwischen 0,25 und 0,40)

- Moorbirken-Schwarzerlenwälder
- Seggen-Schwarzerlenwälder
- Schaumkraut-Schwarzerlenwälder

Sehr hohes Potenzial für Pflanzenartenvielfalt (H > 0,40)

- Stauden-Schwarzerlenwälder
- Eschenwälder

Schwarzerlenwälder kennzeichnen sich auf Grund dieser Befunde innerhalb der gesamten Waldvegetation als Bereiche mit hoher Pflanzenartendiversität, beachtlicher Artenfülle und – wie kaum in einer anderen Waldformation – als Hort seltener und vom Aussterben bedrohter Pflanzensippen.

Gefährdungen dieses Naturreichtums entstehen in erster Linie durch Manipulationen am Wasserregime dieser Wälder. Waren es in der Vergangenheit besonders die Entwässerungen und der damit verbundene Moorschwund, so sind es in der Gegenwart zu schnell durchgeführte Wasserrückhaltungen und Wasseranstau, die dem Anliegen eines umsichtigen und nachhaltigen Naturschutzes entgegenwirken.

Tab 1: Vegetationstabelle der Schwarzerlenwälder im ostdeutschen Tiefland

	Moorbirken-Schwarzerlenwälder				Seggen-Schwarzerlenwälder				Quellwälder	Stauden-Schwarzerlenwälder														
	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14									
	Torfmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald		Pfeifengras-Moorbirken-Schwarzerlenwald		Sumpfpfalin-Moorbirken-Schwarzerlenwald		Weißmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald		Wasserfeder-Schwarzerlenwald	Schilf-Schwarzerlenwald	Grauwalden-Schwarzerlenwald	Großseggen-Schwarzerlenwald	Schaumkraut-Schwarzerlenwald	Scharbockkraut-Brennessel-Schwarzerlenwald	Brennessel-Schwarzerlenwald	Himbeer-Schwarzerlenwald	Rasenschmielen-(Flatterulmen)-Schwarzerlenwald	Alpenhexenkraut-Schwarzerlenwald						
	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK	SK	MK				
Aufnahmen: (591)	22		20		40		15		28		19		26		17		129		12		31		41	
mittl. Artenzahl: (25)	28		26		24		35		24		14		19		26		26		19		31		42	
Obere Baumschicht	V 4	V 4	V 4	V 4	V 5	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 3	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 5	V 4	V 4				
<i>Alnus glutinosa</i>	V 4	V 3	V 3	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 3	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4	V 4				
<i>Betula pubescens</i>	IV 2+	IV 3	III 2-	III 2+																II 2-				
<i>Pinus sylvestris</i>		III 2+																						
<i>Picea abies</i>																				I 2-				
<i>Ulmus laevis</i>																				II 2-				
Untere Baumschicht	III 2-	III 2-			IV 2-	II 2-								II 2+				III 2-	II 2-					
<i>Alnus glutinosa</i>	III 2-	II 2-			IV 2-	II 2-								II 2-				III 2-	II 2-					
<i>Betula pubescens</i>	II 2-				III 1													II 2-	II 2-					
Strauchschicht1	III 1	III 2+	III 3	IV 1	II 1	II 2-	IV 4	III 2-	II 2-					III 2-	III 3	II 2-	III 2-	III 2-						
<i>Alnus incana</i>																		II 2-						
<i>Alnus glutinosa</i>	II 1	II 1	II 2-	IV 1						II 1														
<i>Betula pubescens</i>				II 1																				
<i>Sorbus aucuparia</i>																II +								
<i>Salix cinerea</i>							II 2-	V 4																
<i>Frangula alnus</i>		III 2+	II 3	II +						II 1						II +	II 1	II 2+						
<i>Rubus idaeus</i>																II 4								
Strauchschicht2	V 2-	V 2-	V 2-	V 1	IV 2-	IV 2-	III 2+	IV 1	IV 1	IV 1	IV 2-	IV 2-	V 4	V 2-	V 2-	V 2-								
<i>Alnus glutinosa</i>	V 2-		II 1	IV 1	III 1	II 2-		II 1	II 1	II 1	II 1	II 1				II 1	II +							
<i>Betula pubescens</i>	II +		II 1	IV +																				
<i>Fagus sylvatica</i>	II +			III +														II 1						
<i>Sorbus aucuparia</i>																II 1	II 1	III 1						
<i>Ribes nigrum</i>								II +																
<i>Salix cinerea</i>							II 2-	II 3																
<i>Frangula alnus</i>	II 1	II 2-	II 1	III +	II 1											II 1	II 1	III 1						
<i>Ledum palustre</i>		II 2+																						
<i>Euonymus europaea</i>																		II 1						
<i>Sambucus nigra</i>													II 1											
<i>Rubus fruticosus agg.</i>		II 1		II 1													II 1	II 1						
<i>Rubus idaeus</i>	II 1	III 1	II 1	III +	II 1				II 1				III 1	III 2-	V 4	IV 2-	V 2-							
Krautschicht	V 3	V 5	V 5	V 4	V 4	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 5	V 4	V 5	V 5						
<i>Carex acutiformis</i>			II 2-	III 2+	II 1	V 2-	IV 2+	IV 3	III 2+	IV 2-	IV 2+	III 1	IV 2-	IV 2+	III 1	IV 2-	IV 2-							
<i>Galium palustre</i>	III 1	II +	III 1	V 1	IV 1	III 1	III 1	IV 1	II 1	II +	III 1		III 1			IV 1	III 1							
<i>Thelypteris palustris</i>	IV 2+	IV 2-	IV 2+	IV 2+	IV 2-	IV 3	III 3	IV 2+	II 2-	II 1	II 2-					III 2-	IV 2-							
<i>Lysimachia vulgaris</i>	III 1	IV 1	IV 1	V 1	III 1	IV 1	III 1	IV 1	III 1	II 1	III 1	III 1	II 1	III 1	III 2-	IV 1	V 1							
<i>Iris pseudacorus</i>			II 1	IV +	IV 1		II 1	III 1	II 1		II 1		II 1				II +							
<i>Calamagrostis canescens</i>	III 1	III 2-	III 2-	V 1	II +		II 1	III 1		II 1	III 1	II 1	II 1	II 2-	III 2-	II 2-	IV 1							
<i>Carex elongata</i>	IV 2-	II 1	III 2-	V 1	IV 1			II 2-	II 1	II 1	II 2-	II 1	II 1	III 2-	III 1	III 1	III 1							
<i>Lycopus europaeus</i>	II 1		II 1	II +	IV 1		III 1	III 1	II 1	II 1	III 1	II 1	III 1	III 1	III +	IV +								
<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>	III 1		III 1	II +	II 1			II +	II 1		II 1						II +							
<i>Solanum dulcamara</i>	III 1		III 1	III 1	IV 1	II 1	IV 1	IV 2-	IV 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1	II 1							
<i>Lythrum salicaria</i>		II +		II +	II +		III +	II +			III +	II +					II +							
<i>Peucedanum palustre</i>	II +	III +	II 1	II +	II +	II 1	II 1	II 1	II +	II 1	II 1	II +		II 1		II +	II 1							
<i>Scutellaria galericulata</i>		II +			II +		II +	II 1	II 1	II +	II 1	II +	II 1			II +	III +							
<i>Myosotis scorpioides</i>					II 1				II 1		II 1	II +	II 1			II +	II +							
<i>Cirsium palustre</i>		II +							II +	II +	II +		II +			II 1	II +							
<i>Equisetum fluviatile</i>			II +			II 1		II 1		II 1	II 1													
<i>Calystegia sepium</i>								II 2+																
<i>Stachys palustris</i>								II 1																
<i>Carex canescens</i>	IV 1		III 2-	III 1	II +																			
<i>Carex lasiocarpa</i>	II 1		III 2-																					
<i>Carex rostrata</i>	II 1		II 2-																					
<i>Carex echinata</i>	II 1																							
<i>Carex nigra</i>	II 1	II 1																						
<i>Agrostis canina</i>	III 1	III 1	III 2-																					

Tab 1: Vegetationstabelle der Schwarzerlenwälder im ostdeutschen Tiefland (Fortsetzung)

	Moorbirken-Schwarzerlenwälder				Seggen-Schwarzerlenwälder				Quellwälder	Stauden-Schwarzerlenwälder					
	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14
	Torfmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Pfeifengras-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Sumpfcalla-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Weißmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Wasserfeder-Schwarzerlenwald	Schilf-Schwarzerlenwald	Grauweiden-Schwarzerlenwald	Großseggen-Schwarzerlenwald		Schaumkraut-Schwarzerlenwald	Scharbockkraut-Brennessel-Schwarzerlenwald	Brennessel-Schwarzerlenwald	Himbeer-Schwarzerlenwald	Rasenschmiele(n-Flatterlumen-)Schwarzerlenwald	Alpenhexenkraut-Schwarzerlenwald
Aufnahmen: (591) mittl. Artenzahl: (25)	22 28	20 26	40 24	15 35	28 24	19 14	26 19	144 19	47 26	17 28	129 26	12 19	31 31	41 42	
	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	
<i>Calla palustris</i>			IV 2+												
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>			II 3												
<i>Menyanthes trifoliata</i>			II 2-												
<i>Potentilla palustris</i>		II +	III 1												
<i>Viola palustris</i>		II 1	III 1										II 1	II +	
<i>Polygonum hydropiper</i>	II +														
<i>Ranunculus sceleratus</i>				II +											
<i>Callitriche palustris</i>					II +										
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>					II 1	II 1	II 2-								
<i>Lemna minor</i>				III 2+	IV 2+										
<i>Lemna trisulca</i>					II 2+										
<i>Hottonia palustris</i>				III 1	IV 2-										
<i>Oenanthe aquatica</i>					II 2-										
<i>Glyceria fluitans</i>				II 1	III 1										
<i>Glyceria maxima</i>							II 2+								
<i>Carex appropinquata</i>				II 1											
<i>Carex elata</i>	II 2-			IV 2-	III 2+		III 2-	II 2-							
<i>Carex paniculata</i>						II 2-	II 1								
<i>Carex pseudocyperus</i>	II 1			II +	II 2-										
<i>Carex riparia</i>					II 2-		II 2-	II 2+							
<i>Phragmites australis</i>	II 2-		II 2-	II +		V 3	II 2-	II 1	II 1		II 2-			II 2-	
<i>Rumex hydrolapathum</i>					II +										
<i>Sparganium erectum</i>						II 1									
<i>Typha angustifolia</i>						II 2-									
<i>Typha latifolia</i>							II 2-								
<i>Cardamine amara</i>								V 3	II 1						
<i>Mentha aquatica</i>							II 1								
<i>Poa palustris</i>								II 2-							
<i>Scirpus sylvaticus</i>								II 1							
<i>Adoxa moschatellina</i>									II 2-						
<i>Ranunculus ficaria</i>								V 3							
<i>Aegopodium podagraria</i>									II 1						
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>														II 1	
<i>Circaea alpina</i>														V 2-	
<i>Circaea x intermedia</i>														II +	
<i>Maianthemum bifolium</i>														II 1	
<i>Carex remota</i>	II +			II +	II 1				III 2+				II 1	III 1	
<i>Ranunculus repens</i>									IV 1	II 1	II 1		II 1	II 1	
<i>Urtica dioica</i>				III +	II 1			II 1	IV 1	V 3	IV 2+	V 1	III 1	IV 1	
<i>Humulus lupulus</i>							II 1	II 1		II 1	II 1			II 1	
<i>Poa trivialis</i>									II 1	IV 2-	II 2-			II 1	
<i>Galium aparine</i>									II 1	III 2-	III 2-	II 1			
<i>Glechoma hederacea</i>										II 2+	II 1			II 1	
<i>Impatiens noli-tangere</i>									III 2-	III 2-	III 2-		II 2-	III 2-	
<i>Caltha palustris</i>								II 1	II 1	IV 1			II +		
<i>Cirsium oleraceum</i>									III 1	III 1	II 1		II +	II 1	
<i>Crepis paludosa</i>									II 1	III 2-				II 1	
<i>Filipendula ulmaria</i>										II 2-	II 1				
<i>Valeriana officinalis</i>									II 1	II 1					
<i>Eupatorium cannabinum</i>									II 1	II 1	II 2-				
<i>Equisetum arvense</i>														II 1	
<i>Phalaris arundinacea</i>														II 1	
<i>Cardamine pratensis</i>				II +	II +										
<i>Deschampsia cespitosa</i>		III 2-		II +	II 1	II 2-		II 1	III 2-	IV 1	III 2-	V 2-	V 3	V 2-	
<i>Agrostis stolonifera</i>				II 2-											
<i>Juncus effusus</i>	III 1		III 1	II +									II 1	II 1	
<i>Molinia caerulea</i>		V 3	II 2-												
<i>Athyrium filix-femina</i>									II 2-	III 1	II 1	IV 1	III 1	V 2+	

Tab 1: Vegetationstabelle der Schwarzerlenwälder im ostdeutschen Tiefland (Fortsetzung)

	Moorbirken-Schwarzerlenwälder				Seggen-Schwarzerlenwälder				Quellwälder	Stauden-Schwarzerlenwälder					
	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14
	Torfmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Pfeifengras-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Sumpfpfalia-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Weißmoos-Moorbirken-Schwarzerlenwald	Wasserfeder-Schwarzerlenwald	Schilf-Schwarzerlenwald	Grauweiden-Schwarzerlenwald	Großseggen-Schwarzerlenwald	Schaumkraut-Schwarzerlenwald	Scharbockkraut-Brennessel-Schwarzerlenwald	Brennessel-Schwarzerlenwald	Himbeer-Schwarzerlenwald	Rasenschmielen-(Flatterulmen-)Schwarzerlenwald	Alpenhexenkraut-Schwarzerlenwald	
Aufnahmen: (591)	22	20	40	15	28	19	26	144	47	17	129	12	31	41	
mittl. Artenzahl: (25)	28	26	24	35	24	14	19	19	26	28	26	19	31	42	
	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	SK MK	
<i>Circaea lutetiana</i>									III 1	III 1	III 1		II 1	III 1	
<i>Festuca gigantea</i>									III 1	III +	II 1	III 1	III 1	IV 1	
<i>Geranium robertianum</i>									II 1	II 1	III 2-	II 1	II 1	III 1	
<i>Geum urbanum</i>									II 1	II 2-	II 2-		II 1	II +	
<i>Stachys sylvatica</i>											II 2-			II 1	
<i>Paris quadrifolia</i>														II 1	
<i>Anemone nemorosa</i>										III 2+			III 2-	III 2-	
<i>Milium effusum</i>										II 1		II 1		II 1	
<i>Oxalis acetosella</i>	II 1	II 2+								II 2-	II 2-	IV 3	III 2-	V 2-	
<i>Galeopsis tetrahit</i>												II 1		II 1	
<i>Impatiens parviflora</i>											II 2+	II 2-	II 1		
<i>Moehringia trinervia</i>										II +		III 1		II 1	
<i>Viola reichenbachiana</i>														II +	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>									II 1			II +	II 1	III 1	
<i>Deschampsia flexuosa</i>				II +											
<i>Dryopteris carthusiana</i>	III 1	II 1	III 2-	III +	III +				II +	II 1	II 2-	III 1	IV 1	IV 1	
<i>Dryopteris dilatata</i>	II 1	II 1	II 1	III 1	II 1							V 1	II 1	III 1	
<i>Vaccinium myrtillus</i>		II 2-		II 1											
<i>Vaccinium oxycoccos</i>		II 2-													
Moosschicht	V 3	V 3	V 3	V 2-	IV 1	III 2-	II 1	III 2-	IV 2-	V 2+	III 2-	II 1	V 2-	V 2-	
<i>Riccia fluitans</i>					II 1										
<i>Calliergonella cuspidata</i>	IV 1	II 1	II 1	III 1	III 1	II 2-		II 1					III 1	II 1	
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	III 2-	III 2-		III 1											
<i>Sphagnum squarrosum</i>	IV 2-		II 2-	II 1											
<i>Polytrichum commune</i>	II 1	II 2-	II 2-												
<i>Sphagnum palustre</i>	V 2-	III 2-	III 2-	III 1											
<i>Aulacomnium palustre</i>	II +		II 1												
<i>Calliergon cordifolium</i>	II 1			II +	II +										
<i>Calliergon stramineum</i>	III +														
<i>Sphagnum angustifolium</i>	III 2-									II 1			III 1	II 1	
<i>Sphagnum fallax</i>	IV 2-														
<i>Sphagnum recurvum</i> agg.		II 2+	II 2-												
<i>Eurhynchium praelongum</i>													II 1		
<i>Plagiomnium undulatum</i>		II 1							II 2-	III 2-	II 1		II 2-	III 2-	
<i>Lepidozia reptans</i>	II +			II +											
<i>Lophocolea heterophylla</i>	II +														
<i>Mnium hornum</i>	III 1	II 1	III 1	V 1	III 1		II 1	II 1		II 1			III 1	V 1	
<i>Tetraphis pellucida</i>	III +			III +											
<i>Atrichum undulatum</i>													II 1	II 1	
<i>Brachythecium rutabulum</i>										II 1			III 1	II 1	
<i>Plagiomnium affine</i>		II 1							II 1	II 1	II 1		III 1	III 1	
<i>Rhizomnium punctatum</i>									II 1						
<i>Dicranella heteromalla</i>				II +											
<i>Plagiothecium ruthei</i>	II 1													II +	
<i>Polytrichum formosum</i>	III 1			IV 1	II +									II 1	
<i>Aulacomnium androgynum</i>	II 1														
<i>Dicranum scoparium</i>				II +											
<i>Hypnum cupressiforme</i>				III +											
<i>Leucobryum glaucum</i>				V 1											
<i>Pohlia nutans</i>	II +			III +											

Angaben der Arten in 20%-Stetigkeitsklassen, Artvorkommen der Stetigkeitsklasse I (<=20%) wurden nicht aufgeführt sowie Deckungswertklassen nach Braun-Blanquet, bei Deckungswertklasse 2 bedeuten 2- = 10 %, 2 = 15 % und 2+ = 20 %

Literatur

- BOCHNIG, E.: Das Waldschutzgebiet Eldena bei Greifswald (Universitätsforst Greifswald). Arch. Nat. Meckl. 5 (1959), 75–138.
- BORMEISTER, H.J.: Vegetationskundliche Untersuchungen im Revier Laatz bei Templin in der Uckermark. Dipl.-Arbeit Forstwirtschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin in Eberswalde, 69 Seiten, Vegetationskarte, Eberswalde 1953.
- DCHENG, CHUI-JING: Vegetationskundliche Untersuchungen in der östlichen Schorfheide. Diss. Humboldt-Univers. Berlin/Eberswalde 1961.
- ELLENBERG, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart 1996.
- FUKAREK, F.: Die Vegetation des Darß und ihre Geschichte. Jena 1961.
- GROSSER, K. H.: Die Moor- und Bruchwaldgesellschaften. In: Natur, Entwicklung und Wirtschaft einer jungpleistozänen Landschaft, dargestellt am Beispiel des Meßtischblattes Thurrow (Krs. Neustrelitz) Teil I. Wiss. Abh. DAL 56 (1963), Berlin, 167–229.
- GROSSER, K. H.: Die Vegetationsverhältnisse an den Arealvorposten der Fichte im Lausitzer Flachland. Arch. Forstwes. 5 (1956), 258–295.
- HOFMANN, G.: Synökologische Untersuchungen im Waldschutzgebiet Gellmersdorfer Forst/Oder. Arch. f. Natursch. u. Landsch. Forsch. 2 (1962), 3–52, 105–139.
- HOFMANN, G.: Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosystemtypen in Wort und Bild. AFZ/Der Wald. Sonderheft B1098. (1997), 91 S., CD-ROM, BLV-München (2001).
- HOFMANN, G.: Waldgesellschaften der östlichen Uckermark. Feddes Repert., Beiheft 142 (1965), 133–202.
- HOFMANN, G.: Definition/ Beschreibung bestimmter Waldtypen für die neue Biotopkartierung Brandenburg. Auftragsarbeit des Landesumweltamtes Brandenburg (2002), genehmigte Auszüge.
- HUECK, K.: Erläuterungen zur vegetationskundlichen Karte des Endmoränengebietes bei Chorin. Beitr. Naturdenkmalpfl. 14 (1931), 105–214.
- HUECK, K.: Die Vegetation der Grunewaldmoore. Arbeiten der Berliner Provinzialstelle für Naturschutz, Heft 1, S. 1–42, Berlin 1938.
- JENSSEN, M.; HOFMANN, G.: Zur Quantifizierung der Pflanzenartenvielfalt in Wäldern. AFZ-Der Wald 56 (2001) 16, 854–856.
- JESCHKE, L.: Die Vegetation der Stubnitz (NSG Jasmund) auf der Insel Rügen. Diss. E.-M.-Arndt-Univ. Greifswald 1962.
- KATZUR, H.-J.: Vegetationskundliche Untersuchungen in einigen Erlenbrüchen der nördlichen Oberlausitz. Naturschutzarb. u. naturkd. Heimatforsch. Sachsen 4 (1962), 65–73.
- KNAPP, H. D.; JESCHKE, L.; SUCCOW, M. unter Mitarbeit von W. HEMPEL, W. HILBIG, H.-D. KRAUSCH, W. PIETSCH u. U. VOIGTLÄNDER: Gefährdete Pflanzengesellschaften auf dem Territorium der DDR. Kulturbund DDR, Berlin 1985, 129 S.
- KUDOKE, I.: Vegetationsverhältnisse im Naturschutzgebiet Peetscher Moor bei Bützow. Arch. Nat. Meckl. 7 (1961), 240–280.
- MÜLLER, H. J.: Vegetationskundliche Untersuchungen in Wald- und Forstgesellschaften in den nördlichen Teilen der Reviere Grafenbrück und Eiserbude der Oberförsterei Finowtal. Dipl.-Arbeit an der Forstwirtschaftlichen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin in Eberswalde, 105 Seiten, 26 Tabellen, Vegetationskarte, Eberswalde 1959.
- PASSARGE, H.: Die Wälder des Oberspreewaldes. Arch. Forstwes. 5 (1956), 46–95.
- PASSARGE, H.: Die Wälder von Magdeburgerforth (NW-Fläming). Wiss. Abh. DAL 18 (1956), 110 S. Berlin.
- PASSARGE, H.: Über Pflanzengesellschaften im nordwestlichen Mecklenburg. Arch. Nat. Meckl. 8 (1962), 91–113.
- PASSARGE, H.: Vegetationskundliche Untersuchungen in den Wäldern der Jungmoränenlandschaft um Dargun/Ostmecklenburg. Arch. Forstwes. 8 (1959), 1–74.
- PASSARGE, H.: Waldgesellschaften des Eichenwaldgebietes von SW-Mecklenburg und der Altmark. Arch. Forstwes. 11 (1962), 199–241.
- PASSARGE, H.: Waldgesellschaften der Prignitz. Arch. Forstwes., Bd. 15 (1966), 475–504.
- PASSARGE, H.; HOFMANN, G.: Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes II. Pflanzensoziol. Bd. 16, 1968, Jena.
- PETERS, Th.: Waldvegetationskundliche Untersuchungen im Zichower Wald und auf dem Weinberg und Empfehlungen für die praktische Auswertung der Ergebnisse. 128 Seiten, Vegetationstabellen, Karten der aktuellen und potentiellen Vegetation, Bodenuntersuchungen. Dipl.-Arbeit FH-Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft 1996.
- POLTZ, W.: Vegetationskundliche Untersuchungen in der Waldlewitz. Dipl.-Arb. Forstw. Fak. Eberswalde 1956.
- RESCHKE, Iris: Vegetationskundliche Untersuchungen im Gestütswald Neustadt/Dosse und

- daraus ableitbare Empfehlungen für eine ökologisch orientierte Waldbewirtschaftung. 40 Seiten, Vegetationstabellen, Karten der aktuellen und potentiellen Vegetation, Bodenkarte, Karte der Artenvielfalt, Ökogramme; 3 Anlagenbände. Dipl.-Arbeit FH-Eberswalde, Fachbereich Forstwirtschaft 1996.
- SCAMONI, A.: Die Waldvegetation des Unterspreewaldes. Arch. Forstwes. 3 (1954), 122–161 u. 230–260.
- SCAMONI, A.: Vegetationskundliche und standortkundliche Untersuchungen in mecklenburgischen Waldschutzgebieten. Natur und Naturschutz Meckl. 3 (1965), 15–142.
- SCAMONI, A.: Vegetationsstudien im Forst Sarnow. Z. Forst- u. Jagdwes. 67 (1935), 561–600 u. 625–648.
- SCAMONI, A.: Vegetationsstudien im Waldgebiet "Fauler Ort" und in den angrenzenden Waldungen. Feddes Repert. Beih. 137 (1957), 55–109.
- SCAMONI, A.: Waldgesellschaften und Waldstandorte. Berlin 1964.
- SCAMONI, A.: Waldkundliche Untersuchungen auf grundwassernahen Talsanden. 156 Seiten, Berlin 1950.
- SCAMONI, A.; HOFMANN, G.; MÜLLER, H.; PASSARGE, H.: Die Wälder um Chorin – Vegetation und Grundlagen für die Erschließung und Pflege eines Landschaftschutzgebietes. Beiheft 4, Naturschutzarbeit in Berlin und Brandenburg – Potsdam und Frankfurt/O. 1964.
- SCHLÜTER, H.: Das Naturschutzgebiet Strausberg. Vegetationskundliche Monographie einer märkischen Jungdiluviallandschaft. Feddes Repert. Beih. 135 (1955), 260–350.
- SCHMIDT, P. A.: Zur Systematik und Variabilität der mitteleuropäischen Erlen (Gattung *Alnus* Mill.). Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 82 (1996), 15–42.
- SUKOPP, H. u. MARKSTEIN, B.: Die Vegetation der Berliner Havel, Bestandesveränderungen 1962–1987. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin Nr. 64, 128 Seiten, Berlin 1989.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. habil. Gerhard Hofmann
Waldkunde-Institut Eberswalde
Walther-Rathenau-Str. 6 a
16225 Eberswalde

Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.)

Überflutungstoleranz

Die ökologische Amplitude der Schwarz-Erle erstreckt sich in den mitteleuropäischen Laubwaldgesellschaften von mäßig nassen bis zu sehr nassen Standorten, die durch häufige Überstauungen gekennzeichnet sind. Erst eine längere Überschwemmung unter Einschluss der Stammbasis kann zum Absterben der Erlen führen.

Obwohl der zur Energiegewinnung notwendige zelluläre Atmungsprozess auch bei der Erlenwurzel auf Sauerstoff angewiesen ist, erreicht sie ihre größte Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten auf Standorten mit ganzjährig hohen Grundwasserständen. Ermöglicht wird dies durch ihr physiologisches Anpassungspotenzial, das auf komplexen strukturellen Mechanismen beruht und funktionell auf eine hohe Überflutungstoleranz ausgerichtet ist.

Hierüber liegen sowohl einige ältere Arbeiten, die sich hauptsächlich mit der Bedeutung morphologischer Merkmale beschäftigen (MC VEAN, 1956; GILL, 1975) als auch umfangreiche aktuelle Publikationen aus der Arbeitsgruppe von KUTSCH [Projektzentrum Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöver Seenkette (1988–1999); KUTSCH et al., 2001; WÖTZEL, 1997; ESCHENBACH, 1995] vor, die auch den ökophysiologischen Hintergrund berücksichtigen. Einige ausgewählte Ergebnisse dieser Arbeiten werden nachfolgend zusammengefasst referiert.

Die Erle verfolgt zwei unterschiedliche Strategien der Anpassung an überstaute, anaerobe Standortbedingungen. Zum einen wird dies im Aufbau des **dimorphen Wurzelsystems** deutlich, das

auf minimalen Sauerstoffverbrauch in tiefen Rhizosphärenschichten ausgerichtet ist und zum anderen verfügt sie, wie nur sehr wenige Gehölzarten, über funktionelle Mechanismen zum **Gastransport** in tiefe Wurzelbereiche.

Das Wurzelsystem der Erlen weist eine deutliche Zweiteilung in oberflächennahe Horizontalwurzeln und tiefer in den Boden eindringende Senkerwurzeln auf. Beide unterscheiden sich durch ihre morphologischen Eigenschaften wie Durchmesser und Verzweigungsgrad. Der Dimorphismus des Wurzelsystems entspricht nach MC VEAN (1956) einer Funktionsteilung. Während die Horizontalwurzeln die Hauptorte der Mineralstoffaufnahme darstellen, verankern die tiefgreifenden Senkerwurzeln den Baum im Boden und gewährleisten auch bei extrem geringen Wasserständen die Wassernachlieferung. Beide Teile des Wurzelsystems sind durch ihre morphologischen Eigenschaften optimal an die jeweilige Funktion angepasst.

Die Hauptmasse der Wurzeln entfällt auf das Horizontalwurzelsystem, das die Nährstoffquellen des Bodens erschließt. Da die Senkerwurzeln nur einen kleinen Teil des Wurzelsystems ausmachen, sind sie nur in eingeschränktem Umfang zur Nährstoffaufnahme befähigt. Sie dienen hauptsächlich der Verankerung und der Aufrechterhaltung der Wasserversorgung in Trockenzeiten (MC VEAN, 1956). Die Senkerwurzeln erfüllen damit Funktionen, die grundsätzlich nicht durch oberflächennahe Wurzeln erfüllt werden können.

Die Entwicklung des Wurzelsystems ist an eine erhebliche Kohlenstoffbindung gebunden. Das jährliche Wurzelwachstum setzt bereits wenige Tage nach dem Austrieb ein, hält während der gesamt-

ten Vegetationsperiode an und schließt etwa Mitte Oktober ab. Das Tiefenwachstum ist in der Jugend rasch, so dass bereits nach zwei Jahren 30 bis 50 cm und nach zehn Jahren 120 bis 150 cm durchwurzelt werden. Damit entwickelt die Schwarz-Erle als Jungpflanze neben einigen Pappelarten das stärkste Wurzelwachstum. Einige Senkerwurzeln können dabei in die ganzjährig vom Grundwasser beeinflussten Bodenhorizonte vordringen (BIBELRIETHER, 1964).

Trotz der Reduktion des Wurzelsystems in tiefen Bodenschichten und gleichzeitig niedriger zellulärer Atmungsraten (durch eine Verringerung des Anteils stoffwechselaktiven Gewebes) ist das Überleben unter diesen Bedingungen nur durch eine pflanzeninterne Sauerstoffversorgung möglich. Wie viel Sauerstoff in die Senkerwurzeln transportiert wird, ist im Wesentlichen von der Temperatur und der Sauerstoffkonzentration im Wurzelraum abhängig. Während bei den nicht überstauten Erlen kein Sauerstofftransport in die Wurzeln erfolgt, transportieren überstaut angezogene Pflanzen unter Laborbedingungen (Wurzelraumtemperatur 20 °C, O₂-Konzentrationen im Wurzelraum 0,15–0,17 mmol O₂*h⁻¹;) im Mittel 0,12 mmol O₂*h⁻¹ Pflanze⁻¹ vom Spross in die Wurzel. Die großen Unterschiede in den Angaben zu den Sauerstofftransportraten verschiedener Autoren beruhen möglicherweise auf unterschiedlich großen basalen Stammquerschnittsflächen (WÖTZEL, 1997).

Für den eigentlichen Gastransport in den verholzten Wurzeln sind bei Bäumen überwiegend gasgefüllte Bereiche der sekundären Xylem-elemente verantwortlich (COUTTS und ARMSTRONG, 1976). Wie die Untersuchungen von MÖLLER-LINDENHOF (1991) und WERNER (1994) zeigen, spielen Interzellularräume bei *Alnus glutinosa* nur eine untergeordnete Rolle für den Gastransport. Im Holz mehrjähriger Wurzeln kommt es bei anaeroben Bodenbedingungen nur zu einer leichten Vergrößerung der Interzellularräume (vgl. SCHULTZE-DEWITZ und SEEHANN, 1992).

Neben den Leitungsbahnen ist eine Sauerstoffquelle eine weitere Grundvoraussetzung für die Sauerstoffversorgung der Wurzel. Der überwiegende Teil des in die Wurzel transportierten Sauerstoffs tritt im Bereich der unteren Stammbasis oder oberflächennaher Grobwurzeln von außen in das Interzellularsystem ein. Eintrittsstellen des Sauerstoffs sind dabei die auffallend großen Lenticellen.

Im Laborexperiment zeichneten sich überstaut angezogenen Erlen gegenüber den nicht überstaut angezogenen Bäumen durch eine Hypertrophierung der Lenticellen, eine Umfangserweiterung der Sprossbasis sowie eine Reduktion des Wurzelsystems aus. Weiter von den Wurzeln entfernte

Teile der Sprossachse und die photosynthetische O₂-Freisetzung durch die Blätter spielen für die O₂-Versorgung der Wurzeln nur eine untergeordnete Rolle (WÖTZEL, 1997).

Der weitere Transport des Sauerstoffs beruht im Wesentlichen auf Diffusion (ARMSTRONG et al., 1994). Treibende Kraft des Transports ist dabei ein Sauerstoffgradient zwischen dem Interzellularraum der ober- und unterirdischen Pflanzenteile. Dem in der Literatur häufig erwähnten thermosmotischen Gastransport kommt dagegen nur eine untergeordnete Bedeutung zu. Hierbei führt eine Erwärmung des Pflanzeninneren gegenüber der Umgebungsluft zu einem auf Thermoosmose beruhenden Druckanstieg im Pflanzeninneren. Die häufigste Ursache für Temperaturunterschiede zwischen Erlenstamm und Umgebungsluft sind zum einen unterschiedliche Temperaturtagesgänge der Luft im Vergleich zur relativ ausgeglichenen Wärmekapazität des Holzes. Diese führen am Tage zu einer Über- und nachts zu einer Untertemperatur des Stammes gegenüber der Umgebungsluft. Zum anderen kann die Sonneneinstrahlung, vor allem vor dem Laubaustrieb, zu einer Übertemperatur auf der Südseite der dunklen Stammoberfläche führen (GROSSE und SCHRÖDER, 1984, 1985, 1986; GROSSE et al., 1993).

Die O₂-Transportrate nimmt mit sinkender Temperatur ab und mit sinkender O₂-Konzentration im Wurzelraum zu. Bei geringen Wurzelatmungsraten, z. B. durch geringe Temperaturen im Wurzelraum, übertrifft die O₂-Transportmenge den O₂-Bedarf. In diesem Fall kommt es zu einer O₂-Abgabe durch die Wurzeln in den Wurzelraum. WÖTZEL (1997) beobachtete unter Laborbedingungen schon bei einer Temperatur von 14 °C im Bereich der Senkerwurzeln eine O₂-Abgabe, die sich mit abnehmender Temperatur weiter erhöhte. Die Sauerstoffabgabe ist dabei im Bereich der Wurzelspitzen am stärksten und nimmt mit zunehmendem Abstand von der Wurzelspitze ab. Nach JANIESCH (1991) stellt die Aufrechterhaltung aerober Verhältnisse in der Rhizosphäre, dem Wurzel-Bodenkontaktraum, eine mindest eben so wichtige Strategie zur Anpassung von Pflanzen an überflutete Standorte dar.

Durch eine O₂-Abgabe können im sonst anaeroben Boden Zonen erhöhter O₂-Konzentration mit einem erhöhten Redoxpotenzial entstehen. So schützt diese Zone die Wurzeln vor dem Kontakt mit toxischen Substanzen wie Sulfiden und sie verhindert auch die Aufnahme exzessiver Mengen an reduzierten und sehr mobilen Fe- und Mn(II)-Verbindungen

Veränderte mikrobielle und chemische Prozesse in der Rhizosphäre der Senkerwurzeln führen u.

a. zu einer Absenkung des pH-Wertes, zu einem Ansteigen der Eisen(III)-Oxid-Gehalte sowie zu leicht erhöhten Nitratgehalten. Dagegen finden in den anaeroben Bodenkonglomeraten eine Akkumulation von CO_2 und der anaerobe Abbau organischer Substanz, einschließlich der Reduktion von Eisen-, Mangan- und Schwefelverbindungen, statt (PONNAMPERUMA, 1984) (weitere Ausführungen im Beitrag „Erlenstandorte als Quelle und Senke klimarelevanter Spurengase“ von JÜRGEN AUGUSTIN).

Erlen beeinflussen die Rhizosphäre ihres Ökosystems jedoch nicht nur durch die Abgabe von Sauerstoff in wurzelnahe Bereiche, sondern in besonderem Maße durch die symbiotische Stickstofffixierung.

Zur Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien

Nur Prokaryonten sind in der Lage, auf das Stickstoffreservoir der Atmosphäre zurückzugreifen und molekularen Stickstoff zu fixieren. Sowohl einzeln als auch symbiotisch lebende Bakterien sind hierzu befähigt. Die Erle ist eine der wenigen Baumarten, die eine Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien eingeht. Durch die Symbiose mit Actinomyceten der Gattung *Frankia* erschließt sie sich eine zusätzliche Stickstoffquelle und kann somit trotz ihrer Nährstoffansprüche stickstoffarme Standorte konkurrenzstark besiedeln.

Zu den Actinomyceten beherbergenden Pflanzen gehören Gehölze und Krautgewächse. Sie sind weltweit verbreitet und kommen als Pionierpflanzen an stickstoffarmen Standorten vor. Der Stickstoffgewinn durch zumindest einige dieser Pflanzen beträgt ca. 150 bis 300 kg $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ und ist daher von großer ökologischer und ökonomischer Bedeutung. Zu den am effektivsten N_2 -fixierenden Gehölzen zählen neben der Erle der Rutenstrauch (*Casuarina equisetifolia*) und der Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*).

Die Erforschung der Wurzelknöllchen der Erle ist seit den ersten Arbeiten von MEYEN (1829) und WORONIN (1866) ein besonderes Beispiel spannender Wissenschaftsgeschichte, die über Theorien, Vermutungen, Fortschritte und Grenzen der Methoden, wissenschaftliche Dispute, verschiedene Erregernachweise und deren systematische Einstufungen bis in die heutige Erforschung der molekularen Prozesse reicht.

HILTNER gebührt der Verdienst, bereits 1898 erkannt zu haben, dass es sich nicht, wie ursprüng-

lich angenommen, um einen Fadenpilz handelt, sondern dass der „Erreger“ „... nicht aus den Fäden eines Pilzes (besteht), sondern überaus feine Stäbchen (darstellt), welche meist Streptothrix-artige Verbände bilden. *Frankia subtilis* ist kein einzelliger Hyphomycet, sondern ein bakterienartiger Organismus, der durch den Besitz von Sporangien und durch sonstige Eigenthümlichkeiten ein Übergangsglied von den Bakterien zu den echten Pilzen bildet und demzufolge von größter wissenschaftlicher Bedeutung ist.“

Eine Übersicht zur taxonomischen Einordnung der knöllchenbildenden Mikroorganismen gibt POMMER (1956). Eine moderne detaillierte Beschreibung der endophytischen Bakterien liegt von CHINGYAN et al. (1996) vor. *Frankia* ist ein Actinomycet und gehört damit zur Gruppe der filamentösen, verzweigten Gram-positiven Bakterien. Die systematische Gliederung innerhalb der Gattung *Frankia* ist trotz intensiver Bemühungen heute noch umstritten.

Innerhalb des zweigeteilten Wurzelsystems ist die Knöllchenbildung insbesondere an den Horizontalwurzeln zu beobachten, die somit ihr Nährstoffreservoir in den von ihnen erschlossenen Bodenbereichen mit geringerer Mächtigkeit erweitern können.

Die Infektion (Inokulation) erfolgt wie bei den knöllchenbildenden Rhizobien der Leguminosen über die jungen Wurzelhaare. An oder in der Nähe der Spitze des Wurzelhaares dringen die Bakterien ein und wachsen als Infektionsschlauch bis zu dessen Basis. Die Infektionsschläuche durchdringen dann die jungen Zellwände der Epidermis und Wurzelrinde. Die Wurzelzellen werden zur Zellteilung angeregt, so dass unter Vermittlung von Wuchsstoffen die Knöllchen als Gewebewucherungen entstehen (Abb. 1). Die wurzelknöllchen-ähnlichen Gebilde (*Rhizothamnien*) können bei den Gehölzpflanzen die Größe eines Tennisballs erreichen. Sie bestehen aus dicht gedrängten, korallenartig verzweigten Wurzeln, die das Wachstum eingestellt haben. Von den Bakteriensymbionten infiziert werden nur die Rindenparenchymzellen.

Das bakterienerfüllte Gewebe erscheint rot, da es das dem Hämoglobin verwandte Pigment Leghämoglobin enthält (SCHLEGEL, 1981). Nur leghämoglobinhaltige Knöllchen sind zur N_2 -Fixierung befähigt.

Die Stickstoffbindung ist ein reduktiver Prozess, der sich an dem Enzymkomplex der Nitrogenase vollzieht und das erst nach Abschluss des Differenzierungsprozesses in der Wurzel aktiv ist. Die Nitrogenase besteht aus zwei Proteinen, einem Ferro-Schwefel-Protein und einem Molybdo-Ferro-Schwe-

fel-Protein, dessen biochemische energieverbrauchende (ATP) Funktionsweise gut untersucht ist (Übersicht z. B. WEIDE und AURICH, 1979). Eine besondere Eigenschaft der Nitrogenase von anaerobisch lebenden Bakterien ist ihre Hemmbarkeit durch molekularen Sauerstoff. Im Knöllchengewebe müssen daher besondere Strukturen vorliegen, die die Nitrogenase vor hohen Sauerstoff-Partialdrücken schützen. Diese Aufgabe erfüllt das Porphyrin-Proteid Leghämoglobin. Nach aufwändigen Untersuchungen an Rhizobien unter Reinkulturbedingungen im Laboratorium nimmt man an, dass im Innern der Bakterienkolonien so sauerstoffarme Zonen entstehen, in denen der Sauerstoff-Partialdruck für die Bildung der Nitrogenase zuträglich ist.

Die Stickstofffixierung in den Wurzelknöllchen der Erle ist von vielen äußeren Faktoren abhängig. So wird die Nitrogenase häufig nur unter Bedingungen gebildet, unter denen sie benötigt wird, also in Abwesenheit einer verwertbaren Stickstoffquelle. Zusätzliche Ammonium-Ionen reprimieren die Synthese der Nitrogenase. Generell wird die Symbioseleistung entscheidend von dem N-Gehalt der Bodenlösung beeinflusst. Hohe Stickstoff-Werte beeinträchtigen die Bildung von Wurzelhaaren und damit auch die Voraussetzung zur Entstehung der Symbiose (Infektion über Wurzelhaare) (DITBERT, 1992; HUSS-DANELL, 1997; KAMMANN und KAPPEN, 1996). Dagegen ist die verstärkte Wurzelhaarbildung unter N-Mangel ein Anpassungsmechanismus zur Steigerung der Infektion und damit zur Knöllchenbildung.

Auch wenn die N_2 -Fixierung energetisch aufwändiger ist als die einfache Assimilation von NO_3^- oder gar von NH_4^+ Ionen, wurden bei Düngungsexperimenten nahezu gleiche Wachstumsraten bei N_2 -fixierenden und N-versorgten Erlen gefunden (INGESTAD, 1981; SELSTEDT, 1986; SELSTEDT und HUSS-DANELL, 1986). Nur in der Anfangsphase war eine verzögerte Biomasseproduktion bei den N_2 -fixierenden Erlen gegenüber den N-versorgten Erlen zu beobachten, was die Kosten für die Knöllchenbildung und -aktivität anzeigt. Letztendlich war die N-Konzentration in den Geweben der N-Selbstversorger-Erlen höher als die der Kontroll-

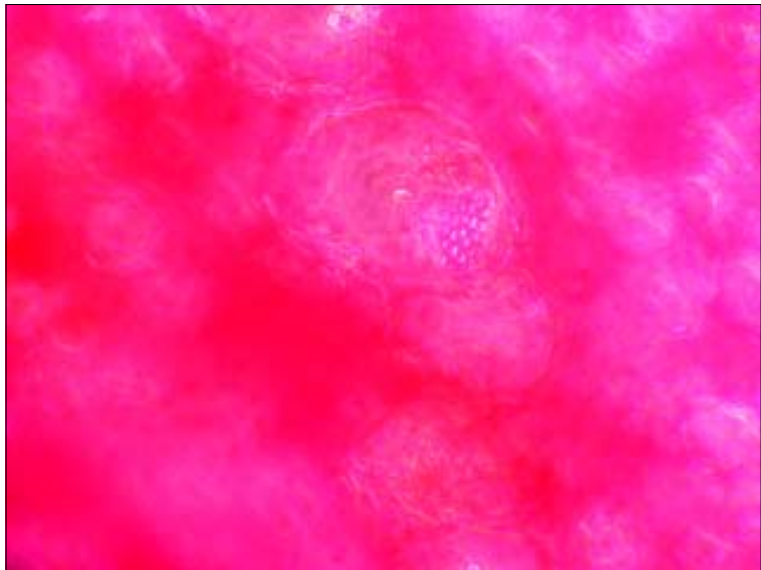


Abb. 1: Wurzelzellen werden zur Zellteilung angeregt, so dass unter Vermittlung von Wuchsstoffen die Knöllchen als Gewebewucherungen entstehen

Erlen. Offenbar kam es zu einer positiven Rückkopplung zwischen steigender Photosyntheseleistung (Assimilatlieferung) und verstärktem Knöllchenwachstum (Stickstofflieferung) im Sinne von DAWSON und GORDON (1979; vgl. NORBY, 1987).

Die N-Konzentration in den Blättern von *Alnus glutinosa* wird mit 2,95 % angegeben (LYR et al., 1992).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Erle flexibel auf das Stickstoffangebot des Bodens einstellen kann, jedoch am natürlichen Standort auf die verfügbare Infektion mit *Frankia* angewiesen ist.

Dass die Wurzelknöllchen der Erle das Überleben auf stickstoffarmen Sanden ermöglichen, war bereits vor über 100 Jahren bekannt. HILTER (1889) schrieb: „Besonders anschaulich tritt diese wunderbare Wirkung der Knöllchen bei den Erlen hervor, wenn man mehrjährige Exemplare, die bis dahin in stickstoffhaltiger Erde wuchsen, in völlig stickstofffreien Sand verpflanzt. Die mit den Wurzelknöllchen versehenen Pflanzen gedeihen in diesem Sande in gleicher Weise weiter wie bisher, ja die Größe und das Grün ihrer Blätter nimmt eher noch zu; die knöllchenfreien Bäumchen lassen dagegen nur noch ganz kurze Zeit einen unbedeutenden Zuwachs erkennen, die wenigen sich noch entwickelnden Blätter werden immer kleiner und schon nach wenigen Wochen weisen sie alle Symptome des Stickstoffhungers auf.“

Umfangreiche Untersuchungen zur Heterogenität der Knöllchenhäufigkeit unter Freilandbedingun-



Abb. 2: Zweijährige Erlenwurzel mit Wurzelknöllchen

gen und unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Nutzungsgeschichte eines Sees stellte DITTER (1992) in einem Erlenbruchwald an. Der Autor konnte zeigen, dass die *Alnus-Frankia*-Symbiose in dem unmittelbaren Ufersaum von 5–10 m hinter der Uferlinie hohe mittlere Knöllchendichten von max. $260 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ (nitrogenaseaktives Gewebe; 3 mm Kugelschale) aufwies. Dieser Saum fiel zudem durch seine vergleichsweise artenreiche Krautschicht auf. In dem etwas höher gelegenen, trockeneren Bereich hinter dieser Zone waren mit etwa $74 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ nur noch geringere Dichten ausgebildet. Ein weiterer Einflussfaktor für die Intensität der Knöllchenbildung ist der pH-Wert des Bodens. Das Maximum stellt sich bei pH-Werten um 5 ein und wird bei pH 3 vermindert.

Die symbiontische Stickstofffixierung ist nicht nur für den Baum, sondern auch für das Ökosystem von großer Bedeutung. Da am Ende der Vegetationsperiode kaum Stickstoff aus den Blättern abgezogen wird (DAWSON und FUNK, 1981; COTE und DAWSON, 1986), entsteht eine besonders stickstoffreiche Laubstreu mit einem C/N-Verhältnis von etwa 15 (SCHAEFFER und SCHACHSCHABEL, 1992). Es kann rasch zersetzt werden und ist bereits im späten Frühjahr des Folgejahres umgesetzt (ULRICH, 1988). So reichern sich die Stickstoffvorräte in Erlenwäldern an. DITTERT (1992) errechnete eine Stickstofffixierung bis zu 70 kg pro Hektar und Jahr in intakten Erlenbruchwä-

ldern, wobei der Anteil des fixierten Stickstoffes am Gesamtstickstoff der Biomasse 70 % beträgt. Es wurden aber auch N_2 -Fixierungsraten zwischen 75 (BINKLEY et al., 1992) und 164 kg N_2 (KLINGENSMITH und VANCLEVE, 1993) pro ha und Jahr abgeschätzt.

Als Pionierbaumart ist die Schwarz-Erle gegenüber der Buche und anderen heimischen Klimaxbaumarten aufgrund ihrer Lichtbedürftigkeit, ihrer geringen Lebensdauer und Höhe sowie der geringen Massenproduktion konkurrenzschwach. Daher kommt die Schwarz-Erle auf nährstoffreichen und mittleren Standorten nicht zur Dominanz (siehe auch ESCHENBACH, 1996). Im Verdrängungswettbewerb der Baumarten nutzt *Alnus glutinosa* zum einen ihre Fähigkeit zur symbiontischen Stickstofffixierung und zum anderen ihre physiologische Anpassung an anaerobe Standortbedingungen. So erringt sie auf diesen Sonderstandorten, die vom Bodenwasserhaushalt bestimmt sind, einen Konkurrenzvorteil, der insgesamt zu ihrer weiten Verbreitung beigetragen hat.

Literatur

ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M.B. (1994): Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica* 43: 307–358.

- BIBELRIETHER, H. (1964): Die Bewurzelung von Schwarzerlen in den Auwäldern von Prekmurje (Slowenien). *AFZ* 19: 638–640.
- BINKLEY, D.; SOLLINS, P.; BELL, R.; MYROLD, D. (1992): Biogeochemistry of adjacent conifer and alder-conifer stands. *Ecology* 73, 2022–2033.
- CHING-YAN, L.; STRZELCZYK, E.; POKOJSKA, A. (1996): Nitrogen-fixing endophyte *Frankia* in Polish *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Microbiol. Res.* 151: 371–374.
- CLAESSENS, H. (1990): L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Une essence forestiere oubliée. *Silva Belgica* 97, 25–33.
- COTE, B.; DAWSON, J. O. (1986): Autumnal changes of total nitrogen, salt-extractable proteins and amino acids in leaves and adjacent bark of black alder (*Alnus glutinosa*), eastern cottonwood (*Populus deltoides*) and white basswood (*Tilia heterophylla*). *Physiologia Plantarum* 67: 102–108.
- COUTTS, M. P.; ARMSTRONG, W. (1976): Role of oxygen transport in the tolerance of trees to waterlogging. In: CANNELL, M. G. R.; LAST, F. T. (eds.): *Tree Physiology and Yield Improvement*, pp. 361–385. London, Academic Press.
- DAWSON, J. O.; FUNK, D. T. (1981): Seasonal change in foliar nitrogen concentrations of *Alnus glutinosa*. *Forest Science* 27: 239–243.
- DAWSON, J. O.; J. C. GORDON (1979): Nitrogen fixation in relation to photosynthesis in *Alnus glutinosa*. *Bot. Gazette* 140 (Suppl.): 70–75.
- DITPERT, K. (1992): Die stickstofffixierende Schwarz-Erle-Frankia-Symbiose in einem Erlenbruchwald der Bornhöver Seenkette. *EcoSys Suppl.* Bd. 5: 98 S.
- ESCHENBACH, C. (1995): Zur Ökophysiologie der Primärproduktion der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*): *Diss. Univ. Kiel*, 197 S.
- GILL, C. J. (1975): The ecological significance of adventitious rooting as a response to flooding in woody species, with special reference to *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *Flora* 164: 85–97.
- GROSSE, W.; SCHULTE, A.; FUJITA, H. (1993): Pressurized gas transport in two Japanese alder species in relation to their natural habitats. *Ecological Research* 8: 151–158.
- GROSSE, W.; SCHRÖDER, P. (1985): Aeration of the Roots and Chloroplast-free Tissues of Trees. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 98: 311–318.
- GROSSE, W.; SCHRÖDER, P. (1986): Pflanzenleben unter anaeroben Umweltbedingungen, die physikalischen Grundlagen und anatomischen Voraussetzungen. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 99: 367–381.
- GROSSE, W.; SCHRÖDER, R. (1984): Oxygen supply of roots by gas transport in alder-trees. *Zeitschrift für Naturforschung* 39c: 1186–1188.
- HILTNER, L. (1898): Über die Entstehung und physiologische Bedeutung der Wurzelknöllchen. *Forstl. Naturwiss. Zeitschr.* 7: 415–423.
- HUSS-DANEL, K. (1997): Transley Review No. 93. Actino-rhizal symbioses and their N₂ fixation. *New Phytol.* 136, 375–405.
- INGESTAD, T. (1981): Nutrition and growth of birch and grey alder seedlings in low conductivity solutions and at varied relative rates of nutrient addition. *Physiol. Plant.* 52: 454–466.
- JANIESCH, P. (1991): Ecophysiological adaptations of higher plants in natural communities to waterlogging. In: ROZEMA, J.; VERKLEIJ, J. A. C. (Eds.): *Ecological responses to environmental stresses*, Kluwer Academic publishers, 50–60.
- KAMMANN, C.; KAPPEN, L. (1996): Der Einfluß der N-Ernährung auf CO₂-Gaswechsel, Stickstoff- und Biomasse-Verteilung bei der Schwarzerle. *Verh. Ges. Ökologie* 26, 109–114.
- KLINGENSMITH, K. M.; VANCLEVE, K. (1993): Denitrification and nitrogen-fixation in floodplain successional soils along the tanana river, Interior Alaska. *Canadian J. Forest Res.* 23, 956–963.
- KUTSCH, L. W.; STAAK, A.; WÖTZEL, J.; MIDDELHOFF, U.; KAPPEN, L. (2001): Field measurements of root respiration and total soil respiration in an alder forest. *New Phytologist* 150: 157–168.
- LYR, H.; FIEDLER, H. J.; TRANQUILLINI, W. (Hrsg.) (1992): *Physiologie und Ökologie der Gehölze*. Fischer Verlag, Jena/Stuttgart.
- MARSCHNER, H.; TREEBY, M.; RÖMHELD, V. (1989): Role of root-induced changes in the rhizosphere for iron acquisition in higher plants. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 152: 197–204.
- MC VEAN, D. N. (1956): *Ecology of Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. IV. Root System. *Journal of Ecology*: 219–225.
- MEYEN, J. (1829): Über das Hervorwachsen parasitischer Gebilde aus Wurzeln anderer Pflanzen. *Flora (Jena)* 12: 49–64.
- MÖLLER-LINDENHOP, Y. (1991): Strukturmerkmale des Wurzelholzes von Birke (*Betula pendula* Roth.), Erle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Ulme (*Ulmus glabra* Huds.) – Veränderungen zum Stammholz sowie die Bedeutung für Funktion und Identifizierung von Wurzeln. *Dissertation Fachbereich Biologie der Universität Hamburg*, 242 S.
- NORBY, R. J. (1987): Nodulation and nitrogenase activity in nitrogen-fixing woody plants stimulated by CO₂ enrichment of the atmosphere.

- Physiol. Plant 71:77–82.
- POMMER, E. H. (1959): Beiträge zur Anatomie und Biologie der Wurzelknöllchen von *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Flora 143: 603–634.
- PONNAMPERUMA, F. N. (1984): The effects of flooding on soils. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.) Flooding and Plant Growth. pp. 9–45 London, Academic Press.
- REDDY, K. R. (1982): Nitrogen cycling in a flooded-soil ecosystem planted to rice (*Oryza sativa* L.). Plant and Soil 67: 209–220.
- RILEY, D.; BARBER, S. A. (1971): Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. Soil Science Society of America Proceedings 35: 301–306.
- SARKAR, A.N.; WYN JONES, R.G. (1982): Effect of rhizosphere pH on availability and uptake of Fe, Mn and Zn. Plant and Soil 66: 361–372.
- SCHAEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Aufl. Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHLEGEL, H. (1982): Allgemeine Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- SCHULTZE-DEWITZ, G.; SEEHANN, G. (1992): Holzanatomische Befunde an Erd- und Wasserwurzeln der Roterle (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertner). Holz-Zentralblatt 101: 1525–1529.
- SELLSTEDT, A. (1986): Nitrogen and carbon utilisation in *Alnus incana* fixing N₂ or supplied with NO₃⁻ at the same rate. J. Exp. Bot. 37: 786–797.
- SELLSTEDT, A.; HUSS-DANEL, K. (1986): Biomass production and nitrogen utilization by *Alnus incana* when grown on N₂ or NH₄⁺ made available at the same rate. Planta 167: 387–394.
- ULRICH, B. (1988): Stoffhaushalt von Wald-Ökosystemen: Bioelement-Haushalt. Inst. f. Bodenk. u. Waldernährung. Univers. Göttingen.
- WEIDE, H.; AURICH, H. (1979): Allgemeine Mikrobiologie. G. Fischer Verlag Jena.
- WERNER, A. (1994): Biomasseverteilung in einem Erlenbaum – Erfassung anhand der Jahrringanalyse. Diplomarbeit. Bot. Institut der Christian-Albrechts-Universität-Kiel, 132 S.
- WORONIN, M. (1866): Über die bei der Schwarz-erle und bei der gewöhnlichen Gartenlupine auftretenden Wurzelanschwellungen. Mem. Acad. Sci. St. Petersburg 7(10).
- WÖTZEL, J. (1997): Anpassungen der Schwarz-erle (*Alnus glutinosa*) an ein Wachstum unter anaeroben Bedingungen. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart, 1997.

Anschrift des Verfassers:
 Dr. Ralf Kätzel
 Landesforstanstalt Eberswalde
 Alfred-Möller-Straße 1
 16225 Eberswalde

Erlenstandorte als Quelle und Senke klimarelevanter Spurengase

Ursachen der potenziellen Klimarelevanz von Erlenbrüchen

Alle C- und N-Kreisläufe der Erde sind maßgeblich von der Bildung und Umsetzung der Gase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) geprägt. Diese drei Verbindungen gehören zu den wichtigsten, klimarelevanten Spurengasen, das heißt, sie sind maßgeblich an der Ausbildung eines so genannten (natürlichen) Treibhauseffektes beteiligt. Ursache dafür ist ihre Fähigkeit, kurzweilige Wärmestrahlung von der Sonne in Richtung Erdoberfläche passieren zu lassen, die Abstrahlung langweiliger Wärmestrahlung in Richtung Weltraum aber stark zu behindern. Das gilt insbe-

sondere für Lachgas und Methan, die deshalb über ein sehr viel höheres Treibhauspotenzial als CO₂ verfügen (Tabelle 1). Seit einigen Jahrzehnten steigen die Konzentrationen aller drei Gase in der Atmosphäre infolge zunehmender menschlicher Aktivitäten deutlich an. Viele Indizien sprechen dafür, dass bei unveränderter Fortsetzung dieser Entwicklung der daraus resultierende „anthropogene“ Treibhauseffekt mittel- bis langfristig drastische Veränderungen des globalen Klimas bewirken könnte (HOUGHTON et al. 1996).

Den Erlenbruchwäldern kommt in diesem Zusammenhang wegen ihrer Fähigkeit, als starke Quelle und Senke dieser Treibhausgase wirken zu können, potenziell eine erhebliche klimatische Relevanz zu. Das gilt insbesondere für den großen

Anteil dieser Wälder, der auf grundwasserbeeinflussten, organischen Böden wie den Niedermooren stockt (siehe Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL). Das Standortsspektrum reicht dabei von Versumpfung- und Überflutungsmooren in Flussauen mit mäßigen Wasserstandsschwankungen (z. B. Spreewald, Lewitz, Pee-

Tab. 1: Kurze Charakteristik der wichtigsten klimarelevanten Spurengase, die mit den in Erlenbruchwäldern ablaufenden Stofftransformationsprozessen in Verbindung stehen (Quelle: HOUGHTON et al. 1996)

Parameter	Kohlendioxid (CO ₂)	Methan (CH ₄)	Lachgas (N ₂ O)
aktuelle atmosphärische Konzentration	358 ppm (v)	1,74 ppm (v)	311 ppb (v)
jährlicher Anstieg der Gaskonzentration	1,5 ppm (v)	10 ppb (v)	0,8 ppb (v)
relatives Treibhauspotenzial ¹ pro kg CO ₂ - oder CH ₄ -C bzw. N ₂ O-N	1	8,8	134
gegenwärtiger Anteil am anthropogen bedingten Treibhauseffekt	64 %	19 %	6 %

¹ Treibhauspotenzial: über die Zeit integriertes Maß für den Beitrag eines bestimmten klimarelevanten Spurengases zur Abschirmung bzw. Absorption der von der Erdoberfläche ausgestrahlten Wärmestrahlung in Bezug auf das Treibhauspotenzial von CO₂, hier betrachteter Zeithorizont: 100 Jahre

netal, Recknitztal, Havelluch) über Verlandungs- und Quellmoore bis hin zu den Rändern von Fließgewässern und Seen. All diese Bruchwälder verfügen neben hohen C-Gehalten auch über hohe N- bzw. Mineralstoffkonzentrationen (meso- bis polytrophe Verhältnisse; CLAUSNITZER und SUC-COW 2001). Aufgrund dessen handelt es sich bei ihnen auch um sehr wichtige C- und N-Speicher (Pools). So betrug allein der im Torfkörper eines Ostholsteiner Erlenbruchwaldes befindliche C-Vorrat ca. 425 t pro ha, (ESCHENBACH et al. 1997), an einem Ostbrandenburger Standort (Naturschutzgebiet Gumnitz bei Müncheberg) waren es sogar 700 t C pro ha (AUGUSTIN 2003, unveröffentlicht). Bedingt dadurch sollen nach KUNTZE (1993) allein schon in den deutschen Niedermooren etwa 1,8 Mrd. t Kohlenstoff und 120 Mio. t Stickstoff enthalten sein, und in den Mooren der Erde befinden sich insgesamt ca. 20 bis 30 % sämtlicher terrestrischen C- und N-Vorräte (MARTIKAINEN et al. 1993). In den letzten Jahrzehnten ist jedoch der Umfang der Moorflächen, die zum Zwecke wirtschaftlicher Nutzung entwässert wurden, drastisch angestiegen. Davon sind in Südasien und Europa insgesamt etwa 50 % aller Moorflächen (LAPPALAINEN 1996) und in Ostdeutschland bereits mehr als 95 % aller Niedermoorflächen betroffen (SUC-COW und JOOSTEN 2001). Abgesehen von der deutlichen Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften des Torfkörpers (verringerte Wasserleitung und -speicherung, Verdichtung, Vermüllung; SCHMIDT 1994) führt die Entwässerung generell zu einer stark beschleunigten Mineralisierung der akkumulierten C/N-Vorräte. Aufgrund dessen wird schon seit einiger Zeit vermutet, dass entwässerte Niedermoore eine starke neue CO₂- und Lachgasquelle von regionaler Bedeutung darstellen (z. B. ESCHNER und LORENZ 1989, SCHEFFER 1994) und dass der Moorentwässerung eine wichtige Rolle bei den globalen Klimaveränderungen zukommen könnte (z. B. GORHAM 1995, LAINE et al. 1996).

Ungeachtet zahlreicher Erkenntnisfortschritte bereitet es aber nach wie vor große Schwierigkeiten, die generelle klimatische Relevanz ungestörter und genutzter Moore und die spezifische der Niedermoore einschließlich der hier befindlichen Erlenbruchwälder korrekt einzuschätzen (HOUGHTON et al. 1996, MOSIER 1997). Solche Informationen werden jedoch dringend benötigt, um konkrete Handlungsanweisungen zur Verminderung des Gesamtumfanges der Treibhausgasemissionen in die mit zunehmender Intensität verfolgten Konzepte zur Regeneration (Wiedervernässung) von Niedermooren integrieren zu können (z. B. SCHULTZ-STERNBERG und ZEITZ 1997, LENSCHOW 1997). In besonderer Weise gilt das für

Bestrebungen, durch das Etablieren von neuen Erlenbruchwäldern gleichzeitig einen Beitrag zur Niedermoorrenaturierung und zur Verminderung der klimatischen Wirksamkeit dieser Standorte leisten zu wollen (z. B. DBU-Projekt „Alnus“ der Universität Greifswald – ANONYM 2002).

Anliegen des vorliegenden Beitrages ist es, eine Übersicht zum aktuellen Wissensstand auf dem Gebiet der Spurengasemissionen von Erlenbruchwäldern, speziell auf Niedermooren, zu vermitteln. Ein zuverlässiger Einblick in die sehr komplexe Thematik lässt sich jedoch nur dann zu gewinnen, wenn auch die zugrunde liegenden Stofftransformationsprozesse und die zur Messung der Gasemissionen eingesetzten Verfahren mit betrachtet werden. Deshalb erfolgen in den nächsten Abschnitten zunächst Ausführungen hierzu, bevor dann näher auf das eigentliche Thema eingegangen wird.

Im Zusammenhang mit der Bildung und Freisetzung von Spurengasen im Torfkörper ablaufende Vorgänge

C-Umsetzungsprozesse

Unter den anaeroben Verhältnissen ungestörter Niedermoore verläuft der Abbau (unter anderen CO₂-Bildung) und die (hier als Torfbildung bezeichnete) Humifizierung von Pflanzenresten, die im Verlaufe der pflanzlichen CO₂-Assimilation entstanden sind, generell viel langsamer als in gut durchlüfteten (aeroben) Böden. Allerdings ist auch hier die Art und die Intensität der Umsetzungen sehr stark von der Zusammensetzung und den Nährstoffgehalten der Pflanzenreste abhängig. So werden die stickstoffreichen Blätter der Schwarzerle (siehe Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL) meist innerhalb eines Jahres vollständig zersetzt (DILLY et al. 1999, DILLY und MUNCH 1996). Im Gegensatz dazu können sich aus den ligninreichen, ober- und unterirdischen Holzresten der Schwarzerlen Bruchwaldtorfe bilden. Hierbei sind die so genannten echten Bruchwaldtorfe häufig mit Gehölz- und Verdrängungstorfen vergesellschaftet. Gehölztorfe beinhalten im Gegensatz zu den echten, mit rotgefärbten Erlenholzstücken durchsetzten Bruchwaldtorfen die Reste einer gemischten Gehölzvegetation, und die Verdrängungstorfe sind das

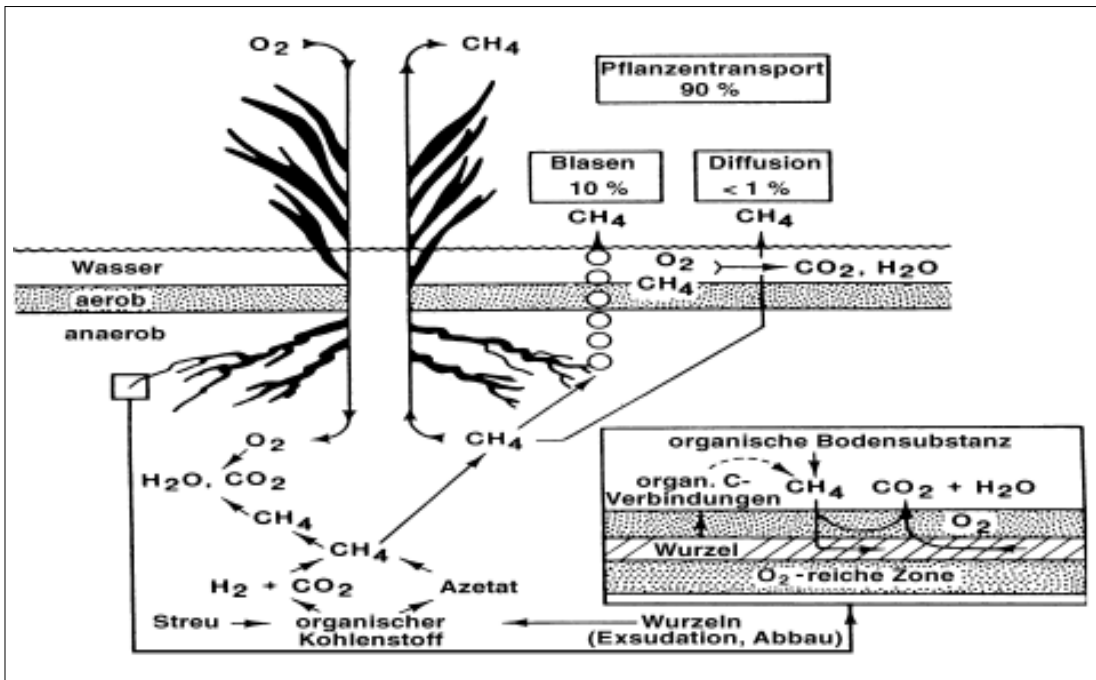


Abb. 1: Im Zusammenhang mit der Bildung und Freisetzung der Gase CO₂ und CH₄ im Torfkörper ablaufende Prozesse (AUGUSTIN 2001)

Resultat der nachträglichen Durchwurzelung von Torfen, die sich ursprünglich aus den Resten einer Vegetation ohne Bäume gebildet hatten (GROSSE-BRAUCKMANN 1990, BARTHELMES 2000). Die Bruchwaldtorfe treten oftmals nur als wenige Dezimeter starke Bänder in Moorprofilen auf, jedoch konnten auch schon mehrere Meter mächtige Moorablagerungen dieses Typs nachgewiesen werden (MAREK 1965, BARTHELMES 2000). Nach Schätzungen von SCHMIDT (1985) beträgt der Anteil der Bruchwaldtorfe am gesamten Torfvorkommen im Nordosten Deutschlands (Gebiet der DDR) ca. 20%. Bis heute gibt es sehr widersprüchliche Aussagen darüber, ob die Bildung von Bruchwaldtorfen zugleich mit echtem Torfwachstum und mit einer Netto-CO₂-Akkumulation einhergeht (CO₂-C-Eintrag infolge pflanzlicher Primärproduktion ist größer als CO₂-C-Austrag infolge pflanzlicher und mikrobieller Abbauprozesse, d. h. der Torfkörper wirkt als C-Senke). Beides zusammen kommt wahrscheinlich nur bei echten Erlenbruchwaldtorfen vor, denn nur diese entstehen bei fortgesetzt hohem bzw. stetig ansteigendem Grundwasserspiegel (Voraussetzung für die Torfbildung). Im Gegensatz dazu bilden sich Gehölz- und Verdrängungtorfe wohl vor allem bei abgesenktem Grundwasserstand, also günstigen Voraussetzungen für die schnelle Mineralisierung vorher akkumulierten Torfes. Die Verluste an Torf-C werden hier aber häufig durch

die C-Masse der einwachsenden Wurzeln kompensiert, zum Teil können sich auf diese Weise sogar erneut Boden-C-Senken ausbilden (GROSSE-BRAUCKMANN 1990, BARTHELMES 2000; detaillierte Angaben dazu in Abschnitt „Verfahren zur Bestimmung der Spurengasemissionen“). Die C-Gasbildungs- und -transferprozesse im Torfkörper werden jedoch auch vom Wurzelsystem der Erle in vielfältiger und gegensätzlicher Weise direkt beeinflusst. Insbesondere der Eintrag leicht umsetzbarer, wurzelbürtiger Assimilate (Rhizodeposition) stimuliert die CO₂- und die CH₄-Bildung im Boden (Abb. 1). Zugleich kann das ausgeprägte, interne Gastransportsystem der Erlenwurzeln zum Transfer der im überstauten Torf nur wenig beweglichen Gase in die Atmosphäre beitragen (vergleiche dazu auch den Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL). Zumindest für junge Erlenpflanzen (drei Jahre alt) sind solche Effekte schon nachgewiesen worden. Ob das auch für ausgewachsene Bäume zutrifft, ist allerdings noch unklar (RUSCH und RENNENBERG 1998). Sehr unterschiedlich fallen insbesondere die Wirkungen des von den Wurzeln hervorgerufenen Sauerstoffeintrages in die Rhizosphäre aus, der sich im Gegenzug zum Abtransport der Spurengase vollzieht. Während die C-Mineralisierung (CO₂-Bildung) hierdurch gefördert werden kann, unterliegt die sich nur unter strikt

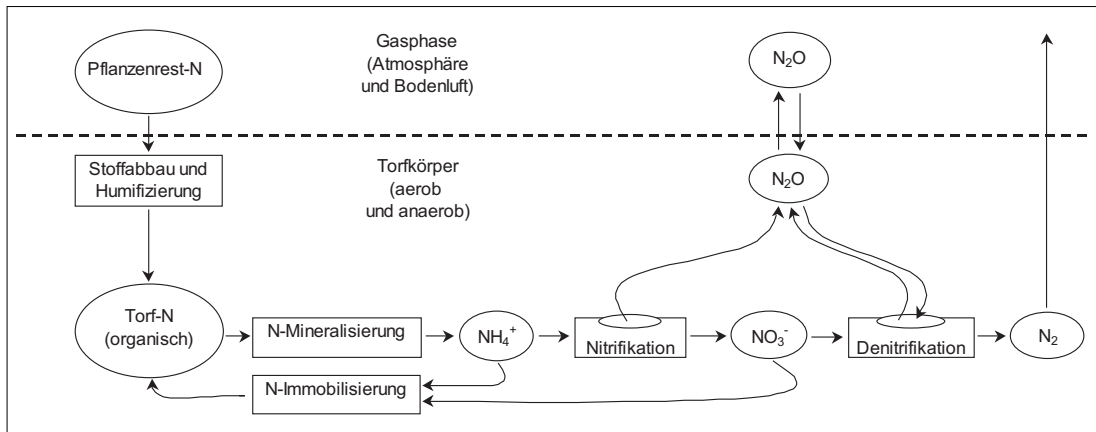


Abb. 2: Im Zusammenhang mit der Bildung und Freisetzung der Gase N_2O und N_2 im Torfkörper stehende Prozesse (stark vereinfachtes Schema)

anaeroben (stark reduzierten) Bedingungen vollziehende Methanbildung häufig einer Hemmung. In einer aeroben Wurzelumgebung ist darüber hinaus mit einer verstärkten Umwandlung (Oxidation) des im Torf bereits akkumulierten Methans in CO_2 zu rechnen (Abb. 1, AUGUSTIN 2001).

N-Umsetzungsprozesse

Bedingt durch ihre Fähigkeit zur Fixierung von Luftstickstoff stellen Erlenbruchwälder anders als viele andere Feuchtgebiete bzw. Moore keine N-limitierten Ökosysteme dar. Über die Pflanzenreste wird ständig neuer, reduzierter N in den Boden eingetragen (vgl. Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL und den Abschnitt „Umfang der Spurengas-Emission und Klimarelevanz von Erlenstandorten“). Im überstauten Niedermoor verlaufen viele N-Umsetzungsprozesse analog zum C-Kreislauf ebenfalls mit verminderter Intensität. Davon sind außer der Zersetzung von Pflanzenresten und der Torfbildung die N-Mineralisierung, die N-Immobilisierung und vor allem die Nitrifikation betroffen (Abb. 2). Infolgedessen ist unter diesen Umständen auch die Form der mikrobiellen Lachgasbildung, die sich als Nebenreaktion zur Nitrifikation vollzieht, nur von sehr geringer Intensität. Sehr schnell kann demgegenüber die N_2O - und N_2 -Bildung im Verlauf des mikrobiellen Prozesses der Denitrifikation erfolgen, da dieser Vorgang durch anaerobe Verhältnisse begünstigt wird. Das geschieht allerdings nur dann, wenn genügend Nitrat-N als Substrat zur Verfügung steht. Weil unter diesen Umständen die Nitrifikation als der wichtigste Nitrat liefernde Prozess zum Erliegen kommt, ist bei hohem Grundwasserstand mit intensiver N-Gasbildung via Denitrifikation

praktisch nur im Falle von Nitrateintrag, z. B. nach der Einleitung von Abwasser oder der Abdrift von Dünger, zu rechnen (PONNAMPERUMA 1884, REDDY und D'ANGELO 1994). Ganz anders stellt sich die Situation im entwässerten und damit belüfteten Boden bzw. Torf dar. Hier läuft neben dem internen Mineralisations-Immobilisations-Turnover auch die Nitrifikation mit hoher Intensität ab, so dass zumindest ein Teil des häufig in großer Menge gebildeten Lachgases darauf zurückzuführen ist. Die Denitrifikation behält aber dennoch ihre Bedeutung für die Entstehung von Lachgas, verbleiben doch im entwässerten Torf zahlreiche anaerobe Mikrohabitate, in denen dann das reichlich gebildete Nitrat-N zu gasförmigen N-Verbindungen umgewandelt werden kann (AUGUSTIN 2001, KOPPISCH 2001). Bislang ist nur zum Teil geklärt, wovon die Anteile der Lachgas- und der N_2 -Produktion am Gesamtumfang der Denitrifikation abhängig sind. Vieles deutet aber darauf hin, dass bei hohen Grundwasserständen die Lachgasbildung sehr stark zu Lasten der N_2 -Bildung eingeschränkt wird, während bei hohem Nitratangebot und aeroben Bedingungen die Bildungsraten beider Gase wohl nahe beieinander liegen (MÜNCHMEYER 2000, MANDER et al. 2003). Nur sehr wenige Informationen liegen auch zur Bedeutung der Erlenwurzeln für die N-Transfer- und Transformationsprozesse vor. Prinzipiell ist aber mit ähnlich komplexen Reaktionen wie im Fall des C-Kreislaufes zu rechnen. So könnte insbesondere die Denitrifikation im Rhizosphärenbereich einerseits durch den Eintrag von mikrobiell leicht abbaubaren C-Verbindungen gefördert werden, andererseits durch den oben erwähnten Sauerstoffeintrag auch wieder einer Hemmung unterliegen (AUGUSTIN 2001). Ebenso dürfte das interne Gastransportsystem der Erlenwurzeln zum Transfer der im Boden gebildeten N-Gase in die



Abb. 3: Messung der Spurengasemission mit Hilfe von Gassammelhauben (closed-box-Methode) auf einer flach entwässerten Erlenbruchwaldfläche im Naturschutzgebiet der Gumnitz (Müncheberg/Ostbrandenburg)

Atmosphäre beitragen. Bisher konnte aber nur innerhalb von jungem Erlenbäumen der Transport von Lachgas (analog zum Methan) nachgewiesen werden (RUSCH und RENNENBERG 1998).

Verfahren zur Bestimmung der Spurengasemissionen

Lachgas und Methanemission

Anders als im Fall des CO_2 (vgl. unten) reicht es bei diesen Gasen aus, die Stoffflüsse jeweils nur in einer Richtung zu erfassen. Häufig findet zu diesem Zweck die so genannte „closed-chamber“-Methode Verwendung (Abb. 3). Hierbei werden die ausgewählten Messflächen regelmäßig für eine kurze Zeit mit gasdichten Sammelhauben abgedeckt. Zu Beginn und zu Ende der Messzeit erfolgt die Entnahme von Gasproben aus den Sammelhauben. Die Gaskonzentrationen in den Proben werden dann im Labor mit Hilfe gaschromatografischer Systeme bestimmt (LOFTFIELD et al. 1997). Die Emissionsraten können aus der sich zwischen Beginn und Ende der Messzeit einstellenden Differenz der Spurengaskonzentrationen unter Bezug auf Haubenvolumen und -grundfläche berechnet werden (LIVINGSTON und HUTCHINSON 1995). Mitunter kommen auch die aufwendigeren mikrometeorologischen Verfahren zum Einsatz (simultane Erfassung der Gaskonzentrationen in verschiedenen Höhen über der Bodenoberfläche mit Hilfe von Messmasten bzw. -türmen, Ermittlung der

Gasflüsse unter Verwendung spezieller atmosphärenphysikalischer Modelle; LENSCHOW 1995). Unabhängig vom eingesetzten Bestimmungsverfahren weisen die Gasflüsse sehr häufig eine extrem hohe zeitliche und räumliche Variabilität auf. Die Variationskoeffizienten erreichen in der Regel eine Größe von mehreren 100 %. Schon allein deshalb gestaltet sich die Interpretation der Resultate von Emissionsmessungen oft sehr schwierig (LIVINGSTON und HUTCHINSON 1995).

Netto-Kohlendioxidemission bzw. Torfakkumulation

Zur Ermittlung der realen CO_2 -Emission ist es generell notwendig, CO_2 -C-Bilanzen zu erstellen, das heißt die CO_2 -Einträge (z. B. Bruttophotosynthese bzw. Bruttoprimärproduktion) mit den CO_2 -Austrägen (z. B. Pflanzen- und Bodenatmung) zu verrechnen. Erst auf Grundlage der resultierenden Differenzen (d. h. der Netto- CO_2 -Emission) können Aussagen zur Quellen- oder Senkenfunktion eines C-Speichers (bzw. -Pools oder -Kompartmentes) bzw. zum Umfang der Torfakkumulation getroffen werden. Neben Angaben zur Netto- CO_2 -Emission gesamter Ökosysteme (Boden und darauf befindliche Vegetation) sind häufig auch solche zu finden, die sich nur auf den Boden (Torfkörper) selbst beziehen. Speziell bei längerfristigen Betrachtungen (Zeitspanne zwischen 50 und 10000 Jahren) ist es allein schon auf Grundlage der Netto- CO_2 -Emission aus dem C-Speicher Boden möglich, brauchbare Aussagen zur klimatischen Relevanz von Bruchwäldern insgesamt zu erhalten. In diesem Fall finden zur Ermittlung der Netto- CO_2 -Emission bevorzugt indirekte Verfahren Verwendung, die sich auf definierte Zeitspannen in der Vergangenheit beziehen (retrospektive Untersuchungen). Auf entwässerten Mooren werden dazu meist die Höhenverluste am Torfkörper bestimmt (Torfschwundraten, EGGELSMANN und BARTELS 1975, TATE 1981), auf wachsenden Mooren geschieht dies mit Hilfe von Altersbestimmungen, die auf paläoökologischen Untersuchungen und/oder Isotopenanalysen von Torfprofilen beruhen (WIEDER et al. 1994, BARTHELMES 2000). Aufgrund ihrer geringen Nachweisempfindlichkeit eignen sich die aufgeführten Verfahren aber nicht zur Bestimmung aktueller Netto- CO_2 -Emissionen (Zeitspanne von einem Jahr bis zu 50 Jahren). Hierzu müssen die CO_2 -Gasflüsse wiederum in sehr aufwendigen Langzeitmessungen mit Hilfe von durchsichtigen und automatisierten Hubküvetten oder mikrometeorologischen Verfahren direkt erfasst werden (LENSCHOW 1995, ALM

et al. 1997). Auf diese Weise ließen sich auf ungestörten Mooren ohne Gehölze schon nach einem Jahr sichere Aussagen zu deren Rolle als C-Quelle oder -Senke bzw. zum Torfwachstum gewinnen (YAVITT 1994, ALM et al. 1997). Sobald aber die Untersuchungsflächen wie im Fall der Erlenbruchwälder mit Bäumen bestanden sind, ist

wegen der dann auftretenden, vielfältigen technischen und methodischen Probleme eine Ermittlung der Netto-CO₂-Emission allein auf der Grundlage von Gasflussmessungen nur noch sehr eingeschränkt möglich (CRILL et al. 2000). Üblicherweise versucht man dann, solche C-Bilanzen durch die Kombination von Messung (CO₂-Assimilation, Bodenatmung) und modellgestützter Simulation (ober- und unterirdischen Primärproduktion, unterirdischer C-Austrag) wichtiger C-Flüsse mit der Abschätzung der in verschiedenen Kompartimenten enthaltenen C-Vorräte zu erstellen (z. B. VALENTINI et al. 2000). Darüber hinaus ist es gängige Praxis, bei schwierig zu erfassenden Größen wie z. B. der Wurzelneubildung (Hauptkomponente der unterirdischen Primärproduktion) oder dem Anteil der (nicht bilanzrelevanten) Wurzelatmung an der Bodenatmung auf Schätzwerte aus der Literatur zurückzugreifen. Dies führt unter Umständen dazu, dass ein und derselbe Standort je nach (mehr oder weniger willkürlicher) Auswahl solcher Werte einmal als CO₂-Quelle und ein anderes Mal als CO₂-Senke eingeschätzt werden kann (HAPPELL und CHANTON, 1993, GORHAM, 1995; weitere Ausführungen dazu im Abschnitt „Netto-CO₂-Flüsse in Erlenbruchwaldökosystemen ...“ auf Seite 54).

Umfang der Spurengasemission und Klimarelevanz von Erlenstandorten

N-Flüsse und Lachgasemission

Ungeachtet der immer noch sehr lückenhaften Informationen lässt sich bereits absehen, dass der N-Kreislauf in Erlenbruchwäldern von hohen Transferaten zwischen Boden, Bäumen und der Atmosphäre geprägt ist. So werden von den Erlen über

Tab. 2: Grobbilanzierung der N-Transferprozesse verschiedener Standorte eines Erlenbruchwaldes am Ufer des Belauer Sees (Ostholstein, modifiziert nach Dittert 1992, Angaben in kg N pro ha und Jahr)

Bilanzgröße	Uferbereich	Hangbereich
N-Aufnahme Erlen		
1. N ₂ -Fixierung	84	47,7
2. Boden-N-Aufnahme	36	58,3
(Summe)	(120)	(106)
Verbleib des Erlen-N		
3. N-Eintrag in Boden (Blattstreu)	110,5	96,3
4. N-Akkumulation im Holzzuwachs	10	10
(Summe)	(120,5)	(106,3)
Netto-N-Eintrag in den Boden (Differenz 3-2)	74,5	38

die N₂-Fixierung große Mengen leicht umsetzbaren Stickstoffs in das Ökosystem eingetragen (vgl. dazu auch den Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL). Wie anhand der in Tabelle 2 aufgeführten Grobbilanzen zu erkennen ist, scheint das selbst für entwässerte Standorten mit hohen Vorräten an pflanzenverfügbarem N im Boden zuzutreffen. Ebenso intensiv verläuft offenbar auch der Transfer von N über die Blattstreu in den Boden. Selbst auf naturnahen Standorten sollen auf diese Weise bis zu 36 kg N pro ha in den Boden gelangen (BUSSE und GUNKEL 2002). Da im Vergleich zu diesen N-Flüssen die Aufnahme von Mineral-N aus dem Boden und die N-Akkumulation in den Bäumen gering ist, sind die Böden unter Schwarz-erlen in erster Näherung wohl als recht starke N-Senken anzusehen. Im übrigen dürfte es sich hier um Effekte zu handeln, wie sie von vielen Erlenarten hervorgerufen werden (z. B. LOHMUS et al. 2002 bei Grau-Erlen). Vor allem in ungestörten Landschaften kann der stark erhöhte N-Input (Eutrophierung), der mit dem Aufkommen von Erlen einhergeht, neben einem intensivierten N-Transfer auch eine deutlich erhöhte Primärproduktion in den betroffenen terrestrischen und den angrenzenden aquatischen Ökosystemen zur Folge haben. Häufig war damit auch eine Beschleunigung der im Boden bzw. Torfkörper ablaufenden N-Umsetzungsprozesse verbunden (HART et al. 1997, HU et al. 2001).

Ob Letzteres für Schwarz-erlenstandorte ebenfalls zutrifft, ist allerdings noch unklar. Demgegenüber konnte der erwartete, starke Einfluss des Grundwasserstandes auf diese Vorgänge inzwischen mehrfach belegt werden. So ergaben sich auf entwässerten Standorten stets viel höhere Werte für die Netto-N-Mineralisierung (resultiert aus Brutomineralisierung abzüglich sämtlicher anorganischen N verbrauchenden Prozesse) und die aktuelle Gesamt-denitrifikation als auf ungestörten

Tab. 3: Netto-N-Mineralisations- und aktuelle Gesamt-denitrifikationsraten von Erlenbruchwäldern auf eutrophen Niedermooren (Angaben in kg N pro ha und Jahr)

Standort/Zustand	N-Rate	Quelle
Netto-N-Mineralisation		
Naturnahe Erlenbruchwälder	25–90	JANIESCH 1978 und 1997, JANIESCH et al. 1991
Gestörte Erlenbruchwälder	120–324	JANIESCH 1978 und 1997, JANIESCH et al. 1991
Stark gestörte Erlenbruchwälder	110–500	JANIESCH 1978 und 1997, JANIESCH et al. 1991
Stark gestörte Erlenbruchwälder	272	SIEMENS 1996
Aktuelle Gesamt-denitrifikation		
Naturnaher Erlenbruchwald	2	BUSSE und GUNKEL 2002
Gestörter Erlenbruchwald	7	MOGGE et. al. 1998
Gestörter Erlenbruchwald (Ufer)	9–200	HEFTING und DE KLEIN 1998
Gestörter Erlenbruchwald	136	AUGUSTIN 2002 (unveröffentlicht)
Stark gestörter Erlenbruchwald	28	AUGUSTIN 2002 (unveröffentlicht)

Bruchwäldern mit hohem Grundwasserstand. Sämtliche Angaben sind jedoch von einer extrem hohen Variabilität gekennzeichnet (Tab. 3).

Einen gewissen Aufschluss über die Ursache dieser Schwankungen lieferten erst Untersuchungen zur Bestimmung der realen N-Flüsse (Brutto-N-Raten) im Boden, ausgeführt mit Hilfe der so genannten ¹⁵N-Isotopenverdünnungsmethode (Einzelheiten zur Methodik bei MÜNCHMEYER 2000 und LEDEBUHR 2001). Zunächst einmal fällt auf, dass

Nettoflüsse müssen zwangsläufig immer kleiner als die Bruttoflüsse sein, weil sie sich stets nur auf die Differenzen zwischen den simultan in entgegengesetzter Richtung verlaufenden N-Flüssen beziehen. Überraschenderweise liefen die Bruttoumsetzungen in der flach entwässerten Variante mit höherer Geschwindigkeit als in der tief entwässerten Variante ab. Dies ist wahrscheinlich auf den zum untersuchten Zeitpunkt sehr niedrigen Grundwasserstand (tiefer als 40 cm unter Oberfläche) und einem (noch) höheren Vorrat an leicht abbaubaren organischen

N-Verbindungen zurückzuführen (Abb. 4). Nach wie vor ist jedoch unklar, wie sich die Situation bei durchgehend anaeroben Verhältnissen darstellt. Unabhängig vom Grundwasserstand lagen die mit dem Mineralisations-Immobilisations-Turnover verbundenen N-Flüsse zu meist deutlich höher als diejenigen der anderen untersuchten Prozesse. Dazu trug auch die überraschend starke Nitratbindung (Immobilisierung) bei, die damit offenbar eine Verminderung der um das gleiche Substrat konkurrierenden Denitrifikation mit verursachte (Abb. 4). Es waren aber wegen der insgesamt hohen Intensität aller N-Umsetzungen günstige Voraussetzungen

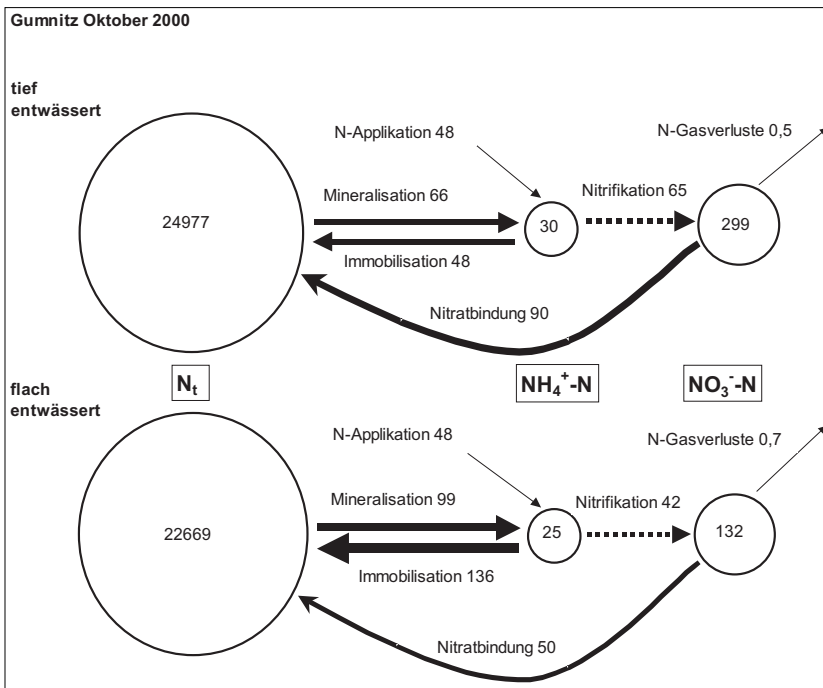


Abb. 4: N-Pools und wöchentliche N-Flüsse (kg pro N ha⁻¹) im Torfkörper unterschiedlich stark entwässerter Erlenbruchwaldflächen des Naturschutzgebietes der Gumnitz (Oktober 2000, Angaben sind auf eine Torfschicht von 0,4 m bezogen)

Experiment	Spurengasemissionen					
	Lachgas (kg N ₂ O-N*ha ⁻¹ *a ⁻¹)			Methan (kg CH ₄ -C*ha ⁻¹ *a ⁻¹)		
	1996	2000	2001	1996	2000	2001
Schwarzerlenbruchwald Müncheberg (Gumnitz)						
Tief entwässert (60 cm GOF) ¹						
	26,9	2,6	2,1	-1,4 ²	-4,0	-2,1
Flach entwässert (2–40 cm GOF)						
	0,8	1,5	1,2	1,7	-0,7	2,7
Grauerlenbruchwald (Porijögi/Estland)						
Porijögi M (0–5 cm GOF)						
	–	0,4	0,5	–	10,0	44,0
Porijögi K (45–95 cm GOF)						
	–	0,7	0,8	–	-0,2	5,5
Porijögi S (45–95 cm GOF)						
	–	0,3	0,9	–	-0,2	3,1

Tab. 4:
Aktuelle jährliche
N₂O- und CH₄-
Emissionsraten
nordostdeutscher
und estnischer
Erlenbruchwälder

¹ GOF = Grundwasserstand unter der Oberfläche

² negative Zahlenwerte bedeuten Methanaufnahme durch den Boden (Senkenwirkung)

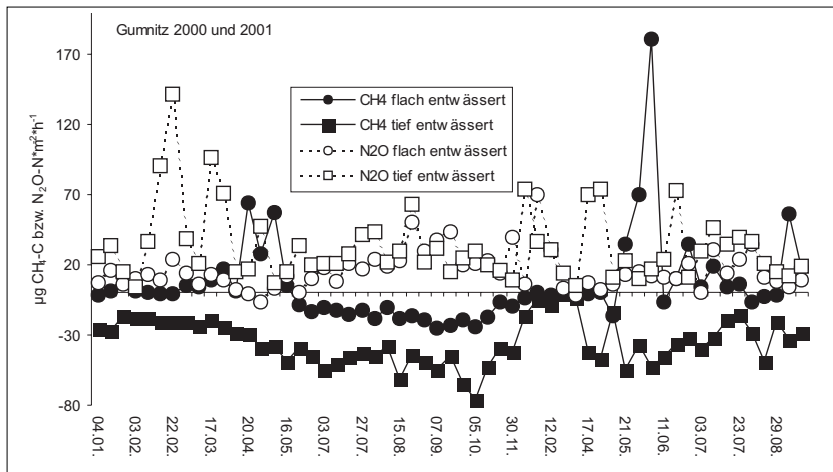


Abb. 5:
Einfluss des
Grundwasser-
standes auf die
Lachgas- und
Methanemission aus
Erlenbruchwaldflächen
im Naturschutz-
gebiet Gumnitz
(Müncheberg/
Ostbrandenburg),
Verlauf der Jahre
2000 und 2001

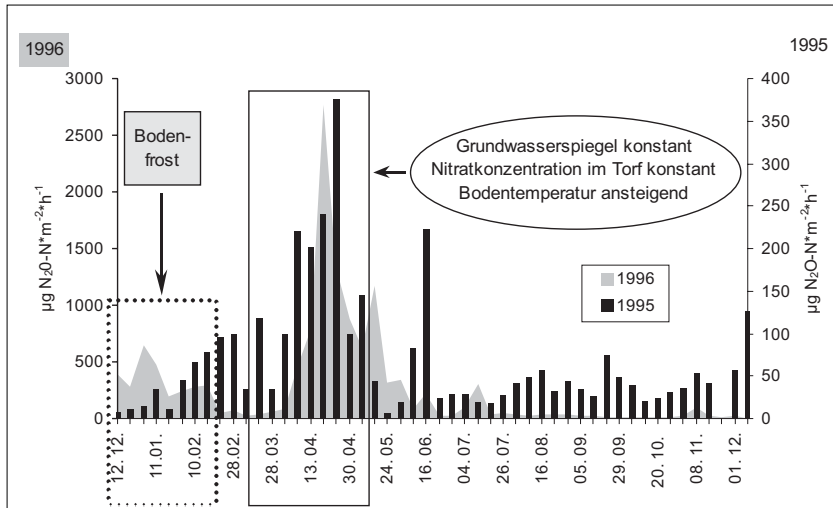


Abb. 6:
Wechselbeziehungen
zwischen der
Lachgasemission
und wichtigen
Einflussfaktoren
auf dem tief
entwässerten
Erlenbruchwald im
Naturschutzgebiet
Gumnitz in den
Jahren 1996 und
1997 (GOF =
Wasserspiegel unter
Geländeoberfläche)

für eine intensive Lachgasbildung gegeben. Abgesehen davon ergeben sich auch aus der Erkenntnis, dass die anorganischen N-Pools gegenüber den N-Flüssen unverhältnismäßig klein sind, wie erhofft wichtige Ansatzpunkte zur Erklärung der stark schwankenden Raten der Netto-N-Mineralisierung, Denitrifikation und eventuell auch der Lachgasbildung.

Denn es lässt sich leicht ermessen, mit welchen dramatischen Auswirkungen schon geringfügige Veränderungen im Verhältnis der Brutto-N-Flüsse zueinander für den Umfang des Ammonium- und des Nitratpools und damit auch für die Vorräte an Substraten zur N_2O - und N_2 -Bildung verbunden sein müssen.

In Übereinstimmung mit diesen Erwartungen waren die kurzfristigen Lachgasflüsse generell von einer extrem hohen Variabilität gekennzeichnet. Als typisches Beispiel hierfür seien diesbezügliche, in dem Erlenbruchwald der Gumnitz bei Müncheberg/Brandenburg sowie in einem estnischen Grauerlenwald gewonnenen Befunde angeführt (Abb. 5 und 6, Tab. 4). Infolge dieser Variabilität ließen sich auch keine klaren Beziehungen zwischen dem im Frühjahr häufigen, extremen Maximum der Lachgasfreisetzung und wichtigen Einflussfaktoren wie der Bodentemperatur, dem Nitratgehalt und dem Grundwasserstand festzustellen. Drastischster Ausdruck dessen war die – entgegen allen Erwartungen – fortgesetzt hohe Lachgasemission auf dem tief entwässerten Standort bei permanenten Bodenfrost (Abb. 6). Dieses Phänomen, für das eine zufriedenstellende Erklärung immer noch aussteht, konnte inzwischen auch andernorts beobachtet werden (NYKÄINEN et al. 1995, FLESSA et al. 1997). Erst bei längerfristiger Betrachtung zeichnet sich, zumindest bei den deutschen Schwarzzerlenstandorten, eine starke Abhängigkeit der Lachgasemission vom Grundwasserstand ab. Je tiefer die Entwässerung ausfiel, um so höher waren die Lachgasflüsse (RUSCH et al. 1995, MOGGE et al. 1998, AUGUSTIN et al. 1998). Die Spitzenwerte lagen bei der extrem hohen Flussrate von $72 \text{ kg N}_2\text{O-N*ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ (BRUMME et al. 1999). Wie allerdings am Beispiel des estnischen Standortes zu erkennen ist, stellt der Wasserspiegel nicht den einzigen, langfristig wirksamen Einflussfaktor dar. Trotz sehr unterschiedlicher Grundwasserstände blieben die Lachgasflüsse hier generell sehr niedrig (Tab. 4). Ursache dessen war wahrscheinlich die geringe Intensität der internen N-Umsetzungsprozesse in Verbindung mit einem stark zuungunsten des Lachgases verschobenen Verhältnis in der N-Gasbildungsrate. Letztere Vermutung resultiert aus der Tatsache, dass die N_2 -Emission mit einer Flussrate von $51,7 \text{ kg N}_2\text{-N*ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ (LOMUS

et al. 2002) ein ähnlich hohes Niveau wie im Erlenbruchwald der Gumnitz erreicht (Tab. 3). Nach wie vor gibt es keine Informationen über den Umfang der Lachgasfreisetzung aus Erlenbruchwäldern mit permanent hohem Grundwasserstand. Ausgehend von den auf anderen überstaute Niedermooren gesammelten Erfahrungen dürften aber die jährlichen Emissionsraten gleichfalls kaum den Wert von $0,1 \text{ kg N}_2\text{O-N pro ha und Jahr}$ übersteigen (AUGUSTIN et al. 1998, MERBACH et al. 2001).

Methanemissionen

Die kurzfristigen Methanflüsse wiesen eine ähnlich große Schwankungsbreite wie die Lachgasemission auf (Abb. 5). Auf veränderte Grundwasserstände reagierte die Methanemission langfristig jedoch genau entgegengesetzt zur Lachgasfreisetzung. Die Methanemission ging um so stärker zurück, je mehr der Grundwasserspiegel abgesenkt wurde. Zum Teil fungierten tief entwässerte Erlenbruchwälder sogar in Analogie zu anderen, gut durchlüfteten Böden als Methansenke (Eintrag von Methan in den Torfkörper, Tab. 4). Allerdings kann die Methanoxidation im Torfkörper, die sich hinter diesem Effekt verbirgt, wiederum sehr stark durch das im entwässerten Torf in hoher Konzentration vorliegende Nitrat gehemmt werden (REAY et al. 2001).

Generell scheinen Erlenbruchwälder auch bei hohen Grundwasserständen nur relativ schwache Methanquellen darzustellen. So lagen die Methanfreisetzungsraten in einem feuchten Erlenbruchwald Ostholsteins gleichfalls nur bei $7 \text{ kg CH}_4\text{-C pro ha und Jahr}$ (RUSCH et al. 1995, DILLY et al. 1999). Für ungestörte bzw. vollständig rücküberstaute Erlenbruchwälder liegen diesbezüglich noch keine Befunde vor. Auch hier ist, anders als Niedermooren mit Röhrichtbestand, lediglich mit mäßigen Methanemissionen zu rechnen (WESTERMANN und AHRING 1987, AUGUSTIN et al. 1996). Denn zum einen sind die Grundwasserstände in den Bruchwäldern im Vergleich zu anderen Niedermooren niedriger; zum anderen scheint das Leistungsvermögen des internen Gastransportsystems der Erlen zu gering zu sein (vgl. Beitrag „Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle“ von Dr. RALF KÄTZEL), um ähnlich wie bei den Großröhrichtpflanzen (Schilf, Rohrkolben) nennenswerte Mengen an Methan schnell aus dem Torfkörper in die Atmosphäre zu transferieren (AUGUSTIN 2001).

Tab. 5: Grobbilanzierung der im Ökosystem eines Erlenbruchwaldes ablaufenden C-Transferprozesse (Uferbereich des Belauer Sees in Ostholstein, modifiziert nach Eschbach et al. 1997, Angaben in t C pro ha und Jahr)

Bilanzgröße	C-Menge
C-Eintrag durch CO₂-Assimilation	
1. Nettoprimärproduktion (ober- und unterirdisch)	8,5
Verbleib des Assimilat-C	
2. C-Akkumulation im Holzzuwachs	2,5
3. C-Eintrag über Streu (ober- und unterirdisch) in den Boden (Summe)	6,0 (8,5)
C-Austrag durch CO₂-Bildung (Atmungsprozesse)	
4. Wurzelatmung	8,0 ¹
5. Atmung Bodenorganismen (Mikroorganismen und Tiere) (Summe= Bodenatmung)	6,7 ¹ (14,7)
Netto-C-Ökosystembilanz (Differenz 1–5)	1,8²
Netto-C-Akkumulation in organischer Bodensubstanz (Differenz 3–5)	-0,7³

¹ aus methodischen Gründen lassen sich beide C-Flüsse nicht direkt messen; daher musste ihr jeweiliger Umfang durch Zuordnung eines spezifischen Anteils an der unmittelbar bestimmbar Bodenatmung abgeschätzt werden

² aufgrund des positiven Zahlenwertes fungiert das Ökosystem insgesamt als C-Senke

³ aufgrund des negativen Zahlenwertes fungiert das Teilkompartment als C-Quelle

Netto-CO₂-Flüsse in Erlenbruchwald-ökosystemen und CO₂-C-Akkumulation im Torfkörper

Im Gegensatz zu allen anderen Waldökosystemen (CRILL et al. 2000, HOFMANN et al. 2002) werden vor allem Erlenbruchwälder auf entwässerten Mooren nicht als C-Senke angesehen (GROSSE-BRAUCKMANN 1990, vergleiche dazu auch Abschnitt „C-Umsetzungsprozesse“, Seite 47). Schon aus der bislang einzigen, kompletten CO₂-C-Systembilanz für einen derartigen Standort lässt sich aber ableiten, dass sich die Verhältnisse in der Realität wahrscheinlich wesentlich komplexer gestalten (Tab. 5, ESCHENBACH et al. 1997). Ähnlich wie in anderen produktiven Ökosystemen sind die CO₂-C-Ein- und -Austräge sehr hoch und von nahezu gleicher Größe. Überraschenderweise ergibt sich hieraus für den Erlenbruchwald insgesamt eine positive Netto-CO₂-C-Bilanz, d. h. er fungiert als C-Senke, während der Torfkörper anscheinend als schwache C-Quelle angesehen werden muss (Tab. 5). Auf letzteren Aspekt wird später eingegangen. Die sehr kleinen Differenzen zwischen den C-Flüssen und die großen Probleme, die mit ihrer exakten Erfassung verbunden sind (vergleiche Abschnitt „Verfahren zur Bestimmung der Spurengasemissionen“, Seite 50), lassen jedoch die Bilanzen als sehr unsicher erscheinen. Allein schon bei der Bodenatmung schwanken die für diesen Standort ermittelten Werte zwischen 5 t und 17,5 t

CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ (ESCHENBACH et al. 1997, DILLY et al. 2000) sowie bei der Wurzelatmung zwischen 8 und 12,3 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ (ESCHENBACH et al. 1997, KUTSCH et al. 2001).

Ähnlich problematisch stellt sich die Situation bei den Torf- bzw. C-Akkumulationsraten dar. Bis vor kurzem lagen für entwässerte Erlenbruchwälder noch keine Werte vor. Falls sich die Standorte ähnlich wie andere entwässerte Niedermoore verhielten, wären durchaus

Netto-C-Verluste zwischen 2,8 bis 6,7 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ im Bereich des Möglichen (MUNDEL 1976, mit Gaswechselmesstechnik bestimmt). Insofern ist die tatsächlich gemessene Nettoemissionsrate von -0,7 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ als vergleichsweise niedrig einzuschätzen (Tab. 5 und ESCHENBACH et al. 1997). Offenbar wird hier tatsächlich ein Teil des infolge Torfmineralisierung verlorengegangenen C durch verstärkten Eintrag von Erlenwurzel-C kompensiert (vergleiche Abschnitt „C-Umsetzungsprozesse“, Seite 47). Wie Untersuchungen von entwässerten und bewaldeten finnischen Moorstandorten zeigen, ist unter bestimmten Umständen (Hemmung des Wurzelabbaus durch niedrige pH-Werte bzw. Temperaturen) sogar eine fortgesetzte C-Akkumulation im Boden möglich (MINKINEN und LAINE 1996, DOMISCH et al. 1998). Auch bei ungestört wachsenden Niedermooren lagen bis vor kurzem nur Angaben für gehölzfreie Standorte vor. Die Netto-CO₂-Bindungsraten sollen hier im Mittel bei 0,48 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ liegen, mit einer Spannweite von 0,1 bis 2,1 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ (ARMENTANO und MENGES 1986, CLYMO et al. 1998, TOLONEN und TURUNEN 1996).

Die unlängst erstmals für den Torfkörper ungestörter Erlenbruchwälder ermittelten C-Akkumulationsraten liegen mit ihrer Spannweite von 0,56 bis 2,2 t CO₂-C*ha⁻¹*a⁻¹ (BARTHELMES (2000) in der gleichen Größenordnung. Das ist um so erstaunlicher, weil der Grundwasserstand hier in der Regel niedriger ist als bei anderen ungestörten Niedermooren. Wie schon weiter oben festgestellt, scheint aber gerade unter diesen Bedingungen

dem verstärkten Eintrag von Erlenwurzel-C eine überragende Bedeutung für die Torfbildung zuzukommen.

Insgesamt muss aber festgestellt werden, dass die wenigen konkreten Angaben bei weitem noch nicht ausreichen, um verallgemeinerungsfähige Aussagen zur C-Quellen- und Senkenfunktion von Erlenbruchwäldern bzw. der hier stattfindenden Torfakkumulation machen zu können.

Einschätzung der Klimarelevanz der Spurengasemission aus Erlenbrüchen

Ausgehend von der zentralen Bedeutung des Grundwasserstandes für die Emission aller Spurengase erschien es sinnvoll, im Hinblick auf die Klimarelevanz zwischen ungestörten Standorten mit hohem Grundwasserstand und entwässerten Flächen zu unterscheiden. Um trotz des Mangels an konkreten Informationen solche Abschätzungen überhaupt durchführen zu können, mussten speziell zur Ermittlung der Netto-CO₂-Emission naturnaher Erlenbruchwälder passfähige Werte aus der Tabelle 5 mit Angaben von BARTHELMES (2000) kombiniert werden.

Wie aus den Resultaten hervorgeht, ist unabhängig vom Grundwasserstand die Spannweite der klimatischen Relevanz offensichtlich extrem groß (Tab. 6). Dennoch scheinen die Erlenbruchwälder insgesamt weniger klimawirksam zu sein als vergleichbare, gehölzfreie Niedermoore (AUGUSTIN 2001). Auch die im Vergleich zur entwässerten Variante tendenziell wesentlich geringere klimati-

sche Relevanz des naturnahen Bruchwaldes lässt sich nicht übersehen. Hierzu trägt vor allem die auf den Standorten mit hohem Grundwasserstand (wahrscheinlich) viel deutlicher ausgeprägte Netto-CO₂-Akkumulation bei (siehe oben). Von ähnlicher Bedeutung ist die Netto-CO₂-Emission auch auf den entwässerten Standorten, nur dass sie hier eher negative Klimaeffekte hervorruft. Der große Rest der Klimawirkung geht unter diesen Bedingungen auf die Lachgasemission zurück, bei hohem Grundwasserstand ist ihr Anteil daran allerdings zu vernachlässigen. Eine generell sehr untergeordnete Rolle spielt die Methanfreisetzung (Tab. 6).

Zusammengefasst ergibt sich aus diesen Ausführungen, dass die Schwarzerlenbruchwälder auf Niedermooren wie eingangs vermutet wohl tatsächlich wichtige Quellen und Senken für klimarelevante Spurengase darstellen. Aufgrund der immer noch sehr großen Wissensdefizite und der extremen Variabilität der Spurengasemissionen ist es aber nach wie vor sehr schwierig, z. B. ihre regionale bzw. globale Klimarelevanz zu bewerten oder die Erfolgsaussichten von zielgerichteten Maßnahmen zur deren Minderung (u. a. durch Rücküberstauung oder Neuetablierung von Erlenbeständen) korrekt einzuschätzen. Als größte Schwachstelle muss hierbei der Mangel an Informationen zu der im Kontext besonders wichtigen Netto-CO₂-Emission angesehen werden. Speziell zur Behebung dieses Defizits sind deshalb dringend weitere Untersuchungen erforderlich. Um die Unsicherheiten bei Abschätzung der klimatischen Wirksamkeit, die von deren extremer Variationsbreite ausgehen, einschränken zu können, dürfte es darüber hinaus sinnvoll sein, die Erlenbruchwälder sorgfältig hinsichtlich ihres „Emissionsverhalten“ zu differenzieren und zu klassifizieren. Dies sollte sowohl auf Grundlage des Grundwasserstandes (bzw. Wasserstufe) als auch der Vegetationsform bzw. der

pflanzensoziologischen Assoziation (CLAUSNITZER und SUCCOW 2001) erfolgen. Abgesehen von ihrem starken Einfluss auf die Gasemissionen bieten die genannten Merkmale günstige Voraussetzungen zur Ermittlung von Flächenangaben für die einzelnen „Emissionstypen“. Damit wären dann sämtliche Vorbedingungen zur Durchführung präziser Hochrechnungen auf der regionalen Dimension gegeben.

Tab. 6: Gesamtabschätzung der klimatischen Wirksamkeit unterschiedlich stark entwässerter Erlenbruchwälder (exemplarische Beispiele; abgeleitet aus den in Tabellen 1, 4 und 5 bzw. den im Text angegebenen Emissionsraten)

Treibhausgas	entwässerte Erlenbruchwälder	naturnahe Erlenbruchwälder
	CO ₂ -C-Äquivalente (kg CO ₂ -C*ha ⁻¹ *a ⁻¹) ¹	CO ₂ -C-Äquivalente (kg CO ₂ -C*ha ⁻¹ *a ⁻¹) ¹
CO ₂ (Nettofreisetzung)	-1800 ² bis 3800	-4700 ^{2,3} bis -2900 ^{2,3}
CH ₄	-35 ² bis -12 ²	4 bis 88
N ₂ O	281 bis 3605	0 bis 10
summarische Klimawirkung	-1554² bis 7393	-4696² bis -2802²

¹ relative Klimawirksamkeit (Treibhauspotenzial) von Spurengasen unter Bezugnahme auf CO₂: 1 kg CO₂-C = 1; 1 kg CH₄-C = 8,8; 1 kg N₂O-N = 134

² negative Zahlenwerte bedeuten Beitrag zur Verminderung des Treibhauseffektes

³ Schätzwerte aus der Kombination von Angaben aus Tab. 5 mit den Befunden von Barthelmes (2000), da für diese Standorte noch keine direkt gemessenen Werte vorliegen

Literatur

- ALM, J., TALANOV, A., NYKÄNEN, H., SILVOLA, J., et al. (1997), Reconstruction of the carbon balance for microsites in a boreal oligotrophic pine fen, Finland. *Oecologia* 110, 423–431.
- ANONYM (2002): Projekteröffnung Alnus – Renaturierung von Niedermooren durch Schwarzerlenbestockung. www.uni-greifswald.de/~alnus.
- ARMENTANO, T.V., MENGES, E.S. (1986): Patterns of Change in the Carbon Balance of Organic Soil-Wetlands of the Temperate Zone. *Journal of Ecology* 74, 755–774.
- AUGUSTIN, J. (2001): Emission, Aufnahme und Klimarelevanz von Spurengasen. In: SUCCOW, M., JOOSTEN, H.: *Landschaftsökologische Moorkunde*, zweite Auflage, E. Schweizerbarth, Stuttgart, 28–37.
- AUGUSTIN, J., MERBACH, W., SCHMIDT, W., REINING E. (1996): Effect of Changing Temperature and Water Table on Trace Gas Emission from Minerotrophic Mires. *Angewandte Botanik* 70, 45–51.
- AUGUSTIN, J., MERBACH, W., ROGASIK, J. (1998): Factors influencing nitrous oxide and methane emissions from minerotrophic fens in Northeast Germany. *Biol. Fert. Soils* 28, S. 1–8.
- BARTHELMES, A. (2000): Paläoökologische Untersuchungen zur Entstehung von Erlen-Bruchwaldtorfen. Diplomarbeit Universität Greifswald, 94 S.
- BRUMME, R., BORKEN, W., FINKE, S. (1999): Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystems. *Global biochemical cycles* 13, 1137–1148.
- BUSSE, L. B., GUNKEL, G. (2002): Riparian alder fens-source or sink for nutrients and dissolved organic carbon? 2. Major sources and sinks. *Limnologica* 32, 44–53.
- CLAUSNITZER, U., SUCCOW, M. (2001): Vegetationsformen der Gebüsche und Wälder. In: Succow, M. und Joosten, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2. Auflage. Stuttgart: Schweizerbart, 161–170.
- CLYMO, R. S., TURUNEN, J., TOLONEN, K. (1998): Carbon accumulation in peatlands. *Oikos* 81: 368–388.
- CRILL, P., HARGREAVES, K., KORHOLA, A. (2000): The role of peat in Finnish greenhouse gas balances. Ministry of Trade and Industry Finland, Studies and Reports 10, 71 S.
- DILLY, O., BLUME, H.-P., KAPPEN, L., et al. (1999): Microbial processes and features of the microbiota in Histosols from a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) forest. *Geomicrobial Journal* 16, 65–78.
- DILLY, O., MUNCH, J.-C. (1996): Microbial biomass content, basal respiration and enzyme activities during the course of decomposition of leaf litter in a black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) forest. *Soil Biol. Biochem.* 28, 1073–1081.
- DILLY, O., BACH, H.-J., BUSCOT, F., ESCHENBACH, C., KUTSCH, W. L., MIDDELHOFF, U., RITSCH, K., MUNCH, J.-C. (2000): Characteristics and energetic strategies of the rhizosphere in ecosystems of the Bornhöved Lake district. *Applied Soil Ecology* 15, 201–210.
- DITTERT, K. (1992): Die stickstofffixierende Schwarzerle-Frankia-Symbiose in einem Erlenbruchwald der Bornhöveder Seenkette. *EcoSys Supplement* 5. Kiel. 98 S.
- DOMISCH, T., FINER, L., KARSISTO, M., LAIHO, R., LAINE, J. (1998): Relocation of carbon from decaying litter in drained peat soil. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1529–1536.
- EGGELSMANN, R., R. BARTELS, R. (1975): Oxidativer Torfverzehr in Niedermoor in Abhängigkeit von Entwässerung, Nutzung und Düngung. *Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges.* 22, 215–221.
- ESCHENBACH, C., MIDDELHOFF, U., STEINBORN, W. et al. (1997): Von Einzelprozessen zur Kohlenstoffbilanz eines Erlenbruches im Bereich der Bornhöveder Seenkette. *EcoSys Suppl. Bd. 20*, 121–132.
- ESCHNER, D., LORENZ, W.-D. (1989): Stickstoffumsatz infolge der Bodenentwicklung flachgründiger Niedermoore. *Wiss. Zeitschrift Humboldt-Univ. Berlin, Reihe Agrarwiss.*, 38, 16–21.
- FLESSA, H., WILD, U., KLEMISCH, M., PFADENHAUER, J. (1997): C- und N-Stoffflüsse auf Torfstichsimulationsflächen im Donaumoos. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 38, 11–17.
- GORHAM, E. (1995): The biogeochemistry of northern peatlands and its possible responses to global warming. In: Woodwell, G. M. and F. T. Mackenzie, (Eds.): *Biotic feedbacks in the global climatic system*, 169–187. Oxford University Press, Oxford.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1990): Ablagerungen der Moore. In: Göttlich, K. (Hrsg.) *Moor- und Torfkunde*. 3. Auflage, Stuttgart, Schweizerbarth 175–236.
- HART, S. C., BINKLEY, D., PERRY, D. A. (1997): Influence of red alder on soil nitrogen transformations in two conifer forests of contrasting productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 1111–1123.
- HAPPELL, J. D., J. P. CHANTON, (1993): Carbon remineralization in a North Florida swamp forest: effects of water level on the pathways and rates of organic matter decomposition. *Global Bio-*

- chemical Cycles 7, 475–490.
- HEFTING, M. M., DE KLEIN, J. J. M. (1998): Nitrogen removal along a lowland stream in the Netherlands: a pilot study. *Environmental Pollution* 102, 521–526.
- HOFMANN, G., JENSSEN, M., ANDERS, S. (2002): Kohlenstoffpotenziale mitteleuropäischer Wälder. *AFZ-Der Wald* 57/12, 605–607.
- HOUGHTON, J. T. et al. (Eds.) (1996): *Climate change 1995: The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the IPCC*. Cambridge University press, Cambridge.
- HU, F. S., FINNEY, B. P., BRUBAKER, L. B. (2001): Effects of Holocene *Alnus* expansion on aquatic productivity, nitrogen cycling, and soil development in south-western Alaska. *Ecosystems* 4, 358–368.
- JANIESCH, P. (1978): Ökophysiologische Untersuchungen von Erlenbruchwäldern. I. Die edaphischen Faktoren. *Oekologia Plantarum* 13, 43–57.
- JANIESCH, P. (1997): Die nährstoffökologische Situation unterschiedlich stark entwässerter Erlenbrücher im Emsland. *Abh. Westf. Mus. Naturk.* 59, 65–74.
- JANIESCH, P., MELLIN, C., MÜLLER, E. (1991): Die Stickstoff-Netto-Mineralisierung in naturnahen und degradierten Erlenbruchwäldern als Kenngröße zur Beurteilung des ökologischen Zustandes. Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie Freising 1990, 353–359.
- KOPPISCH, D. (2001): Torfbildung und Stoffumsetzungsprozesse. In: Succow, M., H. Joosten (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. 2. Auflage. Schweizerbarth, Stuttgart, 8–28.
- KUTSCH, W. L., STAACK, A., WÖTZEL, J., MIDDELHOFF, U., KAPPEN, L. (2001): Field measurements of root respiration and total soil respiration in an alder forest. *New Phytologist* 150, 157–168.
- KUNTZE, H. (1993): Niedermoore als Senke und Quelle für Kohlenstoff und Stickstoff. *Wasser und Boden* 45, 699–702.
- LAINÉ, J., SILVOLA, J., TOLONEN, K., ALM, J., NYKÄNEN, H. et al. (1996): Effect of water-level draw down on global climatic warming: northern peatlands. *Ambio* 25, 179–184.
- LAPPALAINEN, E. (Ed.) (1996): *Global Peat Resources*. International Peat Society, Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi, Finland. 359 p.
- LEDEBUHR, A. (2001): Stickstoffumsetzungsprozesse in degradierten Niedermooreständen des Peenetales bei Anklam in Abhängigkeit von der Wiedervernässung. Diplomarbeit Universität Greifswald.
- LENSCHOW, D. H. (1995): Micrometeorological techniques for measuring biosphere-atmosphere trace gas exchange. In: P. A. Matson u. R. C. Harriss (Eds.): *Biogenic trace gases: measuring emissions from soil and water*. Methods in Ecology, Blackwell Science, Oxford, 126–163.
- LENSCHOW, U. (1997): *Landschaftsökologische Grundlagen und Ziele zum Moorschutz in M-V*. Landesamt für Umwelt und Natur, Gülzow, 72 S.
- LIVINGSTON, G. P. U., HUTCHINSON, G. L. (1995): Enclosure-based measurement of trace gas exchange: applications and sources of error. In: P. A. Matson u. R. C. Harriss (Eds.): *Biogenic trace gases: measuring emissions from soil and water*. Methods in Ecology, Blackwell Science, Oxford, 14–51.
- LOFTFIELD, N., FLESSA, J., AUGUSTIN, F., BEESE (1997): Automated gas chromatographic system for rapid analysis of the atmospheric trace gases methane, carbon dioxide, and nitrous oxide. *Journal of Environmental Quality* 26, 560–564.
- LÖHMUS, K., KUUSEMETS, V., IVASK, M., TEITER, S., AUGUSTIN, J., MANDER, Ü. (2002): Budgets of nitrogen fluxes in riparian grey alder forests. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 141/3–4, Large Rivers 13/3–4, 321–332.
- MANDER, Ü., KUUSEMETS, V., LÖHMUS, K., MAURING, T., TEITER, S., AUGUSTIN, J. (2003): Emission rates of N_2O , N_2 and CH_4 in subsurface flow constructed wetlands. *Water Science Technol.* 46, submitted.
- MAREK, S. (1965): *Biologia i Stratygrafia torfowisk olszynowych w Polsce*. In: *Zeszyty problemowe postepow Nauk Rolniczych*. Zeszyt, 57.
- MARTIKAINEN, P. J., NYKÄNEN, H., ALM, J., SILVOLA, J. (1995): Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant and Soil* 168–169, 571–577.
- MERBACH, W., AUGUSTIN, J., GANS, W. (2001): Nitrous oxide emission from fen mires in dependence of anthropogenic activities. *Applied Botany* 75, 118–123.
- MINKINEN, K., LAINÉ, J. (1996): Effect of forest drainage on the peat bulk density and carbon stores of Finish mires. In: R. Laiho et al. (Eds.): *Northern peatlands in global climatic change*, publications of the Academy of Finland, Edita, Helsinki, 236–241.
- MOGGE, B., KAISER, E.-A., MUNCH, J. C. (1998): Nitrous oxide emissions and denitrification N-losses from forest soils in the Bornhöved lake region (Northern Germany). *Soil Biol. Biochem.* 30, 703–710.
- MOSIER, A. (1997): *Global N_2O budgets*. Interna-

- tional workshop on dissipation of N from human N-cycle and its role in present and future N₂O emissions to the atmosphere, Oslo, Agriculture University of Norway.
- MÜNCHMEYER, U. (2000): Zur N-Umsetzung in degradierten Niedermoorböden Nordostdeutschlands unter besonderer Berücksichtigung der N-Mineralisierung und des Austrages gasförmiger N-Verbindungen. Dissertation Universität Greifswald.
- MUNDEL, G. (1976): Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 20, 669–679.
- NYKÄNEN, H., ALM, J., LANG, K., SILVOLA, J., MARTIKAINEN, P.J. (1995): Emissions of CH₄, N₂O and CO₂ from a Virgin Fen and a Fen Drained for Grasland in Finland. Journal of Biogeography 22, 351–357.
- PONNAMPERUMA, F. N. (1984): Effects of flooding on soils. In: T. T. Kozłowski (ed.): Flooding and plant growth. Academic Press Inc., Orlando, San Diego, 9–128.
- REAY, D. S., RADAJEWSKI, S., MURRELL, J. C., MCNAMARA, N., NEDEWELL, D. B. (2001): effects of land-use on the activity and diversity of methane oxidizing bacteria in forest soils. Soil Biol. Biochem. 33, 1613–1623.
- REDDY, K. R., D'ANGELO, E. M. (1994): Soil processes regulating water quality in wetlands. In: W. J. MITSCH (Ed.): Global wetlands: Old world and New. Elsevier Science B. V., Amsterdam, 309–324.
- RUSCH, H., REMBGES, D., PAPKE, H., RENNENBERG, H. (1995): Fluxes of nitrous oxide and methane in a lake border ecosystem in Northern Germany. Proceedings of the 15th World Clean Air Congress, Espoo, Finland, Finnish Air Pollution Society, paper 429.
- RUSCH, H., RENNENBERG, H. (1998): Black alder (*Alnus Glutinosa* (L.) Gaertn.) trees mediate methane and nitrous oxide emission from the soil to the atmosphere. Plant and Soil 201, 1–7.
- SCHEFFER, B. (1994): Zur Stoffdynamik in Niedermoorböden. NNA-Berichte 7, 67–73.
- SCHMIDT, W. (1985): Die Vorkommen von Torfen und Mudden in der DDR. Vortrag Torfanwender-Kolloquium Dresden.
- SCHMIDT, W. (1994): Über den Einfluß der Entwässerung und der Nutzung auf die Gefügestruktur und die Entwicklung der Niedermoorböden. NNA-Berichte 7(2), 59–66.
- SCHULTZ-STERMBERG, R. & ZEITZ, J. (1997): Entscheidungsmatrix als Handlungshilfe für die Erhaltung und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in Niedermooren. LUA Brandenburg, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Potsdam, 61 S.
- SIEMENS, J. (1996): Die Stickstoffdynamik eines durch Trinkwassergewinnung beeinflussten Erlenbruch-Niedermoores. Diplomarbeit Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie Universität Bayreuth.
- SUCCOW, M., JOOSTEN, H. (Eds.) 2001. Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Auflage, Stuttgart, Schweizerbart, 622 S.
- TATE, R. L. (1981): Microbial oxidation of organic matter of histosols. Advances Microbial Ecology 4, 169–201.
- TOLONEN, K., TURUNEN, J. (1996): Carbon Accumulation in Mires in Finland. Proceedings of the International Workshop on Northern Peatlands in Climate Change Hyytiälä, Finland. Publications of the Academy of Finland 1/96: 250–255.
- VALENTINI, R., MATTEUCCI, G., DOLMAN, A. J. et al. (2000): Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. Nature 404, 861–864.
- WESTERMANN, P., AHRING, B.K. (1987): Dynamics of Methane Production, Sulfate Reduction, and Denitrification in a Permanently Waterlogged Alder Swamp. Applied and Environmental Microbiology 53, 2554–2559.
- WIEDER, K., NOVAK, M., SCHELL, W. R. U. RHODES, T. (1994): Rates of peat accumulation over the past 200 years in five *Spagnum*-dominated peatlands in the United States. J. of Paleolimnology 12, 35–47.
- YAVITT, J. B. (1994): Carbon dynamics in Appalachian peatlands of west Virginia and western Maryland. Water, Air and Soil pollution 77, 271–2.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Jürgen Augustin
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V.
15374 Müncheberg
Eberswalder Straße 84

Gefährdung der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) durch mikrobielle Pathogene

Erlen-*Phytophthora*

Durch das Auftreten der Erlen-*Phytophthora* (*Phytophthora*-Wurzelhalsfäule) ist die Schwarz-Erle in den vergangenen Jahren zunehmend in das Blickfeld der forstlichen Phytopathologie gerückt, vgl. HARTMANN (1995), WERRES (1998, 2000), JUNG et al. (2000), JUNG und BLASCHKE (2001), CECH (2002), SCHUMACHER (2002 a, b). Zweifellos stellt diese neuartige Krankheit in Europa gegenwärtig die größte Gefahr für die Erle dar. Gleichwohl wird bei näherer Betrachtung des potenziellen Erregerspektrums deutlich, dass die Gattung *Alnus* von einer Vielzahl weiterer mikrobieller Pathogene attackiert wird.

Phytophthora-Arten als Krankheitserreger

Man kennt heute ca. 60 *Phytophthora*-Arten. Sie sind vorwiegend durch eine parasitische Lebensweise gekennzeichnet. Dementsprechend ist ihre Fähigkeit, totes Pflanzengewebe zu besiedeln, nur schwach ausgeprägt. Einige Vertreter können schwerwiegende Schäden an Kulturpflanzen hervorrufen. In der Land- und Forstwirtschaft sowie im Garten- und Zierpflanzenbau sind bestimmte Arten seit langem als Erreger bedeutungsvoller Keimlings-, Blatt-, Stamm-, Frucht-, Rinden- und Wurzelkrankheiten bekannt. In den Forstbaumschulen tritt bei anhaltend feuchter Frühjahrswitterung regelmäßig die gefürchtete Buchenkeimlingsfäule auf (Erreger: *Phytophthora cactorum*).

Ursprung der Erlen-*Phytophthora*, Verbreitung, Wirtsspektrum und Infektion

Seit einigen Jahren kommt in Europa an Schwarz-Erle ein Krankheitsbild vor, welches nicht mit dem bekannten „klassischen“ Erlensterben übereinstimmt. Als Erreger dieser neuartigen Erkrankung wurden pilzähnliche Organismen aus der Gattung *Phytophthora* erkannt (die nächsten Verwandten finden sich bei den Kiesel- und Goldalgen). Neuere Forschungsergebnisse belegen, dass die Erlen-*Phytophthora* erst in jüngster Zeit (rezent) durch Hybridisation in der freien Natur entstanden ist (Kreuzungsprodukt). Als Ausgangsarten werden *P. cambivora* und eine mit *P. fragariae* verwandte Sippe angenommen, vgl. BRASIER et al. (1995, 1999). Vor 1990 war die Krankheit weltweit unbekannt. Der erste sichere Nachweis des Erregers stammt aus Großbritannien (Südengland), wo im Jahr 1993 Schwarz-Erlen entlang von Flussläufen, aber auch in flussfernen Aufforstungen erkrankten bzw. abstarben. In Deutschland wurde die neuartige Erlenkrankheit erstmals im Jahr 1995 festgestellt (Niedersachsen, Bayern), vgl. HARTMANN (1995), JUNG et al. (2000). Inzwischen hat sich die Erlen-*Phytophthora* in zahlreichen Ländern Europas etabliert (Schweden, Holland, Frankreich, Österreich, Schweiz etc.); die Ausbreitung nimmt besorgniserregenden Charakter an. Außereuropäische Vorkommen sind derzeit nicht bekannt. Die neuartige Krankheit kommt bei uns überwiegend an Schwarz-Erle vor. Der Erreger kann aber auch Grau-Erle (*Alnus incana*), Italienische Erle (*Alnus cordata*) und Grün-Erle (*Alnus viridis*) infizieren. Betroffen



Abb. 1: Exsudierende Rindennekrosen (*Phytophthora*-Befall) an der Stammbasis erkrankter Schwarz-Erlen (Spreewald), Fotos: J. SCHUMACHER, P. HEYDECK

sind anfangs hauptsächlich Erlen in Gewässernähe bzw. in überfluteten Bereichen. Von hier ist eine epidemische Ausbreitung des Erregers möglich. Die Infektion der Bäume erfolgt offenbar am Wurzelanlauf (über Korkwarzen). Optimale Lebensbedingungen finden *Phytophthora*-Arten in feuchtem Milieu. Ihre Verbreitung geschieht hauptsächlich durch Zoosporen, welche aktiv beweglich und auf freies Bodenwasser angewiesen sind. Der Schwerpunkt ihres Auftretens liegt daher auf nassen bzw. überfluteten Standorten.

Die Erlen-*Phytophthora* hat sich auch im Land Brandenburg bereits umfangreich etabliert. Besonders brisant erscheint ihr Vorkommen im Spreewald, weil das Gebiet mit seinem dicht verzweigten Gewässernetz optimale Möglichkeiten für die Ausbreitung des Erregers bietet. Die Nähe zu Fließgewässern sowie periodische Flurüberwässerungen stimulieren zudem das Auftreten der Krankheit. Somit stellt das neuartige Erlensterben für diesen forstlich wie touristisch bedeutsamen Landschaftsbereich ein ernst zu nehmendes Gefahrenpotenzial dar. Die Erlen-*Phytophthora* wurde im Spreewald erstmals im Jahr 1998 diagnostiziert. Inzwischen hat sich der Befall gravierend ausgeweitet. Wenngleich eine verlässliche Prognose des Krankheitsgeschehens gegenwärtig nicht möglich ist, muss befürchtet werden, dass sich der Erre-

ger unter solch günstigen Voraussetzungen epidemisch entwickelt.

Symptome der Krankheit

Die Kronen erkrankter Erlen weisen eine reduzierte, spärliche Belaubung auf. Meist sind die Blätter gelblich verfärbt und klein. Auffällig ist weiter ein ungewöhnlich starker Fruchtansatz, der die Stresssituation der Bäume signalisiert. Im fortgeschrittenen Stadium findet man auch abgestorbene Zweige und Äste. Ein wichtiges diagnostisches Merkmal der Erlen-*Phytophthora* ist das Auftreten schwarzbrauner Verfärbungen an der Stammbasis bzw. im unteren Stammbereich („exsudierende Rindennekrosen“). Diese schleimflussartigen Partien auf der Borke können fleckig, aber auch zungenförmig-ausgedehnt sein und bis in eine Stammhöhe von 3 m reichen. Erkrankte Bäume sind anfällig für andere Schaderreger. Auf dem nekrotischen Gewebe siedeln sich sekundär Wund- und Schwächeparasiten an, die zu einer Ausweitung des Schadgeschehens führen. Erlen mit ausgedehnten, stammumfassenden Nekrosen sterben meist binnen kurzer Zeit ab.

Die umfangreichen Untersuchungen von JUNG in Bayern haben gezeigt, dass *Phytophthora*-Ar-



Abb. 2: Symptome des neuartigen Erlensterbens (Biosphärenreservate Schorfheide-Chorin und Spree-wald) Fotos: P. HEYDECK, J. SCHUMACHER

ten auch an Baumschulpflanzen keineswegs selten vorkommen. Die Erlen-*Phytophthora* kann damit über Pflanzenmaterial in entfernte Gebiete verschleppt werden. So fand man in Neupflanzungen ohne Anschluss an Fließgewässer ebenfalls die Symptome der Krankheit. Da äußerlich wahrnehmbare Krankheitszeichen an jungen Erlen meist fehlen, wird die Infektion hier i. d. R. nicht erkannt. Zur laborativen Isolierung und Bestimmung des Erregers sind spezielle Arbeitstechniken und ein hohes Maß an Erfahrung erforderlich.

Von der Erlen-*Phytophthora* unbedingt abzugrenzen ist das seit langem bekannte „klassische“ Erlensterben, welches vor allem in der zweiten Hälfte des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts auftrat. Betroffen waren dabei ausschließlich jüngere (5- bis 20-jährige) Erlen in künstlich begründeten Beständen. Nach gutem Anwuchs stagnierte das Wachstum, es kam zu Fröhreife und vermehrtem Fruchtansatz. Das Absterben der Erlen erfolgte von den Wipfeln der Bäume (Zopftrocknis), nicht von der Stammbasis aus. Das klassische Erlensterben wurde von bestimmten Kleinpilzen begleitet. Meist etablierte sich auf abgestorbener Rinde der sog. „Erlenwipfelpilz“ (*Valsa oxystoma* REHM = *Cryptodiaporthe oxystoma* [REHM] Z. URBAN). Seine phytopathologische Bedeutung wurde früher

zweifelloos überschätzt. Die Ursachen des klassischen Erlensterbens sind überwiegend abiotischer bzw. komplexer Natur (herkunftsbedingte Standortsensibilität), siehe Kapitel STEIGLEDER/KÄTZEL „Zur Berücksichtigung des genetischen Potenzials ...“.

Gegenmaßnahmen

Da gegenwärtig noch nicht alle Verbreitungsmöglichkeiten der Erlen-*Phytophthora* vollständig geklärt sind, kann vorerst nur auf die allgemein bekannten Abwehrstrategien verwiesen werden. Hierzu zählen insbesondere folgende Methoden:

- Rückschnitt infizierter Erlen („Auf-den-Stock-Setzen“), – Stockausschläge bleiben lange Zeit gesund
- nur Pflanzenmaterial aus überprüften Baumschulquartieren verwenden (okulare Kontrollen reichen zur sicheren Beurteilung der Pflanzenbestände nicht aus!)
- Ersatz der Schwarz-Erle durch Esche, Moor-Birke, Weide und andere Baumarten (dabei Beachtung der standörtlichen Gegebenheiten)

Darüber hinaus konnte SCHUMACHER (2002) anhand von Untersuchungen zeigen, dass hinrei-

chend hohe Rabatten zum Schutz der Stammbasen vor Überwässerung das Risiko einer *Phytophthora*-Infektion erheblich reduzieren.

Eine direkte Bekämpfung des Krankheitserregers mit Hilfe von Pflanzenschutzmitteln steht nicht zur Diskussion, da die Anwendung von Fungiziden hier weder effektiv noch ökologisch vertretbar ist.

Wissenschaftliche Untersuchungen

Um das Risiko einer unkontrollierten Ausbreitung des Krankheitserregers zu bannen und größeren Schaden von der Region abzuwenden, werden auch in Brandenburg wissenschaftliche Untersuchungen zu der neuen Erlenkrankheit durchgeführt. Damit erhöhen sich die Chancen für die Einleitung gezielter Gegenmaßnahmen. Gleichzeitig erfolgt mit Hilfe der Forstverwaltung und anderer Institutionen eine Erfassung des Vorkommens der Erlen-*Phytophthora* im gesamten Land Brandenburg. Bei den gegenwärtigen Untersuchungen stehen folgende Aktivitäten im Mittelpunkt:

I. Bearbeitung eines vom Land Brandenburg finanzierten Projektes mit dem Titel:

„Ursachen, Verbreitung und zu erwartende Folgen des neuartigen Erlensterbens im Biosphärenreservat Spreewald“ (Bearbeiter: Dr. J. SCHUMACHER, Institut für Forstbotanik und Forstzoologie Tharandt der TU Dresden / Dendro-Institut Tharandt an der TU Dresden). Mit den Forschungsarbeiten wurde im September 2001 begonnen.

Im Rahmen dieses Projektes wurden folgende Schwerpunkte fixiert:

- Feststellung von Verbreitung und Intensität der neuartigen Erlenkrankheit im Spreewald (Erfassung der gegenwärtigen Ausbreitung und Dynamik der Krankheit, Bewertung des entstandenen und zukünftig zu erwartenden Schadausmaßes)
- Erforschung der Biologie und Ökologie der beteiligten Krankheitserreger
- Analyse prädisponierender Faktoren (Erhebung der begleitenden bzw. potenzierenden Umwelteinflüsse, Untersuchungen zum Einfluss anderer biotischer und abiotischer Faktoren)
- Ableitung geeigneter, praktikabler Gegenmaßnahmen (Möglichkeiten zur Vorbeugung und Eingrenzung der Epidemie)

Im Herbst 2002 wurde hierzu bereits ein Zwischenbericht vorgelegt (SCHUMACHER, 2002). Die Erlen-*Phytophthora*, so heißt es in der Dokumentation, befällt ohne Unterschied natürlich jüngste und gepflanzte Bestände. Daneben können auch andere *Phytophthora*-Arten gelegentlich an den Schäden beteiligt sein (z. B. *P. gonapodyides*, *P. citricola*, *P. megasperma*, *P. cambivora* und *P. cactorum*). Im Gegensatz zur Erlen-*Phytophthora* findet man die genannten Spezies aber überwiegend im Feinwurzelbereich der Bäume.

Aus dem Bericht wird weiter deutlich, dass sich die Erlen-*Phytophthora* im gesamten Spreewaldgebiet seit ihrer wissenschaftlichen Bestätigung im Jahr 1998 stark ausgebreitet hat. Der mittlere Anteil der Bäume mit typischen Krankheitssymptomen des neuartigen Erlensterbens betrug im Frühjahr 2002 auf repräsentativ ausgewählten Untersuchungsflächen 14,8 %. Alle bisher aus Rindenmaterial gewonnenen Isolate wurden als Standardform der Erlen-*Phytophthora* bestimmt (sehr virulent).

In dem Bericht wird auch auf die Gefahr einer Besiedelung der nekrotisierten Gewebepartien durch pilzliche Organismen hingewiesen. Bedeutung kommt hier vor allem den holzerstörenden Pilzarten zu (Weiß- und Braunfäuleerreger). In den Untersuchungsbeständen wurden auf primär durch *Phytophthora* infizierten Bereichen folgende stammbürtige Wund- und Schwächeparasiten festgestellt: *Inonotus radiatus* (Erlen-Schillerporling), *Pleurotus ostreatus* (Austern-Seitling), *Schizophyllum commune* (Spaltblättling), *Bjerkandera adusta* (Angebrannter Rauchporling), *Daedaleopsis confragosa* (Rötender Blätterwirrling), *Stereum hirsutum* (Striegeliger Schichtpilz), *Stereum rugosum* (Runzeliger Schichtpilz). Durch das Hinzutreten dieser fakultativen Parasiten vergrößert sich der entstandene Schaden noch wesentlich.

Der Bericht enthält eine Reihe bedeutungsvoller neuer Erkenntnisse, zum Beispiel zur jahreszeitlichen Aktivität und Befallsdynamik der Erlen-*Phytophthora*. So wurde nachgewiesen, dass in den Wintermonaten (bei Frost) keine Entwicklung des Krankheitserregers erfolgt. Isolierungsversuche blieben in den Monaten Januar, Februar und März ohne Erfolg. Das Myzel kann bei der Einwirkung niedriger Temperaturen teilweise oder völlig absterben. Nach einer beginnenden Aktivität im April wird die Entfaltung der Erlen-*Phytophthora* durch die Gegenreaktion des Baumes im Frühjahr dann wieder unterbunden (Mai, Juni). Die höchste Isolierungsrate wurde im Zeitraum von Juli bis nahezu Jahresende erzielt (Auftreten stärkerer Fröste). Eine Häufung zu milder Winter gestattet der Erlen-*Phytophthora* zusätzliche Entwicklungsmöglichkeiten.

Laborexperimente ergaben, dass sich die Erlen-*Phytophthora* noch bei pH-Werten von 6 bis 7 optimal zu reproduzieren vermag (zwischen 3,5 und 5,5 keine Sporangienbildung). Bei vielen anderen *Phytophthora* spp., so heißt es, liegt das Optimum für die Sporangienproduktion bei einem pH-Wert des Wassers oder Bodens zwischen 5 und 6 (unterste Grenze: 3,5). Die Messwerte im Fließwasser der Forstreviere Schützenhaus und Buchenhain lagen im Mai 2002 zwischen 7,9 und 8,2 bzw. in den Monaten Juni, Juli und August zwischen 7,1 und 7,5. Der Erreger hat sich offenbar an diese (höhere) Hydroniumkonzentration in den Gewässern angepasst.

Da die Erlen-*Phytophthora* auch mit Baumschulpflanzen verbreitet werden kann (s. o.), ordnete das Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung im Jahr 2001 ein vorübergehendes Pflanzverbot für Erlen in den brandenburgischen Wäldern an. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Erreger auch in Baumschulen des Landes Brandenburg vorkommt.

Als prophylaktische Empfehlungen für den Baumschulbetrieb führt SCHUMACHER (2002 a) vor allem an: Baumschulbeete nicht direkt mit Wasser aus offenen Gewässern versorgen (unbedenklich sind Grund- und Regenwasser); Nutzwasser von organischem Treibgut befreien (bzw. Feinfiltration) und Abdunkeln für mehrere Tage, hilfreich wäre auch eine Thermobehandlung; Beete nicht in unmittelbarer Ufernähe von Gewässern oder auf benachbarten überfluteten Partien anlegen; kein frisches Saatgut aussäen; bei Neuaussaat oder Verschulung Wechsel der Saatbeete gewährleisten („Rotation“, „Fruchtfolge“), alle ehemaligen Laubholzbeete meiden; Auffälligkeiten am Pflanzgut melden.

Es wurde der Frage nachgegangen, ob die Erlen-*Phytophthora* auch mit dem Saatgut (speziell durch solches aus der Wasserernte) übertragen werden kann (potenzielle Vektorfunktion). Der wissenschaftliche Nachweis eines solchen Zusammenhangs konnte bislang zwar noch nicht erbracht werden, jedoch waren Infektionsversuche unter Laborbedingungen erfolgreich. Erlensaatgut sollte deshalb vor der Aussaat mindestens einen Monat lang trocken gelagert werden.

Zur Bedeutung unterschiedlicher Wasserstände werden für das Spreewaldgebiet folgende Erkenntnisse formuliert:

- „Hohe Pegelstände vor allem in den Monaten April sowie Juli bis November führen, sofern dadurch eine Überschwemmung der Bestände bzw. Uferabschnitte verursacht wird, zu neuen Infektionen und damit zu einer Ausbreitung der Epidemie.

- Dagegen ist stehendes Wasser über dem Flurniveau relativ ungefährlich, solange kein Austausch mit sauerstoffreichem Fließwasser stattfindet oder zu einem zurückliegenden Zeitpunkt erfolgte.

- Häufige Hochwasserereignisse, insbesondere wenn sie nicht den natürlichen Jahresschwankungen (Periodizität) entsprechen, forcieren sowohl die allgemeine Ausbreitung der Krankheit als auch die Pathogenese am Einzelbaum.

- Episodische Überwässerungen können ebenfalls hohe Infektionsgrade in den Erlenbestockungen herbeiführen, wodurch zumeist ein chronischer Krankheitsprozess ausgelöst wird.

- Die Voraussetzung für eine Infektion ist bereits durch eine geringfügige Benetzung des Stammeslaufes mit dem Überflutungswasser gewährleistet, weshalb der Höhe des Wasserstandes darüber hinaus lediglich eine untergeordnete Rolle zukommt.“

II. Erfassung des Vorkommens der neuen Erlenkrankheit im gesamten Land Brandenburg unter maßgeblicher Mitwirkung folgender Institutionen:

- Forstdienststellen (Ämter für Forstwirtschaft und Bundesforstämter)
- Landesanstalt für Großschutzgebiete (Biosphärenreservate, insbes. Biosphärenwacht)
- Landesumweltamt
- Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft
- Wasserwirtschaftsbetriebe u. a.

Dieses Vorhaben wird fachlich und organisatorisch betreut durch die Landesforstanstalt Eberswalde (Abteilung Waldschutz) und die Technische Universität Dresden (Institut für Forstbotanik und Forstzoologie Tharandt).

Pilzliche Organismen

Krankheitserreger an Blüten

In dieser Kategorie ist lediglich die „Kätzchenkrankheit“ der Erle (Erreger: *Taphrina amentorum* [SADEB.] ROSTRUP) erwähnenswert. Der parasitisch lebende Pilz infiziert weibliche Kätzchen, vorwiegend der Grau-Erle (*Alnus incana*). Dadurch entstehen auffällige Deformationen (*Hypertrophien*) an Blütenständen (zungenförmige, intensiv rot gefärb-



Abb. 3: Symptome der „Kätzchenkrankheit“ an Grau-Erle (Kitzbüheler Alpen), Foto: P. HEYDECK

te Wucherungen an den Fruchtzapfen), vgl. BUTIN, 1996. Die Krankheit tritt bei uns nur selten auf, dagegen kommt sie im Alpenraum recht häufig vor. Der verursachte Schaden ist aber auch dort gering.

Blattkrankheiten

Kräuselkrankheit der Erle (Erreger: *Taphrina tosquetii* [WESTEND.] MAGNUS)

Der genannte Kleinpilz verursacht blasenförmige Auftreibungen und muschelartige Verkrümmungen an noch grünen Blättern sowie eine hypertrophische Verformung befallener Triebe (vgl. BUTIN, 1996). Zu Schäden kommt es gelegentlich an Jungpflanzen. Den Schwerpunkt bildet dabei die Pflanzenanzucht (Baumschulen), wo bei mehrmaligem Auftreten der Krankheit Gegenmaßnahmen erforderlich sein können (Fungizideinsatz).

Sonstige Blattparasiten

BRANDENBURGER (1985) sowie BUTIN (1996) führen neben *Taphrina tosquetii* noch folgende Pilzarten mit phytoparasitischem Potenzial auf Erleblättern an:

- *Apiognomonia alniella* (P. KARST.) HÖHN.
- *Asteroma alneum* (PERS.: FR.) SUTTON (Teleomorphe: *Gnomoniella tubaeformis* [TODE: FR.] SACC.)
- *Asteroma alni* ALLESCH.
- *Cercospora bacilligera* (BERK. & BR.) WR.

- *Cladosporium alnicola* BUB. & VLEUG.
- *Marssonina alni* KARAK.
- *Melampsorium betulinum* (PERS.) KLEB.
- *Melampsorium hiratsukanum* ITO
- *Microsphaera penicillata* (WALLR.: FR.) LÉV.
- *Monilia foliicola* WORON.
- *Monostichella alni* (ELLIS & EV.) ARX
- *Passalora alni* (CHUPP & GREENE) DEIGHTON
- *Passalora bacilligera* (MONT. & FR.) MONT. & FR.
- *Passalora microsperma* FCKL.
- *Phloeospora borealis* LIND. & VLEUG.
- *Phyllactinia guttata* (WALLR.: FR.) LÉV.
- *Phyllosticta alnea* OUD.
- *Phyllosticta alnicola* MASSAL.
- *Phyllosticta alnigena* THÜM.
- *Phyllosticta alni-glutinosae* P. SYD.
- *Ramularia alnicola* CKE.
- *Septoria alni* SACC.
- *Septoria alnigena* SACC.
- *Septoria carisolensis* KAB. & BUB.
- *Sporidesmium wroblewskii* (BUB.) M. B. ELL.
- *Taphrina epiphylla* (SADEB.) SACC.
- *Taphrina viridis* SADEB. ex MAIRE
- *Venturia alnea* (FR.) E. MÜLLER

Die phytopathologische Bedeutung der genannten Spezies ist meist gering (nur gelegentliches bzw. lokales Auftreten). Neben pilzlichen Pathogenen können auch *Mykoplasmen* als Krankheitserreger an Blättern von Erle vorkommen.

Trieberkrankungen

Der bereits bei den Blattkrankheiten behandelte Schlauchpilz *Taphrina tosquinetii* (WESTEND.) MAGNUS kann auch hypertrophische Verformungen an Trieben verursachen (BUTIN, 1996).

Hinzuweisen wäre außerdem noch auf die Kleinpilze *Cryptodiaporthe oxystoma* (REHM) Z. URBAN (= *Valsa oxystoma* REHM) und *Melanconium* sp.; sie können unter bestimmten Voraussetzungen (meist Wassermangel) geschwächte Erlen infizieren.

Rindenschäden

Als Erreger von Rindennekrosen und Krebs kommt an Ästen und Stämmen, vor allem bei Rot-Buche, seltener auch auf anderen Laubbäumen, der Schlauchpilz *Nectria ditissima* TUL. & C. TUL. (Anam.: *Cylindrocarpon willkommii* [LINDAU] WOLLENW.) vor, vgl. BUTIN, 1996. Die Krankheit ist durch eine langjährige Wirt-Parasit-Interaktion gekennzeichnet (Pilzangriff und Überwallung wechseln periodisch ab).

BRANDENBURGER (1985) gibt für die Gattung *Alnus* noch weitere *Nectria*-Arten an: *N. cinnabarina* (TODE: FR.) FR. (Anam.: *Tubercularia vulgaris* TODE: FR.), *N. coccinea* (PERS.: FR.) FR. (Anam.: *Cylindrocarpon candidum* [LINK] WOLLENW.), *N. galligena* BRES. (Anam.: *Cylindrocarpon heteronema* [BERK. & BR.] WOLLENW.).

Wurzel- und Stammfäuleerreger

Armillaria mellea sensu lato, Hallimasch (im weiteren Sinne)

Zu den an Erle vorkommenden Schaderregern gehören auch Hallimasch-Arten. Vertreter der Gattung *Armillaria* sind wurzelbürtige Schwäche-, z. T. auch Primärparasiten und erregen im besiedelten Holz Weißfäule (NIERHAUS-WUNDERWALD, 1994). Sie können das Kambium der Bäume angreifen und abtöten. SCHUMACHER et al. (2001) berichten über die erfolgreiche Isolierung von *A. mellea* aus Bohrkernen, die lebenden Erlen entnommen wurden. Häufig findet man die Fruchtkörper auch auf totem Holz, z. B. an Stubben.

Armillaria spp. gehören zu den bedeutendsten pilzlichen Schaderregern und konnten bereits an über 600 verschiedenen Gehölzarten festgestellt werden (SCHWARZE et al., 1999). Besonders die Spezies *Armillaria ostoyae* (ROMAGNESI) HERINK (Dunkler Hallimasch) und *Armillaria mellea* (VAHL:

FR.) KUMMER (Honiggelber Hallimasch) verursachen forstwirtschaftlich relevante Schäden.

Ausgehend von abgestorbenem Holz (z. B. Stubben) dringen die im Boden befindlichen Hallimasch-Rhizomorphen in den Wurzelbereich lebender Bäume vor. Erlen mit herabgesetzter Vitalität werden vorzugsweise infiziert. Die in Hut und Stiel gegliederten Fruchtkörper erscheinen im Spätherbst.

Bjerkandera adusta (WILLD.: FR.) P. KARST., Angebrannter Rauchporling

B. adusta lebt vorwiegend als Saprophyt an Stubben, abgestorbenen Stämmen und Ästen von Laubbäumen (Weißfäuleerreger). Der Angebrannte Rauchporling gehört zu den häufigsten Pilzarten. Gelegentlich tritt er auch als Wund- bzw. Schwächeparasit in Erscheinung (KREISEL, 1961; JAHN, 1990). An Erlen kann *B. adusta* sogar von lokaler Bedeutung sein (vgl. SCHUMACHER et al., 2001). Ferner besiedelt der Pilz auch Nadelholz. Die Fruchtkörper sind dünn und überwiegend grau gefärbt, die Ränder erscheinen wie versengt.

Daedaleopsis confragosa (BOLTON: FR.) SCHROETER, Rötender Blätterwirrling

Der Pilz lebt zwar überwiegend saprophytisch, kann unter gewissen Voraussetzungen aber auch parasitische Fähigkeiten entwickeln (vgl. KREISEL, 1961). Der Weißfäuleerreger kommt an Laubholz vor (besonders *Salix*, *Alnus* und *Betula*). Oft findet man ihn an feuchten Standorten (z. B. in Flussauen und Erlenbruchwäldern). Die halbkreisförmigen Fruchtkörper zeigen eine sehr variable Hymenophorstruktur (länglich porenförmig, lamellig, labyrinthisch); Fruchtschicht auf Druck weinrot verfärbend.

Fomes fomentarius (L.: FR.) FR., Echter Zunderschwamm

Der Zunderschwamm ist ein häufig vorkommender Schwächeparasit und Saprophyt (JAHN, 1990; BUTIN, 1996; SCHWARZE et al., 1999). Bevorzugt befallen werden beschädigte alte sowie unterdrückt stehende jüngere Laubbäume. Forstwirtschaftlich relevante Schäden durch Weißfäule verursacht der Pilz überwiegend in Buchenbeständen (*Fagus sylvatica*). Nicht selten findet man ihn auch an Birken, ferner auf weiteren Laubgehölzen (darunter *Alnus*). *F. fomentarius* dringt über Nekrosewunden oder Astabbrüche in das Stammholz ein.

Erscheinen an einem Baum die konsolenförmigen, mehrjährigen, grauen Fruchtkörper des Pilzes, dann hat die Fäule bereits große Teile des Stammes erfasst (hohe Bruchgefahr).

Fomitopsis pinicola (SWARTZ: FR.) P. KARST., Rotrandiger Baumschwamm

F. pinicola lebt überwiegend saprophytisch an abgestorbenen Stämmen sowie an Stubben. Gelegentlich kann der Pilz auch als Wund- bzw. Schwächeparasit auf vorgeschädigten Bäumen in Erscheinung treten (JAHN, 1990; SCHWARZE et al., 1999). Der Rotrandige Baumschwamm besiedelt Nadel- und Laubgehölze, im Gebirge überwiegend *Picea* („Fichtenporling“), sonst *Fagus*, *Betula*, *Alnus*, *Pinus*, *Abies* u. a.

F. pinicola verursacht Braunfäule; das besiedelte Holz wird brüchig, bekommt Risse und zerfällt würfelförmig. Die Oberseite der konsolenförmigen, mehrjährigen Fruchtkörper ist mit einer harzartigen Kruste bedeckt. Der Rand weist eine orangegelbe bis rote Färbung auf.

Ganoderma lipsiense (BATSCH) ATK., Flacher Lackporling

G. lipsiense ist ein häufig vorkommender Saprophyt. Man findet den Pilz meist an Laubholz (besonders *Fagus*, ferner *Alnus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Populus*, *Tilia* u. a.). Nadelholz besiedelt der Weißfäuleerreger hingegen nur sehr selten. Auf vorgeschädigten Bäumen lebt er gelegentlich als Schwächeparasit (vgl. KREISEL, 1961; SCHWARZE et al., 1999). Die flach-konsolenförmigen, mehrjährigen Fruchtkörper sind oberseits grau- bis rostbraun gefärbt, Zuwachsrand und Poren hingegen weiß.

Ganoderma lucidum (CURTIS: FR.) P. KARST., Glänzender Lackporling

G. lucidum kommt als Schwächeparasit im Wurzel- bzw. Stammbasisbereich verschiedener Laubbäume vor (vgl. KREISEL, 1961). Man findet den Weißfäuleerreger auch saprophytisch an abgestorbenen Stämmen und Stubben. Der Glänzende Lackporling besiedelt *Alnus*, *Betula*, *Fagus*, *Quercus*, *Carpinus* u. a. Laubgehölze, selten auch Koniferen (doch nicht *Abies*). In Erlenbruchwäldern trifft man gelegentlich auf ihn. Die halbkreis- bis fächerförmigen, seitlich gestielten Fruchtkörper bilden sich meist an der Stammbasis oder über Wurzeln. Hut und Stiel sind mit einer glänzenden braunroten Lackschicht bedeckt.

Heterobasidion annosum (FR.) BREF., Wurzelschwamm

Der Wurzelschwamm gilt in den Wäldern der nördlich gemäßigten Klimazone als bedeutendster pilzlicher Schaderreger (vgl. SCHMIDT, 1994; BUTIN, 1996; WOODWARD et al., 1998). Er kommt als wurzelbürtiger Schwächeparasit auf zahlreichen Nadelbäumen vor, ferner auch an Laub-

gehölzen (breites Wirtsspektrum). Nach SCHWARZE et al. (1999) kennt man ca. 200 verschiedene Wirte. Forstwirtschaftlich fühlbare Schäden verursacht der genannte Pilz besonders an Fichte („Rotfäule“) und Kiefer („Ackersterbe“). Die Schädigung an Laubbäumen ist deutlich geringer. Der Chemismus des Holzabbaus entspricht einer Weißfäule.

Auch im nordostdeutschen Tiefland verursacht der Wurzelschwamm gravierende Schäden (HEYDECK, 2000). SCHUMACHER et al. (2001) isolierten *H. annosum* aus dem Holz einer lebenden Schwarz-Erle. Die konsolen- oder krustenförmigen, mehrjährigen Fruchtkörper zeigen oberseits braune Farbtöne. Zuwachskante und Poren sind hingegen weißlich gefärbt.

Inonotus obliquus (PERS.: FR.) PIL., Schiefer Schillerporling

I. obliquus lebt überwiegend parasitisch, meist an *Betula*, seltener auf anderen Laubbäumen (darunter *Alnus* spp.). Der Pilz erregt im besiedelten Holz Weißfäule und kann befallene Stämme abtöten (KREISEL, 1961; RYPÁČEK, 1966; JAHN, 1990). Gelegentlich findet man ihn auch auf abgestorbenen Bäumen. Der Schiefe Schillerporling zählt zu den häufigsten und bedeutendsten Holzparasiten an Schwarz-Erle (vgl. SCHUMACHER et al., 2001). Meist trifft man nur die imperfekten Fruchtkörper des Pilzes an (knollenförmige, holzharte, schwarz gefärbte, rissig-zerklüftete Gebilde).

Inonotus radiatus (SOW.: FR.) P. KARST., Erlen-Schillerporling

Der Erlen-Schillerporling ist ein weit verbreiteter Wund- und Schwächeparasit an vorgeschädigten Erlen (auch Saprophyt auf totem Holz). Man findet den Pilz in jedem Erlenbruchwald (JAHN, 1990). In manchen Beständen tritt der Weißfäuleerreger nahezu epidemisch auf. Oft werden seine Fruchtkörper an Stämmen, die von der Erlen-*Phytophthora* infiziert sind, beobachtet. *I. radiatus* scheint sich dabei in einem frühen Stadium des Befalls zu etablieren. Der Pilz zählt zur Gruppe der häufigsten und bedeutendsten Holzparasiten sowie Fäuleerreger an Schwarz-Erle (SCHUMACHER et al., 2001). Befallene Stämme brechen leicht um. Die eng dachziegelig wachsenden Fruchtkörper sind jung oberseits lebhaft gelborange, rostgelb oder rostrot gefärbt (Abb. 4).

Pholiota aurivella (BATSCH: FR.) KUMM., Hochthronender Schüppling

Auch der Hochthronende Schüppling gehört zu den phytopathologisch wichtigsten Holzparasiten bzw. Fäuleerregern an Schwarz-Erle (vgl. SCHUMACHER et al., 2001). Der Pilz ist ein häufiger



Abb. 4: Fruchtkörper des Erlen-Schillerporlings (*Inonotus radiatus*) am Stamm einer Schwarz-Erle (Eberswalder Raum), Foto: P. HEYDECK

Wund- bzw. Schwächeparasit auf vorgeschädigten Laubbäumen (*Fagus*, *Betula*, *Alnus*, *Acer*, *Malus* u. a.). Er lebt aber auch saprophytisch (auf abgestorbenem Substrat). *P. aurivella* erregt Weißfäule, die zu Stamm- und Kronenbrüchen führt. Die in Hut und Stiel gegliederten, auffällig goldgelb gefärbten Fruchtkörper erscheinen büschelig am Stamm. Auf der Hutunterseite findet man gelbbraunliche Lamellen.

***Pholiota squarrosa* (MÜLL.: FR.) KUMM.,
Sparriger Schüppling**

Der Blätterpilz kommt als Wundparasit und Saprophyt auf zahlreichen Laub- und Nadelbäumen vor (z. B. *Fraxinus*, *Fagus*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Robinia*, *Tilia*, *Picea*, *Tsuga*, hingegen nicht an *Pinus*). Er verursacht Weißfäule im Wurzel- und Stammbasisbereich (KREISEL, 1961; SCHWARZE et al., 1999). Die strohgelblich gefärbten Fruchtkörper erscheinen büschelig an der Stammbasis. Hüte und Stiele sind mit sparrig abstehenden Schuppen bedeckt.

***Pleurotus ostreatus* (JACQ.: FR.) KUMM.,
Austern-Seitling**

P. ostreatus lebt als Wundparasit auf lebenden Bäumen und als Saprophyt an toten Stämmen bzw. Stubben (BUTIN, 1996). Der Weißfäuleerreger dringt hauptsächlich über vorgeschädigte bzw. verletzte Rindenpartien in den Holzkörper ein. Man findet den Pilz auf zahlreichen Laubbäumen, nur selten an Nadelgehölzen. Die büschelig vorkommenden, muschelförmigen, blaugrau gefärbten

Fruchtkörper sind exzentrisch gestielt; Hutunterseite mit weißen Lamellen.

***Schizophyllum commune* FR.: FR.,
Spaltblätling**

S. commune ist ein saprophytischer Erstbesiedler von Laub-, seltener auch Nadelholz. Der häufige Pilz lebt als Weißfäuleerreger an gebrochenen oder gefällten Stämmen, frischen Stubben oder im Bestand verbliebenen Holzresten (vor allem *Fagus*, *Quercus*, *Alnus* und *Tilia*). Bisweilen erscheint er auch als Wundparasit auf lebenden, vorgeschädigten Laubbäumen. Der Spaltblätling bevorzugt besonnte Partien (vgl. JAHN, 1990; SCHMIDT, 1994). Die relativ kleinen, muschel- bis fächerartigen, grau gefärbten, oberseits wollig-filzigen Fruchtkörper sitzen dem Holz seitlich an. Auf der Unterseite erkennt man scheinbar gespaltene „Lamellen“.

***Stereum hirsutum* (WILLD.: FR.) S. F. GRAY,
Striegeliger Schichtpilz**

Der Striegelige Schichtpilz kommt als Saprophyt auf Laub-, seltener auch an Nadelholz, vor (Erstbesiedler von frisch abgestorbenen, noch stehenden, gebrochenen oder bereits gefällten Stämmen, ebenso an Stubben). Man findet den Pilz regelmäßig an *Quercus*, doch auch auf *Fagus*, *Betula*, *Alnus* und zahlreichen anderen Baumgattungen (vgl. KREISEL, 1961; JAHN, 1990). *S. hirsutum* ist der verbreitetste Schichtpilz. Er verursacht Weißfäule im Splintholz. Seltener infiziert er als Wundfäuleerreger verletzte Bäume, vgl. RYPÁ-

ČEK (1966). Die relativ dünnen, fächer- oder muschelförmigen Fruchtkörper sind oberseits deutlich behaart (striegelig-zottig). Auf der frisch lebhaft orangegelb gefärbten Unterseite findet man keine Poren (Fruchtschicht glatt).

***Stereum rugosum* (PERS.: FR.) FR.,
Runzeliger Schichtpilz**

Der Runzelige Schichtpilz ist ein sehr häufig vorkommender Saprophyt an Laubholz (z. B. *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Padus*, *Betula*, *Alnus*, *Salix*). Er besiedelt stehende und liegende Stämme sowie Stubben und erregt im Holz Weißfäule. Auf *Quercus* spp. kommt er auch als Rindenparasit vor („*Stereum*-Krebs“); besonders anfällig ist *Quercus rubra*. Der Pilz verursacht dort lokale Kambiumschäden und Stammdeformationen (BUTIN, 1996). Gelegentlich findet man *S. rugosum* auch an vorgeschädigten Erlen (als Schwächeparasit). Die krustenförmigen Fruchtkörper sind blass ockerlich gefärbt (Fruchtschicht glatt oder etwas runzelig, bei Verletzung rötlich verfärbend).

***Trametes hirsuta* (WULF.: FR.) PIL.,
Striegelige Tramete**

Trametes hirsuta ist ein Saprophyt an noch frischen Stubben, gebrochenen Stämmen und liegenden Ästen zahlreicher Laubgehölze (Weißfäuleerreger), vgl. JAHN (1990). Daneben tritt der Pilz auch als Schwächeparasit bzw. Wundfäuleerreger an vorgeschädigten Bäumen auf. Die Striegelige Tramete kommt meist an lichten Stellen im Bestand vor. Die Fruchtkörper sind halbkreis- bis fächerartig geformt, oberseits graugelblich bis grau-bräunlich gefärbt, steifhaarig-borstig und konzentrisch gezont. Auf der Unterseite erkennt man runde Poren.

Weitere holzerstörende Pilzarten

Neben den angeführten Vertretern können gelegentlich weitere Spezies schädigend an Erlen vorkommen. Beispiele dafür sind *Flammulina velutipes* (CURTIS: FR.) SINGER (Winterrübling), *Laetiporus sulphureus* (BULL.: FR.) MURRILL (Schwefelporling) und *Schizopora paradoxa* s. l. (Veränderlicher Spaltporling).

Literatur

BRANDENBURGER, W. (1985): Parasitische Pilze an Gefäßpflanzen in Europa. – Stuttgart, New York: Fischer.

BRASIER, C. M.; ROSE, J.; GIBBS, J. N. (1995): An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Britain. – Plant Pathology 44 (1995), 999–1007.

BRASIER, C. M.; COOKE, D. E. L.; DUNCAN, J. M. (1999): Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96 (1999), 5878–5883.

BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 3. Aufl. – Stuttgart, New York: Thieme.

CECH, T. (2002): *Phytophthora*-Erlensterben – Situation 2001. – Internet: <http://fbva.forvie.ac.at/400/1511.html>

HARTMANN, G. (1995): Wurzelhalsfäule der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) – eine bisher unbekannte Pilzkrankheit durch *Phytophthora cambivora*. – Forst und Holz 50 (1995), 555–557.

HEYDECK, P. (2000): Bedeutung des Wurzelschwammes im nordostdeutschen Tiefland. – AFZ/Der Wald 55 (2000) 14, 742–744.

JAHN, H. (1990): Pilze an Bäumen. 2. Aufl. (Bearb.: H. Reinartz, M. Schlag). – Berlin, Hannover: Patzer.

JUNG, T.; BLASCHKE, M. (2001): *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule der Erlen. – Freising: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Merkblatt Nr. 6.

JUNG, T.; SCHLENZIG, A.; BLASCHKE, M.; ADOLF, B.; ORWALD, W. (2000): Erlensterben durch *Phytophthora*. Droht Bayerns Erlen eine Epidemie? – LWF aktuell 24.

KREISEL, H. (1961): Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands. – Jena: Fischer.

NIERHAUS-WUNDERWALD, D. (1994): Die Hallimasch-Arten. Biologie und vorbeugende Maßnahmen. – Wald und Holz 75 (1994), 8–14.

RYPÁČEK, V. (1966): Biologie holzerstörender Pilze. – Jena: Fischer.

SCHMIDT, O. (1994): Holz- und Baumpilze. Biologie, Schäden, Schutz, Nutzen. – Berlin, Heidelberg: Springer.

SCHUMACHER, J. (2002 a): Neuartiges Erlensterben im Biosphärenreservat Spreewald (Ursachen, Verbreitung, Folgen und Gegenmaßnahmen). – Jahresbericht; Dendro-Institut Tharandt an der Technischen Universität Dresden (Institut für Dendrochronologie, Baumpflege und Gehölzmanagement Tharandt e. V.).

SCHUMACHER, J. (2002 b): Untersuchungen über den Gesundheitszustand der Schwarz-Erle (*Al-*

- nus glutinosa* [L.] GAERTN.) im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft – Erhebung und Ursachenanalyse biotischer Schadfaktoren. Diss., Techn. Univ. Dresden. – Stuttgart: Ulmer.
- SCHUMACHER, J.; HEYDECK, P.; ROLOFF, A. (2001): Lignicole Pilze an Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) – welche Arten sind bedeutsame Fäuleerreger? – Forstw. Cbl. 120 (2001), 8–17.
- SCHWARZE, F. W. M. R.; ENGELS, J.; MATTHECK, C. (1999): Holzzersetzende Pilze in Bäumen. Strategien der Holzzersetzung. – Freiburg i. B.: Rombach.
- WERRES, S. (1998): Mikroorganismen aus der Gattung *Phytophthora*: Erlensterben. – AFZ/ Der Wald 53 (1998), 548–549.
- WERRES, S. (2000): Neuartiges Erlensterben durch *Phytophthora*-Arten. – 4. Jahrbuch der Baumpflege, 212–216.
- WOODWARD, S.; STENLID, J.; KARJALAINEN, R.; HÜTTERMANN, A. (Hrsg.), 1998: *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. – Wallingford, New York: CAB International.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Paul Heydeck
Landesforstanstalt Eberswalde
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde

Die Verbreitung der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) in den Wäldern Brandenburgs

Einleitung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Analyse zur Verbreitung der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* L.) in Brandenburgs Wäldern. Es wird eine Darstellung ihrer Vergesellschaftung in unterschiedlichen Waldgesellschaften (Beständen) vorgenommen. Weiterhin wird ihre Verteilung untersucht bezogen auf die verschiedenen Eigentumsarten sowie ihre Alters- und Vorratsstruktur. Die ökologischen Verhältnisse werden anhand standortkundlicher Daten betrachtet.

Grundlage für die nachfolgenden Auswertungen bildet das Waldverzeichnis (Teil Datenspeicher Wald) der Landesforstverwaltung zum Stichtag 1. Januar 2002. Zu diesem Zeitpunkt repräsentiert der Datenspeicher ca. 87 % der bestockten Holzbodenfläche des Landes Brandenburg.

Tab. 1: Flächenverteilung der Schwarz-Erle gegliedert nach Bestandestypengruppen und Bestandesschichten

Bestandestypengruppe	Fläche in ha			
	Oberstand	Überhalt	Zwischenstand	Unterstand
Schwarz-Erlen	15 209	10	1	47
Schwarz-Erlen-Birken	2 914	-	-	8
Schwarz-Erlen-Edellaubbäume	1 412	-	-	-
Weichlaubebäume-Schwarz-Erlen	1 016	-	11	74
Eichen-Schwarz-Erlen	427	5	-	10
Hartlaubebäume-Schwarz-Erlen	380	1	-	2
Buchen-Schwarz-Erlen	47	1	-	1
Nadelbäume-Schwarz-Erlen	211	2	2	10
Sonstige	138	-	-	1
Gesamtfläche	21 754	19	14	153

Fehlende Datengrundlagen betreffen hauptsächlich Informationen zu den Wäldern im Eigentum der Bundesforstverwaltung. Allerdings kann vorausgesetzt werden, dass auf diesen Flächen die Schwarz-Erle eine deutlich untergeordnete Rolle spielt und somit die nachfolgende Analyse bezogen auf das Bundesland Brandenburg nur geringen Ungenauigkeiten unterliegt.

Aussagen zu Vorkommen und Verteilung der Schwarz-Erle

Bestandesstrukturen und Eigentumsstruktur

Die nachgewiesene Gesamtfläche der Schwarz-Erle beträgt 21.940 ha. Eine erste Übersicht dazu vermittelt Tabelle 1. Darin wird eine Unterteilung entsprechend der üblichen vertikalen Gliederung im Waldgefüge nach Oberstand (Hauptbestand), Überhalt, Zwischenstand und Unterstand vorgenommen. Gleichzeitig wird die Vergesellschaftung der Schwarz-Erle anhand von Bestan-

destypengruppen mit anderen Baumarten untersucht. Deutlich sichtbar ist, dass Überhalt, Zwischenstand und Unterstand nur eine marginale Rolle in der Flächenausstattung spielen. Daher wird bei allen weiteren Analysen auf eine Berücksichtigung dieser Bestandesschichten verzichtet und nur die nachgewiesene Oberstandsfläche für Berechnungen zu Grunde gelegt.

Auch für Schwarz-Erlen typische Waldbewirtschaftungsformen (Betriebsarten), wie Nieder- und Mittelwald, finden keine weitere Betrachtung, da sie gemeinsam lediglich mit einer Flächenausprägung von 120 ha vorkommen.

Bezogen auf die gesamte erfasste Holzbodenfläche des Landes Brandenburg nimmt die Schwarz-Erle einen Anteil von ca. 2,4 % ein. Sie ist damit nach der Birke, den heimischen Eichenarten und der Rotbuche die Laubbaumart mit dem höchsten absoluten Flächenanteil.

Die Schwarz-Erlen-Wälder werden überwiegend durch einschichtige Reinbestände repräsentiert. Wie in Abbildung 1 dargestellt, nehmen sie 70 % der Fläche aller nachgewiesenen Bestandestypen mit Schwarz-Erlen-Anteilen ein. Weiterhin kommt die Schwarz-Erle auf 20 % ihrer Verbreitungsfläche als Hauptbaumart in Mischung mit Birken (13 %) bzw. anderen Edellaubhölzern (7 %) vor. Mit nur 10 % ihres Flächenanteils spielt sie als beigemischte Nebenbaumart in anderen Bestandestypen eine bescheidene Rolle. Somit kann festgestellt werden, dass alle nachfolgenden Darstellungen und statistischen Kennwerte im Wesentlichen

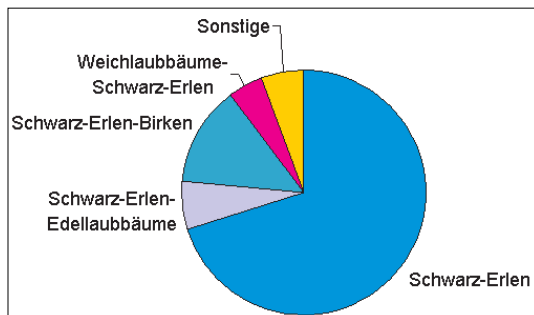


Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Bestandestypengruppen mit Anteilen der Baumart Schwarz-Erle

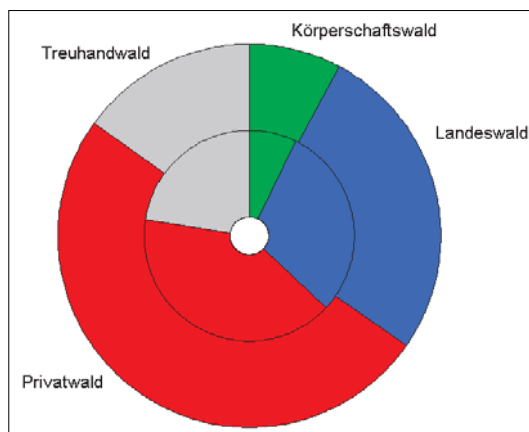


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der Flächenanteile aller Baumarten (äußerer Ring) und der Schwarz-Erle (innerer Ring) entsprechend dem Waldeigentum in Brandenburg

durch den Bestandeszustandstyp Schwarz-Erlen-Hochwald nachhaltig geprägt sind.

Eine Übersicht zum Vorkommen der Schwarz-Erle in den unterschiedlichen Eigentumsarten gibt Abbildung 2. Genauer ist ihre Verteilung in den Ämtern für Forstwirtschaft des Landes Brandenburg nachvollziehbar in der nachfolgenden Kartendarstellung

Tab. 2: Verteilung der Schwarz-Erle (Fläche des Oberstandes) nach Altersbereichen auf unterschiedliche Eigentumsarten

Eigentumsart	Altersbereich in Jahren Fläche in %				Fläche ha
	0–39	40–79	80–119	>120	
Landeswald	30	36	29	5	6.493
Körperschaftswald	17	46	36	1	1.573
Privatwald	18	65	15	2	8.775
Treuhandwald	14	64	19	2	4.913

lung (Abb. 3). Demnach stocken in den Ämtern für Forstwirtschaft Kyritz, Templin und Lübben jeweils mehr als 10 % der Schwarz-Erlen-Gesamtfläche, während in den Ämtern für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain und Peitz dieser Anteil jeweils unter 5 % liegt.

Analysiert man die Verteilung der Schwarz-Erle nach ihrer Eigentümerzuordnung im Vergleich zur gesamten Holzbodenfläche des Landes Brandenburg, spiegelt sich eine relativ ausgeglichene Verteilung wider (Abb. 2). Ihre Verbreitung im Bereich des Landeswaldes ist allerdings etwas stärker ausgeprägt, wenn man in der Betrachtung den Treuhandwald gewissermaßen dem Privatwald zuordnet.

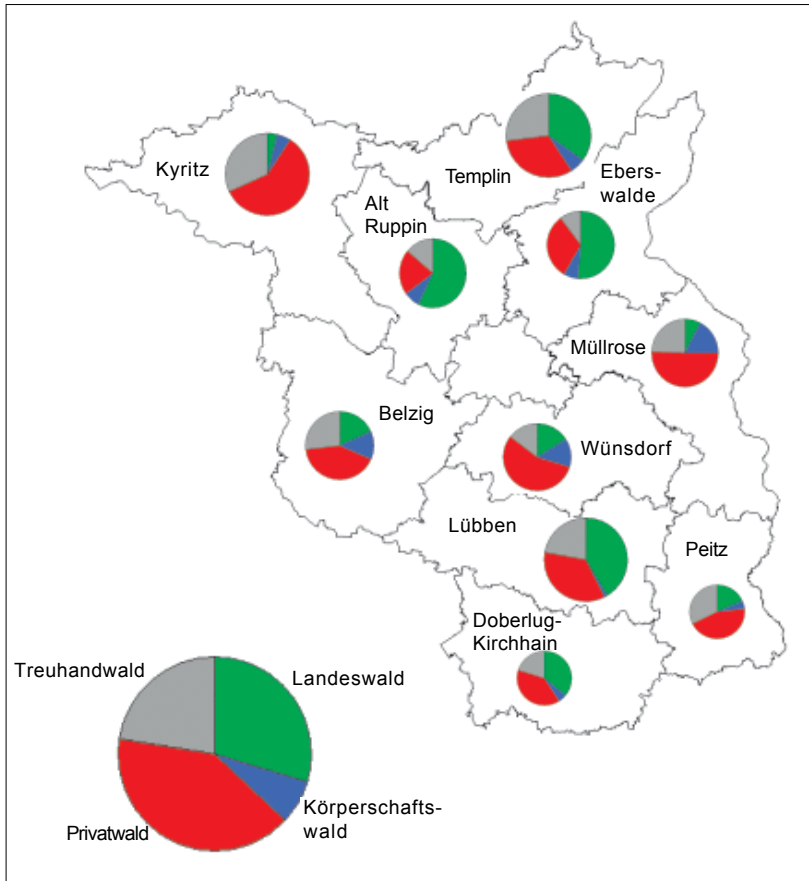


Abb. 3: Prozentuale Flächenanteile der Schwarz-Erle nach Eigentumsarten in den Ämtern für Forstwirtschaft (Kreisgröße widerspiegelt absolute Flächen: groß = 2500 bis 5000 ha, mittel = 1000 bis 2499 ha, klein = < 1000 ha)

Bei der Flächenverteilung der Schwarz-Erle bezogen auf ihre Altersstruktur in den Eigentumsarten fällt auf, dass eine relativ gleichmäßige Verteilung nur im Landeswald vorhanden ist (Tabelle 2). Im Privat- und Treuhandwald gibt es deutliche Überausstattungen im Altersbereich von 40 bis 79 Jahren. Im Körperschaftswald ist ein erhebliches Potenzial an über 80-jährigen Beständen vorhanden.

Alters- und Vorratsstruktur

Ein deutlicher Gipfel ist in der Flächenausstattung der um ca. 1940 angelegten, heute 60- bis 69-jährigen Bestände zu erkennen, in denen rund 18 % der Erlenbestände und 22 % des Gesamtvorrates stocken. Der Gesamtvorrat über alle Altersstufen beträgt ca. 5,5 Mio. Vfm, dies

entspricht 254 Vfm je ha.

Geht man von der vorliegenden Struktur entsprechend nachfolgender Abbildung 4 aus, zeigt sich, dass die Schwarz-Erle in den nächsten Jahrzehnten über ein erhebliches Nutzungspotenzial verfügt. Dabei sind allerdings einschränkende Faktoren zu beachten, wodurch die technologischen Möglichkeiten der Holzernte begrenzt werden, wie z. B. die Bodeneigenschaften.

Naturräumliche und standortkundliche Einordnung

Die forstlichen Naturräume werden in Wachstumsgebiete unterteilt. Diese repräsentieren waldökologische Großlandschaften, die sich an gebräuchlichen geografischen Landschaftsbezeichnungen

anlehnen. In der nachfolgenden Kartenabbildung 5 ist das Vorkommen geschlossener Schwarz-Erlenbestände in einer Betrachtung für die Wuchs-

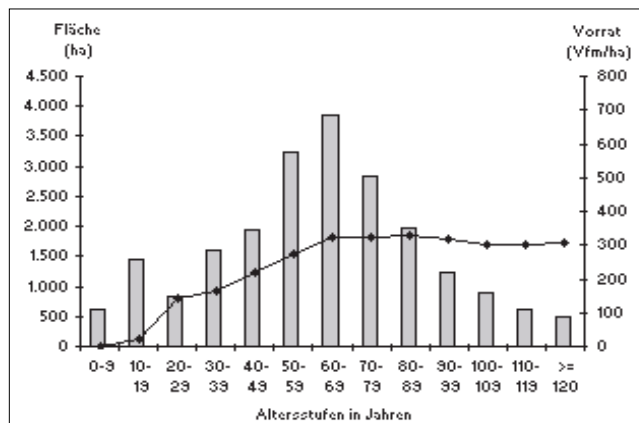


Abb. 4: Alter- und Vorratsstruktur der Schwarz-Erle gegliedert nach Altersstufen

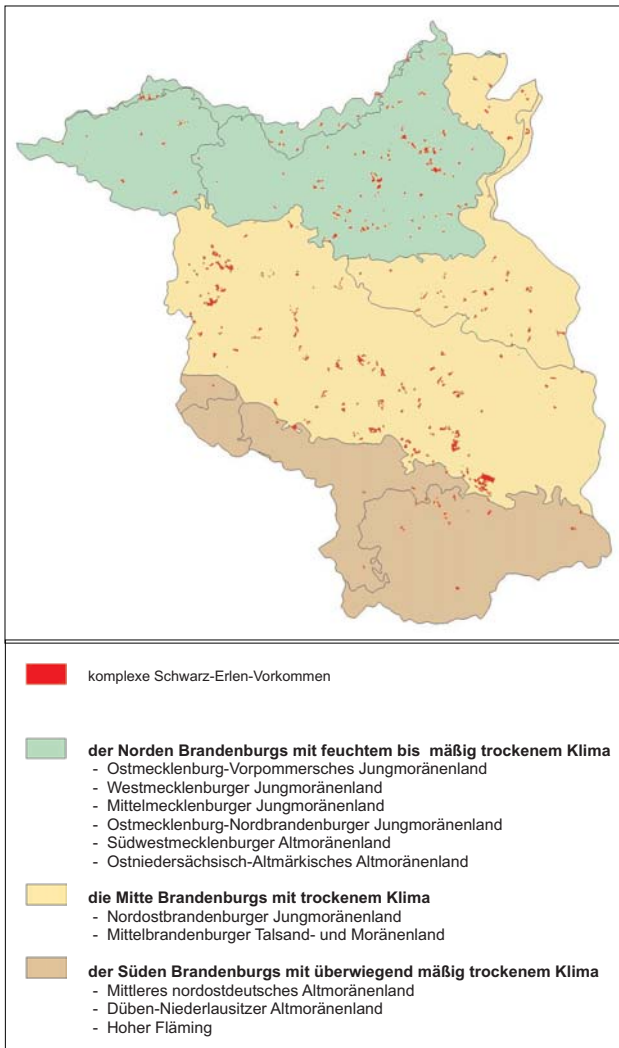
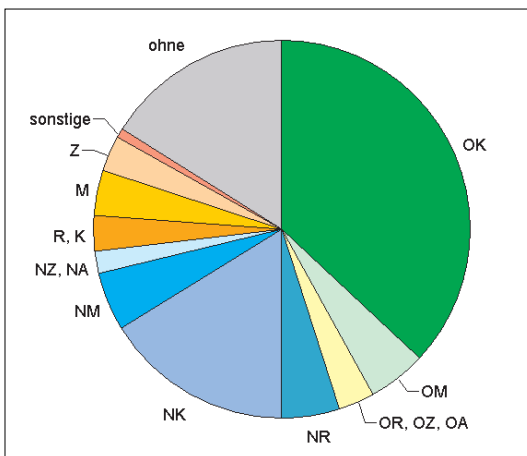


Abb. 5: Verteilung komplexer Schwarz-Erlen-Bestände im Land Brandenburg unter Berücksichtigung der Wuchsgebietsgrenzen



gebiete im Norden, die Mitte sowie im Süden Brandenburgs dargestellt.

Wie für die Schwarz-Erle zu erwarten, lässt das Kartenbild keine deutlich sichtbaren Unterschiede erkennen. Entsprechend ihren Standortsansprüchen kommt sie konzentriert in den Niederungs- (Urstromtäler) und Seengebieten vor. Auch eine Analyse der die Wuchsgebiete bildenden regional forstökologisch orientierten Wuchsbezirke ergibt keine deutlichen Verteilungsunterschiede. Ausnahmen bilden hierbei lediglich die Wuchsbezirke Unterspreewaldniederung, Oberspreewaldniederung und Oranienburger Talsand. Sie haben auf ihre absolute Größe bezogen die höchsten Anteile von Schwarz-Erle.

Entscheidend für das Vorkommen der Schwarz-Erle ist der unmittelbare standörtliche Bezug mit hinreichend hoher Bodenfeuchtigkeit. Bei der Betrachtung erkundeter Stammstandortsgruppen entsprechend Abbildung 6 stellt man schnell fest, dass sich das Spektrum ihrer Verbreitung überwiegend im Bereich der organischen und mineralischen Nassstandorte kräftiger Ausprägung bewegt. Organische Nassstandorte dominieren dabei mit insgesamt 44 % Flächenanteil vor den mineralischen Nassstandorten mit 28 % Flächenanteil.

Ausgehend von den Tatsachen, dass immerhin bei 16 % der Schwarz-Erlen-Fläche (ca. 3500 ha) keine Standortserkundung vorliegt sowie angenommen wird, dass der ausgewiesene terrestrische Standortanteil von 11 % häufig im Grenzbereich zu Nassstandorten liegt bzw. zur eigenständigen Kartierung zu klein war, dürften sich die ausgewiesenen Anteile der Nassstandorte noch deutlich erhöhen. Überflutungs- und wechselfeuchte Standorte werden auf Grund ihres sporadischen Vorkommens von nur 0,5 % der nachgewiesenen Flächen nicht weiter betrachtet.

Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Stammstandortsformengruppen mit Schwarz-Erlen-Bestockungen Bodenfeuchtengruppe: O = organische Nassstandorte, N = mineralische Nassstandorte; Nährkraftstufen: R = reich, K = kräftig, M = mäßig nährstoffhaltig, Z = ziemlich arm, A = arm

Im Bereich der organischen Nassstandorte stimmt die aktuelle Bestockungsstruktur weitgehend mit den möglichen ökologisch orientierten Bestandeszieltypen der Landesforstverwaltung überein. Auf mineralischen Nassstandorten besteht dagegen noch ein erhebliches Potenzial zur Einbringung verschiedener Edellaubbaumarten (z. B. Gemeine Esche, Berg-Ahorn) bis hin zur Stiel-Eiche.

Verteilung der Waldfunktionen

Waldfunktionen stellen die Wirkungen des Waldes für die Daseinsfürsorge der menschlichen Gesellschaft und ihrer Kulturlandschaft in ihren vielfältigen Formen und Inhalten für den konkreten Waldbestand dar. Dabei stehen Schutz-, Erholungs- und Nutzfunktion grundsätzlich gleichrangig nebeneinander. Ihre Flächenausstattung bezüglich der Schwarz-Erlenbestände ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3: Prozentuale Flächenanteil der Schwarz-Erlen-Bestände an den Waldfunktionsgruppen

Waldfunktionsgruppen	Flächenanteil in %
Schutzwald	81
Erholungswald	32
Nutzwald	93

Die Überlagerung der einzelnen Funktionen ist ein Gradmaß für die Multifunktionalität der Waldgebiete. Die Erlenbestände erreichen eine Multifunktionalität von 2,5. Damit liegen sie deutlich über dem Landesdurchschnitt von 2,1 bezogen auf die Holzbodenfläche.

84 % der Schwarz-Erlen-Fläche sind mit mehr als einer Waldfunktion belegt, gegenüber 70 %

bezogen auf den Landesdurchschnitt aller Baumarten.

Ausgewählte Waldfunktionen aus der Gruppe der Schutzfunktionen sind aus Tabelle 4 erkennbar. Beachtlich ist dabei der hohe Bestockungsanteil der Schwarz-Erle in Naturschutzgebieten mit 32 %. Als Geschützter Biotop entsprechend § 32 des Brandenburgischen Naturschutzgesetzes wurden bisher 1.572 ha der Schwarz-Erlen-Bestände eingestuft.

Bei der Betrachtung insbesondere der Schutz- und Erholungsfunktion ist festzustellen, dass die Schwarz-Erle insbesondere im Biosphärenreservat Spreewald mit einem Anteil von ca. 23 % der gesamten erfassten Holzbodenfläche einen bedeutenden Stellenwert einnimmt. Überdurchschnittlich ist sie auch im Bereich des Nationalparks Unteres Odertal und im Naturpark Westhavelland mit jeweils ca. 5 % Anteil aller vorkommenden Baumarten vertreten.

Zusammenfassung

Die Schwarz-Erle kommt im Bundesland Brandenburg auf einer Fläche von ca. 22 Tausend ha vor und erreicht damit 2,4 % der Bestockung aller Baumarten. Prägend ist dabei vor allem der Schwarz-Erlen-Hochwald. Verbreitung findet die Schwarz-Erle im gesamten Bereich des Landes Brandenburg, wobei organische und mineralische Nassstandorte bevorzugt werden. Schwarz-Erlen-Wälder sind durch eine deutlich über dem Durchschnitt Brandenburgs liegende Multifunktionalität der ausgewiesenen Waldfunktionen gekennzeichnet. Die größte Ausdehnung geschlossener Bestände dieser Baumart findet man im Bereich des Biosphärenreservates Spreewald.

Tab. 4: Prozentuale Flächenanteile an ausgewählten Schutzfunktionen bezogen auf die Holzbodenfläche aller Schwarz-Erlen-Wälder

Waldfunktionen	Fläche in ha	in %
Trinkwasserschutzwälder	1.039	5
Wald im Hochwasserüberschwemmungsgebiet	1.164	6
Wald in Naturschutzgebieten	6.222	32
Totalreservate	785	4
Wald im Landschaftsschutzgebiet	12.270	63
Geschützter Biotop	1.572	8
Bestand zur Gewinnung von forstlichem Vermehrungsgut	525	3

Anschrift der Verfasser:
 Jörg Müller
 Konrad Müller
 Landesforstanstalt
 Eberswalde
 Alfred-Möller-Straße 1
 16225 Eberswalde

Wachstum, Entwicklung, Bestandesbehandlung und Ertragsleistung der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland

Waldwachstumskundliche Neubearbeitung der Schwarz-Erle – Untersuchungsziele und Datenbasis

In den grundwasserreichen Niederungen des nordostdeutschen Tieflandes kommt der Lichtbaumart Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) wirtschaftliche Bedeutung zu. Sie ergibt sich aus dem hohen Waldflächenanteil, ihrer Raschwüchsigkeit, der waldbaulichen Plastizität in der Jugendphase sowie aus den günstigen Holzeigenschaften (SCHWAPPACH 1902, 1919; BALTENSWEILER 1955; ERTELD/ACHTERBERG 1955; GLAVÁČ 1972; SUCCOW 1976; SCHRÖTTER 1995).

Die von MITSCHERLICH (1945) für starke Durchforstung aufgestellte Ertragstafel hat sich als ungeeignet erwiesen, Wachstum und Entwicklung der Schwarz-Erlen-Bestände adäquat widerzuspiegeln, so dass die Landesforstverwaltung Mecklenburg-Vorpommerns der Abteilung Waldwachstum der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde 1992 einen Forschungsauftrag zur holzmess- und ertragskundlichen Neubearbeitung dieser Baumart, zur Aufstellung einer untersuchungsgebietsbezogenen, repräsentativen Ertragstafel übergab. Damit wird neben einer zuverlässigen Vorratsschätzung, Ertragsprognose und Nutzungsplanung der Schwarz-Erlen-Bestände im Hochwaldbetrieb das Ziel verfolgt, durch eine zweckmäßige Bestandesbehandlung, durch eine nach Durchforstungsart,

Durchforstungsstärke, Durchforstungsintensität und der Ökologie der Baumart angepassten Durchforstungsweise Starkholz zu erzielen und gleichzeitig der Holzentwertung durch die Kernfäule vorzubeugen (HALLER 1932).

Nach Absprachen mit den Landesforstverwaltungen und Einverständnis des Auftraggebers, Herrn Oberlandforstmeister Dr. H. SCHRÖTTER, wurden auch Schwarz-Erlen-Probeflächen aus den Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt und dem Staatlichen Forstamt Carrenz in Niedersachsen sowie Ergebnisse langfristiger ertragskundlicher Versuchflächen der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde in die Gesamtauswertung der Daten einbezogen. Dadurch konnte die Qualität der Untersuchungsergebnisse erhöht und ihr Gültigkeitsbereich auf Brandenburg und Sachsen-Anhalt erweitert werden.

Alle zur Datengewinnung und -auswertung benutzten Versuchs- und Probeflächen wurden unter Beachtung der Einflussgrößen Alter, Standortgruppe und Makroklimaausbildung ausgewählt, so dass sich alle holzmess-, ertrags- und waldwachstumskundlichen Untersuchungen auf typische Erlenstandorte beziehen.

Mit

- 137 einmalig aufgenommenen Probeflächen in Mecklenburg-Vorpommern,
- 24 einmalig aufgenommenen Probeflächen in Brandenburg,



Abb. 1: Die Schwarz-Erle ist die Charakterbaumart des Spreewaldes (Oberförsterei Straupitz, Revier Schützenhaus). In Mecklenburg-Vorpommern ist sie die zweithäufigste Laubbaumart

- 5 einmalig aufgenommenen Probeflächen in Sachsen-Anhalt,
- 103 holzmesskundlich-ertragskundlichen Aufnahmen langfristiger Versuchsflächen der Forstlichen Forschungsanstalt Eberswalde,
- 18 Stammanalysen, die das Wachstum auf den wichtigsten Schwarz-Erlen-Standorten repräsentieren,
- 2 Höhenentwicklungen langfristiger Versuchsflächen des Instituts für Waldwachstum und Informatik Tharandt (Moritzburger Wald),
- 21939 über Kreuz gekluppten Bäumen,
- einer durchschnittlichen Anzahl von 138 Stämmen je Probefläche, insgesamt 5529 Höhenmessungen (33 Einzelhöhen je Probefläche)
- und 4274 Rindenstärkenmesswerten

liegt der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel, den neuen Volumentafeln und Formzahlfunktionen, dem waldbaulichen Behandlungskonzept und allen anderen Entscheidungshilfen für die Praxis ein repräsentatives, biometrisch gesichertes Datenmaterial zugrunde (LOCKOW 1994).

Das quantitative und qualitative Leistungsvermögen der Schwarz-Erle

Neue Volumentafeln und Formzahlfunktionen

Volumentafeln geben den artspezifischen Einzelbauminhalt in Abhängigkeit von Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) und Baumhöhe (h) an und besitzen daher als kleinster Baustein aller Ertragsmodelle für die Vorratsermittlung und Leistungsbeurteilung von Waldbeständen große Bedeutung. Vergleiche sektionsweise kubierter Stämme mit Tafelwerten nach SCHWAPPACH (1902), ZIMMERLE (1942), KORSUŇ (1966) und BUTÉNAS (1968) ließen bei gleichen Durchmessern und Höhen deutliche Volumenabweichungen erkennen (Abb. 2), so dass es im Rahmen der waldwachstumskundlichen Neubearbeitung der Schwarz-Erle mit dem Ziel, für das nordostdeutsche Tiefland eine repräsentative Ertragstafel aufzustellen, notwendig war, gleichzeitig auch neue Volumentafeln zu erarbeiten.

Die beobachteten Volumendifferenzen hatten verschiedene Ursachen. Beispielsweise wurden die Volumenwerte der Derbholztafel SCHWAPPACHS (1902) graphisch und durch Probieren festgelegt. Das verwendete Datenmaterial stammte aus Ostpreußen und dem Oder-Spree-Gebiet. Ferner standen Probestammdaten aus dem Läuterungs- und Erstdurchforstungsbereich (Alter unter 21 Jahren) nicht für die Tafelaufstellung zur Verfügung. ZIMMERLE (1942) beobachtete in Württemberg in den meisten Fällen eine Volumenüberschätzung nach der SCHWAPPACH-Tafel (1902) und erarbeitete daher eine separate Derbholzvolumentafel für dieses Untersuchungsgebiet. In der Volumentafel KORSUŇs (1966) sind Sektionsdaten von Kernwüchsen und Stockausschlägen, die erwartungsgemäß unterschiedliche Formigkeitseigenschaften aufweisen, enthalten. Allein deshalb kann die KORSUŇ-Tafel (1966) keine gesicherten Einzelbaumvolumenwerte für Schwarz-Erlen-Bestände im nordostdeutschen Tiefland liefern. Wuchsgebietsunterschiede, Ungleichheit im Schlussgrad der Bestände, heterogene Altersverteilung des Probestammmaterials, nicht belegte Durchmesser- und Höhenbereiche sowie Unterschiede in den Konstruktionsmethoden der vorhandenen Tafeln zwangen, neue, gebietstypische Volumen- und Formzahltafeln für im Hochwald bewirtschaftete Schwarz-Erlen-Bestände zu erarbeiten.

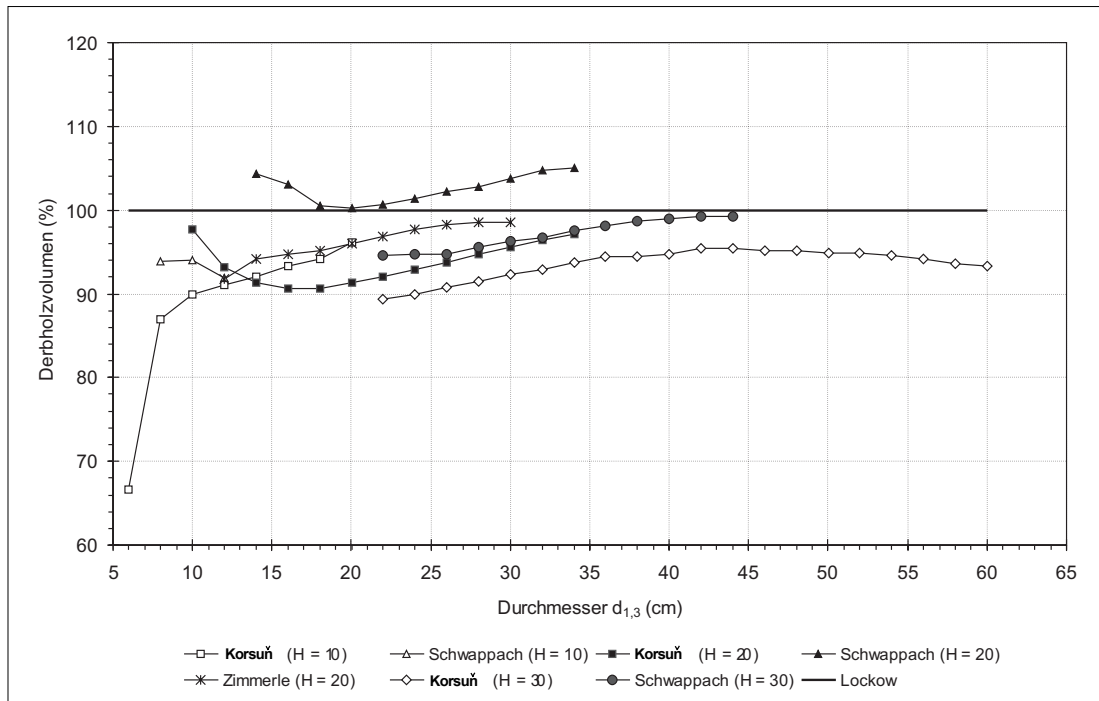


Abb. 2: Vergleich bekannter Derbholzvolumentafeln mit der neuen Volumentafel für die Schwarz-Erle

Der zwischen dem Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$), der Scheitelhöhe (h) und dem Einzelbaumvolumen (v_{SH}) der Schwarz-Erle bestehende stochastische Zusammenhang wurde mit Hilfe einer mehrfachen quasilinearen Regressionsfunktion mathematisch approximiert, so dass sich das mittlere Schaffholz-Einzelbaumvolumen aus der Funktion

$$v_{SH} = e^{a + b_1 \cdot \ln d_{1,3} + b_2 \cdot \ln h + b_3 \cdot \ln^2 d_{1,3} + b_4 \cdot \ln^2 h} \quad (1)$$

ergibt.

Die Funktionsparameter nehmen folgende Werte an:

$$\begin{aligned} a &= -10,262754 \\ b_1 &= 2,155525 \\ b_2 &= 0,976678 \\ b_3 &= -0,043148 \\ b_4 &= 0,010716 \end{aligned}$$

Mit einer Reststandardabweichung um die Regression von $s_{y \cdot x} = 0,08659 \text{ m}^3$, einem mehrfachen Bestimmtheitsmaß von $B_{y \cdot x}^* = 99,69 \%$ und einem nichtlinearen Korrelationskoeffizienten von $R = 0,994$ weist die Einzelbaumvolumengleichung und die danach berechnete Volumentafel eine sehr hohe Genauigkeit auf (LOCKOW 1995). Ausgehend von

der Schaffholzvolumenfunktion wird das Derbholz der Schwarz-Erle (v_{DH}) nach der Gleichung

$$v_{DH} = \left(e^{a + b_1 \cdot \ln d_{1,3} + b_2 \cdot \ln h + b_3 \cdot \ln^2 d_{1,3} + b_4 \cdot \ln^2 h} \right) \cdot \left[a^* + b_5 \left(\frac{1}{d_{1,3}} \right) + b_6 d_{1,3} + b_7 d_{1,3}^2 + b_8 d_{1,3}^3 \right] \quad (2)$$

berechnet und tabellarisiert.

Für die Parameter gilt:

$$\begin{aligned} a &= -10,262754 \\ b_1 &= 2,155525 \\ b_2 &= 0,976678 \\ b_3 &= -0,043148 \\ b_4 &= 0,010716 \\ a^* &= 1,811999 \\ b_5 &= -7,382763 \\ b_6 &= -0,032335 \\ b_7 &= 5,276708 \cdot 10^{-4} \\ b_8 &= -2,469950 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

Tabelle 1 gibt einen Auszug der Derbholzvolumentafel der Schwarz-Erle wieder.

Die unechten Schaff- ($f_{1,3SH}$) und Derbholzformzahlen ($f_{1,3DH}$) können nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

Tab. 1: Derbholzvolumentafel für die Schwarz-Erle

Baumhöhe (m)		Stammdurchmesser in 1,3 m über dem Boden (cm)																				Baumhöhe (m)	
		8	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60			
8	0,01913	0,03984	0,06581	0,09637	0,13112	0,16986	0,21260	0,25945	0,31065	0,36649													
9	0,02158	0,04494	0,07423	0,10870	0,14780	0,19160	0,23981	0,29266	0,35040	0,41340													
10	0,02404	0,05006	0,08270	0,12110	0,16476	0,21345	0,26716	0,32603	0,39036	0,46054	0,53702												
11	0,02651	0,05521	0,09120	0,13355	0,18170	0,23540	0,29463	0,35956	0,43051	0,50790	0,59224												
12	0,02899	0,06038	0,09974	0,14606	0,19872	0,25745	0,32223	0,39324	0,47083	0,55547	0,64772	0,74816											
13	0,03149	0,06557	0,10832	0,15862	0,21582	0,27960	0,34994	0,42706	0,51132	0,60325	0,70342	0,81250											
14	0,03399	0,07079	0,11693	0,17123	0,23298	0,30183	0,37770	0,46102	0,55198	0,65121	0,75936	0,87711	1,00519										
15	0,03650	0,07602	0,12558	0,18390	0,25020	0,32415	0,40570	0,49510	0,59280	0,69937	0,81551	0,94197	1,07952										
16	0,03903	0,08128	0,13426	0,19660	0,26749	0,34655	0,43374	0,52932	0,63376	0,74770	0,87470	1,00706	1,15412	1,31384									
17	0,04156	0,08655	0,14297	0,20936	0,28485	0,36903	0,46187	0,56366	0,67487	0,79620	0,92842	1,07239	1,22899	1,39907									
18	0,04410	0,09184	0,15171	0,22216	0,30226	0,39158	0,49011	0,59811	0,71613	0,84487	0,98517	1,13794	1,30411	1,48459	1,68022								
19	0,04665	0,09715	0,16047	0,23500	0,31973	0,41422	0,51843	0,63288	0,75752	0,89370	1,04244	1,20371	1,37948	1,57039	1,77733								
20	0,04920	0,10247	0,16927	0,24788	0,33725	0,43692	0,54685	0,66736	0,79904	0,94268	1,09923	1,26969	1,45510	1,65647	1,87475	2,11077							
21	0,05177	0,10781	0,17809	0,26080	0,35483	0,45969	0,57535	0,70214	0,84069	0,99182	1,15653	1,33587	1,53094	1,74281	1,97247	2,22080							
22	0,05434	0,11317	0,18694	0,27375	0,37246	0,48264	0,60394	0,73703	0,88246	1,04110	1,21399	1,40225	1,60701	1,82941	2,07048	2,33114	2,61216						
23	0,05692	0,11854	0,19682	0,28675	0,39014	0,50544	0,63261	0,77202	0,92435	1,09053	1,27163	1,46882	1,68330	1,91625	2,16877	2,44181	2,73617						
24	0,05951	0,12393	0,20472	0,29978	0,40788	0,52842	0,66136	0,80711	0,96636	1,14009	1,32942	1,53557	1,75981	2,00335	2,26734	2,55279	2,86052						
25	0,06210	0,12933	0,21364	0,31285	0,42566	0,55145	0,69019	0,84229	1,00849	1,18979	1,38737	1,60251	1,83652	2,09067	2,36617	2,66407	2,98522						
26	0,13475	0,22259	0,32595	0,44348	0,57455	0,71910	0,87757	1,05072	1,23962	1,44548	1,66963	1,91343	2,17823	2,46527	2,77564	3,11024	3,46971						
27	0,14018	0,23156	0,33909	0,46136	0,59770	0,74808	0,91293	1,09307	1,28985	1,50373	1,73692	1,99055	2,26602	2,56463	2,88751	3,23559	3,60954						
28	0,14562	0,24055	0,35226	0,47927	0,62091	0,77713	0,94839	1,13552	1,33966	1,56213	1,80437	2,06786	2,35403	2,66423	2,99965	3,36125	3,74973						
29		0,24957	0,36546	0,49724	0,64418	0,80626	0,98393	1,17808	1,38987	1,62068	1,87200	2,14536	2,44225	2,76408	3,11207	3,48723	3,89026						
30		0,25861	0,37870	0,51524	0,66751	0,83545	0,93545	1,01956	1,22074	1,44020	1,67936	1,93978	2,23004	2,53069	2,86417	3,22476	3,61350	4,03113					
31			0,39196	0,53329	0,69089	0,86472	1,05527	1,26350	1,49064	1,73818	2,00772	2,30090	2,61933	2,96449	3,33771	3,74007	4,17232						
32			0,40525	0,55138	0,71432	0,89405	1,09107	1,30635	1,54120	1,79714	2,07582	2,37895	2,70817	3,06504	3,45092	3,86692	4,31384						
33				0,56950	0,73781	0,92344	1,12694	1,34930	1,59187	1,85623	2,14407	2,45716	2,79721	3,16581	3,56438	3,99406	4,45567						
34				0,58767	0,76135	0,95290	1,16289	1,39235	1,64266	1,91545	2,21247	2,53555	2,88645	3,26681	3,67809	4,12148	4,59782						
35				0,60588	0,78494	0,98242	1,19892	1,43548	1,69355	1,97479	2,28102	2,61411	2,97587	3,36802	3,79204	4,24917	4,74026						
36				0,80857	1,01201	1,23502	1,47871	1,74455	2,03426	2,34971	2,69282	3,06549	3,46944	3,90624	4,37712	4,88301							
37				0,83226	1,04165	1,27120	1,52203	1,79565	2,11854	2,48184	2,87717	3,30266	3,75107	4,22666	4,73053	5,26605							
38					1,07136	1,30745	1,56543	1,84686	2,15356	2,48751	2,85075	3,24526	3,67291	4,13532	4,63382	5,16938							
39					1,10112	1,34377	1,60892	1,89817	2,21338	2,55661	2,92994	3,33542	3,77495	4,25020	4,76255	5,31299							
40						1,38016	1,65249	1,94957	2,27333	2,62585	3,00929	3,42575	3,87718	4,36531	4,89154	5,45687							

$$f_{1,3SH} = \frac{\text{Gleichung (1)}}{7,853981634 \cdot 10^{-5} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h} \quad (3)$$

$$f_{1,3DH} = \frac{\text{Gleichung (2)}}{7,853981634 \cdot 10^{-5} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h} \quad (4)$$

Die Bonitierung der Schwarz-Erlen-Bestände

Die Leistungsbeurteilung der Schwarz-Erlen-Bestände setzt ein repräsentatives Bonitierungssystem voraus. Vor Aufstellung der neuen Ertrags-tafel ist daher zunächst die Anpassungsgüte der Höhenbonitätsskalen der SCHWAPPACH-Ertrags-tafeln (1902, 1919) sowie der Ertragstafel für starke Durchforstung von MITSCHERLICH (1945) an die Alter/Höhen-Werte des Untersuchungsgebietes graphisch geprüft worden. Dabei übernahm MITSCHERLICH (1945) den Ertragstafelhöhenrahmen SCHWAPPACHs (1919), erweiterte ihn jedoch bis zum Bestandesalter 90 Jahre.

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, passt sich der Höhenfächer nach MITSCHERLICH (1945) bezüglich des Trends und des Niveaus dem Daten-material, das die Höhenentwicklung der Schwarz-

Erlen-Bestände im nordostdeutschen Tiefland repräsentiert, ungenügend an. Es war daher folgerichtig, einen neuen Bonitierungsfächer zu erarbei-ten. Als Bonitierungskriterium wurde – im Gegen-satz zu SCHWAPPACH (1902, 1919) und MIT-SCHERLICH (1945) – die Bestandesoberhöhe nach ASSMANN (1961) gewählt, da sie ein besserer Leistungsweiser des Standortes ist, im Bestand technisch unkomplizierter ermittelt werden kann (Sichtbarkeit der dominanten Kronen), mit geringeren Höhenmessfehlern behaftet ist und eine grö-ßere Unempfindlichkeit gegenüber rechnerischen Verschiebungen aufweist. Die Bonitierung der im Hochwaldbetrieb bewirtschafteten Schwarz-Erlen-Bestände erfolgt schließlich mittels Alter und Ober-höhe nach einer absoluten, gleichmäßig abgestuf-ten Höhenbonitätsskala, die die im Alter 100 Jahre erreichte Oberhöhe angibt.

Aus anwendungstechnischen Gründen wurden gleichzeitig drei relative Höhenbonitäten (Ertrags-lassen) ausgeschieden. Abbildung 4 gibt den Oberhöhen-Bonitierungsfächer und den zwischen absoluter und relativer Bonität bestehenden Zusam-menhang wieder.

Um bereits das Leistungspotenzial junger Schwarz-Erlen-Bestände einschätzen zu können, ist für Jung-wüchse und Jungbestände eine Bonitierungstabelle aufgestellt worden (Tab. 2).

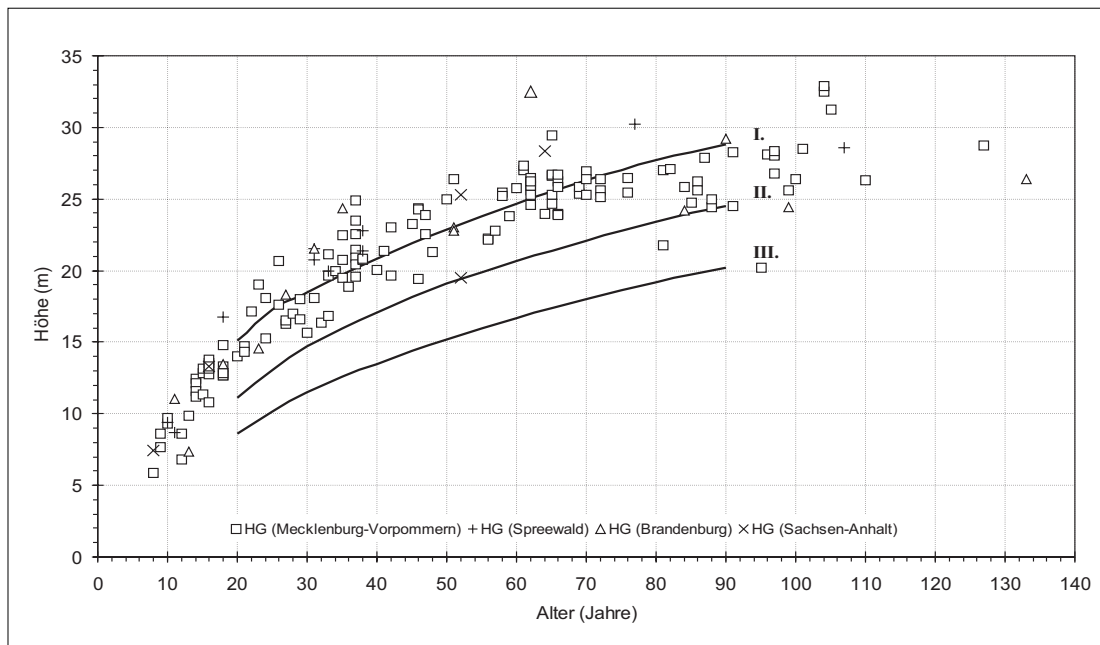


Abb. 3: Vergleich des Bonitierungsfächers der MITSCHERLICH-Ertragstafel (1945) mit den Höhenwerten der Schwarz-Erlen-Probeflächen des Untersuchungsgebietes

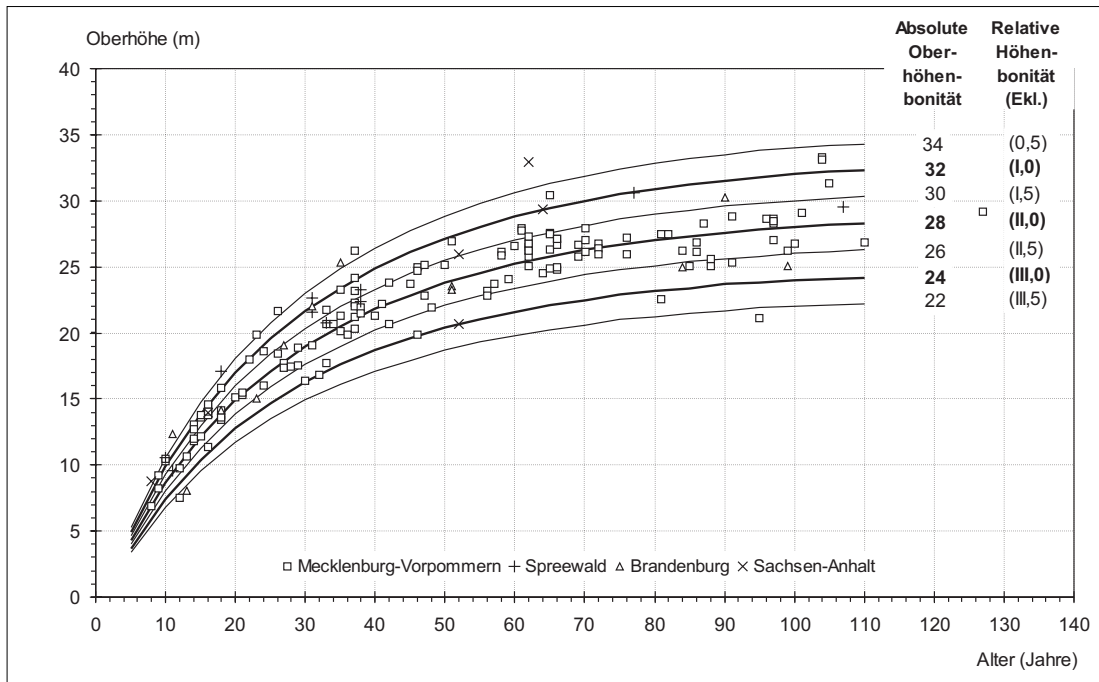


Abb. 4: Bonitierungsflächen für die Schwarz-Erle (LOCKOW 1994). Die Einzelwerte Alter/Oberhöhe entsprechen den ertragskundlichen Vollaufnahmen von 166 Probeflächen

Tab. 2: Bonitierungstabelle für Schwarz-Erlen-Jungwüchse und Schwarz-Erlen-Jungbestände [Mittelhöhe (m) der 100 stärksten Stämme pro Hektar in Abhängigkeit von Alter und Bonität]

Alter Jahre	Absolute Oberhöhenbonität im Alter 100 (HO 100)												
	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
5	5,2	5,1	4,9	4,8	4,6	4,5	4,3	4,2	4,0	3,9	3,7	3,5	3,4
6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1
7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,6	6,4	6,2	6,0	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9
8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,3	7,1	6,8	6,6	6,3	6,1	5,8	5,6
9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,6	7,3	7,1	6,8	6,5	6,2
10	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,4	8,1	7,8	7,5	7,1	6,8
11	11,5	11,1	10,8	10,5	10,1	9,8	9,5	9,1	8,8	8,4	8,1	7,8	7,4
12	12,4	12,0	11,6	11,3	10,9	10,5	10,2	9,8	9,5	9,1	8,7	8,4	8,0
13	13,2	12,8	12,4	12,0	11,7	11,3	10,9	10,5	10,1	9,7	9,3	8,9	8,5
14	14,0	13,6	13,2	12,8	12,4	11,9	11,5	11,1	10,7	10,3	9,9	9,5	9,1
15	14,8	14,3	13,9	13,5	13,0	12,6	12,2	11,7	11,3	10,9	10,4	10,0	9,6

... tung, dann fallen ge-
sicherte Trend- und
Niveauunterschiede
zwischen beiden Er-
tragstafeln auf. Die
Gründe sind offen-
sichtlich: MIT-
SCHERLICHs Un-
tersuchungen basie-
ren auf einer verhält-
nismäßig geringen
Datenbasis und alle
Versuchsbestände
liegen beispielswei-
se außerhalb Meck-

Ertragskennwerte des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes

Alle Ertragskennwerte des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel gehen auf drei Elementarfunktionen zurück. Sie beschreiben die Primärprozesse der Bestandesentwicklung, die Höhen-, Stammzahl- und Durchmesseränderung in Abhängigkeit vom Alter. Vergleicht man die Entwicklung der Ertragskennwerte der neuen Tafel mit den Werten nach MITSCHERLICH (1945) für starke Durchfors-

lenburg-Vorpommerns (Versuchsflächen der ehemaligen Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt: Ostpreußen 14 Flächen, Oder-Spree-Gebiet 33 Flächen; SCHWAPPACH 1902, SCHOBER 1987). Die Aufstellung einer neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel für das nordostdeutsche Tiefland war auch deshalb sachlogisch begründet. Nach der MITSCHERLICH-Ertragstafel (1945) wird die Höhenentwicklung der Schwarz-Erle im Untersuchungsgebiet unterschätzt. Etwa ab Alter 60 Jahre unterstellt MITSCHERLICH (1945) einen zu steilen Anstieg der Höhenkurven (Abb. 3).

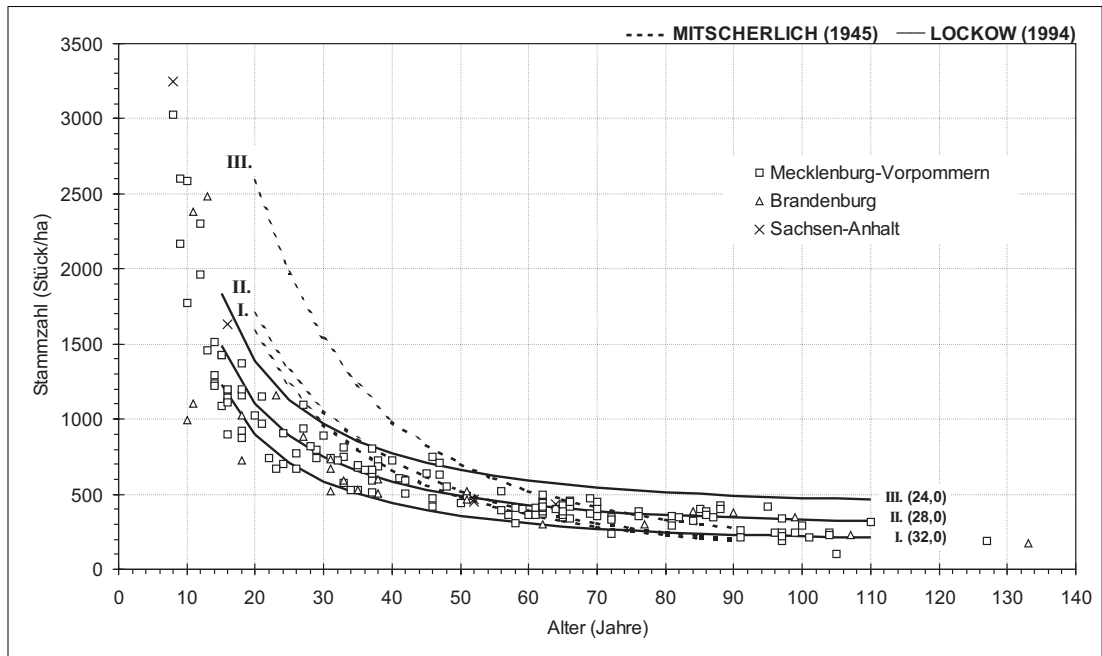


Abb. 5: Abhängigkeit der Stammzahl des verbleibenden Bestandes pro Hektar vom Alter. In das Streuband der 166 Ertragsprobestflächenwerte sind die Stammzahlen der jeweils I., II. und III. Bonität der MITSCHERLICH-Ertragstafel für starke Durchforstung (1945) sowie der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel (LOCKOW 1994) eingezeichnet

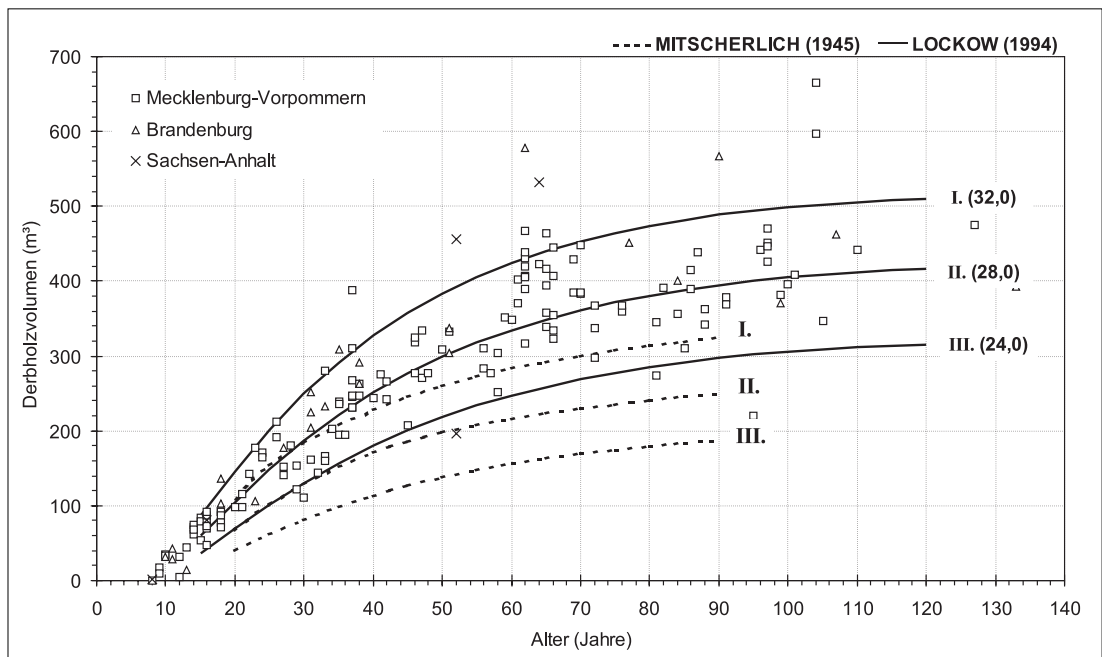


Abb. 6: Abhängigkeit des Derbholzvolumens des verbleibenden Bestandes pro Hektar vom Alter. In das Streuband der 166 Ertragsprobestflächenwerte sind die Derbholzvorräte der jeweils I., II. und III. Bonität der MITSCHERLICH-Ertragstafel für starke Durchforstung (1945) sowie der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel (LOCKOW 1994) eingezeichnet

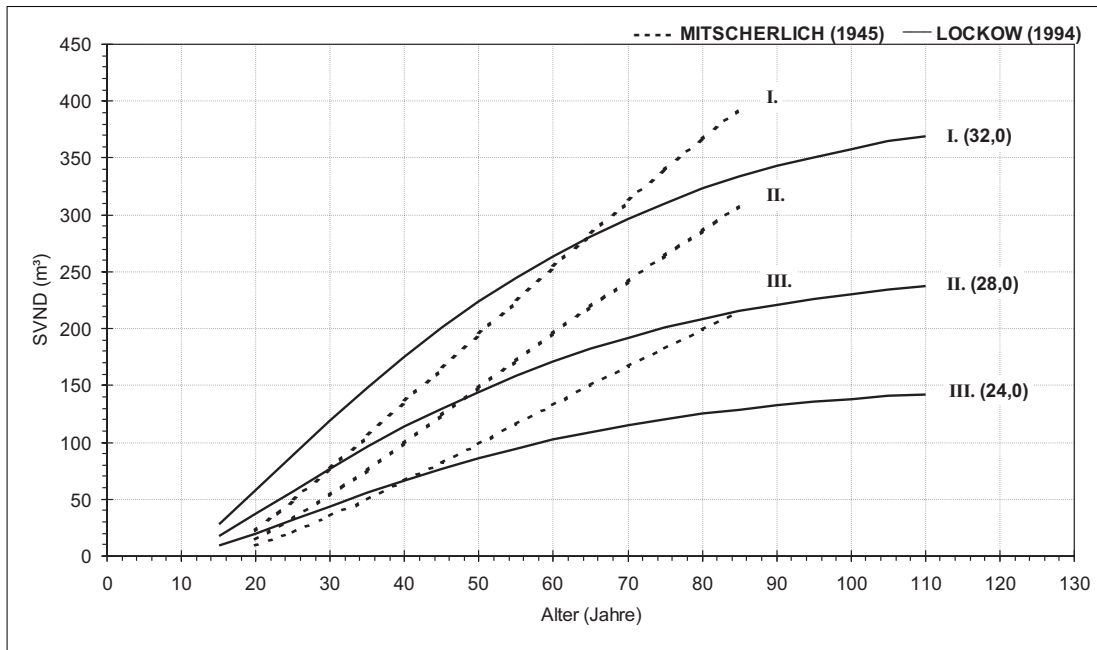


Abb. 7: Summe der Vornutzungen an Derbholz pro Hektar in Abhängigkeit vom Alter. Dargestellt sind die Vornutzungssummen der I., II. und III. Bonität der MITSCHERLICH-Ertragstafel für starke Durchforstung (1945) sowie der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel (LOCKOW 1994)

Wie aus der graphischen Darstellung in Abbildung 5 hervorgeht, weichen beide Ertragstafeln auch in der Stammzahlhaltung erheblich voneinander ab.

Die Unterschiede sind in der Jugendphase besonders auffällig, denn trotz „starker“ Durchforstung liegen die drei relativen Bonitätskurven nach MITSCHERLICH (1945) klar abgegrenzt über den Stammzahlleitkurven der neuen Ertragstafel. Diese Feststellung ist waldbaulich wichtig, kommt es doch im Rahmen der Erziehung, beim Übergang von der negativen zur positiven Auslese gerade jetzt darauf an, die Elitebaumanwarter entschlossen selektiv zu begünstigen und Bedränger konsequent zu entnehmen.

Die Grundflächen der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel liegen wesentlich über dem Niveau der Ertragstafel von MITSCHERLICH (1945). Der deutlich zu niedrige und nahezu konstante Grundflächenkurvenverlauf nach der MITSCHERLICH-Tafel etwa ab Alter 45 Jahre ist auf die bis ins hohe Alter immer noch starken Eingriffe zurückzuführen. Sie basieren auf der Annahme, durch stetige Standraumerweiterung des Einzelbaumes einen anhaltenden flächenbezogenen Lichtungszuwachs erzielen zu können. Bereits ERTEL (1965) weist darauf hin, dass es wichtiger sei, eine ausreichende Anzahl genügend starker Stämme guter Qualität

zu erzeugen. Die neue Ertragstafel trägt dieser Erkenntnis Rechnung. Die Vorräte der Schwarz-Erlen-Bestände Mecklenburg-Vorpommerns, Brandenburgs und Sachsens-Anhalts werden nach der Ertragstafel von MITSCHERLICH (1945) spürbar unterschätzt. Wie aus Abbildung 6 hervorgeht, erreichen die Vorräte der I. Ertragsklasse im mittleren und höheren Bestandesalter lediglich den unteren Bereich des Volumenstreubandes der 166 Ertragstafelprobeflächen.

Für die II. Ertragsklasse gibt MITSCHERLICH (1945) beispielsweise im Alter 90 Jahre einen Derbholzvorrat von 249 m³/ha an. Nach der neuen Ertragstafel werden in der Oberhöhenbonität 28 (II. Ertragsklasse) jedoch 395 m³/ha, d.h. 146 m³ mehr, erreicht.

In der Summe der Vornutzung kommen die Unterschiede der Durchforstungsweisen beider Schwarz-Erlen-Ertragstafeln besonders anschaulich zum Ausdruck. Wie Abbildung 7 verdeutlicht, liegen die Vornutzungen nach der neuen Ertragstafel besonders in der Jugend über den Werten von MITSCHERLICH (1945).

Dieser Sachverhalt ist das Ergebnis der starken selektiven Eingriffe während der Erziehungsphase. Mit zunehmendem Alter flachen die Vor-

Tab. 4: Zuwachs und Gesamtwuchsleistung der Schwarz-Erle (Ertragstafel: LOCKOW 1994)

	Absolute Oberhöhenbonität (Ertragsklasse)		
	32,0 m (I)	28,0 m (II)	24,0 m (III)
laufender jährlicher Volumenzuwachs (Derbholz): Kulminationsalter Kulminationshöhe	20 Jahre 17,8 m ³ /ha	20 Jahre 12,8 m ³ /ha	25 Jahre 8,8 m ³ /ha
durchschnittlicher Gesamtwuchs (Derbholz): Kulminationsalter Kulminationshöhe	40 Jahre 12,6 m ³ /ha	40 Jahre 9,1 m ³ /ha	45 Jahre 6,2 m ³ /ha
Gesamtwuchsleistung (Derbholz) im Alter 100 Jahre:	858 m ³ /ha	637 m ³ /ha	445 m ³ /ha

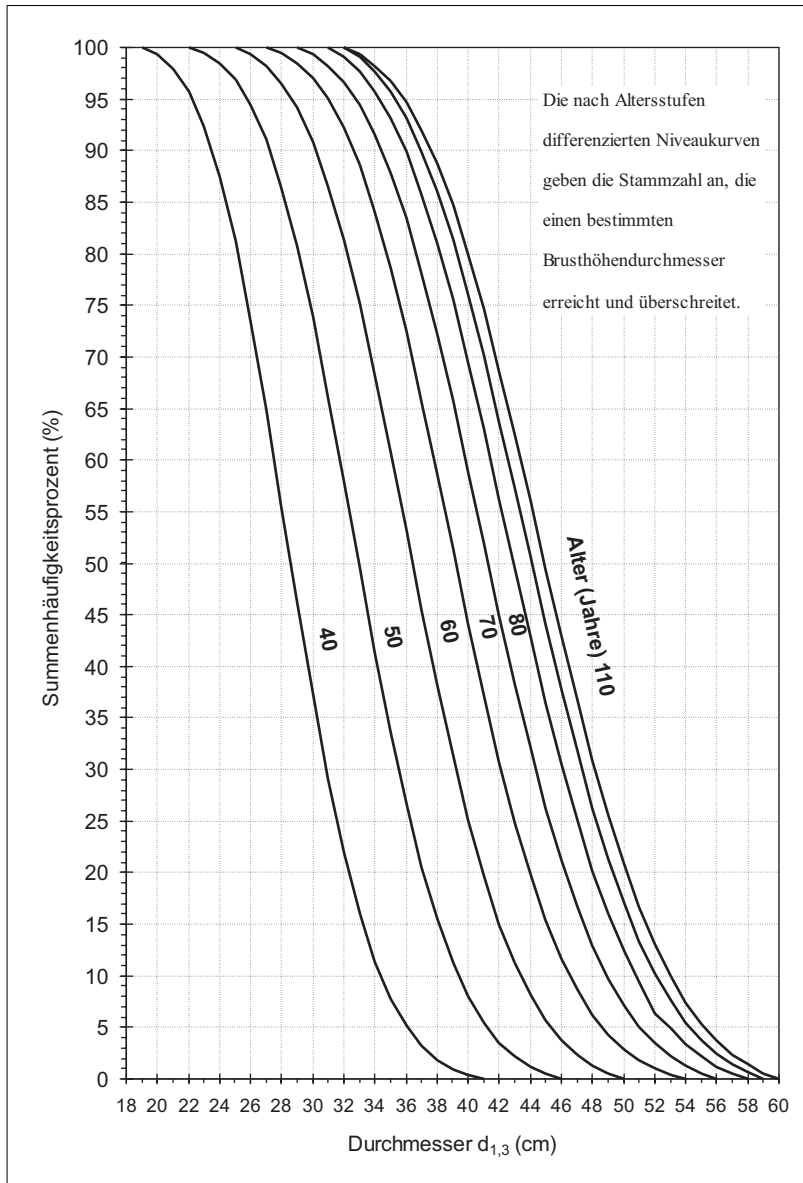


Abb. 8: Durchmesserstrukturdiagramm des verbleibenden Bestandes der Schwarz-Erle. Summenhäufigkeitsverteilung „größer als“ der Stammzahl auf 1-cm-Durchmesserklassen. Absolute Oberhöhenbonität 32,0 m (I. Ertragsklasse), Bestockungsgrad 1,0

nutzungskurven jedoch ab und widerspiegeln damit die der neuen Ertragstafel zugrundeliegende gestaffelte Durchforstung, d. h. den Übergang zu mäßigen Durchforstungen im mittleren sowie zu schwachen Durchforstungen im höheren Bestandesalter. Der steile Anstieg der Vornutzungskurven nach MITSCHERLICH (1945) ist auf die starken Entnahmen bis ins Hiebsreifealter zurückzuführen. Nach den Erkenntnissen der ertragskundlichen Forschung kommen die starken Eingriffe MITSCHERLICHs zu spät, denn der erhoffte Lichtungszuwachs der Schwarz-Erle bleibt aus. Die der MITSCHERLICH-Ertragstafel (1945) zugrundeliegende Durchforstungsweise ist daher für die Bewirtschaftung der Schwarz-Erlen-Bestände im nordostdeutschen Tiefland falsch.

Zur Veranschaulichung des Leistungsvermögens der Schwarz-Erle auf produktionskräftigen (K) organischen Nassstandorten sind in Tabelle 3 die Ertragskennwerte des verbleibenden, ausscheidenden und Gesamtbestandes der Bonität 28, die der zweiten Ertragsklasse entspricht, wiedergegeben. Die Daten der Tabelle 4 kennzeichnen Zuwachs und Gesamtwuchsleistung der drei relativen Ertragsklassen.

Die Durchmesserstruktur der Schwarz-Erlen-Bestände

Die neue Schwarz-Erlen-Ertragstafel stellt der forstlichen Praxis erstmalig alters- und bonitätsabhängige Informationen über die Stammstärkeanteile des Bestandes als Entscheidungshilfen für die Nutzungsplanung zur Verfügung. Aus $d_{1,3}$ -Durchmesserstrukturdiagrammen, Summenhäufigkeitsverteilungen „größer als“ der Stammzahl auf 1-cm-Durchmesserklassen des verbleibenden Bestandes, kann für alle Bonitäten ab Alter 40 Jahre der Anteil der Stämme, der einen beliebigen Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) erreicht und überschreitet, graphisch entnommen werden. Ihre Konstruktion basiert auf der Dichtefunktion der Gamma-Verteilung, die nach

$$f(x) = \frac{b^a}{\Gamma(a)} \cdot x^{a-1} \cdot e^{-bx} \quad (5)$$

aus den Vollkluppungsergebnissen von 166 Ertragsprobeständen hergeleitet wurde (LOCKOW/POFAHL 1976, LOCKOW 1993). Wie aus Abbildung 8 hervorgeht, erreichen bzw. überschreiten beispielsweise ca. 25 % aller Bäume der I. Ertragsklasse im Alter 80 Jahre die 45-cm-Brusthöhendurchmessergrenze.

Zusammen mit den unechten Ausbauchungsreihen (LOCKOW 1994) der Schwarz-Erle und der damit möglichen Rekonstruktion der mittleren Schafftkurven können diese Informationen für die bestandesindividuelle Sortenplanung und Holzertekalkulation genutzt werden (LOCKOW 1995).

Graphische Bonitierung und Vorratsermittlung

Um den Informationsgehalt der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel noch effektiver zu nutzen, ihre Handhabung zu erleichtern und die Anwendung in der forstlichen Praxis zu fördern, wurde das stochastische Beziehungsgefüge zwischen Alter, Oberhöhe und Derbholzvolumen pro Hektar zur schnellen Ermittlung der absoluten und relativen Bonität sowie zur Vorratsschätzung mathematisch ausgeglichen und als Entscheidungshilfe graphisch dargestellt. Das Oberhöhen-Derbholzvolumen-Diagramm in Abbildung 9 ist auch für die Nutzungsplanung eine wertvolle Hilfe. Alter und Oberhöhe eines Bestandes können schnell und zuverlässig ermittelt werden. In Zweifelsfällen ist das Alter an einem Probestamm im Oberdurchmesserbereich zu kontrollieren.

Die in Abbildung 9 dargestellten Ertragskennwertebeziehungen sind für Ertragstafelvollschluss gültig. Für vom Bestockungsgrad 1,0 abweichende Bestände kann der Vorrat durch lineare Interpolation ermittelt werden. Die zur Bestockungsgradberechnung notwendige Grundfläche pro Hektar lässt sich leicht mit Hilfe der Winkelzählprobe nach BITTERLICH bestimmen.

Beispielsweise liefert das Bonitierungs- und Vorratsdiagramm für einen 80-jährigen Schwarz-Erlen-Bestand mit einer Oberhöhe von 27,0 Metern folgende Informationen:

- Der Bestand weist die absolute Bonität 28 auf.
- Relativ ist der Schwarz-Erlen-Bestand der II. Ertragsklasse zuzuordnen.
- Der Derbholzvorrat beträgt bei Ertragstafelvollschluss 381 m³/ha.
- Bei einem Bestockungsgrad von 0,8 stocken 304,8 m³ Derbholz auf einem Hektar. In diesem Fall der Unterbestockung sollten zur Vermeidung weiterer Zuwachs- und ökonomischer Verluste Nutzungen zunächst unterbleiben.

Die Derbholzvorräte der Schwarz-Erle im Alter 80 Jahre von 381 m³/ha in der II. Ertragsklasse und 474 m³/ha in der I. Ertragsklasse liegen um 141 m³

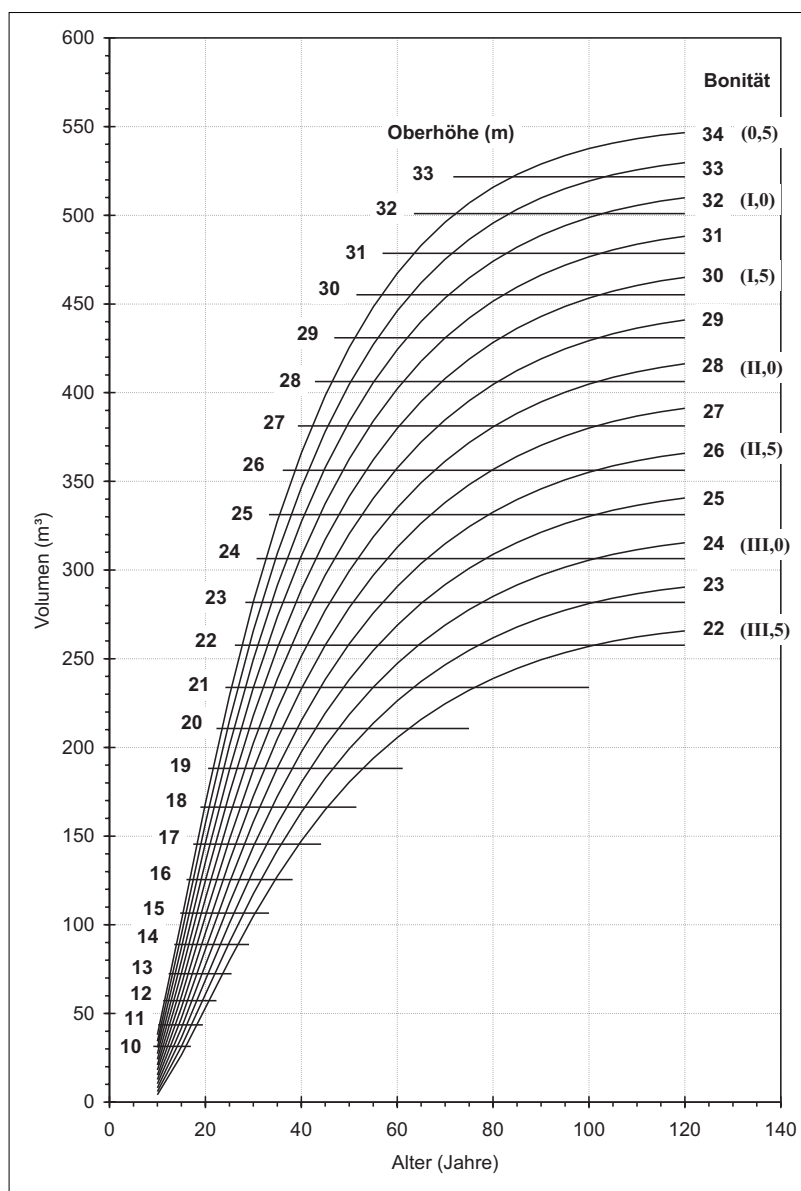


Abb. 9: Oberhöhen-Derbstholzvolumen-Diagramm der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel 1994

bzw. 161 m³ wesentlich über den entsprechenden Ertragsklassenwerten MITSCHERLICHs (1945) und dokumentieren die spürbare Leistungsunterschätzung der Schwarz-Erle in der Vergangenheit.

Schaftgüte, Astigkeit und Kronenausbildung

Neben dem Ertrag, der Stabilität und den ökologischen Wirkungen ist die Qualität der Schwarz-Erlen-Bestände ein wesentliches Leistungskrite-

rium. Nach dendrometrischen Untersuchungen auf ausgewählten, standortsgleichen Versuchsflächen im Spreewald sind Schaftgüte, Anzahl, Stärke und Verteilung der Äste straff mit der Qualität korreliert. Umfangreiche Einzelbaumannsprachen in den soziologischen Baumklassen 1 bis 3 (KRAFT 1884) ließen eine deutliche Abhängigkeit der Merkmalsausprägungen von der Art der Bestandesbegründung erkennen. Auf tiefen Rabatten kultivierte Schwarz-Erlen weisen gegenüber ebenerdig, ohne Bodenbearbeitung gepflanzten Beständen einen deutlich höheren Prozentsatz einschnüurig gerader Stämme und wesentlich weniger Individuen mit bogigen Schäften – bezogen auf betriebswirtschaftlich relevante 10 Meter lange Erdstammstücke – auf.

Der in Abbildung 10 wiedergegebene Zusammenhang ist mathematisch-statistisch gesichert ($\alpha = 0,05$) und die schlechteren Schaftformen treten besonders in älteren Schwarz-Erlen-Beständen okular in Erscheinung (Abb. 11).

Die Art der Bestandesbegründung übt auch auf die Astigkeitsverhältnisse der Bäume im Hauptbestand (Baumklassen 1 bis 3 nach KRAFT 1884) einen Einfluss aus. Auf tiefen Rabatten begründete Schwarz-Erlen sind in der Regel feinastiger. Als Träger der Assimilationsorgane kommt auch der Kronenform und -größe waldbauliche Bedeutung zu. Hoher Volumenzuwachs und zeitiges Erreichen starker Durchmesser sind eng mit der Kronenausbildung verbunden. Ungünstigere Kronenformen und starkastigere Kronen treten vorwiegend nach ebenerdiger Pflanzung der Schwarz-Erle ohne Bodenbearbeitung auf.

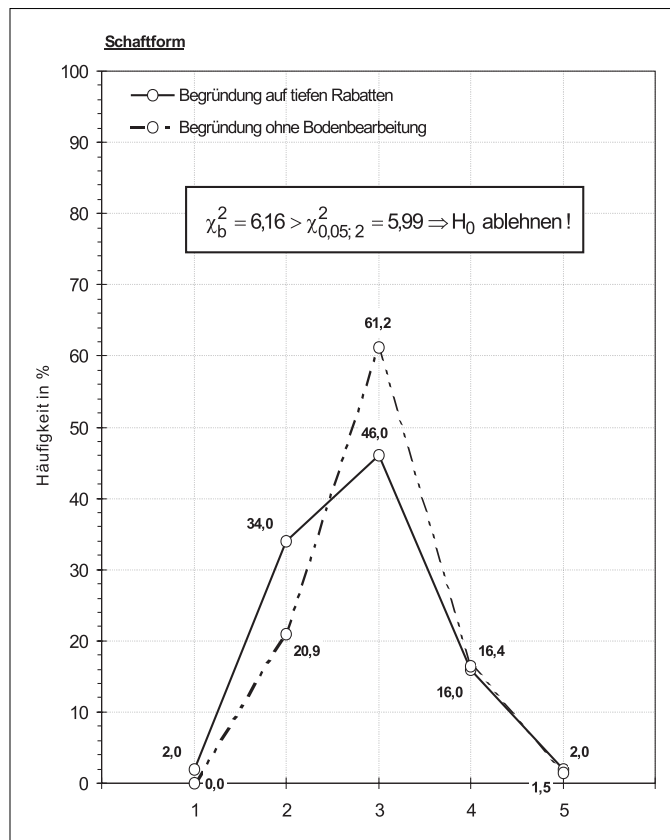


Abb. 10:
Schwarz-Erle
(*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.)
im Spreewald,
Revier Schützenhaus.
Vergleich der Schaffformen des
Hauptbestandes (Baumklassen 1
bis 3 nach KRAFT 1884) im Alter
von 47 Jahren. Begründung der
Schwarz-Erle auf tiefen Rabatten
(Versuchsfläche Nr. 210) und ohne
Bodenbearbeitung (Versuchsfläche
Nr. 206). Standortsguppe NR1.
Es bedeuten:
1 zweischnürlig gerade
2 einschnürlig gerade
3 bogig
4 krumm
5 Renkform



Abb. 11:
Schwarz-Erlen-Versuchsfläche Oberförsterei
Straupitz, Revier Schützenhaus.
Ohne Bodenbearbeitung, ebenerdig begründete
Erlenbestände weisen in der Regel schlechte
Schaffformen auf

Erziehung und Pflege der Schwarz-Erlen-Bestände

Die Durchforstungskonzeption

Der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel liegt eine von SCHWAPPACH (1902, 1919) und MITSCHERLICH (1945) abweichende Durchforstungskonzeption zugrunde. Sie geht davon aus, in kürzeren Zeiträumen als bisher qualitativ wertvolles Starkholz zu erzielen und damit gleichzeitig der holzentwertenden Kernfäule vorzubeugen. Das erfordert eine veränderte Durchforstungsweise, die letztlich darin besteht, den Zuwachs auf die besten Bestandesglieder zu verlagern. Starke Zieldurchmesser schneller zu erreichen, ist nur mit einer Auslesedurchforstung, die auf die konsequente Erziehung und Pflege der Elitebäume ausgerichtet ist, möglich (Abb. 12).

Sie geht zeitig von der negativen zur positiven Auslese über und beinhaltet entschlossene Kronenpflege der vitalsten, zuwachsstärksten und technisch besten Individuen bis zur Hiebsreife (Abb. 13).



Abb. 12: Zur guten natürlichen Astreinigung und der Ausbildung einer feinastigen langen Krone muss die Schwarz-Erle im Dicksungsalter stammzahlreich erwachsen (Forstamt Demmin, Kronwald)

Abbildung 14 zeigt den konzentrischen Kronenaufbau und den zweischnürigen, astfreien Schaft eines Elitebaumanwärters. Die in der Jugend starken Eingriffe gehen im mittleren Bestandesalter zu mäßigen, im höheren Alter zu schwachen Entnahmen über und entsprechen damit einer gestaffelten Durchforstung (Abb. 15, Abb. 16).



Abb. 13: Die rechtzeitige Entnahme von Bedrängern und Peitschern (Bildmitte) ist in Schwarz-Erlen-Jungbeständen eine besonders wichtige erzieherische Maßnahme



Abb. 14: Konzentrisch aufgebaute Krone und zweischnüriger Schaft eines Elitebaumanwärters der Schwarz-Erle



Abb. 15: Gut gepflegter Schwarz-Erlen-Bestand. Die wertvollsten Stämme werden zur Ausbildung einer zuwachsoptimalen Krone durch planmäßige Standraumerweiterung selektiv begünstigt (Oberförsterei Krakow, Revier Wilsen)



Abb. 16: Aus Naturschutzgründen sind nutzholzuntaugliche hohle Bäume nicht zu durchforsten. Sie bieten zahlreichen Höhlenbrütern optimale Nistmöglichkeiten

Entwicklung und Pflege der Elitebaumanwärter

Durch zeitige Auswahl und konsequente Begünstigung von Elitebaumanwärtern ist es möglich, in 60 bis 80 Jahren starkes Schwarz-Erlen-Qualitätsholz zu erwirtschaften. Das setzt jedoch die Ausnutzung der Gratiskräfte der Natur im Erziehungs- und Pflegeprozess bzw. die Beachtung der Wachstumsabläufe und Wuchsdynamik der besten Bestandesglieder voraus. Umfangreiche Stammanalysen belegen, dass dominante, vitale, zuwachsstarke und technisch wertvolle Bäume alters- und höhenabhängige Unterschiede in der Zuwachsanlagerung am Schaft aufweisen. Wie Abbildung 17 erkennen lässt, erfolgt die Durchmesserbildung im Dickungs- und Stangenholzalter im Stammfußbereich am intensivsten (Zuwachsperiode Alter 10 bis 25 Jahre).

Der sich auf organischen und mineralischen Nassstandorten entwickelnde Elitebaum versucht, zunächst ein kräftiges Wurzelsystem auszubilden, sich im Boden zu verankern und durch verstärkte Durchmesserzuwachsleistung im Wurzelanlauf- und



Abb. 18: Hiebsreifer Elitebaum der Schwarz-Erle. Der lange, astfreie, zweischnürige Stamm ist für wertvolles Starkholz charakteristisch

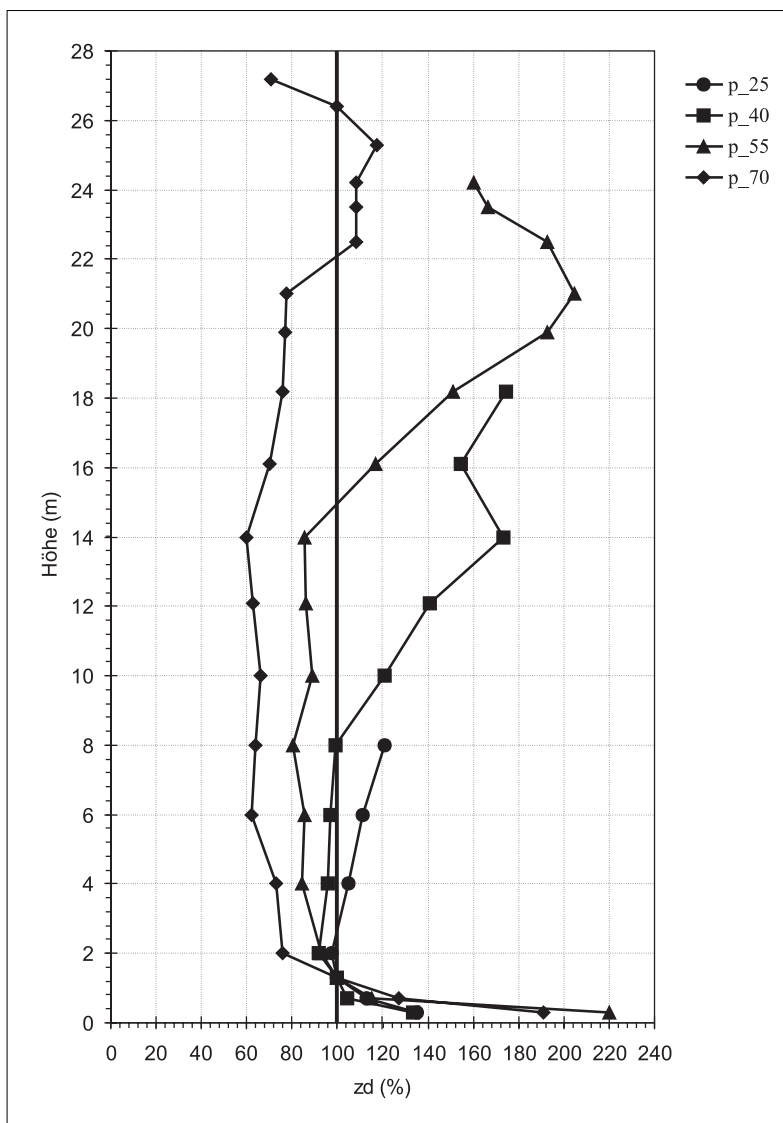


Abb. 17: Schwarz-Erle „BASEDOW 27“ ($h = 28,8 \text{ m}$; $d_{1,3} = 37,5 \text{ cm}$), Forstamt Teterow: Durchmesserzuwachs in verschiedener Schafthöhe in Prozent des entsprechenden Durchmesserzuwachses $zd_{1,3}$ (z. B. p_{25} entspricht der 15-jährigen Zuwachsperiode bis Alter 25 Jahre)

Stammfußbereich zu stabilisieren. Der Zuwachs übersteigt hier teilweise das 120%-Niveau beträchtlich. In der Periode stärkster Konkurrenz lagern die Elitebäume den Durchmesserzuwachs jedoch gleichzeitig auch bevorzugt im Kronenbereich an. Diese Tendenz wird in den folgenden Zuwachsperioden beibehalten. Das Maximum der Jahringbreite liegt nun im Bereich des Kronenansatzes. Die aus dem Stabilitätsverhalten resultierende differenzierte Zuwachsanlagerung über- und unterschreitet in verschiedenen Schafthöhen das 100%-Bezugsniveau, so dass sich für den Durchmesserzuwachsprozentverlauf über der Höhe am

Schaft eine S-Kurve ergibt (Abb. 17). Bis ins Baumholzalter (Zuwachsperiode bis ca. 55 Jahre) tritt die bevorzugte Zuwachsanlagerung im Stammfuß- und Kronenansatzbereich in der Regel noch deutlicher hervor. Erst im fortgeschrittenen Alter nach erreichter Stabilität erfolgt eine mehr oder weniger proportionale Zuwachsanlagerung über den gesamten Schaft. Im Hiebsreifealter weisen die vitalsten, stärksten und besten Schwarz-Erlen im Stammfußbereich erneut den größten Durchmesserzuwachs auf. Durch die beobachtete Wuchsdynamik des Schaftes wirken alte, hiebsreife Schwarz-Erlen wie Säulen (Abb. 18).

Sie weisen die vorteilhafte Eigenschaft einer geringen Durchmesserabnahme mit zunehmender Stammhöhe auf. Starkes, gesundes und vollholziges Schwarz-Erlen-Stammholz kann daher stets preisgünstig vermarktet werden. Die Gesetzmäßigkeiten der Zuwachsanlagerung in verschiedener Schafthöhe der Schwarz-Erle können durch den frühzeitigen Übergang von der negativen zur positiven Auslese, durch sicheres Erkennen der dominanten, vitalsten, zuwachsstar-

ken und technisch besten Individuen, durch konsequente Kronenpflege und Standraumregulierung im Sinne der SCHÄDELINSchen Auslesedurchforstung (1942) waldbaulich ausgenutzt werden.

Die Entwicklung der Elitebäume der Schwarz-Erle weist eine weitere Besonderheit auf. Ihr Schlankheitsgrad (h/d -Verhältnis), der mit abnehmendem Wert steigende Widerstandsfähigkeit gegenüber abiotischen Schäden ausdrückt, fällt gegenüber dem h/d -Durchschnittswert der Ertrags-tafel zeitig rasch ab und erreicht etwa im Alter von 30 bis 35 Jahren einen nahezu konstanten Wert zwischen 80 und 90. Diese Entwicklung des

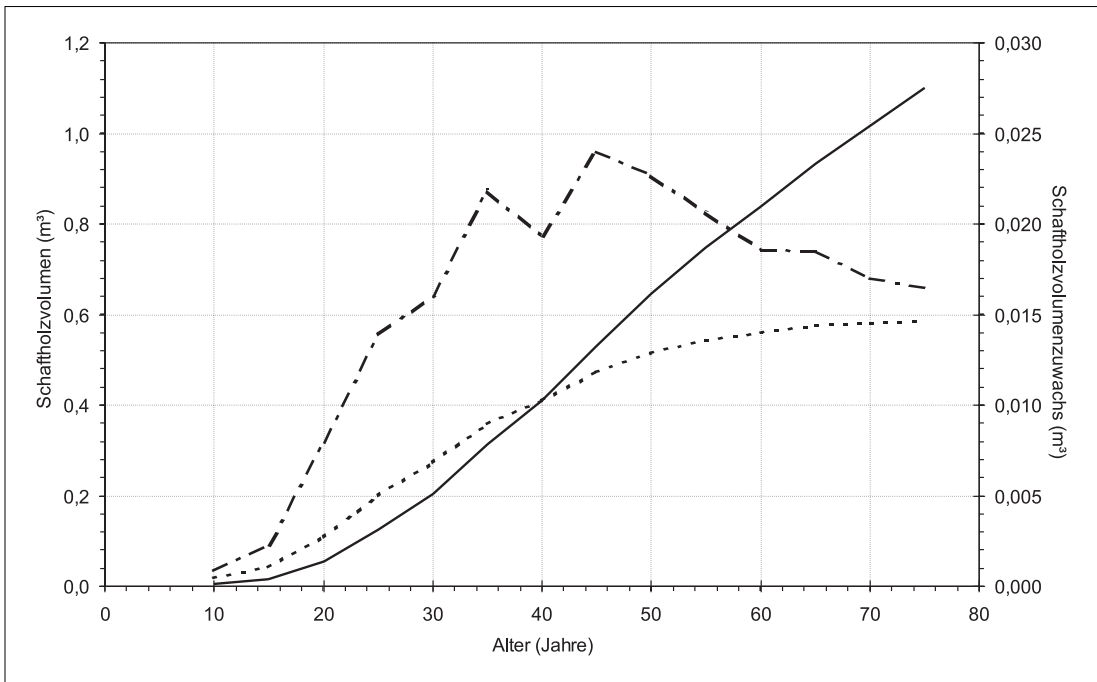


Abb. 19: Schwarz-Erle „KALKHORST 4“, Forstamt Neustrelitz: Laufender jährlicher Zuwachs (____), durchschnittlicher Gesamtzuwachs (____) und Gesamtwuchsleistung (____) des Volumens

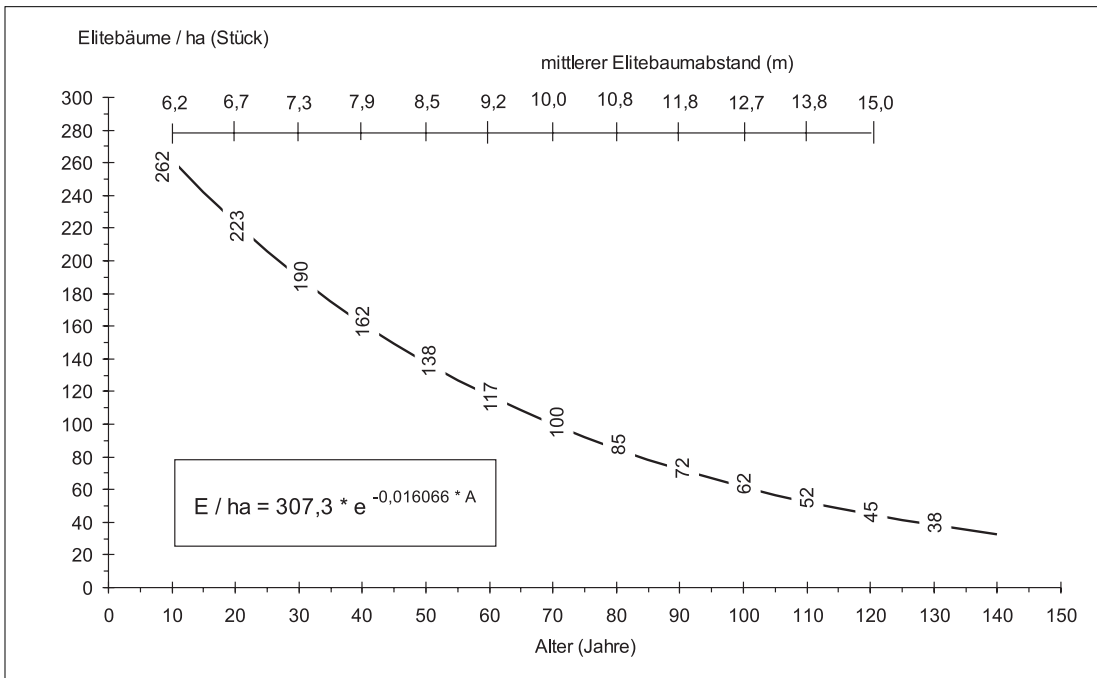


Abb. 20: Mittlere Abhängigkeit der Anzahl biologischer Elitebäume vom Alter. Bei Anwendung der „Strategie des minimalen Aufwandes“ sollten mindestens die auf der Leitkurve angegebenen Stämme durch Entnahme des schärfsten Wettbewerbers begünstigt werden

Schlankheitsgrades ist auf das relativ früh nachlassende Höhenwachstum und das noch anhaltende Dickenwachstum der Elitebäume zurückzuführen. Mit der richtigen Auswahl der Elitebaumwärter und ihrer frühzeitigen Pflege kann die Stabilität der Schwarz-Erlen-Bestände also spürbar erhöht werden.

Auf den baumartentypischen Standorten hat sich die Schwarz-Erle optimal an die Nährstoffausstattung und Wasserversorgung angepasst. Nach Untersuchungen mit dem „Allometrischen Gesetz des Wachstums“ nach HUXLEY (1932) und von v. BERTALANFFY (1942) zeigen die dominanten, vitalsten und gleichzeitig technisch besten Bäume hier ein besonders intensives Durchmesserwachstum und auf OK2-, OK3- sowie NK1-Standorten keine signifikanten Wachstumsunterschiede (Negative Allometrie: KALKHORST 4 (OK2), $v_{SH} = 1,032103 \cdot 10^{-4} \cdot d_{1,3}^{2,6459}$; TWIETFORT 124 (OK3), $v_{SH} = 1,014546 \cdot 10^{-4} \cdot d_{1,3}^{2,6606}$; SCHMIDTSEICHE 21 (NK1), $v_{SH} = 1,000074 \cdot 10^{-4} \cdot d_{1,3}^{2,6449}$). Abweichend von der durchschnittlichen, bonitätsabhängigen Entwicklung der Bestandeskennwerte pro Hektar nach der neuen Ertragstafel (LOCKOW 1994) kulminieren Grundfläche, Höhe und Volumen der Elitebäume in der Regel zeitlich deutlich später. Abbildung 19 gibt beispielsweise die Entwicklung der integrierten Wachstumsgröße „Volumen“ des Elitebaumes „KALKHORST 4“ wieder.

Selbst im Alter von 75 Jahren hat dieser Baum den Schnittpunkt des laufenden Zuwachses mit der dGZ-Kurve, der zeitlich mit dem größten Tangentenanstieg an die Volumenwachstumskurve zusammenfällt und den größten durchschnittlichen Gesamtzuwachs kennzeichnet, noch nicht erreicht. Die zuletzt kulminierende Größe, der Volumenzuwachs, ist erst im Alter von 45 Jahren im Optimum. Die allometrischen Untersuchungen und Analysen der Einzelbaumwachstumsabläufe belegen, als Elitebäume Individuen auszuwählen, die gleichzeitig die Eigenschaften dominant, vital, zuwachsstark und technisch wertvoll aufweisen. Auswahl, Erziehung und Pflege derartiger „biologischer Elitebäume“ können über alle Schwarz-Erlen-Standorte einheitlich erfolgen. Sie ermöglichen es, in 60 bis 80 Jahren die Hiebsreife und hohe Werterträge zu erreichen und gleichzeitig die Holzwertung durch die Schwarz-Erlen-Kernfäule zu minimieren. Aus verschiedenen Gründen ist es jedoch nicht immer möglich, die Schwarz-Erlen-Bestände auf ganzer Fläche nach der der neuen Ertragstafel zugrundeliegenden Durchforstungsweise zu pflegen. Dann ist es vorteilhaft, die notwendigen Eingriffe auf die „von Haus aus“ vorhandenen biologischen Elitebäume zu konzentrieren. Diese Individuen wurden im Rahmen der Ertragstafelaufstellung

auf zahlreichen Ertragsprobeflächen Mecklenburg-Vorpommerns – repräsentativ über den gesamten Altersbereich verteilt – erfasst. Das Ergebnis ist in Abbildung 20 als Auszeichnungshilfe dargestellt.

Die Elitebaumzahlen ordnen sich über dem Alter deutlich zu einer aussagefähigen Elitestammzahl-Leitbeziehung, die sehr gut durch eine Exponentialfunktion beschrieben wird. Nach 10-jährigen Altersintervallen differenziert wurden die durchschnittlich zu erwartenden Elitebaumzahlen in die Kurve hineingeschrieben. Auf der zweiten X-Achse ist der dazugehörige mittlere Elitebaumabstand wiedergegeben. Im Alter von 30 Jahren sind beispielsweise ca. 190 Elitebäume pro Hektar vorhanden, die im Mittel einen Stammabstand von 7,30 m besitzen. Als „Strategie des minimalen Aufwandes“ sollten diese Individuen dann, wenn die Voraussetzungen zur gleichmäßigen Pflege des Bestandes auf ganzer Fläche nicht gegeben sind, im Interesse der Stark- und Wertholzerzeugung durch die Entnahme des stärksten Bedrängers konsequent begünstigt werden.

Kernfäule in Schwarz-Erlen-Beständen

Diagnose der Schwarz-Erlen-Kernfäule am stehenden Stamm

Nach Aufstellung der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel für das nordostdeutsche Tiefland wurden die waldwachstumskundlichen Untersuchungen mit dem Ziel, ein Diagnoseverfahren zur Ansprache kernfäuleerkrankter Individuen am stehenden Stamm zu entwickeln, fortgeführt. In der Absicht, durch zweckmäßige Bewirtschaftung der Holzwertung durch die Kernfäule vorzubeugen, waren folgende Fragen zu beantworten:

- Ist es möglich, Kernfäulebefall an äußeren Baummerkmalen zu erkennen?
- Welche Merkmale oder Merkmalskombinationen sind geeignet, Kernfäule zu diagnostizieren?
- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, Bäume richtig als kernfäule einzustufen?
- Ist das Auftreten der Kernfäule eine Funktion des Alters oder der Baumdimension?
- Gibt es Standorte, auf denen die Kernfäule bevorzugt auftritt?

Kernfäuleerkrankung und Ausmaß der inneren Holzerstörung wurden anhand von Bohrwiderstandsmessungen mit Hilfe eines Resistographen

Tab. 5: Diagnosemerkmale der Kernfäule in Schwarz-Erlen-Hochwaldbeständen

Nr. des Merkmals	Merkmal	Abkürzung	Für Kernfäule spricht:
1	2	3	4
1	Wurzelaufquotient	WAQ	$\leq 0,86$
2	Spannrückigkeitstiefe	SRT	$\geq f(d_{1,3})$
3	Stelzwurzelausbildung	STW	vorhanden
4	Frostriss	FR	vorhanden
5	Pilzfruchtkörper	PFK	vorhanden
6	Hohler Klang im Stammfußbereich	HK	ja
7	Drehwuchs	DW	vorhanden
8	Baumklasse	BKL	3
9	Bodenoberfläche feucht	BF	ja
10	Wurzel freigelegt	WF	ja
11	Starker Moos- und Baumflechtenbewuchs	MBF	vorhanden
12	Spechthöhlen	SHÖ	vorhanden

erhöht nicht das Kernfäuleerisiko (LOCKOW 1994).

Als quantitative Merkmale sind der modifizierte Wurzelaufquotient und die Spannrückigkeitstiefe geeignet, Kernfäuleerkrankung am stehenden Stamm zu diagnostizieren. Ein Verhältnis der in 1,30 m und 0,50 m Höhe über dem Boden ermittelten Durchmesser von $q \cdot H \leq 0,86$ deutet in der Regel auf Kernfäule hin.

Die Spannrückigkeitstiefe kennzeichnet die Einbuchtung der Wurzelaufläufe und wird wie folgt ermittelt:

Tab. 6: Grenzwerte der Spannrückigkeitstiefe [SRT (cm)] gesunder Schwarz-Erlen

$d_{1,3}$ cm	SRT cm	$d_{1,3}$ cm	SRT cm	$d_{1,3}$ cm	SRT cm	$d_{1,3}$ cm	SRT cm
20	9,8	31	13,4	42	17,2	53	20,8
21	10,1	32	13,8	43	17,5	54	21,2
22	10,4	33	14,2	44	17,8	55	21,5
23	10,8	34	14,4	45	18,2	56	21,8
24	11,1	35	14,8	46	18,5	57	22,2
25	11,4	36	15,2	47	18,8	58	22,5
26	11,8	37	15,4	48	19,2	59	22,8
27	12,1	38	15,8	49	19,5	60	23,2
28	12,4	39	16,2	50	19,8		
29	12,8	40	16,5	51	20,2		
30	13,1	41	16,8	52	20,5		

- An die am intensivsten ausgebildeten benachbarten Wurzelaufläufe wird in 0,50 m Höhe parallel zur Bodenoberfläche ein Ablängstab oder eine Kluppschiene angelegt.
- Im rechten Winkel zur gebildeten Geraden erfolgt die Abstandsmessung zur Peripherie des Stammes, d. h., die Tiefe der Wurzeleinbuchtung wird mit dem Zollstock auf Zentimetergenauigkeit gemessen.

E-400 quantifiziert (LOCKOW/CHRZON 1995). Nach mathematisch-statistischer Auswertung konnte eine gesicherte Abhängigkeit des Kernfäulebefalls von der Standortsgruppe nachgewiesen werden. Auf den organischen Nassstandorten OK2 und OK3 deutet sich tendenziell eine größere Kernfäulegefährdung der Schwarz-Erle an. Eine Abhängigkeit von der Wasserhaushaltsstufe ist wahrscheinlich. Sie müsste jedoch weiter untersucht und abgesichert werden.

Auch zwischen dem Alter und dem Gesundheitszustand der Bäume besteht ein gesicherter Zusammenhang: Der Anteil kernfauler Stämme steigt mit dem Alter. Bei gleichem Alter sind die stärksten Stämme des Bestandes nicht gesichert höher kernfäulegefährdet. Diese Erkenntnis ist für die Umsetzung der neuen Schwarz-Erlen-Ertragstafel zugrundeliegenden Durchforstungsweise wesentlich: Schneller Starkholz zu erwirtschaften,

Kernfaule Schwarz-Erlen weisen bei gleichem Durchmesser $d_{1,3}$ höhere Spannrückigkeitstiefen als gesunde Bäume auf.

Als qualitative Merkmale besitzen die Ausbildung von Stelzwurzeln ($p = 0,83$), Frostrisse ($p = 0,60$), Drehwuchs ($p = 0,42$) sowie starker Moos- und Baumflechtenbewuchs einen Kernfäuleweiserwert. Ihnen kommt insbesondere in Kombination mit messbaren Größen Bedeutung zu. Nach mathematisch-statistischer Prüfung der möglichen Diagnosemerkmale wurde ein Schlüssel zur Ansprache der Schwarz-Erlen-Kernfäule am stehenden Stamm erarbeitet. Er ist in Tabelle 5 wiedergegeben.

Darin sind Haupt(*) und Kombinationsmerkmale mehr oder weniger nach ihrem Weiserwert (Rang) geordnet. Die Entscheidung „kernfaul oder gesund“

Tab. 7: Anwendungsbeispiele für die Diagnose der Kernfäuleerkrankung am stehenden Stamm der Schwarz-Erle

Baum-Nr.	d _{1,3} (cm)	Ansprachemerkmale												Diagnose: Stamm		Ergebnis	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	krank	gesund	richtig	falsch
		WAQ	SRT	STW	FR	PFK	HK	DW	BKL	BF	WF	MBF	SHÖ				
531	27,2	0,74	26,1	*					2	*		*		X		X	
52	29,8	0,84	16,5		*			*	2		*			X		X	
36	29,5	0,60	14,8	*					2					X			
373	44,6	0,88	11,2						2		*				X		X
330	29,6	0,86	14,4						2	*	*			X		X	
70	32,4	0,64	10,0		*				2	*	*			X		X	
526	42,1	0,78	33,8		*	*			1	*	*			X		X	
527	24,7	0,82	14,3						3	*	*			X		X	

anhand der Spannrückigkeitstiefe erfolgt nach einer vom Brusthöhendurchmesser abhängigen Trennfunktion, deren Grenzwerte Tabelle 6 enthält (LOCKOW/CHRZON 1995, 1996).

Überschreitet z. B. ein in Brusthöhe 40 cm starker Stamm die Spannrückigkeitstiefe von 16,5 cm, so ist er bezüglich dieses Hauptmerkmals als kernfaul zu betrachten. Der Gesundheitszustand eines konkreten Baumes wird letztlich aus der Gesamtschätzung aller Merkmale der Tabelle 5 heuristisch abgeleitet. Das Reklassifikationsergebnis des Anspruchschlüssels beträgt 91,1 % und ist damit sehr hoch. Tabelle 7 veranschaulicht die Diagnose der Kernfäuleerkrankung zufällig ausgewählter Stämme.

Entscheidungshilfen für die Holzvermarktung kernfauler Schwarz-Erlen

In den grundwasserreichen Niederungen des nordostdeutschen Tieflandes wird der Bewirtschaftungserfolg der Schwarz-Erle sehr häufig durch die auf nahezu allen Erlenstandorten vorkommende Kernfäule beeinträchtigt. Daher wurden aus den mit dem Resistographen E-400 ermittelten Faulkerndurchmessern Entscheidungshilfen für die Holzvermarktung abgeleitet.

Zwischen dem Brusthöhendurchmesser d_{1,3}, dem Faulkerndurchmesser und der Stärke des gesunden Holzmantels besteht ein gesicherter Zusammenhang. Wird eine Schwarz-Erle am stehenden Stamm als kernfaul diagnostiziert (LOCKOW/CHRZON 1996, 1997), können mit der Prognosefunktion

$$FK = -5,904407 + 0,500011 \cdot d_{1,3} \quad (6)$$

der mittlere Faulkerndurchmesser (FK in cm o.R.) und die Dicke des gesunden Holzmantels bestimmt werden. Damit ist es möglich, betriebswirtschaftlich über die Zweckmäßigkeit der Holzvermarktung des Einzelstammes vor Ort zu entscheiden. Stämme mit fortgeschrittenem Kernfäulebefall können gegebenenfalls im Bestand verbleiben und höhlenbrütenden Vogelarten als Nistmöglichkeit dienen. Die in Abbildung 21 dargestellte Prognosefunktion gestattet, den mittleren Faulkerndurchmesser und die Stärke des gesunden Holzmantels in den Grenzen von 20,0 cm bis 71,0 cm über dem Brusthöhendurchmesser abzulesen.

Nach Abbildung 21 bzw. Tabelle 8 ordnen sich zu einem Brusthöhendurchmesser d_{1,3} von 40,0 cm beispielsweise ein mittlerer Faulkerndurchmesser von 14,1 cm sowie ein 12,95 cm starker gesunder Holzmantel.

Derartige Daten sollen die Vermarktung kernfauler Schwarz-Erlen – bis hin zur Preisbildung – objektivieren.

Eine weitere praktikable Entscheidungshilfe ist die Rekonstruktion des Volumens des gesunden Holzmantels in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser d_{1,3} (cm m.R.) und der gewählten Stammlänge. Die Berechnungsergebnisse wurden für den praktischen Gebrauch als Nomogramm (Abb. 22) und Entscheidungstabelle (Tab. 9) aufbereitet.

Mit ihrer Hilfe lassen sich u. a. Volumen- und finanzielle Verluste durch den Kernfäulebefall der Schwarz-Erle kalkulieren.

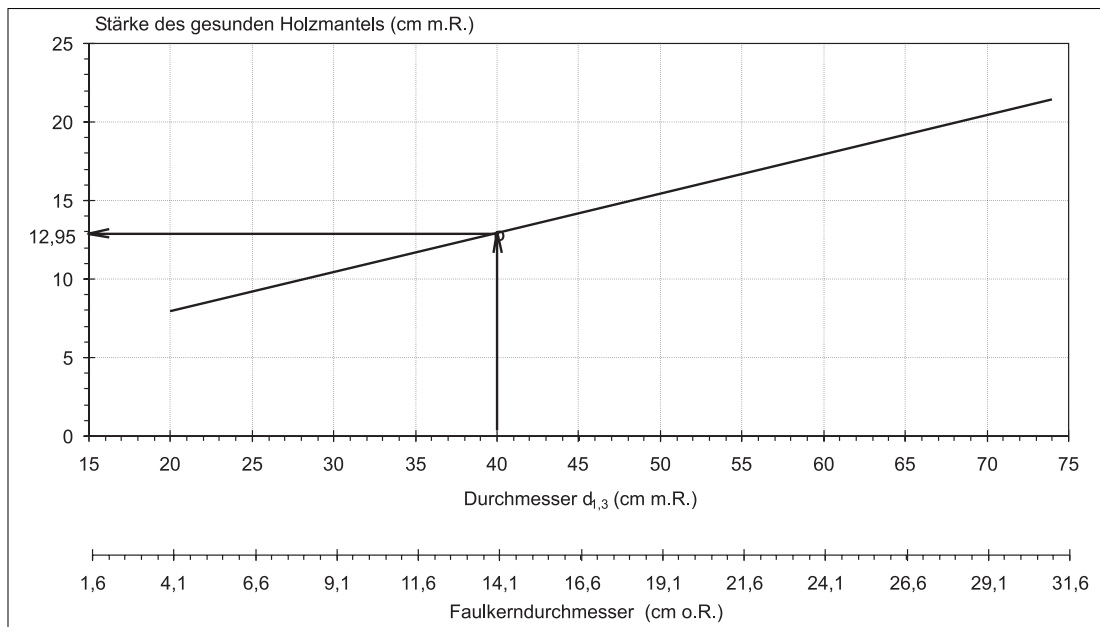


Abb. 21: Stochastischer, approximierter Zusammenhang zwischen dem Brusthöhendurchmesser, dem Faulkerndurchmesser und der Stärke des gesunden Holzmantels der Schwarz-Erle

Tab. 8: Mittlerer Zusammenhang zwischen Brusthöhendurchmesser, Faulkerndurchmesser und Stärke des gesunden Holzmantels

Durchmesser $d_{1,3}$ (cm m.R.)	Durchschnittlicher Faulkerndurchmesser (cm o. R.)	Stärke des gesunden Holzmantels (cm m. R.)	Durchmesser $d_{1,3}$ (cm m. R.)	Durchschnittlicher Faulkerndurchmesser (cm o. R.)	Stärke des gesunden Holzmantels (cm m. R.)
1	2	3	1	2	3
20	4,1	7,95	46	17,1	14,45
21	4,6	8,20	47	17,6	14,70
22	5,1	8,45	48	18,1	14,95
23	5,6	8,70	49	18,6	15,20
24	6,1	8,95	50	19,1	15,45
25	6,6	9,20	51	19,6	15,70
26	7,1	9,45	52	20,1	15,95
27	7,6	9,70	53	20,6	16,20
28	8,1	9,95	54	21,1	16,45
29	8,6	10,20	55	21,6	16,70
30	9,1	10,45	56	22,1	16,95
31	9,6	10,70	57	22,6	17,20
32	10,1	10,95	58	23,1	17,45
33	10,6	11,20	59	23,6	17,70
34	11,1	11,45	60	24,1	17,95
35	11,6	11,70	61	24,6	18,20
36	12,1	11,95	62	25,1	18,45
37	12,6	12,20	63	25,6	18,70
38	13,1	12,45	64	26,1	18,95
39	13,6	12,70	65	26,6	19,20
40	14,1	12,95	66	27,1	19,45
41	14,6	13,20	67	27,6	19,70
42	15,1	13,45	68	28,1	19,95
43	15,6	13,70	69	28,6	20,20
44	16,1	13,95	70	29,1	20,45
45	16,6	14,20	71	29,6	20,70

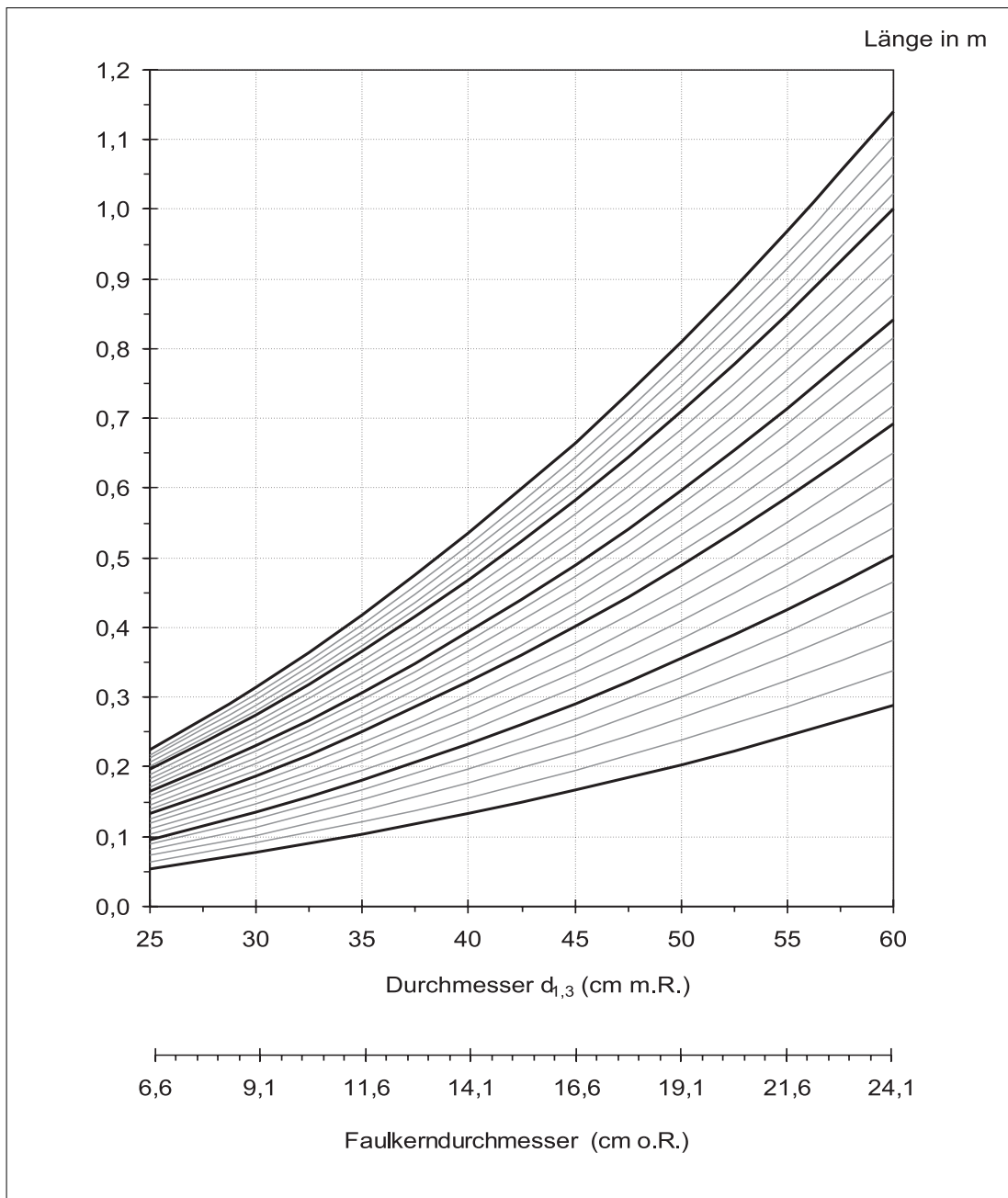


Abb. 22: Volumen des gesunden Holzmantels der Schwarz-Erle in Abhängigkeit vom Brusthöhen-durchmesser und der Stammlänge bei Unterstellung eines mittleren Faulkerndurchmessers gemäß Prognosefunktion $FK = f(d_{1,3})$

Tab. 9: Mittlerer Zusammenhang zwischen Durchmesser, Stammhöhe, Volumen des gesunden Holzmantels und Volumenverlust durch Kernfäule

d _{1,3}	Stamm- länge	Gesamtvolume (einschließlich Faulkern)	Volumen des gesunden Holzmantels	Volumenverlust durch Kernfäule
(cm m. R.)	(m)	(m ³ m. R.)	(m ³ m. R.)	(m ³ o. R.)
25	2,0	0,1031	0,0963	0,0068
30	2,0	0,1485	0,1355	0,0130
35	2,0	0,2022	0,1810	0,0211
40	2,0	0,2641	0,2328	0,0312
45	2,0	0,3342	0,2909	0,0433
50	2,0	0,4123	0,3553	0,0573
55	2,0	0,4992	0,4260	0,0733
60	2,0	0,5941	0,5029	0,0912
25	2,5	0,1235	0,1150	0,0085
30	2,5	0,1779	0,1617	0,0162
35	2,5	0,2422	0,2158	0,0264
40	2,5	0,3163	0,2773	0,0390
45	2,5	0,4003	0,3462	0,0541
50	2,5	0,4942	0,4226	0,0716
55	2,5	0,5980	0,5064	0,0916
60	2,5	0,7117	0,5977	0,1140
25	3,0	0,1439	0,1336	0,0102
30	3,0	0,2072	0,1877	0,0195
35	3,0	0,2820	0,2503	0,0317
40	3,0	0,3684	0,3215	0,0468
45	3,0	0,4662	0,4013	0,0649
50	3,0	0,5756	0,4897	0,0859
55	3,0	0,6964	0,5866	0,1099
60	3,0	0,8288	0,6920	0,1368

d _{1,3}	Stamm- länge	Gesamtvolume (einschließlich Faulkern)	Volumen des gesunden Holzmantels	Volumenverlust durch Kernfäule
(cm m. R.)	(m)	(m ³ m. R.)	(m ³ m. R.)	(m ³ o. R.)
25	3,5	0,1611	0,1491	0,0120
30	3,5	0,2319	0,2092	0,0227
35	3,5	0,3157	0,2787	0,0370
40	3,5	0,4123	0,3577	0,0546
45	3,5	0,5218	0,4461	0,0757
50	3,5	0,6442	0,5440	0,1002
55	3,5	0,7795	0,6513	0,1282
60	3,5	0,9277	0,7681	0,1596
25	4,0	0,1779	0,1643	0,0137
30	4,0	0,2562	0,2303	0,0260
35	4,0	0,3488	0,3065	0,0422
40	4,0	0,4556	0,3933	0,0624
45	4,0	0,5766	0,4900	0,0865
50	4,0	0,7118	0,5972	0,1146
55	4,0	0,8613	0,7148	0,1465
60	4,0	1,0250	0,8426	0,1824
25	4,5	0,1957	0,1803	0,0154
30	4,5	0,2818	0,2526	0,0292
35	4,5	0,3836	0,3361	0,0475
40	4,5	0,5010	0,4308	0,0702
45	4,5	0,6341	0,5388	0,0973
50	4,5	0,7829	0,6540	0,1289
55	4,5	0,9473	0,7825	0,1648
60	4,5	1,1274	0,9221	0,2052

d _{1,3}	Stamm- länge	Gesamtvolume (einschließlich Faulkern)	Volumen des gesunden Holzmantels	Volumenverlust durch Kernfäule
(cm m. R.)	(m)	(m ³ m. R.)	(m ³ m. R.)	(m ³ o. R.)
25	5,0	0,2134	0,1963	0,0171
30	5,0	0,3073	0,2748	0,0324
35	5,0	0,4183	0,3655	0,0528
40	5,0	0,5464	0,4683	0,0780
45	5,0	0,6915	0,5833	0,1082
50	5,0	0,8537	0,7105	0,1432
55	5,0	1,0330	0,8498	0,1831
60	5,0	1,2293	1,0011	0,2280
25	5,5	0,2283	0,2095	0,0188
30	5,5	0,3287	0,2930	0,0357
35	5,5	0,4474	0,3893	0,0581
40	5,5	0,5843	0,4986	0,0858
45	5,5	0,7396	0,6206	0,1190
50	5,5	0,9130	0,7555	0,1575
55	5,5	1,1048	0,9033	0,2015
60	5,5	1,3148	1,0640	0,2508
25	6,0	0,2455	0,2250	0,0205
30	6,0	0,3535	0,3145	0,0390
35	6,0	0,4812	0,4178	0,0633
40	6,0	0,6285	0,5349	0,0936
45	6,0	0,7954	0,6656	0,1298
50	6,0	0,9820	0,8102	0,1718
55	6,0	1,1882	0,9685	0,2198
60	6,0	1,4141	1,1405	0,2736

Literatur

- [1] ASSMANN, E.: Waldertragslehre. München, Bonn, Wien; 1961.
- [2] BALTENSWEILER, W.: Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung der Schwarzerle in der Umgebung Zürichs. Schweizerische Zeitung für Forstwirtschaft (1955), S. 32–48.
- [3] BERTALANFFY, L.: Theoretische Biologie, Bd. 2. Berlin 1942.
- [4] BUTĖNAS, J.: Miöko taksacinis zinynas leidykla „Mintis“. Vilnius 1968.
- [5] ERTELD, W.; ACHTERBERG, W.: Die Bedeutung der Narbenbildung und des Faulkerns bei Roterlenschälholz. Archiv für Forstwesen, 4 (1955) 7/8, S. 611–638
- [6] ERTELD, W.: Die Fortentwicklung unserer Ertragstafeln. Archiv für Forstwesen 14 (1965) 5, S. 475–482
- [7] GLAVÁČ, V.: Über Höhenwuchsleistung und Wachstumsoptimum der Schwarzerle auf vergleichbaren Standorten in Nord-, Mittel- und Südeuropa. Frankfurt/M.: Sauerländer (1972), 61 S. – Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen, Bd. 45 – Mitteilungen der Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Bd. 45
- [8] HALLER, B.: Untersuchungen über den Wachstumsgang der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* GAERTN.). Ulikooli metsaosakonna trimetused, Tartu, 21 (1932), S. 9–57.
- [9] HUXLEY, J. S.: Problems of relative growth. London 1932.
- [10] KRAFT, G.: Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungen. Hannover 1884.
- [11] KORSUN, F.: Massen- und Ertragstafeln für die Erle. Lesn. cas., Praha 12 (1966), S. 839–856.
- [12] LOCKOW, K.-W.; POFAHL, U.: Der Ausgleich der Häufigkeitsverteilungen mit Hilfe der Dichtefunktion der Gamma-Verteilung. Beiträge für die Forstwirtschaft, a.a.O. 10 (1976) 2, S. 97–103.
- [13] LOCKOW, K.-W.: Modellbildung und Quantifizierung der Durchmesser- und Volumenstruktur des ausscheidenden Kiefernbestandes – Holzmeßkundliche Entscheidungshilfen für die Erstdurchforstung. Beiträge für die Forstwirtschaft, Berlin 27 (1993) 2, S. 77–82.
- [14] LOCKOW, K.-W.: Aufstellung einer neuen Ertragstafel für im Hochwaldbetrieb bewirtschaftete Roterlenbestände (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.). Forschungsbericht 12/1994; Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde, Abt. Waldwachstum.
- [15] LOCKOW, K.-W.: Optimierung der Holzaushaltung am Einzelstamm der Roterle – ein dendrometrisches und dialogorientiertes Computerprogramm für die Forstpraxis. Separatdruck (Dokumentation mit Diskette), Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde, März (1995 a).
- [16] LOCKOW, K.-W.: Die neue Ertragstafel für Roterle – Modellstruktur und Anwendung in der Forstpraxis. Beitr. f. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol. 29 (1995 b) 2, S. 49–55.
- [17] LOCKOW, K.-W.: Neue Ertragstafel für die Roterle. Der Wald, Berlin 45 (1995 c) 8, S. 268–271.
- [18] LOCKOW, K.-W.: Neue Volumen- und Formzahltafeln für Roterle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.). Beitr. f. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol. 29 (1995 d) 4, S. 145–150.
- [19] LOCKOW, K.-W.; CHRZON, S.: Analytische Untersuchungen zur Diagnose der Roterlenkernfäule am stehenden Stamm. Forschungsbericht 7/1995 e; Forstliche Forschungsanstalt Eberswalde, Abteilung Standort/Umwelt, Abteilung Waldwachstum/Waldbau/Naturschutz.
- [20] LOCKOW, K.-W.; CHRZON, S.: Diagnose der Roterlenkernfäule am stehenden Stamm. AFZ/ Der Wald (1996) 24, S. 1367–1370.
- [21] LOCKOW, K.-W.; CHRZON, S.: Entscheidungshilfen für die Holzvermarktung kernfauler Roterlen. AFZ/Der Wald (1997) 19, S. 1056–1058.
- [22] LOCKOW, K.-W.: Wachstum, Entwicklung und waldbauliche Behandlung der Zukunftsbäume im Roterlen-Hochwaldbetrieb. Beitr. f. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol. 31 (1997) 1, S. 31–35.
- [23] MITSCHERLICH, G.: Ertragstafel für die Schwarzerle, starke Durchforstung. In: SCHÖBER, R. – Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main 1987.
- [24] SCHÄDELIN, W.: Die Auslesedurchforstung als Erziehungsbetrieb höchster Wertleistung. 3. Auflage; Bern, Leipzig 1942.
- [25] SCHÖBER, R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten. J. D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt a. M. 1987.
- [26] SCHRÖTTER, H.: Die Roterle – eine Charakter- und Wirtschaftsbaumart Mecklenburg-Vorpommerns. Der Wald, Berlin 45 (1995) 6, S. 196–198.
- [27] SCHWAPPACH, A.: Untersuchungen über Zuwachs und Form der Schwarzerle. Neudamm Verlag von J. Neumann 1902, 39 S.
- [28] SCHWAPPACH, A.: Neuere Untersuchungen über den Wachstumsgang der Schwarzerlen-Bestände. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen

51 (1919) 4, S. 1–190.

[29] SUCCOW, M.: Standortgerechter Gehölzwuchs auf entwässerten Talmooren im Norden der DDR. Beiträge für die Forstwirtschaft 10 (1976), 1, S. 13–22.

[30] ZIMMERLE, H.: Untersuchungsergebnisse bei der Schwarzerle. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt a. M. 118 (1942), S. 297–308.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. sc. Karl-Willi Lockow
Landesforstanstalt Eberswalde
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde

Zur Berücksichtigung des genetischen Potenzials von Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) bei der Waldbewirtschaftung

Zur genetischen Variabilität

Zahlreiche morphologische Varietäten in den Blattmerkmalen sowie nachweislich herkunftsbedingte Wachstumsunterschiede lassen auf eine breite innerartliche genetische Vielfalt der Schwarz-Erle schließen.

Auf der Grundlage umfassender biometrischer Untersuchungen konnte MEJNARTOWICZ (1972) in den vegetativen Merkmalen klinale Variationen innerhalb von polnischen Erlenpopulationen nachweisen, z. B.:

- an Langtriebblättern: je nördlicher die Population, um so kürzer die Blattstiele und um so größer das Verhältnis Spreitenlänge/Stiellänge; Nachkommen nördlicher Populationen haben kürzere und schmalere Blätter als Nachkommen der südpolnischen Populationen,
- an Kurztriebblättern: positive Korrelation zwischen Blattlänge und Höhenlage.

Auch DEWALD und STEINER (1986) fanden bei 48 europäischen Provenienzen sowie McVEAN (1953) bei englischen Populationen Zusammenhänge zwischen Klimagradienten und Blattgrößenvariationen. Eine Reihe intraspezifischer Kreuzungen zwischen Nachkommenschaften mit bekannten Merkmalskombinationen sollte klären, welche Merkmale genetisch determiniert sind und welche durch Standortfaktoren variabel beeinflusst werden. Dabei zeigte sich, dass insbesondere phänologische Parameter wie der Abschluss der Knos-

penbildung (und damit das Längenwachstum der Jahrestriebe) sowie die Frosthärte vom Genotyp bestimmt wird, während der Laubfall eher durch die standörtlichen Bedingungen beeinflusst wird (WEISS, 1963; WOLFER, 1965).

Nach SCHMIDT (1996) hat die Baumart durch die Vernichtung und Veränderungen ihrer natürlichen Habitate eine Einengung ihrer genetischen Vielfalt erfahren. So ist die Erhaltung autochthoner Populationen als genetische Ressource von großer Bedeutung für die langfristige Sicherung der Anpassungsfähigkeit. Mit Stand vom 31. Dezember 2002 sind für ca. 25 % der brandenburgischen Waldfläche so genannte Generhaltungsobjekte (Waldfunktion 79) ausgewiesen. Hierzu gehören auch 121,85 ha Schwarz-Erlenbestände. Nach dem letzten Tätigkeitsbericht (1998–2000) der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Erhaltung forstlicher Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ befindet sich ein Drittel der ausgewiesenen Generhaltungsbestände der Bundesrepublik Deutschland in Brandenburg (BLAG, 2001).

Nach Literaturangaben verfügt *A. glutinosa* über einen diploiden Chromosomensatz. Andererseits wird für die Gattung *Alnus* wie auch für *Betula* die höchste Ploidiestufe der Chromosomensätze (Oktoploidie: $2n = 112$ Chromosomen) ausgewiesen (Übersicht: HATTEMER et al., 1993), was große evolutive Spielräume mit einer hohen genetischen Vielfalt ermöglichen würde.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die spontane Entstehung von Hybriden mit *Alnus glutinosa*

nosa hinzuweisen. Als spontaner Bastard kommt z. B. *A. incana* x *A. glutinosa* = *A. x hybrida* BRAUN et REICHENB. (syn: *A. x pubescens* TAUSCH.) nahezu im gesamten Gebiet der gemeinsamen Verbreitung beider Arten vor. Die Merkmale sind intermediär und es entstehen keimfähige Samen. Bei Nachkommen der reziproken Kreuzung ist die Fertilität deutlich geringer, bis hin zur Sterilität. Der Bastard *A. cordata* x *A. glutinosa* = *A. x elliptica* REQUIEN hat einen sehr regelmäßig gezähnten Blattrand und zeigt nur sehr selten eine schwache Lappenbildung. Der Bastard *A. glutinosa* x *A. rugosa* = *A. x silesiaca* FICK. wurde in Schlesien, Brandenburg und Böhmen gefunden. Die Fruchtschuppen sind zugespitzt und ähneln denen von *A. rugosa* SPENGLER (CALLIER, 1918). Aus gelenkten Kreuzungen entstanden auch die Hybriden *A. rubra* x *A. glutinosa* und *A. glutinosa* x *A. hirsuta* (WEISS, 1963).

Aus genetischer Sicht ist die Erhaltung stabiler Erlenwälder zum einen an die genetische Vielfalt und zum anderen an die Herkunft des Bestandes bzw. des Ausgangsmaterials gebunden.

Zur Bedeutung der genetischen Herkunft

Wie auch bei anderen Baumarten hängt die Qualität und Stabilität des Bestandes neben den standörtlichen Bedingungen und der Bestandesbehandlung in entscheidendem Maße von den genetischen Anlagen des verwendeten Vermehrungsgutes ab. Die Bedeutung der Herkunftsfrage wurde insbesondere durch BANSI (1924) herausgearbeitet, indem er nachwies, dass das klassische „Erlensterben“ im Memelgebiet erst eintrat, nachdem man dazu überging, Erlen unbekannter Herkunft bzw. von Saatgutbeständen belgischer Lokalpopulationen anzubauen.

Ebenso unterliegt die Fähigkeit zum Lufttransport in die Wurzeln über gasgefüllte Anteile des Xylems (siehe Kapitel „Schwarz-Erlen-Bestände zur Gewinnung von Vermehrungsgut“) einer genetisch fixierten intraspezifischen Variabilität. LIEFE (1990, zit. in WÖTZEL, 1997) konnte bei einem Vergleich von Schwarz-Erlen unterschiedlicher Provenienzen nachweisen, dass Bäume aus Bruchwaldstandorten, auch bei der Anzucht außerhalb ihres ursprünglichen Standorts, eine geringere Rohdichte der Wurzeln und einen höheren Luftanteil im Xylem aufweisen als Erlen trockener Standorte. SCHMIDT-

VOIGT (1971) bestätigte herkunftsbedingte Unterschiede in der Ausprägung des Wurzelsystems.

In mehreren Veröffentlichungen wird auf den Zusammenhang zwischen früher und übermäßiger Fruktifikation sowie Kurzlebigkeit beim Anbau westeuropäischer Herkünfte verwiesen, die durch den Saatguthandel mit nach Deutschland gebracht wurden (RUETZ et al., 2000; RUBNER, 1955; WEISS, 1965). Bei den daraus gezogenen Nachkommen wurde in den ersten Jahren ein rasches Höhenwachstum beobachtet, welches nachlässt und im Alter zwischen 12–20 Jahren zum Absterben führt. Vielfach gibt es eine Entwicklung zu breitkronigen Büschen mit krummen Schafformen. Das Material stammte auch hier nachweislich aus Belgien, wo es von Stockausschlägen und Hekken geerntet und verkauft wurde (MÜNCH, 1936).

Mit der Charakterisierung von „Klimatypen“ wurde die wissenschaftliche Grundlage für die Ausweisung von Herkunftsgebieten für die Schwarz-Erle geschaffen (SVOBODA, 1957).

Das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland ist aufgrund unterschiedlicher natürlicher Klima- und Standortsverhältnisse in verschiedene Herkunftsgebiete eingeteilt, die auf den ökologischen Grundeinheiten basieren. Einen Überblick über die für die Baumart Schwarz-Erle gültigen Herkunftsgebiete geben die Abbildung 1 sowie die Tabelle 1.

Auf der Grundlage dieser Herkunftsgebiete wurden von den einzelnen Bundesländern Herkunftsempfehlungen herausgegeben. Die nachfolgende Darstellung zeigt die Herkunftsgebiete der Schwarz-Erle, die für das Bundesland Brandenburg empfohlen werden.

Die Beachtung der Herkunftsfrage ist jedoch nicht nur für die künstliche Neubegründung von Erlenbeständen bedeutsam, sondern sollte auch bei der Bewertung der Naturverjüngungswürdigkeit eines Bestandes ein entscheidendes Kriterium sein. Von der natürlichen Verjüngung eines Bestandes zweifelhafter Herkunft sollte Abstand genommen werden und der künstlichen Neubegründung mit Material bekannter genetischer Qualität (Vielfalt und Herkunft) der Vorrang eingeräumt werden.

Schwarz-Erlen-Bestände zur Gewinnung von Vermehrungsgut

Um das Risiko, Bestände mit unangepassten Herkünften zu pflanzen, so gering wie möglich zu

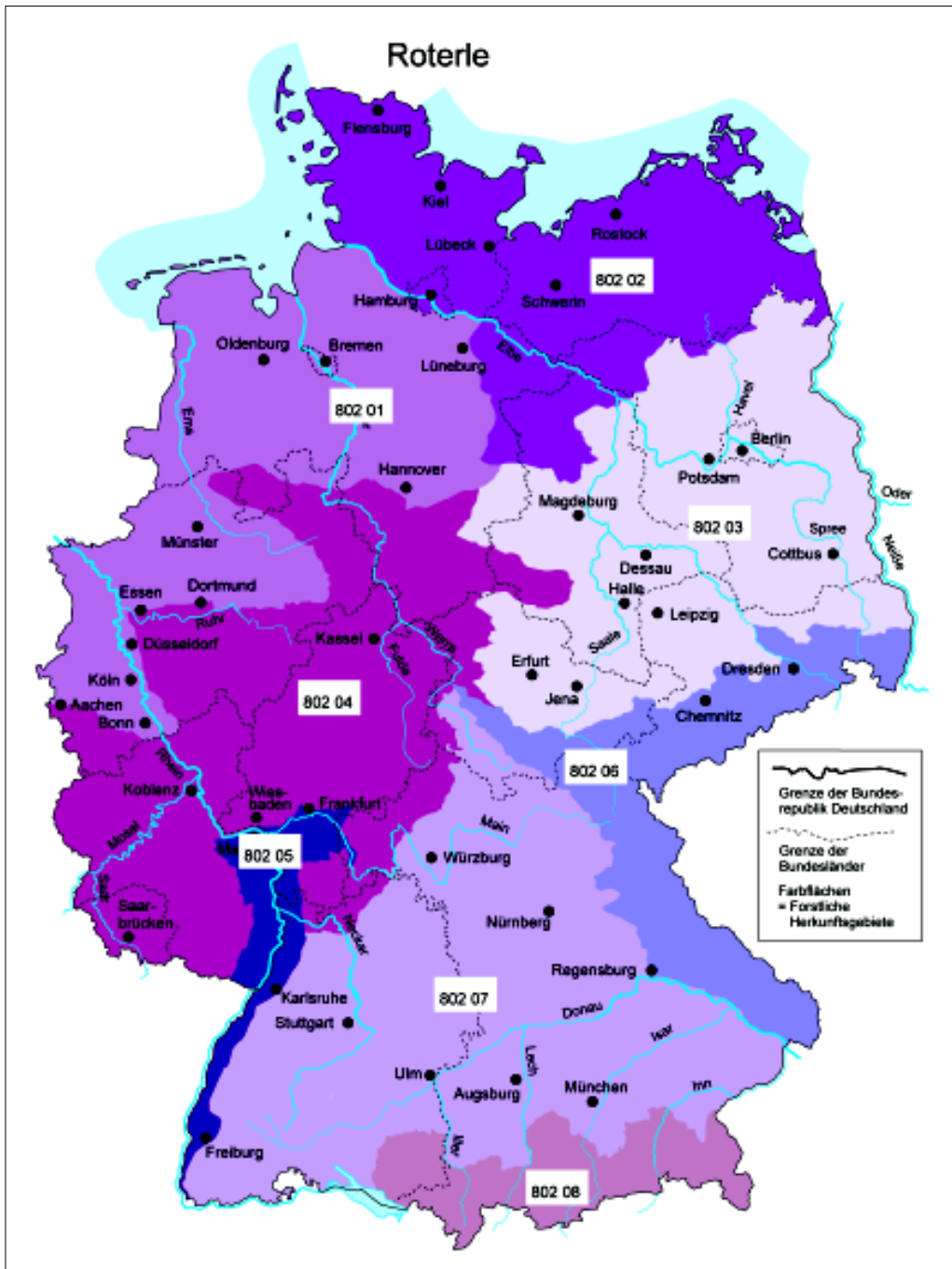


Abb. 1: Herkunftsgebiete der Schwarz-Erle in Deutschland (aus aid-Heft 1164)

halten, unterliegt die Schwarz-Erle ebenso wie die anderen Wirtschaftsbaumarten auf der Grundlage der Richtlinie 1999/105/EG des Rates vom 22. Dezember 1999 über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut in Deutschland dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG). In Deutschland gilt für die Schwarz-Erle bereits seit 1957 das Forstsaatgut-

Gesetz, das den Verkehr mit forstlichem Saat- und Pflanzgut regelt. Dementsprechend darf Vermehrungsgut, welches zur Begründung von Wald in den Verkehr gebracht werden soll, nur aus zur Beernung zugelassenen Beständen verwendet werden. Hierzu steht Vermehrungsgut der Kategorien „ausgewählt“ (Bestände), „qualifiziert“ (Saatgutplan-

Tab. 1: Bezeichnung der Herkunftsgebiete der Schwarz-Erle

Bezeichnung des Herkunftsgebietes	Kennziffer des Herkunftsgebietes
Nordwestdeutsches Tiefland	802 01
Nordostdeutsches Tiefland	802 02
Mittel- und Ostdeutsches Tief- und Hügelland	802 03
Westdeutsches Bergland	802 05
Oberrheingraben	802 04
Südostdeutsches Hügel- und Bergland	802 06
Süddeutsches Hügel- und Bergland	802 07
Alpen und Alpenvorland	802 08

Tab. 2: Auszug aus den „Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut für das Land Brandenburg“

Verwendung im Herkunftsgebiet	Herkunft des Vermehrungsgutes	
	02	03
02 - Nordostdeutsches Tiefland	X	X
03 - Mittel- und Ostdeutsches Tief- und Hügelland		X

tagen) und „geprüft“ (Bestände und Samenplantagen mit Nachkommenschaftsprüfung) zur Verfügung.

Grundlage für die Zulassung eines Saatguterntebestandes bilden die in der Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) festgelegten Anforderungen. Neben den allgemeinen Mindestanforderungen wie Ursprung, Homogenität, Angepasstheit, Gesundheit, Widerstandsfähigkeit, Holzqualität sowie Form und Habitus müssen baumartenspezifische Kriterien erfüllt werden.

So muss der künftige Erntebestand der Baumart Schwarz-Erle ein Mindestalter von 40 Jahren und eine Mindestfläche von 0,5 ha aufweisen. Weiterhin wird zur Erhaltung der genetischen Vielfalt eine Mindestbaumzahl des zuzulassenden Bestandes von 40 Exemplaren gefordert, wovon bei der Ernte mindestens 20 Bäume zu beernten sind. Bei der Zulassung der Schwarz-Erle ist auf Kriterien wie Geradschäftigkeit, Vollholzigkeit und Wipfelschäftigkeit zu achten. Beachtet werden muss weiterhin der Umstand, dass Bestände von Schwarz-Erlen oftmals aus Stockausschlägen hervorgegangen sind. Besonderes Augenmerk gilt aufgrund der *Phytophthora*-Problematik dem Gesundheitszustand. Bestände mit Verdacht auf *Phytophthora*-Befall, die Anzeichen von schwarzbraunen Rindenverfärbungen, Schleimfluss oder reduzierte Belaubung im Kronenbereich aufweisen, dürfen nicht zugelassen werden (siehe Beitrag von Dr. PAUL HEYDECK „Gefährdung der Schwarz-Erle durch mikrobielle Pathogene“).

Bei dem „geprüften“ und damit qualitativ hochwertigsten Vermehrungsgut mussten in der Vergangenheit vordringlich Wuchs- und Formeigenschaften

überdurchschnittlich gegenüber dem Vergleichskollektiv sein und sich an Standards messen lassen. Dabei wurden Merkmale wie Wuchsform, Raschwüchsigkeit, gute Kronenausbildung, Gesundheit, Vollholzigkeit und Beulenfreiheit bewer-



Abb. 2: Zugelassener Erntebestand Schwarz-Erle

Tab. 3: Für die Gewinnung von geprüfem Vermehrungsgut in Deutschland zugelassene Bestände und Samenplantagen der Baumart Schwarz-Erle (nach RAU)

Herkunft	Registernummer	Forstamt	Verbesserter Anbauwert hinsichtlich...
Samenplantagen			
Bayrische Moränen- und Molasselandschaft	062 802 08 001 4	Gahrenberg	Wüchsigkeit, Schaffform
Hessisches Bergland/ Bayrische Moränenlandschaft	062 802 04 001 4	Bad Soedenhofen-Allendorf	Wüchsigkeit, Schaffform, Überlebensrate
Oberrheinisches Tiefland	081 802 07 901 4	Kirchheim/Teck	Wüchsigkeit, Schaffform
Süddeutsches Hügel- und Bergland	091 802 07 034 4	Traunstein	Wüchsigkeit, Schaffform
Alpen und Alpenvorland	091 802 08 013 4	Traunstein	Wüchsigkeit, Schaffform
Bestände			
Oberrheingraben	061 802 05 001 3 061 802 05 002 3	Forstbetrieb Fürst Ysenburg-Büdingen	Vitalität
Alpen und Alpenvorland	091 802 08 022 3 091 802 08 033 3	Landsberg/Lech	Wüchsigkeit, Schaffform

tet. Beim Vergleich der Auswertungen zeigte sich, dass meist die Nachkommen aus Samenplantagen am besten abschnitten, da deren Vermehrungsgut eine gleichbleibende Qualität aufweist. Das wird darauf zurückgeführt, dass in Plantagen regelmäßig alle Elternbäume beerntet werden, während das Erntegut in Beständen entsprechend dem Bedarf meist nur von einem Teil der Bestandesmitglieder stammt. Hier spiegelt sich das genetische Potenzial gut veranlagter Einzelbäume (Plusbäume) wider, die in die Samenplantagen aufgenommen wurden (GROTHERUSMANN et. al., 2001; WEISS, 1965). Die Zusammenstellung in Tabelle 3 gibt einen Überblick über in Deutschland zugelassene geprüfte Bestände und Samenplantagen der Baumart Schwarz-Erle (RAU, 2001).

Zur Sicherung der Identität muss der Weg des Vermehrungsgutes von der Saatguternte bzw. Wildlingswerbung über die verschiedenen Stufen der Saatgutaufbereitung und Pflanzenanzucht bis hin zur Anlieferung am Pflanzort lückenlos nachvollziehbar sein. Alle zur Bestimmung der Identität notwendigen Daten werden in einem Stammtzertifikat mit einer einmalig vergebenen Nummer festgehalten, so dass der Weg des Vermehrungsgutes verfolgt werden kann.

Tab. 4: Auszug aus dem Erntezulassungsregister des Landes Brandenburg

Herkunftsgebiet	Fläche in ha
802 02	29,72
802 03	908,75
Summe:	938,47

Eine Übersicht über die derzeitige Ausstattung des Landes Brandenburg mit zugelassenen Erntebeständen gibt der unten stehende Auszug aus dem Erntezulassungsregister (Tab. 4).

Von diesen Beständen sind 569,20 ha als Sonderherkunft der Deutschen Kontrollvereinigung für forstliches Saat- und Pflanzgut e. V. (DKV) „Spree-wald-Revier Schützenhaus“ zugelassen. Mit dieser Bezeichnung werden besonders wertvolle Erntevorkommen gekennzeichnet, die aufgrund ihres äußerlichen Erscheinungsbildes (Phänotyp) ausgewählt werden.

Saatgut – Behandlung und Lagerung

Die Schwarz-Erle wird im Freiland mit 20–25 Jahren und im Bestand mit 30–50 Jahren blühfähig (Mannbarkeitsalter). Als „Frühblüher“ unter den Gehölzen zeigt sie sehr zeitig im Frühjahr (März/ April) noch vor dem Laubaustrieb ihre Blüten. Diese sind eingeschlechtig und einhäusig. Der Aufbau und die Anordnung der männlichen und weiblichen Blüten sind ideal an eine Windbestäubung angepasst.

Aus den Blüten entwickeln sich bis Oktober/ November eiförmige, langgestielte Fruchtzäpfchen. Die Reife kann an der Verfärbung von anfangs dunkelgrün zu später schwarzbraun verfolgt werden.



Abb. 3: Fruchtstand der Schwarz-Erle

Die verholzenden Fruchtstände, die den ganzen Winter am Baum verbleiben, öffnen sich bei entsprechend trockener Witterung frühzeitig und entlassen kleine rotbraun gefärbte Früchte. Die flachen und etwas kantigen, leichten Nüsschen-Samen besitzen seitliche flügelartige Ausstülpungen und verfügen über kein Endosperm. Diese „Segelflieger“ sind mit durchschnittlichen Sinkgeschwindigkeiten von 0,70-1,45 m/s relativ schnell. Der ausfallende sehr leichte Samen kann ideal durch

Wind, fließendes Wasser, aber auch durch Anhaften über Tiere verbreitet werden. Bei Windtransport ist von einem durchschnittlichen Verbreitungsradius von 30-60 m um den Mutterbaum auszugehen. Aufgrund einer lipophilen Hülle und darunter liegenden Korkzellen können die Samen zwölf Monate im Wasser schadlos überstehen (McVEAN, 1955).

Die Ernte des Samens erfolgt bis Mitte Dezember durch Pflücken der ausgereiften, dunkelbraun gefärbten Zapfen am stehenden oder liegenden Stamm. Es besteht auch die Möglichkeit, den ausfallenden Samen mit Hilfe von in Hauptwindrichtung ausgelegten Planen oder dichten Netzen aufzufangen. Der auf dem Wasser schwimmende Samen kann auch mittels Netzen abgeschöpft werden. Vollmasten sind alle 3 bis 4 Jahre (nach WINKLER, 1930: 1–2 Jahre) zu erwarten, wobei die Keimfähigkeit des Samens in diesen Jahren um das 2- bis 5-fache zunimmt.

Eine Übersicht zum Ernteaufkommen bei der Baumart Schwarz-Erle gibt die unten stehende Übersicht (Tab. 5).

Nach der Ernte muss das Saatgut getrocknet werden. Dabei ist durch häufiges Wenden und leicht-



Abb. 4: Samen der Schwarz-Erle

Tab. 5: Ergebnisse der Saatguternte (in kg) in Brandenburg (SCHULZ, 2001)

Erntejahr	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02
Zapfen	817,00			401,00	249,00	352,80	–
Samen	27,00	25,30	36,00				

tes Ausklopfen dafür Sorge zu tragen, dass die Zapfen die Samen auch vollständig entlassen. Die Samenaufbereitung und Einlagerung erfolgt wie bei Kiefern- und Fichtensamen (SCHUBERT, 1999). Das Entflügeln geschieht durch vorsichtiges Abreiben. Die Zapfen können aber auch in einer Darre bei 55 °C geklenget werden, wobei diese zwecks vollständiger Entleerung anschließend vorsichtig geschrotet werden sollten. Die Reinigung erfolgt mittels Steigsichter oder Handsieb. Die Saatgut-Ausbeute ist dabei mindestens um ein Drittel höher als beim einfachen Ausklopfen (WINKLER, 1955).

Aus 100 kg Zapfen können ca. 5–10 kg Erlensamen gewonnen werden, wobei 1 kg Erlensamen etwa 500.000–600.000 Samenkörner enthält. Nach SCHUBERT (1999) schwankt die Keimqualität zwischen den einzelnen Ernten erheblich.

Erlensaatgut ist gegenüber Austrocknung unempfindlich, auch ein vollständiger Wasserentzug hinterlässt keine Schäden (SCHÖNBORN, 1964). Die längerfristige Lagerung sollte in luftdicht verschlossenen Gefäßen erfolgen, da die Samen im Laufe der Zeit Wasser aufnehmen und dann Keimfähigkeitsverluste eintreten können. Für die Einlagerung sind Temperaturen um -5 °C und ein Wassergehalt unter 5 % günstig. In den Darren der DDR wurde Erlensaatgut nicht länger als vier Jahre gelagert. Dennoch ist bei optimalen Bedingungen von einer Lagerfähigkeit von über zehn Jahren auszugehen (SCHUBERT, 1999).

Pflanzenanzucht

Die Aussaat im Freiland erfolgt bei entsprechender Witterung (Februar bis April) nach Möglichkeit auf dem tauenden Schnee. Das vorbereitete Saatbeet sollte in einem frischen und schattigen Be-

reich liegen. Eine zeitweise Austrocknung kann zum Ausfall der Saat führen. Die Saat wird leicht eingeharkt und angedrückt. Die Ausbeute aus 1 kg Samen beträgt etwa 60.000 Pflanzen. Die Keimung beginnt nach ca. 3–4 Wochen und erfolgt oberirdisch (epigäisch). Auf feuchten Böden wird auch die Methode des Absenkens durchgeführt. Veredlungen haben nur unter Glas Erfolg und werden aufgrund des Aufwandes aber kaum durchgeführt (KRÜSSMANN, 1981).

Meist werden 2-jährige verschulte Pflanzen mit einer Größe von 40–60 cm und einer Stückzahl von 2.500 bis 5.000 Stück je ha durch die Pflanzenanzuchtbetriebe angeboten.

Die Begründung eines Schwarz-Erlenbestandes kann auch in Form von Freiflächensaat erfolgen, wobei ein Mengenbedarf von 10–20 kg/ha gerechnet wird.

Grundsätzlich steht ein ausreichendes Angebot an Vermehrungsgut für die Schwarz-Erle zur Verfügung. Mit dem Auftreten des „neuartigen Erlensterbens“ durch *Phytophthora*-Infektionen besteht jedoch die Gefahr, den Erreger auch über Baumschulpflanzen zu verbreiten. Da die Symptome an den jungen Pflanzen nicht okular erkannt werden können, wären aufwendige mikrobiologische Überprüfungen von Baumschulquartieren notwendig. Zur Risikominderung besteht daher seit 2001 eine ministerielle Anordnung für ein vorübergehendes Pflanzverbot für Schwarz-Erlen (siehe Beitrag von Dr. PAUL HEYDECK „Gefährdung der Schwarz-Erle durch mikrobielle Pathogene“). Bleibt zu hoffen, dass infolge einer zu intensivierenden Forschung in naher Zukunft die biologischen Grundlagen und Rahmenbedingungen der Infektionen erkannt, kostengünstige Erregernachweise entwickelt und möglicherweise auch resistente Schwarz-Erlen gefunden werden.

Tab. 6: im Handel erhältliche Sortimenten der Baumart Schwarz-Erle

Sortiment	Alter	Höhenbereich
1/0	1-jährig, Sämlinge	10 – 20 cm
1/0	1-jährig, Sämlinge	20 – 40 cm
1/0	1-jährig, Sämlinge	40 – 60 cm
1/1	2-jährig, verschulte Sämlinge	40 – 60 cm
1/1	2-jährig, verschulte Sämlinge	60 – 100 cm
1/1	2-jährig, verschulte Sämlinge	100 – 140 cm
1/2	3-jährig, verschulte Sämlinge	140 – 180 cm
I. Hei.	Leichte Heister	80 – 100 cm
I. Hei.	Leichte Heister	100 – 150 cm
I. Hei.	Leichte Heister	150 – 200 cm
Hei	Heister	200 – 250 cm

Literatur

- aid – Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e. V. (2003): Forstliches Saat- und Pflanzgut, Heft 1164.
- BANSI (1924): Zur Provenienzfrage der Roterle. Z. Forst- u. Jagdwes. 56, 166–168.
- BARTELS, H. (1993): Gehölkunde – Einführung in die Dendrologie. UTB, Stuttgart.
- BLAG „Erhaltung forstlicher Genressourcen und Forstsaatgutrecht“ (2001): Tätigkeitsbericht (1998-2000), Pirna/Graupa, 2001.
- BROUWER, W.; STÄHLIN, A. (1955): Handbuch der Samenkunde für Landwirtschaft. Gartenbau und Forstwirtschaft, Frankfurt (Main).
- CALLIER, A. (1918): *Alnus*-Formen der europäischen Herbarien und Gärten. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 27, 39–185.
- DEWALD, L. E.; STEINER, K. C. (1986): Phenology, Hight Increment and Cold Tolerance of *Alnus glutinosa* Populations in a Common Environment. *Silvae Genetica* 35, 205–211.
- GROTTHUSMANN, H. (2001): Prüfung einer Schwarzerlen-Samenplantage. AFZ – Der Wald 26: 1389-1391.
- HATTEMER, H.H.; BERGMANN, F.; ZIEHE, M. (1993): Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main. S. 49.
- KRÜSSMANN, G. (1981): Die Baumschule. 5. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- McVEAN, D. N. (1953): Regional Variation of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. in Britain. *Watsonia* 3, 26–32.
- McVEAN, D. N. (1955): Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Part 1+2. *Journal of Ecology* 43, 46–71.
- MEJNARTOWICZ (1972): Untersuchungen zur Variation der Populationen von *Alnus glutinosa* in Polen. *Arbor. Kornickie* 17, 43–120.
- MESSNER, H. (1948): Die Waldsamenernte. Verlag M. und H. Schaper, Hannover.
- MÜNCH, E. (1936): Das Erlensterben. *Forstwiss. Cbl.* 58: 173-194, 230–248.
- RAU, H.-M. (2001): Samenplantagen und Bestände von Schwarzerle. AFZ – Der Wald 5: 229–230.
- ROHMEDER, E. (1972): Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- RUBNER, K. (1955): Neudammer Forstliches Lehrbuch. 1. Band, 11. Auflage, Neumann Verlag Radebeul und Berlin.
- RUETZ, W. F.; FRANKE, A.; RAU, H.-M. (2000): Prüfung der Nachkommen einiger Bestände und Samenplantagen der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). *Forst und Holz*, 55. Jahrgang, Heft 2: 39–43.
- SCHMIDT, P. A. (1996): Zur Systematik und Variabilität der mitteleuropäischen Erlen (Gattung *Alnus* Mill.). *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.* 82, 15–42.
- SCHMIDT, W. (1930): Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut. Verlag „Der Deutsche Forstwirt“, Berlin.
- SCHMIDT-VOIGT, H. (1971): Wachstum und Wurzelentwicklung von Schwarzerlen verschiedener Herkunft. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 6, 149–156.
- SCHÖNBORN, A. v. (1964): Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV, München.
- SCHUBERT, J. (1999): Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung Nordrhein-Westfalen (LÖBF).
- SCHULZ, P.-M. (2001): Auswertung der Saatgutermte 2000/01. BraFoNa, Ausgabe 94, 10. Jahrgang, Juli/August 2001: 10–12.
- SVOBODA, P. (1957): Lesni dreviny a jejich porosty III. (Waldbäume und ihre Bestände). Teil III. Praha (Statni zemedelski nakladelstvi).
- WEISS, M. (1963): Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der heimischen Erlenarten, insbesondere der Schwarzerle *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Diss. TU Dresden.
- WEISS, M. (1965): Mehr Beachtung der Rassenfrage beim Anbau von Erlen! *Sozialist. Forstw.* 15: 110–112.
- WINKLER, H. (1955): Das Saatgut unserer heimischen Nadel- und Laubhölzer. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin, 95 S..
- WÖTZEL, J. (1997): Anpassungen der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) an ein Wachstum unter anaeroben Bedingungen. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart, 1997.
- WOLFER, S. (1965): Beobachtungen an 6-jährigen Erlenachkommenschaften. Dipl. Arbeit TU Dresden.

Anschrift der Verfasser:

Jens Steigleder
 Dr. Ralf Kätzel
 Landesforstanstalt Eberswalde
 Alfred-Möller-Straße 1
 16225 Eberswalde

Die Bewirtschaftung der Schwarz-Erle im Spreewald

Die Schwarz-Erlen-Betriebsklasse im Spreewald

Für den Spreewald weist der DATENSPEICHER WALD gegenwärtig rund 2.600 ha Schwarz-Erlenbestände als eingerichtete Fläche aus. Über deren Altersklassenstruktur informiert die folgende Tabelle 1:

Altersklasse	Fläche in ha
0	56,52
1 ... 19 (dav. 10 ... 19)	564,34 (481,32)
20 ... 39	285,97
40 ... 59	353,91
60 ... 79	396,05
80 ... 99	414,05
100 ... 119	235,84
120 ... 139	155,52
140 ... 159	11,61
über 160	120,16
Gesamt	1.593,97

Tab. 1: Schwarz-Erlen-Betriebsklasse, eingerichtete Flächen, im Spreewald (Gesamtwald);
Quelle: Datenspeicher Wald

Etwa 200 ha Erlenbestände sind nicht eingerichtet. Somit umfasst die Schwarz-Erlen-Betriebsklasse im Spreewald insgesamt 2.800 ha.

Über die Hälfte, 1.522 ha, sind Eigentum des Landes, vorwiegend in den geschlossenen Revieren Schützenhaus, Buchenhain und Groß Wasserburg. In privater Hand befinden sich über 1.000 ha, die größten Flächen liegen im Revier Boblitz. Die sonstigen Eigentumsformen spielen eine untergeordnete Rolle (Tab. 2).

Alle Erlenbestände der Betriebsklasse liegen innerhalb des Biosphärenreservates Spreewald, 382 ha davon in der Zone I, dem Totalreservat. Ihre Altersstruktur verdeutlicht die Abbildung 1.

Die Gesamtwaldfläche und somit auch der Umfang der Erlenbestände sind in den letzten Jahrhunderten ständig reduziert worden. Die jüngsten umfassenden Rodungen erfolgten in Auswirkung der Bodenreform nach dem Zweiten Weltkrieg zur Grün- und Ackerlandgewinnung und in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts zur Schaffung von großen zusammenhängenden Grünlandflächen als Basis für die staatliche Rinderzucht und Milchproduktion.

Selbstverständlich hat es periodisch auch immer wieder Bestrebungen gegeben, die Waldflächen wieder zu erhöhen, insbesondere durch Aufforstung ertragsarmer und versumpfter Äcker und Wiesen. So ist der Wald zwischen 1950 und 1990 etwa um 250 ha größer geworden und wird weiter anwachsen durch Sukzession, die sich auf aufgelassenen versumpften Grünlandflächen entwickelt hat und weiter fortsetzen wird.

Im Oberspreewald sind im Zuge der Pflege- und Entwicklungsplanung für das Biosphärenreservat ca. 400 ha Erlenvorwälder bzw. Weidengebüsche kartiert worden. Der Anteil aufgelassenen Grünlandes beträgt mehrere Hundert Hektar.

Die Verteilung der Altersstufen und -klassen in der Erlen-Betriebsklasse ist stark gestört. Über

Tab. 2: Schwarz-Erlen-Betriebsklasse des Spreewaldes nach Eigentumsarten und Altersklassen
(Quelle: Datenspeicher Wald)

Altersklasse	Landeswald (ha)	Privatwald (ha)	Kommunalwald (ha)	Kirchenwald (ha)	Treuhandwald (ha)	Sonst. Wald (ha)
0	10,03	39,82	–	–	3,11	3,56
1...19	358,18	194,62	0,26	–	8,04	3,24
20...39	178,46	77,36	0,28	0,10	27,32	2,45
40...59	148,04	181,18	2,71	–	21,48	0,50
60...79	169,05	194,68	5,54	0,90	25,88	–
80...99	282,07	121,59	5,05	–	5,34	–
100...119	213,85	12,52	5,37	–	4,10	–
120...139	148,34	6,93	–	–	0,25	–
140...159	11,36	0,25	–	–	–	–
= 160	2,28	96,08	0,54	–	19,91	1,35
Gesamt	1.521,66	925,03	19,75	1,00	115,43	11,10

Tab. 3: Holzvorrat, Schlussgrad und Ertragsklassen der Schwarz-Erle (SER-Oberstand; Gesamtwald)
(Quelle: Datenspeicher Wald)

Revier	Fläche ha	Vorrat		Mittl. Schlussgrad	Mittl. Bonität
		Vfm	Vfm pro ha		
Schützenhaus	890,41	240.602	270	1,21	1,28
Schleppzig	38,61	8.206	213	1,01	2,18
Lachsluch	45,17	11.765	260	1,27	2,34
Ellerborn	62,55	14.521	232	1,18	2,09
Buchenhain	453,21	114.133	252	1,23	1,67
Boblitz	833,06	152.450	183	0,88	2,08
Klein Wasserburg	270,96	72.640	268	1,06	1,53
Gesamt	2.593,97	614.317	237	559.676	

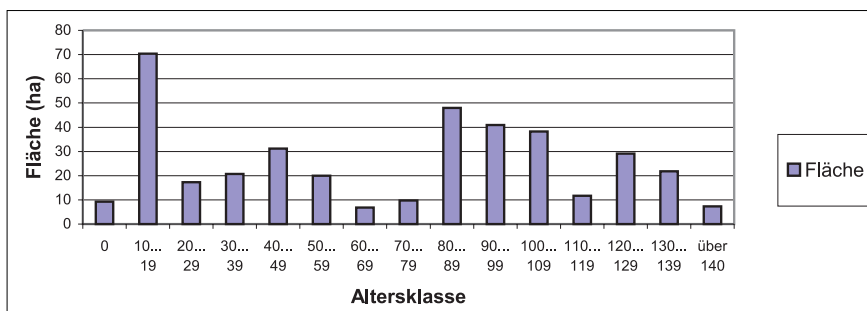


Abb. 1: Fläche und Altersstruktur der Schwarz-Erle in der Zone 1

35 % der Bestände sind älter als 80 Jahre und damit aus forstlicher Sicht überaltert. Dies ist vorrangig eine Folge der bringungstechnisch schwierigen Standortverhältnisse, die in größeren Bereichen kein ausgebautes Wege-, sondern nur ein Wasserstraßennetz zulassen. Hier spiegeln sich aber auch Absatzprobleme in den 90er Jahren und nicht exakt geklärte unterschiedliche Standpunkte zur Wirtschaft und zum Schutz im Spreewald wider. Dagegen fällt die Flächenkonzentration von 481 ha in der Altersstufe 10–19 Jahre auf, Ausdruck erhöhter Nutzungsanstrengungen vor eben 10–20 Jahren und von Wiederholungsflächen von etwa 100 ha in Auswirkung des letzten großen Hochwassers von 1981, das in Größenordnungen nicht nur Kulturen, sondern auch Jungwüchse vernichtet hat.

Seit 1990 steht mit Ausweisung des Biosphärenreservates die Schutzfunktion der Wälder stärker im Vordergrund. Als reife Waldentwicklungsstadien stellen die vorhandenen Altbestände wertvolle Lebensräume für an Alt- und Totholz gebundene Arten dar, zum Beispiel alle Spechtarten Mitteleuropas und 13 Fledermausarten. Die Erhaltung eines angemessenen Anteils alter Waldstrukturen spielt für diese und weitere Arten eine wichtige Rolle und wird auch künftig in ein abgestimmtes Nutzungskonzept integriert.

Der Holzvorrat und der Massenschlussgrad der Bestände sind hoch. Der Vorrat beträgt durchschnittlich 237 Vfm (Tab. 3). In hiebsreifen Beständen erreicht er Werte von 450 Vfm. Im Privatwald werden diese Durchschnittswerte nicht erreicht, da hier Investitionen zur Wasserregulierung und intensivere waldbauliche Bewirtschaftungsmaßnahmen nur eingeschränkt wirksam wurden.

Der Massenschlussgrad nach der Ertragstafel von MITSCHERLICH 1945 liegt bei vielen Teilflächen deutlich über 1, da vielerorts aus Wirtschaftlichkeitsgründen die Eingriffe in Beständen mit geringen Ausgangspflanzenzahlen auf Jungwuchs- bis Jungbestandspflege beschränkt waren. Die Ausrichtung nach der Ertragstafel von LOCKOW 1998 und Pflegeeingriffe ohne Holzwerbung sind erst jüngeren Datums (Tab. 3).

Die Massen- und Qualitätsleistung der Spreewalderle sind hoch. Das Grund- und Stauwasser bestimmen innerhalb einer Nährkraftstufe die Qualitäts- und Massenleistung der Erle. Von der I. zur III. Ertragsklasse verringert sich der Anteil an Furnier- und Stammholz stark, der des Schichtnutz- und Brennholzes steigt aber erheblich an. In den Beständen über 50 Jahre spielt, in Abhängigkeit vom Standort, die Stammfäule eine große wertmindernde Rolle (DOMMASCHK 2000).

Unter Ausschluss des Revieres Boblitz beträgt die mittlere Bonität 1,5; im Revier Schützenhaus liegt sie jedoch unter 1,3 und die Erlen weisen dabei Oberhöhen von mehr als 30 m auf. Der älteste, nachweislich gepflanzte Bestand hat ein Alter von 191 Jahren und überschreitet damit das in der Literatur oft angegebene maximale Lebensalter von 100 bis 120 Jahren deutlich (SCHÜTT, SCHUCK, LANG, ROLOFF 2000). Tabelle 4 zeigt die Daten zu diesem Bestand (Quelle: Datenspeicher Wald):

Die Erlenbestände stocken vorrangig auf kräftigen organischen Standorten (Kartierung 1960/61), die von der Wasserführung den Sümpfen und Brüchen zuzuordnen sind (OK2-, OK3-Standorte). So genannte „nasse Sümpfe“ (O...1) wurden kaum

Tab. 4: Daten des im Spreewald nachweislich gepflanzten und damit ältesten Schwarz-Erlen-Bestandes

Oberförsterei	Revier	Abt./Uabt./Teilfl.	Fläche (ha)	Alter (Jahre)	Höhe (m)	Durchm. (cm)	BON:	SG
Straupitz	Schützenhaus	1121 a ³	2,08	191	29,7	67	2,0	1,1

ausgeschieden. In geringerem Umfang handelt es sich auch um terrestrische „dauernasse“ oder „dauerfeuchte“ Standorte (N... 1, N... 2), die neben der Erle auch den Anbau von Esche, Eiche und Ulme zulassen (VEB FORSTPROJEKTIERUNG 1975).

Nach der neuen Kartierung von 2002 liegen, entsprechend der Genese der Landschaft als Auen-überflutungsmoor, große Flächenanteile der Waldböden des Spreewaldes im Übergangsbereich von Mooren zu mineralischen Substratfolgetypen, die von Grund- und Stauwasser sowie von zeitweiligen Überflutungen beeinflusst werden. Echte Moorböden machen nur 6 % der Fläche des kartierten Landeswaldes aus. Gleichwohl sind alle Moore und Anmoore von hoher ökologischer Bedeutung für das Spreewaldgebiet. Es herrschen reiche und kräftige Standorte vor (LANDESFORSTANSTALT EBERSWALDE 2002).

Die Erlenbestände weisen grundsätzlich nur einen einschichtigen Bestandesaufbau auf, was auf das extreme Lichtbedürfnis der Erle zurückzuführen ist. Die Erle setzt sich unter Erle oder auch Edellaubholz nur schwer durch. Sie braucht für ihre Entwicklung freie Flächen oder zumindest offene Lichtkegel im Oberbestand. Erlenplenterbestände sind im Spreewald nicht bekannt.

Die vorhandenen Bestände der Erlen-Betriebsklasse sind vorrangig aus Kernwüchsen, also Pflanzungen, hervorgegangen. Zum Teil wurden besonders um 1900 großflächig in wenigen Jahren in reiner Handarbeit Erlenbestände auf Hügeln und Rabatten begründet, die auch heute noch ganze Abteilungen einnehmen und ausgezeichnete Qualitäten in der Schaffform ausweisen; siehe Abbildung 2 (MÄRKISCHER FORSTVEREIN 1902).

Allein im Revier Schützenhaus sind nach der Deutschen Kontrollverordnung 569 ha Erlen als Sonderherkunft „Spreewald“ anerkannt worden.

Die Betriebsform Niederwald mit dem Ziel Brennholz in großer Menge und in kürzester Zeit zu produzieren, existiert nicht mehr, hat aber bis etwa um 1900 im 40- bis 60-jährigen Umtrieb eine Rolle gespielt. Der Neuorientierung auf Stark- und Qualitätsholz wurde diese Betriebsform nicht gerecht. Zur Pflanzung wurden anfangs Wildlinge aus Gräben oder von Grabenrändern eingesetzt, ab 1875 aber schon in Kämpen angezogene Pflanzen verwendet. Mit künstlichen Saaten wurde gleichfalls gearbeitet, allerdings ohne den erhofften wirtschaftlichen Erfolg. Auch die mehr oder weniger absolute Orientierung auf die Naturverjüngung der Erle hat es periodisch immer wieder gegeben. Man musste jedoch schnell auf die Pflanzung zurückgreifen, um forstwirtschaftlich akzeptable Kulturer-



Abb. 2: Schwarz-Erle im Revier Schützenhaus – kräftig entwickelte Kronen und gute Schaffformen nach der Begründung auf Rabatten, Foto: RUPP

folge zu sichern. Bereits PFEIL hat 1825 auf die Fehlschläge und ihre Ursachen bei der natürlichen Verjüngung hingewiesen (PFEIL 1828).

Parallel zu den Bemühungen um die Naturverjüngung der Erle stand immer wieder die Aufgabe oder Weisung, Kahlschläge zu minimieren oder ganz zu unterlassen. 1910 wurde die Einschränkung der Kahlschläge angeordnet, 1934 für Preußen ein absolutes Kahlschlagverbot erlassen, 1950 die Genehmigungspflicht für Kahlschläge eingeführt, 1961 die Schlaggröße auf 3 ha beschränkt (HILL 2000). Ab 1975 waren Kahlschläge unter 1 ha nur dann zulässig, wenn die Vorbestockungen keine andere Lösung gestatteten. Die fachlich fundierten zentralen waldbaulichen Orientierungen im Land Brandenburg (Landeswaldgesetz von 1991) ließen wieder Nutzungen bis 3 ha zu. Mit der Verordnung zum Biosphärenreservat Spreewald von 1990 wurden neue Bedingungen zum Schutz dieser sensiblen und naturschutzfachlich wertvollen Naturlandschaft geschaffen. Die Niederungswälder wurden in die Naturschutzgebiete Innerer Ober- bzw. Unterspreewald integriert (25 % der Wald-

fläche Totalreservat, 75 % in Naturschutzgebieten). Seit 1997 gilt das im Rahmen der Erarbeitung der Pflege- und Entwicklungspläne erzielte Einvernehmen, bei bestimmten zwingenden Standortverhältnissen flächige Nutzungen bis 1 ha zur Erhaltung des Erlen-Hochwaldes zuzulassen. Es wird damit sowohl dem vorrangigen Schutz des Waldökosystems, als auch dem des kulturhistorisch wertvollen Hochwaldes standorts- und baumartenspezifische Rechnung getragen.

Mit der Zertifizierung des Landeswaldes 2001 nach PEFC sind alle flächigen Nutzungen über 0,5 ha zu beantragen.



Abb. 3: Schwarz-Erlen-Hochwald im inneren Spreewald – nicht nur ein kulturhistorisches und forstwirtschaftliches Schutzgut, Foto: RUPP

Für flächige Nutzungen dieser Größe sind keine negativen Auswirkungen auf die nachhaltige Standortqualität und auf die bodenphysikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens nachgewiesen.

Erste Schutzverordnungen für den Spreewald gehen auf das Jahr 1911 zurück. 1938 wurde der „Kriegbusch“ per Verordnung geschützt. Auf Initiative der Staatsforstverwaltung folgte dann 1939 die

Unterschutzstellung weiterer größerer Landschaftsteile des Ober- und Unterspreewaldes. 1961 wurde das Landschaftsschutzgebiet mit mehreren Naturschutzgebieten in einer Gesamtfläche von fast 750 ha ausgewiesen. Innerhalb dieser Naturschutzgebiete gab es drei so genannte Naturwaldzellen, die etwa dem Charakter der heutigen Totalreservate entsprechen. In diesen fand seitdem keine forstliche Bewirtschaftung mehr statt. 1990 erfolgte die Gründung und internationale Anerkennung als UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald mit vier Zonen, der Zone I als Totalreservat, der Zone II als Naturschutzgebiet, der Zone III (harmonische Kulturlandschaft) und der Zone IV (Regenerationszone) mit dem Status Landschaftsschutzgebiet.

Die Entwicklung der Schalenwildbestände im Spreewald und ihr Einfluss auf die Erlen-Betriebsklasse unterlagen in der Vergangenheit erheblichen Schwankungen. Schreibt noch PFEIL 1828 in seinem Spreewaldbericht von starken Hirschen, die für Brandenburg überdurchschnittlich seien, wird bereits um 1900 auf den rotwildfreien Oberspreewald und auf den mäßigen Bestand an Rehwild verwiesen. Interessant ist aber, dass sich in diesen rotwildfreien Jahrzehnten die Edellaubhölzer weder im Unterstand noch im Flächenanteil stabilisiert haben. Nach 1945 erschien auch im Oberspreewald das Rotwild wieder und ist heute Standwild. Auf die Erle selbst hat es geringe Auswirkung, da Verbiss- und Schälsschäden sich absolut in Grenzen halten und die Erlenkulturen, Jungwüchse und Jungbestände in ihrer Entwicklung nicht gefährdet werden. Edellaubholz dagegen erfordert Zaunbau. Der Rotwildbestand ist auf ein ökologisch verträgliches Maß zu begrenzen, um die Verjüngungsbedingungen für diese Baumarten flächig zu verbessern.

Die Erhaltung des Waldes und besonders die des Erlenhochwaldes ist u. a. aus forstwirtschaftlichen, kulturhistorischen und touristischen Gründen die Zielsetzung der Forstleute. Der Erlenhochwald ist das prägende Element der schützens- und erhaltenswerten Kulturlandschaft Spreewald (RUPP 1992). Die Nutzung des aufwachsenden Holzes ist aus Gründen einer ressourcenschonenden Wirtschafts- und Umweltpolitik ein gemeinsames Ziel. Die Wirtschaft ist dabei auf standortspezifisches Stark- und Qualitätsholz ausgerichtet. Die Technologien der Bewirtschaftung werden darauf abgestimmt. So werden die Bodenarbeiten immer in Abhängigkeit vom Standort, insbesondere der Wasserführung, gewählt, um so Aufwände und Eingriffe zu minimieren (ALLRICH 1993, BURGER 1998).

Die Schwarz-Erle ist auf umfangreichen Flächen des Spreewaldes standortsgerecht, das sind nach

der Kartierung von 2002 vorrangig die Standorte der ökologischen Feuchtestufe sehr sumpfig, sumpfig bis nass. Das Optimum liegt dabei im sumpfigen und nassen Bereich, während auf sehr sumpfigen Standorten die forstliche Bewirtschaftung schon stark eingeschränkt ist. Nach Trophie und Feuchtestufen konzentrieren sich damit der Erlenanbau und die Erlen-Betriebsklasse auf die Reviere Schützenhaus, Buchenhain, Boblitz und Groß Wasserburg. Hier liegen die letzten zusammenhängenden Schwarz-Erlenbestände Brandenburgs! Ihr Erhalt hängt entscheidend von den zu erwartenden Gebietswasserständen ab. Großflächige und andauernde Überstauungen sind zu vermeiden, da dies eine drastische Veränderung der Vegetationstypen und Waldökosysteme in Richtung nicht bewirtschaftungsfähiger Sumpfegehölze zur Folge hätte. Die Weiterführung des Schwarz-Erlenanbaues setzt außerdem die Nutzung aller möglichen Präventivmaßnahmen gegen den Befall von *Phytophthora* voraus, also Rabatten mit flachen Gräben, Vorflutanschluss und Wasserstandsregulierung (SCHUMACHER 2002). Jede undifferenzierte Anhebung oder Senkung des Wasserstandes und andauernde Überflutung gefährden die Erlenwälder, unabhängig von der angewandten Betriebsform Hoch- oder Niederwald.

Wissen und Erfahrung aus über zwei Jahrhunderten Erlen-Betriebsklasse im Spreewald sind unter den sich ändernden wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen zu nutzen!

Das Entwicklungskonzept für die Erlenwälder nach dem Pflege- und Entwicklungsplan für das Biosphärenreservat

Der Pflege- und Entwicklungsplan (PEP) basiert auf einer 1996/1997 flächendeckend durchgeführten Biotoptypenkartierung nach dem Brandenburger Kartierschlüssel mit zusätzlichen Erhebungen zu Waldstruktur und natürlicher Verjüngungstendenz. Unter Abgleich der Standortkartierung von 1960 erfolgte für jeden Biotop die Festlegung eines Ziel-Biototyps. An diese langfristige planerische Aussage wurden kurz- und mittelfristige Maßnahmen zur Zielerreichung geknüpft.

Der PEP wurde mit der zeitgleich für den Landeswald durchgeführten Naturalplanung abgestimmt (Basis: Gemeinsamer Runderlass der damaligen Ministerien MUNR und MELF vom 25. April 1999). Dabei konnte für die bis 2006 geplanten Maßnahmen Einvernehmen erzielt werden.

Das Konzept des PEP sieht eine Differenzierung von Bewirtschaftungsart und -intensität innerhalb der vorhandenen Erlenwälder nach den Kriterien Vegetationsgesellschaften, Bodeneigenschaften, Naturnähe und Reife der Waldökosysteme, ihre Lebensraumfunktion sowie nach wirtschaftlichen Kriterien vor. In Erlenbeständen, die den Vegetationsgesellschaften Wasserfeder-Erlen-Wald, Schilf-Erlen-Wald und teilweise dem Großseggen-Erlen-Wald zuzuordnen sind, Lebensräumen seltener Großvogelarten sowie sehr alten Wäldern wurde ein Nutzungsverzicht aus ökologischen Gründen vorgeschlagen. Im Bereich der Erlenwälder der Ausprägung des Rasenschmielen-Erlenwaldes, des krautreichen Erlenwaldes und Brennessel-Erlenwaldes wurde die Fortführung des traditionellen Erlenhochwaldbetriebes bei einer maximalen Kahlschlaggröße von einem Hektar und angepassten Bodenarbeiten vereinbart.

Für die Erlenbestände auf den Standorten des Traubeneichen-Eschen-Waldes sieht der PEP die langfristige Entwicklung zu naturnahen Auenwäldern mit den Baumarten Esche, Flatterulme, Stieleiche und anderen vor (siehe dazu Tab. 5).

Mit diesem Konzept ist die Entwicklung naturnaher, standortgerechter Wälder bei gleichzeitiger Bewahrung des traditionellen Hochwaldbetriebes auf den dafür geeigneten Standorten gesichert.

Die Verjüngung der Schwarz-Erle im Hochwaldbetrieb

Die planmäßige Verjüngung ist die Voraussetzung für den angestrebten Erhalt der Erlen-Hochwälder des Spreewaldes.

Dabei sind folgende Eigenschaften dieser Baumart zu berücksichtigen:

- Sie produziert im Reifezustand erhebliche Samenmengen. Vollernten sind in der Regel alle 3 bis 4 Jahre zu erwarten (SCHUBERT o. J.). Die Keimfähigkeit des handelsüblichen Saatgutes ist allerdings relativ gering (25 bis 40 %). Für sein Keimen und das Auflaufen ist Kontakt zum Mineralboden erforderlich.
- Sie besitzt ein ausgeprägtes Ausschlagvermögen aus gesunden Stöcken (TESCHE et al. 1985). Die Stöcke sind dabei möglichst tief zu schneiden.
- Sie benötigt für ein gutes Wachstum ausreichenden Lichtgenuss. Überschattung in der Aufwuchs- und Jungwuchsphase bewirkt deutliche

Tab. 5: Pflege- und Entwicklungsplanung für das Biosphärenreservat Spreewald: Erlenwälder und -forsten in der Schutzzone 2 (NSG) des Biosphärenreservates Spreewald (2.800 ha) – Zustand, Entwicklungsziele und Maßnahmen

Zu-stand	Biotoptyp (LUA)	Erlenbruchwälder, Erlenwälder (08103)		Erlen-Eschen-Wälder (08110)	Erlenforsten (0837_)
Waldökosystem-typ nach Hofmann	Großseggen-Erlen-Wald Wasserfeder-Erlen-Wald Schiff-Erlen-Wald	Rasenschmielen-Erlenwald Krautreicher Erlenwald (Brennessel-Erlenwald)	Traubenkirschen-Eschen-Wald	Ackerdistel-Erlen-Forst Großseggen-Erlen-Halborst Rohrgranzgras-Erlen-Halborst	
Boden	ungestörte, tiefgründige Niedermoore mit ganzjährig hohem Wasserstand	gestörte tiefgründige Niedermoore bzw. flachgründige Niedermoore mit sommerlich absinkendem Wasserstand	Auersedimente mit organischen Anteilen (Anmoorgley, Gley) bzw. stark gestörte Niedermoore	anthropogen überformte Niederungsböden (Maschinenrabbatten) mit hohem organischen Anteil	
forstl. Standortgruppe	OK 1	OK 3 bzw. OK 2	NK 1 (OK3, OK 2 teilweise)	OK2, OK 3, NK 1	
Fläche in Zone 2 (alle Akl)	150 – 300 ha	600 – 750 ha	ca. 1000 ha	ca. 900 ha	
Leitbild	<ul style="list-style-type: none"> - Nachhaltigkeit der Waldfunktionen (Schutz, Erholung, Nutzung) - Nachhaltigkeit der Bodenfunktionen (Nährstoffsenke, Wasserspeicher und -filter, Produktionsstandort) - Erhaltung und Wiederherstellung eines naturnahen Wasserregimes - Erhaltung der natürlichen und durch historische Landnutzung entstandenen Artenmannigfaltigkeit 				
Leitlinien	<ul style="list-style-type: none"> Differenzierung der Bewirtschaftungsintensität der Wälder entsprechend der - gesetzlichen Schutzbestimmungen (Zonierung BR, Horschutzzonen, geschützte Biotope) - Biotopqualität (Pflanzengesellschaften, Reife, Naturnähe, Böden) - Artenausstattung (geschützte Tierarten) - Produktionsfunktion (Holzqualität, -menge, Lage) 				
Entwicklungsziel	Schutz durch Extensivierung der Nutzung		Nutzung und Schutz durch ordnungsgemäße Bewirtschaftung	Nutzung und Schutz durch ordnungsgemäße Bewirtschaftung	Entwicklung durch ordnungsgemäße Pflege
Ziele	Schutz durch Extensivierung der Nutzung		Nutzung und Schutz durch ordnungsgemäße Bewirtschaftung	Nutzung und Schutz durch ordnungsgemäße Bewirtschaftung	Entwicklung durch ordnungsgemäße Pflege
Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Verzicht auf Kahlschläge - Einzelstammnutzung - Erhaltung bis zur natürlichen Altergrenze - Verjüngung natürlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Kahlschläge bis 1 ha möglich (Erle) - Wiederaufforstung durch Pflanzung - pflegliche Bodenbearbeitung (Bearbeitungstiefe max. 40 cm) - schonende Holzurückung 	<ul style="list-style-type: none"> - Einzelstammweise, trupp- und gruppenweise Nutzung - Ausnutzung der Naturverjüngung (Esche, Ulme) - künstliche Verjüngung möglich - pflegliche Bodenbearbeitung - schonende Rückung 	<ul style="list-style-type: none"> - Durchforstungen nach Lockow - Begünstigen von Mischbaumarten - Erhaltung von Strukturelementen 	
Nutzungsfläche bis 2006 in Zone 2	0	39	200		

Zuwachs- und Qualitätsverluste (KREMSER 1957; OTTO 1996; LYR et al. 1967).

Eine Reihe missglückter Versuche (LAMBERTS 1935) verdeutlicht die Probleme, Schwarz-Erle über Samen natürlich zu verjüngen. Diese Verjüngungsmöglichkeit ist an das Vorhandensein ausreichender Flächenteile mit freigelegtem Mineralboden gebunden. Solche Bedingungen liegen, wie durch die intensive standortkundliche Bearbeitung wichtiger Erle-Standorte im Sonderprojekt Spreewald (LFE 2002) belegt, ohne menschliche Eingriffe nicht vor. Naturverjüngung ist sporadisch auf punktuellen Bodenverwundungen, an den Uferstreifen und bei Mineralbodenauftrag zu erwarten. Sie genügt jedoch den forstlichen Anforderungen an wertholzproduzierende Bestände nicht.

Die Verjüngung durch Stockausschlag ist praktikabel, sofern eine für den Folgebestand ausreichende Anzahl gesunder „Mutterstöcke“ zur Verfügung steht. Für den qualitativ befriedigenden Folgebestand werden wenigstens 1.200 bis 1.500 Stöcke pro ha veranschlagt. Diese Zahlen können allerdings nur durch Nutzungsmaßnahmen in relativ jungen Beständen garantiert werden. Sie führen damit automatisch zu verkürzten Umtriebszeiten, die dem erklärten Ziel der Erziehung stärkerer Bäume mit Wertholzanteilen zuwiderlaufen.

Die heutigen Erle-Hochwälder des Spreewaldes sind fast ausnahmslos durch künstliche Begründung (Pflanzung) entstanden.

Entscheidend für die Qualität der Verjüngungen sowie der aus ihnen hervorgehenden Bestände ist die verfahrenstechnische Lösung. Pflanzung ohne vorausgehende Bodenbearbeitung unterliegt in erheblichem Maße den Gefahren möglicher Überflutung auf entsprechenden Standorten. Obwohl die Schwarz-Erle mit ihrem artspezifisch aufgebauten lockeren Wurzelholz zu ausreichendem Gasaustausch über das Intercellularensystem in der Lage ist (LYR et al. 1967), führt länger andauernde Überflutung durch die damit verbundene geringe O₂-Versorgung zu Schädwirkungen.

Aus diesen Gründen sind die heutigen Erle-Hochwälder des Spreewaldes vorwiegend auf künstlichen Bodenerhöhungen gepflanzt worden – zuerst auf Hügeln und Kurzrabatten, später auf den bekannten Langrabatten.

Bis 1960 erfolgte die Bodenbearbeitung überwiegend manuell. Die Eingriffstiefe in den Boden überschritt nicht 0,40 m. Der Einsatz schwerer Technik führte zur Anlage größerflächiger Rabattenanlagen mit zum Teil 1 m tiefen Gräben. Diese Lösung birgt bei unsachgemäßer Durchführung die Gefahr der Entwässerung der betroffenen Flächen. Nach den aktuellen Erkenntnissen der LFE (2003)

sind flache Rabattengräben aus Gründen des Boden- und Gewässerschutzes als optimal zu bezeichnen.

Diese Form der Bodenbearbeitung erfolgt vorrangig auf den Standorten des Großseggen-Schwarz-Erlen-Waldes in seiner typischen Ausbildung (O-, Ü- und N-Standorte der ökologischen Feuchtestufen sumpfig und nass) bei Sicherung des Schutzes des organischen Substrats. Sie ist unter diesen Bedingungen der Garant für die Stabilität und Qualität der Verjüngung und des aus ihr hervorgehenden Bestandes. Auf langfristig grundsumpfigen Standorten (Grund-/Stauwasserstufe 14/23) kann aus Bodenschutzgründen ein Verzicht auf weitere Nutzung und Bodenbearbeitung erfolgen. Bei Vorliegen trockenerer Standorte mit dem Vegetationstyp Rohrglanzgras-Großseggen-RER-GES-Wald (Standorte mit geringerer Stammfeuchte) legen wirtschaftliche Gesichtspunkte den eventuellen Verzicht auf Bodenbearbeitung nahe.

Bei der Entscheidung Hügel- oder Rabattenanlage sind einige Vorteile der Rabatten ausschlaggebend:

- Sie führen in der Regel zu durchgehende Aushubgräben, deren Eignung für die wünschenswerte Regulierung des Flächenwasserhaushaltes nachgewiesen wurde.
- Sie führen zu qualitativ besseren Beständen (deutlich bessere Stammqualitäten; höhere Zuwachswerte – ALLRICH 1993; LOCKOW 2002).
- Sie beugen der Gefahr des Wasserkontaktes im Wurzelhals- bzw. -anlaufbereich vor, der die primäre Eintrittsstelle für die Erreger der *Phytophthora*-Krankheit darstellt (SCHUMACHER 2002).
- Sie garantieren eine höhere Flexibilität bei der Wahl des geeignetsten Pflanzverbandes.
- Sie sichern bei Übererdung den ausgehobenen Torfkörper besser vor temperaturbedingt beschleunigter Mineralisierung.

Der Nachteil sind die höheren Anlagekosten. In der Regel ergeben sich Arbeitslinienlängen zwischen 1.700 und 2.000 lfm pro ha bei beidseitiger Ablage.

Die Rabatten- bzw. Hügelanlage erfolgt mit Baggern. Eingesetzt werden Kettenbagger mit überbreiten Laufwerken oder Schreitbagger geringerer Eigenmasse, bei denen der statische Bodendruck

im Bereich von 0,2 bis 0,3 kg pro cm² liegt.

Bodenkundliche Untersuchungen dieser Fahrspuren im Vergleich mit nicht befahrenen Böden belegen zeitweilige Veränderungen des Porenvolumens und der Wasserleitfähigkeit unmittelbar nach der Befahrung. Diese Veränderungen werden offenbar durch die natürlichen Regenerationspotenziale des Bodens nach kurzer Zeit wieder aufgehoben.

Für die Pflanzung hat sich vorrangig verschultes Pflanzenmaterial bewährt. Es verbindet relativ problemlosen Anwuchs mit ausreichendem Durchsetzungsvermögen gegenüber der Flächenvegetation. Nachbesserungen sind eine Ausnahme. In der Regel werden Pflanzen der Sorten 1/1 oder 2/1 (80/120 cm) verwendet. Die Pflanzung erfolgt als Spatenpflanzung unter Beachtung verdrehungs- und stauchfreien Einbettens der Wurzeln. Die übliche Zahl von 3.000 bis 3.300 Pflanzen pro ha sichert die für die Erziehung von Qualitätsbeständen notwendige Auslesemöglichkeit. Sie lässt sich durch Übernahme der oft vorhandenen Stockausschläge verringern. Die unterstützende Funktion des Stockausschlages wird zunehmend gezielt in die Pflege der Verjüngung und der Jungbestände einbezogen.

Mit dem flächigen Auftreten des *Phytophthora*-Befalls der Erle gewinnt die Garantie schaderregerfreier Pflanzen durch die Baumschulen erhebliche Bedeutung. Es darf nur Material verwendet werden, für das ein entsprechendes Prüzfertifikat nachgewiesen werden kann.

Verfahren der Holzernte im Spreewald

Die planmäßige Holzernte sichert jene Kreisläufe, die zur Aufrechterhaltung des Erlen-Hochwaldbetriebes notwendig sind. Die dabei notwendigen Fäll- und Rückarbeiten sind unter den bereits genannten erschwerten standörtlichen Bedingungen durchzuführen. Vor allem das Abrücken des eingeschlagenen Holzes von der Fläche an feste Abfuhrwege verlangte bereits immer nach angepassten verfahrenstechnischen Lösungen. Diese sind in der Regel im Vergleich mit der Arbeit auf terrestrischen Standorten deutlich teurer und zwingen zu ständiger Suche nach rationelleren Verfahren zur Produktion erlösgünstiger Sorten und Qualitäten (hoher Wertholzanteil!).

Holz der gewünschten Dimensionen kann heute nur noch maschinell auf bzw. von der Fläche bewegt werden.

Aus naturschutzfachlichen Gründen und zur

Sicherung der touristischen Nutzung des Gebietes wird die Erle nur im Zeitraum von November bis Februar eingeschlagen, d. h. in Perioden besonders hoher Bodenwassergehalte und entsprechend eingeschränkter technischer Belastbarkeit des Bodens.

Nicht zuletzt aus Gründen der nachhaltigen Sicherung der Bodengüte bemüht sich die Forstverwaltung ständig um den Einsatz weitgehend bodenschonender Arbeitsverfahren.

Der Holzeinschlag erfolgt über motormanuelle Arbeitsverfahren. Der Einsatz der zwischenzeitlich für die Arbeit auf Standorten mit hoher Bodenfeuchte entwickelten Harvester mit überbreiten Kettenlaufwerken (z. B. „Sumpfbiber“ mit spezifischem Bodendruck von 0,2 kg/cm²; THIEME 2001) ist unter den hiesigen Bedingungen noch nicht getestet worden. Verteuert würden in diesem Falle sicherlich die notwendigen Baumaßnahmen für die Fließgewässerquerung wirken.

Der relativ hohe Kernfäulebefall (DOMMASCHK 2000) verlangt nach sorgfältiger Holzaushaltung, die wegen der erforderlichen Sortierarbeiten nicht auf der Einschlagsfläche, sondern an festen Abfuhrwegen stattfinden muss. Die Bäume werden auf der Fläche lediglich gezopft. Damit ist langes Stammholz von der Fläche zu rücken. Dies wäre aus Bodenschutz- und naturschutzfachlichen Gründen bei tiefer gefrorenem tragfähigem Boden wünschenswert, ist jedoch witterungsbedingt seit Jahren nicht mehr möglich.

Die Fällrichtung geht bereits von den Ansprüchen des folgenden Rückens aus und sichert gleichzeitig eine gewisse Hiebsrestkonzentration. Das Ast- und Kronenholz verbleibt auf der Fläche. Es wird u. U. für die Erleichterung der Folgearbeiten zertrennt.

Bodengebundene Rücketechnik kann ohne die Stabilisierung der Fahrlinien durch technische Mittel nicht eingesetzt werden, wenn die Grundanliegen des Bodenschutzes eingehalten werden sollen. Die von BECKER et al. 1986 und SCHLAGHAMRSKY; HOFFMANN 1996 angeführten Lösungen (Geotextilien; Kunststoffspurbahnen) sind hier kostenbedingt eine mehr theoretische Möglichkeit. Sie könnten den Einsatz von Spezialrücketraktoren mit angepasster Seilwindenausrüstung in Nutzungsbeständen mit **kurzen** Rückeentfernungen ermöglichen.

Als aus der Sicht des Bodenschutzes (BBod SchG; Zertifizierungskriterien) vertretbare Lösungen verbleiben sonst der Hubschraubereinsatz oder das Rücken mit Hilfe von Seilkrananlagen.

Der im Bereich des Amtes für Forstwirtschaft Lübben bereits erprobte Holztransport mit einem Hubschrauber hat den Vorteil absolut boden-

schonenden Arbeitens, aber den Nachteil technik- und organisationsbedingt hoher Kosten. Auch bei Einsatz leistungsfähiger **und** kostengünstiger Transporthubschrauber (z. B. K-Max) entstehen in Abhängigkeit von der erforderlichen Zykluszeit Kostenbelastungen von ca. 40 bis 50 Euro pro m³ (HEINRICH 1997; SPIEGEL 1999). Die hohen Transportleistungen des Hubschraubers und seine kurzen Flugzeiten erfordern ein perfektes System von Ablage- und Aushaltungsplätzen, das unter den Bedingungen des Spreewaldes nicht überall garantiert werden kann.

Mit modernen Starkholzseilkrananlagen lassen sich inzwischen Arbeitslinien von 800–1000 m Länge überbrücken. Ihre Praxistauglichkeit wurde in Einsätzen im Spreewald nachgewiesen (BECKER 2000). Bei diesen Rückeentfernungen wird das Prinzip des Schleifrückens verwendet. Die Belastung des Bodens ist dadurch auf die unmittelbare Schleiflinie unter dem Tragseil beschränkt. Hier kommt es verfahrensbedingt zur Ausbildung eines Grabens, dessen Tiefe und Breite von der transportierten Holzmenge abhängt (Abb. 4 und 5).

Wie beim Hubschraubereinsatz zwingen die



Abb. 4: Rücken mit Starkholz-Seilkran
Foto: H. HAGEMANN



Abb. 5: Schleiftrasse unter dem Seilkran
Foto: H. HAGEMANN

hohen Betriebsstundenkosten der Seilkrananlage zu voller Ausnutzung ihres Leistungsvermögens. Darauf sind die mit dem Abrücken von der Einschlagfläche unmittelbar gekoppelten Folgearbeiten in ihrer Organisation auszurichten. Dies betrifft vor allem ein unter diesen Bedingungen erforderliches zweites Rücken zum Zwischenlager oder Ausformungsplatz unter Verwendung leistungsfähiger Skidder mit Rückezange.

Die Wirtschaftlichkeit der Erlen-Nutzung wird entscheidend durch die Menge des zu bearbeitenden Holzes bestimmt. Insofern ist ein konzentrierter Holzanfall von Vorteil. Die mit dem Biosphärenreservat vereinbarte Möglichkeit der flächigen Nutzung von max. 1 ha ist ein akzeptabler Kompromiss zwischen Naturschutzanliegen und forstlicher Nutzung. Sofern die Bestandeslagerung es zulässt, wird zunehmend die Form der schmalen Saumschläge zu nutzen sein, die ökologische Nachteile anders geformter flächiger Nutzung weiter reduziert und gleichzeitig verfahrensseitige Vorteile bietet.

Entwicklungen der Waldstandorte und ihre waldbaulichen Konsequenzen – Ergebnisse vertiefender standortkundlicher, bodenkundlicher und hydrologischer Untersuchungen

Zielgerichtete forstliche Bewirtschaftung der Schwarz-Erlenbestände setzt zwingend die Kenntnis und Ausnutzung der vorliegenden Standorte und ihrer Eigenschaften voraus. Sie bilden die Grundlage für die Wahl des optimalen Bestandeszieltyps (BZT) nach den Optimalitätskriterien des Ökogramms der SER. Der BZT ist zudem mit einem Biotopzieltyp untersetzt. Das Ökogramm verdeutlicht die bereits angesprochene enge Bindung der SER-Bestände an Standorte mit guter Nährstoff- und hoher Wasserversorgung.

Seit der flächendeckenden Standortskartierung von 1960–1962 unterlag der Wasserhaushalt des

Spreewaldes erheblichen anthropogen bedingten Veränderungen, vor allem durch den Bergbau. Dies und die Vergleiche der damaligen Standortdaten mit den gegenwärtigen Zuständen legte den Verdacht auf größerflächige Veränderungen als Folge der Grundwasserabsenkung und forstlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen nahe. Auch der Vergleich vegetationskundlicher Aufnahmen aus den 1950er und 1990er Jahren deutete auf eine zunehmende Austrocknung der Waldstandorte hin.

Er war Anlass, im Zuge der Erarbeitung der PEP differenzierte Entwicklungsziele für die Erlenbestände zu entwickeln: Naturnahe Auenwälder auf Standorten des TEI-ES-Waldes; Erlenhochwaldbetrieb auf Standorten des Rasenschmielen-Erlen-Waldes, des krautreichen Erlenwaldes, des Brennessel-Erlen-Waldes; Nutzungsverzicht auf Standorten des Wasserfeder-Erlen-Waldes, des Schilf-Erlen-Waldes und Teilen des Großseggen-Erlen-Waldes.

Aus der Abstimmung der Fachplanungen des Biosphärenreservates und des Amtes für Forstwirtschaft ergaben sich Fragen nach dem Einfluss von

Stammfeuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufen							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
O ^{...} 2	SER	SER		SER-MBI		SER-MBI		
O ^{...} 3	SER-EDB/SEI	SER-EDB/SEI		SER-MBI/SEI				
O ^{...} 3ü								
O ^{...} 4	SER/EDB/SEI	SER-EDB/SEI						
O ^{...} 4ü								
N ^{...} 0	SER-EDB	SER-EDB		SER-MBI				
Ü ^{...} 0	SER-EDB	SER-EDB						
N ^{...} 1	SER-EDB/SEI	SER-EDB/SEI		SER-SEI/MBI				
Ü ^{...} 1	SER-EDB/SEI	SER-EDB/SEI						
N ^{...} 2	SER-EDB/SEI	SER-EDB/SEI						
Ü ^{...} 2	SER-EDB/SEI	SER-EDB/SEI		SER-SEI/L/HBU				
N ^{...} 2w								
W ^{...} 2								

	SER-Optimum = Bestandeszieltyp und Natürliche Waldgesellschaft mit gleicher Hauptbaumart
	SER-Physiologisches Optimum = RER bleibt wegen guter Wuchsleistung Hauptbaumart
	SER-Suboptimum = RER tritt im Hauptbestand zurück, bleibt aber als Mischbaumart erhalten

Abb. 6: Ökogramm mit Bestandeszieltypen (Hauptbaumarten in Fettdruck), Baumart Schwarz-, Rot-Erle (RER) Klimastufe f, m, t

Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf den Flächenwasserhaushalt und die Erhaltung der Niedermoore sowie nach der Fortführung der Betriebsform Hochwald.

Durch die Landesforstanstalt Eberswalde wurde deshalb 2002 die Standortserkundung in ausgewählten Teilen des Ober- und Unterspreewaldes durchgeführt und bodenkundlich-hydrologische sowie waldwachstumskundliche Untersuchungen in unterschiedlich bewirtschafteten Beständen vorgenommen (LFE 2002).

Mit der Neuerkundung und -kartierung von insgesamt 2.581 ha ist die aktuelle standörtliche Situation im Untersuchungsgebiet erfasst. Auf typische „Erlen-Reviere“ entfallen davon 2.251 ha, die folgend näher betrachtet werden. Die Zuordnung zu den Stamm-Standortgruppen stellt sich wie folgt dar (Angaben in ha):

Tab. 6: Aktuelle standörtliche Situation im Untersuchungsgebiet

Stamm-Feuchtestufe	Stamm-Nährkraftstufe				
	Reich	Kräftig	Mittel	Ziemlich arm	Arm
O ... 1	22	24	–	–	–
O ... 2	73	–	–	–	–
O ... 3	25	–	–	–	–
N ... 0	456	102	–	–	–
Ü ... 0	132	83	–	–	–
N ... 1	526	275	–	–	–
N ... 2	29	403	17	–	–
N ... 3	–	9	50	13	1
T ... 1;2	–	–	–	1	10

Ein Vergleich mit den Daten von 1962 ergibt eine scheinbar gravierende Verschiebung von den organischen zu den mineralischen Nässtandorten (O → N). Sie resultiert jedoch aus der zwischenzeitlich verfeinerten Ansprachemethodik der Standortserkundung, die die Grund- und Stauwasserstufen wesentlich differenzierter erfasst und die vorliegenden Feinbodenformen nach weiterentwickeltem Verfahren erhebt. Der formale Datenvergleich der jetzt vorliegenden mit den früheren Kartierungsergebnissen ohne Berücksichtigung dieser Tatbestände führt zu Bewertungsfehlern.

VÖTT (1990), die Ergebnisse der LFE sowie weitere Untersuchungen belegen einen eindeutigen Trend zur Grundwasserabsenkung im Spreewald, insbesondere seit 1990. Dieser geht mit einer Tendenz zur Mineralisierung, Vererdung und teilweise Sackung der Niedermoore einher. Die Folgen sind u. a. eine geringere Wasserkapazität und Wasserdurchlässigkeit der Böden, die wiederum zu erhöhter Stauwirkung führen. Die nun kartierten Standor-

te sind die Grundlage für ein den ökologischen Ansprüchen der Baumarten, der anzutreffenden Verjüngungstendenz sowie den ökologischen und wirtschaftlichen Erfordernissen entsprechendes differenziertes Bewirtschaftungskonzept. Darin wird die Erle eine entsprechende Rolle einnehmen.

Ein wesentlicher Teil der mineralischen Standorte liegt im Grenzbereich zu den organischen Nässtandorten. Ihre weitere Entwicklung hängt von der künftigen Gestaltung des Gebietswasserhaushaltes ab.

Durch das Gewässerrandstreifenprojekt Spreewald soll erreicht werden, dass der gegenwärtig fortschreitende Mineralisierungsprozess aufgehalten wird. Forstliche Maßnahmen können dieses Ziel unterstützen.

Die mit der Standortserkundung durchgeführte Ansprache der Bestandesstabilität und -qualität unterstrich, die forstlichen Maßnahmen nicht allein auf dem standortbezogenen Bestandeszieltyp aufzubauen. Innerhalb einer Nährkraftstufe wird die Bestandesausbildung durch die Grund- und Stauwasserstufen und damit ihre forstwirtschaftliche Bedeutung bestimmt. Die neuen Standortkarten enthalten daher für die Festlegung differenzierter Bewirtschaftungsmaßnahmen Angaben zu den Grund- und Stauwasserstufen. Deren Ansprache erfolgte nach aktua-

lisierten Vorgaben der Standorterkundungsanweisung 1995 (SEA 95).

Es verschieben sich dadurch die Flächenanteile der unterschiedlichen BZT gegenüber den nur auf Stamm-Standortformen beruhenden in bestimmtem Umfang (Tab. 7, Angaben in ha).

Damit wird das bereits mit der Abstimmung der Naturalplanung mit dem PEP des Biosphärenreservates 1999 begonnene Konzept einer differenzierten Entwicklung der gegenwärtigen Erlenbetriebsklasse fortgeschrieben und standortkundlich untersetzt. In Abhängigkeit von der weiteren standörtlichen Entwicklung wird künftig auf den Flächen des BZT SER-EDB/SEI und SER-EDB/SEI eine Entwicklung zu standortgerechten Auenwäldern mit Esche und anderen Edellaubhölzern stattfinden. Durch horst-, trupp- und gruppenweise Nutzung nach Qualitätsmerkmalen und bei weitgehender Ausnutzung der Naturverjüngung wird ein arten- und strukturreicher Bestockungsaufbau entwickelt.

Tab. 7: Verschiebung der Flächenanteile der unterschiedlichen BZT gegenüber den nur auf Stamm-Standortsformen beruhenden Flächen

BZT	nach Stamm-Standortform (Ökogramm)	nach Stamm-Standortform <u>und</u> Grund- und Stauwasserstufen
(Sumpffgehölze)	46	138
SER	74	767
SER-EDB	772	
SER-EDB/SEI	830	818
SER-EDB/SEI	449	433
(BZT o. SER)	100	115

Den Schwerpunkt der Erlenbetriebsklasse im Hochwaldbetrieb bilden auch künftig die BZT SER und SER-EDB.

Der BZT SER-EDB/SEI lässt eine variable Beteiligung der Schwarz-Erle am Bestockungsaufbau zu. Auf Dauer lässt er sich nur über gezielte waldbauliche Maßnahmen fortführen. Die Flächen mit BZT SER - EDB/SEI leiten zu den Stieleichen-Hainbuchen-Wäldern über.

Über die notwendige Bodenbearbeitung entscheiden die Grund- und Stauwasserstufen. Im Bereich der kartierten Stufen 16/23, 17/23 und 23 (sie entsprechen vorrangig den ökologischen Feuchtestufen sumpfig und nass) führt nur die Pflanzung der SER auf Erhöhungen (Rabatten; Hügel) zu stabilen und qualitativ guten Beständen. Im Bereich der Stufen 16/24, 17/24 und 24, sie liegen in der Feuchtestufe nass, bringen Erhöhungen mit Sicherheit die gute Qualität. Noch tiefer liegende Wasserstände lassen Pflanzung ohne Bodenbearbeitung zu, wenn Überflutung in der Vegetationsperiode weitestgehend ausgeschlossen ist.

Die Feuchtestufe 14/23 liegt im Übergangsbereich sumpfig überflutet zu sumpfig. Über die Fortsetzung oder Aufgabe der forstlichen Bewirtschaftung müssen Einzelfallprüfungen entscheiden, bei denen vorrangig von der Entwicklung des Wasserstandes auszugehen ist.

Im Bereich der Feuchtestufen sehr sumpfig und sumpfig überflutet ist künftig keine forstliche Bewirtschaftung vorgesehen. Über die Einbeziehung von Teilen der Feuchtestufe sumpfig mit intakter organischer Auflage ist am Einzelbestand zu entscheiden.

Im Untersuchungsgebiet dominieren die halb- und vollhydromorphen Feinbodenformen (Halb-, Grau- und Vollgleye). Moorböden sind auf die O-Standorte mit der natürlichen Grund- und Stauwasserstufe 22 und geringer beschränkt und nehmen etwa 6 % der insgesamt kartierten Fläche ein. Moor- und Anmoorgleye finden sich mit ca. 41 % der kartierten Fläche bevorzugt auf den nassen bis sumpfigen (N ... 1; N ... 0) sowie auf den zeitweise überfluteten (Ü ... 0) Standorten. Das Hauptvor-

kommen der Humusgleye (etwa 17 %) befindet sich im Bereich der N...1-Standorte, während die Graugleye (fast 27 %) vorrangig auf N...2-Standorten zu finden sind. Auf den Bereich N...2 und T...1 konzentrieren sich die Halbgleye mit ihrer Flächenbeteiligung von rund 9 %.

Die enge Bindung der Bodentypen an Feuchtebereiche lässt eine vorsichtige Abschätzung möglichen Humusschwunds bei Wasserabsenkung und/oder aufgehender Bodenbearbeitung zu. Der Gefährdungsgrad ist bei den Gleymooren und Moorböden am höchsten. Hier können Wasserstandsabsenkungen bzw. Aufhöhungen ab 20 cm drastische Humusverluste bewirken. Die Schwundermittlung nimmt mit jedem in Richtung „trockener“ folgenden Bodentyp bzw. dessen natürlicher Feuchtestufe ab.

Die durch Feuchtigkeitsveränderungen verursachten Bodenprozesse führen letztlich zu anderen Bodentypen.

Hydrologische Untersuchungen belegen zum Einen die seit 1990 verstärkt zu verzeichnende Grundwasserabsenkung, zum Anderen die erheblichen Schwankungen des Flächenwasserstandes im Jahresverlauf. Die Grundwasserstände fallen im Sommer deutlich unter das Niveau der Fließgewässer. Zwischen Fließen und dem Boden(grund)-wasser findet kein oder ein nur marginaler Ausgleich statt. Durch Verdunstung und Verbrauch verursachte Wasserverluste werden auf diesem Wege nicht kompensiert. Insofern erhalten Maßnahmen zur Wasserzuführung auf die Fläche bei überdurchschnittlich langen Trockenphasen eine neue Bedeutung. Die Anbindung der Rabattengraben an Fließwasser ist als solche Maßnahme zu betrachten. Entgegen bisheriger Annahmen haben die Bodenwassermessungen keine Hinweise auf rasche und weitgehende Wasserverluste im Torfkörper (Stauwasser oberhalb der „Klocksicht“ ohne Verbindung mit dem Grundwasser) ergeben. Dennoch sollten die Rabattengraben möglichst flach gehalten werden.

Als Folge der Wasserstandsschwankungen im Jahresverlauf weisen die Torfe erhöhte Zersetzungsgrade auf. Die Entwicklung zu Moorgleyen und Anmooren setzt sich fort, wenn das gegenwärtige Wasserregime festgeschrieben wird. Daher kommt einer Verbesserung des Flächenwasserhaushaltes

durch höhere Winterwasserstände, ein entsprechend der Vegetationsentwicklung variables, aber möglichst langes Halten des Frühjahrsstaues (unter Beachtung der *Phytophthora*-Prophylaxe) und, wo möglich, auch eine Anhebung der Grundwasserstände in der Vegetationsperiode entscheidende Bedeutung für die Erhaltung der Standorte zu.

Den Wirkungen speziell der Rabattenanlage sowie der flächigen Nutzung (max. Fläche 1 ha) galten bodenkundlich-hydrologische Untersuchungen.

Die flächige Nutzung hiebsreifer SER-Bestände in der für den Spreewald vereinbarten Flächenbegrenzung hat auf den untersuchten Nassstandorten keine negativen Veränderungen bodenphysikalischer und -chemischer Eigenschaften erkennen lassen. Dies wurde offensichtlich durch die sofort einsetzende Ausbildung einer intensiven Vegetationsdecke verhindert.

Mit Rabatten und Hügeln wird die natürliche Bodenschichtung nachhaltig verändert. Aufhöhung der Torfe bei fehlender Durchfeuchtung führt zur Intensivierung der Humusmineralisierung. Stark zersetzte Torfe sind durch negative physikalische Eigenschaften (stark beeinträchtigte hydraulische Leitfähigkeit; verringertes Gesamtporenvolumen; erhöhte Trockenrohddichte) gekennzeichnet. Ähnliche Wirkungen zeigt der sandige Oberboden, wenn der Torf durch Übersandung bei der Bodenbearbeitung in den Unterboden gerät. Die Eigenschaften des Torfes verändern sich dann nicht.

Bodenbearbeitung bewirkt erwartungsgemäß geringere C-Gehalte im Oberboden. Die Intensität der Abbauvorgänge hängt vom Wasserstand (Bodendurchfeuchtung) und der Ausbildung der Bodenvegetation sowie der Dichte der Verjüngung ab.

Die Anlage flacher Rabatten reduziert die Intensität dieser Prozesse und begrenzt sie in ihrer zeitlichen Wirkung.

Die verringerte Leitfähigkeit der zersetzten Torfe führt zur verstärkten Stauwasserbildung. Dessen Wirkung kann die des Grundwassers überlagern.

Messungen der chemischen Eigenschaften belegen teilweise sehr hohe pH-Werte des Stauwassers sowie erheblich geringere Sauerstoff-Gehalte im Vergleich mit Fließwasser. Das kann Grund für die besseren Wachstumswerte und geringere Mortalität von Verjüngungen sein, deren Wurzelraum stauwasserfrei ist.

Auch der O₂-Gehalt des Grundwassers liegt sehr tief und bewegt sich nur leicht über dem des Stauwassers. Stagnierendes Wasser der (tiefen) Rabattengräben ist hinsichtlich seiner Qualität mit dem Stauwasser gleichzusetzen. Flache Rabattengräben zeigen als Folge intensiver Vegetationsentwicklung deutlich bessere Eigenschaften.

Diese Ergebnisse legen es nahe, die Rabattengräben für die Aufrechterhaltung eines ausgeglicheneren Flächenwasserstandes zu verwenden. Für die Sicherung der standörtlichen Eigenschaften spielt er die entscheidende Rolle.

Literaturverzeichnis

- ALLRICH, G. (1993): Schwarzerlenwirtschaft im Unterspreewald – Waldbaulicher Vergleich zwischen aus Lochkugel- und Rabattenpflanzung hervorgegangenen Beständen, Dipl.-Arbeit, Forstwiss. Fachbereich Universität Göttingen 1993.
- BECKER, A. (2000): Erlenrückung im Spreewald; Brandenburgische Forstnachrichten (2000) 1 / 2, 25–26.
- BECKER, G.; BOLTZ, K.; JÄGGLE, P. (1986): Bringt die Verwendung von Geotextilien Vorteile?; AFZ, 1986/48; 1194–1195.
- BERGER (1866): Der Spreewald und seine Umgebung, Cottbus 1866.
- BÜRGER, K. (1998): Vergleich zwischen Rabatten- und Pflugstreifenkulturen auf OK2-Standorten im Oberspreewald unter besonderer Berücksichtigung des Wachstumsverlaufes der Schwarzzerle, Dipl.-Arbeit, FH Eberswalde 1998.
- DOMMASCHK, C. (2000): Holzmaßkundliche und biometrische Untersuchungen zur Diagnose der Roterlenkernfäule am stehenden Stamm im Spreewald; Dipl.-Arbeit, FH Eberswalde 2000.
- HILL, G. (2002): Entwicklung und Bedeutung der Forstwirtschaft im Spreewald; Forstarchiv 73, Heft 3, Seite 98–120, 2002.
- KREMSE, W. (1957): Eine Lehre aus unserer Erlenwirtschaft; Der Forst- und Holzwirt, 1957/9, 145–147.
- LANDESFORSTANSTALT EBERSWALDE (2002): Ergebnisse der Komplexuntersuchungen in Beständen der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn.) des Spreewaldes und Schlussfolgerungen für ihre Bewirtschaftung, 2002.
- LAMBERTS (1933): Bewirtschaftung der Erle; In: Forstarchiv, 1935, Heft 7; 121–124 (Nachdruck).
- LYR, H.; POLSTER, H.; FIEDLER, H.-J. (1967): Gehölzphysiologie; VEB Gustav Fischer Verlag Jena; 1967.
- MÄRKISCHER FORSTVEREIN (1902): Führer und Bereisung des Oberspreewaldes, Frankfurt 1902
- OTTO, H.-J. (1996): Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten; aid-Informationen 1095 /1996; aid e.V. Bonn; 34 S.
- PFEIL, W. (1828): Kritische Blätter für Forst- und Jagdwissenschaft 4 : 77–90, Leipzig 1828.

- RUPP, P. (1992): Die Kulturlandschaft Spreewald – Ergebnisse forstwirtschaftlicher Tätigkeit – eine zu schützende Landschaft; Sonderdruck des Forstvereins Nordrhein-Westfalen 33, 33–45, 1992.
- SCHLAGHAMERSKY, A.; HOFFMANN, V. (1996): Kunststoffplatten zur Befestigung von Rückewegen auf kurzen, wenig tragfähigen Abschnitten; AFZ/Der Wald, 1996/12, 657–661.
- SCHUBERT, J. (O. J.): Lagerung und Vorbehandlung von Saatgut wichtiger Baum- und Straucharten; Landesanst. f. Ökologie, Bodenordn. u. Forsten (LÖBF) NRW, 183 S.
- SCHUMACHER, J. (2002): Neuartiges Erlensterben im Biosphärenreservat Spreewald (Ursachen, Folgen und Gegenmaßnahmen), Zwischenbericht vom Institut für Forstbotanik und Forstzoologie Tharandt der TU Dresden 2002.
- SCHÜTT, SCHUCK, LANG, ROLOFF (2000): Enzyklopädie der Holzgewächse, Exomed Verlagsgesellschaft, Landsberg 2000.
- SPIEGEL, W.-D. (1999): Straßensicherungshieb an der B 10 mit K-Max; AFZ/Der Wald, 1999/3, 104–106.
- THIEME, F. (2001): Holzernte auf Weichböden mit dem „Sumpfbiber“; AFZ/Der Wald, 2001/10, 498–499.
- DATENSPEICHER WALD des Amtes für Forstwirtschaft Lübben
- VEB FORSTPROJEKTIERUNG POTSDAM: Legende zur Standortskarte, Dresden 1975.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Paul Rupp
Amt für Forstwirtschaft Lübben
Bergstraße 25
15907 Lübben
Eckhard Hafemann
Landesforstanstalt Eberswalde
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
unter Mitarbeit von
Eugen Nowack
Biosphärenreservat Spreewald
Schulstraße 9
03222 Lübbenau

Die Schwarz-Erle als Wirtschaftsbaumart

Schon vor langer Zeit erkannten die Menschen, dass sich das Holz der Schwarz-Erle aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften nicht nur als Brennholz eignet.

Seine extrem große Haltbarkeit unter Wasser, wo es laut HALLA (1998) schwarz und immer härter wird, machten sich schon vor über 4000 Jahren die Erbauer der jungsteinzeitlichen Pfahlbauten am Bodensee und Federsee zunutze, indem sie Erlenstämme als Stützgerüst in die schlammigen Uferbereiche ramten. Ebenso steht Venedig und stand Alt-Amsterdam zum überwiegenden Teil auf Pfählen aus Erlenstämmen.

Auch seine gute und leichte Bearbeitbarkeit wurde schon früh erkannt und genutzt, so zum Beispiel durch den römischen Schriftsteller und Naturwissenschaftler Gajus Plinius, der 79 v. Chr. beim Ausbruch des Vesuv in Pompeji ums Leben kam. Die Holztafelchen, auf denen er mit Tinte seine heute noch erhaltene „Naturgeschichte“ in 37 Bänden ordnete, sollen aus Erlenholz gewesen sein. Ebenfalls aufgrund seiner guten Bearbeitungseigenschaften wurde das Holz der Schwarz-Erle zur Herstellung von Holzschuhen verwendet, was dem Baum im Oldenburgischen den Namen Holschenboom (Holzschuhbaum) einbrachte. Bis 1990 wurden auch noch im östlich von Eberswalde gelegenen Bralitz jährlich ca. 90 m³ Erlenholz durch zwei Holzschuhmacher verarbeitet.

In letzter Zeit ist die wirtschaftliche Bedeutung des Erlenholzes immer weiter zurückgegangen. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe. Zum einen wurde die Schwarz-Erle durch den Menschen auf immer weniger Standorte zurückgedrängt. Hierbei handelt es sich zumeist um Extremstandorte im Hinblick auf den Wasserhaushalt, wodurch sich das Holz auch nur sehr schwer und mit hohem finanziellen Aufwand ernten lässt. Das Holz der

Schwarz-Erle steht somit nicht in großem Umfang zur Verfügung, was es für eine standardisierte und auf die Holzeigenschaften abgestimmte Verarbeitung in Großbetrieben uninteressant macht.

Zum anderen wurde das Erlenholz, wie Holz allgemein, in vielen Anwendungsbereichen, für die es einst durch seine spezifischen Eigenschaften prädestiniert war, durch Materialien wie Stahl, Beton und Kunststoffe ersetzt. So wird im Wasserbau kaum noch Holz verwendet, Holzschuhe werden meist nur noch für Trachtengruppen hergestellt, Wasserrohre und Chemikalienleitungen bestehen auch nicht mehr aus Holz und Holzbleistifte, für die neben Zeder und Weymouthkiefer auch die Erle Verwendung findet, werden zunehmend durch Druckbleistifte, Kugelschreiber u.ä. ersetzt, um nur einige Beispiele für die rückläufige Verwendung des Erlenholzes zu nennen. Auch die Erlenrinde, die früher zum Naturfärben verwendet wurde, wird heute nicht mehr genutzt.

Diese Entwicklungen haben dazu geführt, dass die Schwarz-Erle trotz der vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten ihres Holzes heute als Wirtschaftsbaumart eher eine Randerscheinung ist.

Eigenschaften des Holzes der Schwarz-Erle

Im makroskopischen Holzaufbau stellt sich die Schwarz-Erle als eine zerstreutporige Splintbaumart dar. Durch die fehlende Ausbildung eines Farbkerns lassen sich Splint- und Kernholz praktisch nicht unterscheiden. Ihr Holz ist rötlichgelb und wird beim saftfrischen Einschnitt durch die Oxidation von phenolischen Inhaltsstoffen an der Schnittfläche orangefarben. Im Verlauf der Trocknung

dunkelt es aber recht schnell rötlichbraun nach. Ein relativ häufig auftretender Farbfehler sind „Markflecken“. Sie finden sich im Frühholz der Jahrringe und entstehen durch die Überwallung von im Frühjahr erfolgtem Insektenfraß am Kambium.

Die Struktur des Holzes ist gewöhnlich gradfaserig, Drehwuchs tritt selten auf. Die Textur des Holzes ist fein und gleichmäßig, was ihm ein schlichtes, wenig dekoratives Aussehen verleiht. Es ist selten geriegelt oder gemasert.

Die Holzstrahlen sind normalerweise mit bloßem Auge nicht zu sehen. Allerdings bilden eng nebeneinander stehende, einreihige Holzstrahlen auf dem Quer- und Tangentialschnitt sehr breite und deutlich sichtbare Scheinholzstrahlen. Die Jahrringgrenzen sind undeutlich.

Der mikroskopische Holzaufbau ist laut WAGENFÜHR und SCHREIBER (1989) wie folgt charakterisiert:

Gefäße

- zerstreut angeordnet
- Anteil: 11... 29 ... 42 %
- haben keinen Inhalt

Holzstrahlen

- unregelmäßig angeordnet
- Anteil: 6... 12 ... 20 %

Fasern

- meist Libriformfasern, selten Fasertracheiden
- Anteil: 48 ... 58 ... 74 %

Seine im Folgenden aufgeführten physikalischen Eigenschaften, wie sie bei WAGENFÜHR und SCHREIBER (1989) bzw. LOHMANN (1998) nachzulesen sind, charakterisieren das Holz der Schwarz-Erle als ein ziemlich leichtes und gut zu trocknendes Holz. Hinsichtlich dieser Eigenschaften nimmt sie eine Mittelstellung zwischen den Baumarten Esche (*Fraxinus excelsior*) und Schwarzpappel (*Populus nigra*) ein, mit denen sie sich häufig Standorte teilt. Das Holz der Esche ist schwerer und lässt sich schlechter trocknen, das der Schwarzpappel ist hingegen leichter und lässt sich ebenfalls gut trocknen.

Darrdichte [r_0]:	0,45...0,51...0,60 g/cm ³
Rohdichte [$r_{12...15}$]:	0,49...0,55...0,64 g/cm ³
Rohdichte [r_{frisch}]:	0,80...0,85...0,93 g/cm ³
Schwindsatz längs [β_l]:	0,5 %
Schwindsatz radial [β_r]:	zirka 4,4 %
Schwindsatz tangential [β_t]:	zirka 9,3 %
Schwindsatz Volumen [β_v]:	12,6...14,2 %
Porenanteil [c]:	zirka 71%

Holzgewicht:	ganz frisch: 850 kg/m ³ [Holzfeuchte > 30 %]
	waldtrocken: 700 kg/m ³ [Holzfeuchte 25–30 %]
	lutro: 550 kg/m ³ [Holzfeuchte 15 %]
	atro: 475 kg/m ³ [Holzfeuchte 0 %]

Weiterhin sind für die Verwendung des Holzes die mechanischen Eigenschaften von Bedeutung. Die nachfolgend aufgeführten Kenngrößen, die WAGENFÜHR und SCHREIBER (1989) für die Schwarz-Erle angeben, sagen aus, dass ihr Holz zwar biegsam, elastisch und fest ist, es aber keine große Tragfähigkeit besitzt und als weich bezeichnet werden kann. Zum Vergleich ist das Holz der Esche hart und fest und ist extrem elastisch und biegsam. Hingegen ist das Holz der Schwarzpappel auch im Vergleich zur Schwarz-Erle mechanisch wenig belastbar und ebenfalls weich.

Druckfestigkeit [$\delta_{d_{Bil}}$]:	31...55...77 N/mm ²
Zugfestigkeit [$\delta_{d_{Bil}}$]:	55...94...140 N/mm ²
Biegefestigkeit [$\delta_{d_{Bil}}$]:	44...97...172 N/mm ²
Scherfestigkeit [δ_{ab}]:	3,0...4,5...6,5 N/mm ²
Elastizitäts-Modul [E_{Bil}]:	7700...11700 N/mm ²
Schlagzähigkeit [α]:	2,45...4,90...10,59 J/cm ²
Abnutzung:	Erle : Rotbuche = 0,3 : 1
Härte nach Brinell faserparallel [H_{Bil}]:	33...38 N/mm ²
Härte nach Brinell senkrecht zum Faserverlauf [H_{Bil}]:	7...17 N/mm ²

Von den ebenfalls aus WAGENFÜHR und SCHREIBER (1989) entnommenen und nachfolgend aufgeführten chemischen Holzeigenschaften hat nur der Fettgehalt eine größere Auswirkung auf die Holzverwendung. Er ist mit zirka 0,5 % als gering einzustufen, wodurch sich das Holz der Schwarz-Erle sehr gut beizen lässt.

Wasserlöslichkeit:	zirka 2,5 %
Benzol-Alkohol-Auszug:	1,9...3,8...5,6 %
Ätherauszug:	0,7...0,9...1,4 %
Ligningehalt:	22,6...23,9...25,8 %
Zellulosegehalt:	39,6...43,4...46,5 %
Pentosane:	18,8...23,0...25,1 %
Asche:	0,48...0,53...0,64 %
Gerbstoffe:	0,8...1,3 %
Fett:	zirka 0,5 %
Stärke:	zirka 1,5 %

Erwähnenswert ist noch, dass das Holz in geringem Maße gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe enthält. Bei der Verarbeitung kann es, vermutlich durch

Gerbstoffe, zu Dermatitis und starkem Juckreiz kommen. Das Holz riecht schwach säuerlich.

Allgemein kann man das Holz der Schwarz-Erle auf Grundlage der hier aufgeführten Eigenschaften als leicht, weich, biegsam, elastisch und fest charakterisieren. Da es keine große Tragfähigkeit besitzt, eignet es sich nicht als Bauholz.

Hieraus ergeben sich die im Folgenden beschriebenen Verarbeitungseigenschaften.

Neben der bereits erwähnten guten Beizbarkeit lässt es sich gut färben, imprägnieren und polieren.

Die Trocknung des Holzes vollzieht sich schnell und gut, ohne dass stärkere Tendenzen zum Reißen oder Werfen auftreten. Es arbeitet und reißt wenig und hat somit eine mittlere bis gute Dimensions- und Formstabilität.

Es lässt sich mit allen Werkzeugen gut und leicht bearbeiten und ergibt gehobelt schöne, glatte Oberflächen. Somit eignet es sich auch gut zum Drechseln und Schnitzen und ist messer- und schäl-fähig. Weiterhin lässt es sich leicht spalten.

Verbindungen mit Leim, Schrauben und Nägeln sind sehr haltbar.

WAGENFÜHR und SCHREIBER [1989] empfehlen den Wintereinschlag mit anschließender Wasserlagerung und rasch folgendem Einschnitt. Das Schnittholz sollte durch die Verwendung dünner Stapellatten luftig aufgeschichtet werden. Weiterhin empfehlen sie einen Querschnittsflächenschutz und nach der Abtrocknung eine Lagerung unter Dach.

Die natürliche Dauerhaftigkeit des Holzes der Schwarz-Erle ist im Freien gering, unter Wasser sehr gut. Es ist nicht witterungsfest, was insbesondere dann gilt, wenn es Wechselfeuchte ausgesetzt ist. Es ist anfällig gegen Pilze und Insekten.

Verwendung und Vermarktung des Holzes

Die für seine Verwendung wichtigsten Eigenschaften der Schwarz-Erle sind die große Haltbarkeit unter Wasser, die leichte Bearbeitbarkeit und problemlose Oberflächenbehandlung.

Durch seine Beständigkeit bei der Verbauung unter Wasser kann es für Uferbefestigungen und langlebige Stützkonstruktionen im Wasserbau verwendet werden. Daneben eignet es sich auch für die Herstellung von Wasserleitungen.

Aufgrund seiner leichten Bearbeitbarkeit eignet es sich für den Bau von Musikinstrumenten, als Schnitz- und Drechselholz, für Spielwaren, Küchen-

geschirr, Bleistifte, Zigarrenkisten, Gussformen und vieles mehr. Für all diese Verwendungsmöglichkeiten wird es heute aber kaum noch genutzt.

Ebenfalls durch die gute Bearbeitbarkeit, aber auch die umfangreichen Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung und -veredelung, wird es zur Möbelherstellung und als Imitat für erheblich wertvollere Tropenhölzer wie Mahagoni, Palisander oder Ebenholz eingesetzt. Hierbei kommen sowohl Vollholz als auch Furniere zur Anwendung. Für letztere Verwendung sind hochwertige Deckfurniere erforderlich. Die qualitativ schlechteren Furniere werden als Blindfurnier oder als Mittellage in Sperrholzplatten eingesetzt. In der Sperrholzproduktion wurde es jedoch zunehmend durch afrikanische Hölzer ersetzt. Bei beiden Anwendungsbereichen handelt es sich nach ERTELD (1957) in erster Linie um Schäl-furniere, wodurch zu große Faulkerne, die ein Ansetzen der Schälklauen verhindern oder eine zu geringe Ausnutzbarkeit bewirken, eine solche Verwendung einschränken oder gar ausschließen.

Unabhängig von seinen spezifischen Eigenschaften kann das Holz der Schwarz-Erle auch zur Herstellung von Span- und Faserplatten, Papier und Zellstoff und zur Gewinnung von Holzkohle oder als Brennholz eingesetzt werden. Allerdings gibt es für diese Produkte besser geeignete Baumarten. Nach wie vor beliebt ist es aber zum Räuchern vor allem von Fischen.

Wie bereits erwähnt, wurde die Rinde, die mit einem Gerbstoffanteil von 8–10 % einen höheren Tanningehalt als Eichenrinde aufweist, früher auch zum Naturfärben genutzt. Man erhielt gelbbraune Töne und nach Vermengung mit Eisensulfat die Farbe schwarz.

Die umfangreichen Verwendungsmöglichkeiten des Schwarz-Erlenholzes zeigen zwar, wie vielseitig es einsetzbar ist, verdeutlichen aber auch, dass es, wie bereits eingangs erwähnt, in vielen Bereichen durch andere Werkstoffe ersetzt wurde. Neben dieser Entwicklung ist auch die zurückgehende Anbaufläche und das damit verbundene fast völlige Fehlen einer Betriebsklasse Erlen-Hochwald dafür verantwortlich, dass es sich beim Holz der Schwarz-Erle heute um ein Nischenprodukt handelt, welches fast nur noch für die Herstellung hochwertiger Holzprodukte oder für Sonderverwendungen wirklich nachgefragt wird.

Das hieraus resultierende Sortiment ist Wertholz und eventuell noch Stammholz normaler bis guter Qualität. Die Erfahrungen der Holzvermarktung mit den Ansprüchen der Holzkäufer im Hinblick auf das Wertholz zeigen, dass dieses Holz



Abb. 1: Schwarz-Erle mit Faulkern, wie sie bei der Submission in Chorin angeboten und im Los für 191 Euro verkauft wurde (Foto: L. KRÜGER)

dick (möglichst mindestens 40 cm Mittendurchmesser des Stammstückes), gerade, gesund, ast- und wasserreiserfrei sein soll. Bevorzugt werden Erdstammstücken von 6 bis 8 (10) Metern Länge.

Unabhängig von diesen Ansprüchen der Wertholzkäufer wird das Holz der Schwarz-Erle nach der HKS-Tabelle für übriges Laubholz sortiert.

Die häufigsten Holzfehler, die zu einer Abstufung der Stammholzqualität der Schwarz-Erle führen, sind Astigkeit und Faulkernbildung. Die Äste stellen eine mechanische und optische Störung des Faserverlaufes dar und werden daher als ein negatives Kriterium angesehen, vor allem wenn das Holz für optisch ansprechende oder homogene Flächen verwendet werden soll.

Die Faulkernbildung fängt häufig zu dem Zeitpunkt an, ab dem der Baum beginnt, „Speck“ anzusetzen. Dieser ist etwa im Alter 50 erreicht und wird durch wechselnde Wasserverhältnisse begünstigt. Im Spreewald setzt dieser Prozess nach den Erfahrungen der dort tätigen Forstleute etwa ab dem Alter 70 bis 80 ein und führt schließlich zu Hohlkernen. Diese Entwertung nimmt bis zum Alter 130 immer weiter zu.

Selten treten laut BECKER (mündlich 2003) bei der Schwarz-Erle im Spreewald Qualitätsbeein-

trächtigungen durch Krümmung, Abholzigkeit, Rindeneinschlüsse oder die in der Literatur häufiger aufgeführten Markflecken auf.

Ein spezielles Problem tritt bisweilen bei der Holzbringung im Spreewald auf. Aus den inneren Bereichen des Spreewaldes wird das Holz geflößt. Hierbei kommt es zu Oxidationsprozessen im Bereich der Schnittflächen, die in Verbindung mit den Huminstoffen im Wasser zu einer Lilafärbung des Holzes führen können.

An das Industrierholz werden keine besonderen Ansprüche gestellt. Der Absatz erfolgt in Brandenburg mit einem derzeitigen Durchschnittserlös von 11,26 Euro/rm in erster Linie an Plattenhersteller.

Bei den Submissionen des Landes stellte die Erle in den letzten Jahren mit durchschnittlich 260 fm 12 % der Gesamtmenge des angebotenen Holzes. Am Gesamterlös dieser Veranstaltungen erreichte die Holzart einen Anteil von etwa 6%. Der Rückgang in der Nachfrage in den vergangenen Jahren wurde im Jahr 2003 mit einer Angebotsmenge von 38 fm quittiert. Wie stark dieser Angebotsrückgang ist, zeigt sich auch im diesjährigen Anteil der Schwarzerle von nur 2,5 % an dem auf der Laubholzsubmission angebotenen Holz, was deutlich unter dem Mittelwert von 13 % der Jahre seit

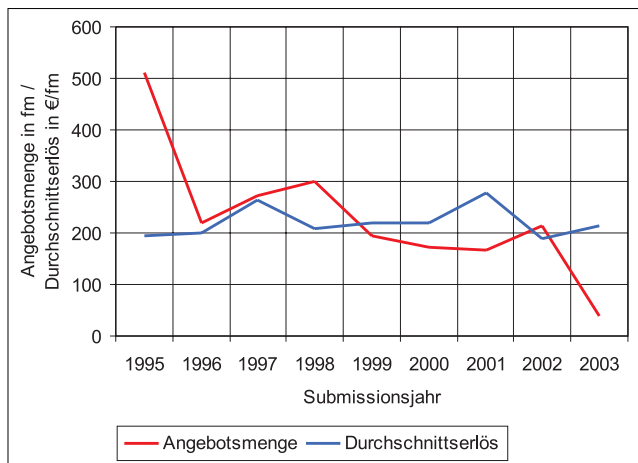


Abb. 2: Angebotsmengen und Durchschnittserlöse bei der Schwarzerle auf den Wertholzsubmissionen des Landes Brandenburg von 1995 bis 2003

1995 liegt. Da aber trotz der eher mäßigen Qualität der angebotenen Schwarz-Erlen das Preisniveau mit durchschnittlich 214,99 Euro/fm seitens der Holzmarktung als gut bezeichnet wurde, ist diese Entscheidung richtig gewesen. Dies zeigt sich auch darin, dass sich, wie aus Abbildung 2 ersichtlich, der starke Preisabfall von 2001 auf 2002 nicht fortgesetzt hat.

Insgesamt passt der Angebotsrückgang im Jahr 2003 aber auch in die allgemeine Entwicklung der letzten Jahre. Die Abbildung 2 zeigt für die Jahre ein der stetig nachlassenden Nachfrage angepasstes Angebot. Die im Jahr 2001 erzielten höheren Erlöse wurden offensichtlich fehlinterpretiert. So war die Erhöhung des Angebotes im Jahr 2002 nicht marktkonform und wurde auf der Käuferseite nicht honoriert. Laut Aussagen der Käufer ist die Nachfrage nach Erle, wie bei der Buche, im Zusammenhang mit der Holznachfrage auf dem asiatischen Holzmarkt zu sehen, was den aktuellen Nachfrage- und Preisrückgang nach 2001 erklärt.

Die Schwarz-Erle ist zwar die vierthäufigste Laubbaumart im Land Brandenburg, im Vergleich zur Hauptbaumart Kiefer ist ihr Waldflächenanteil, bis auf den Spree-wald, aber sehr gering. Dies spiegelt sich auch in ihrem Anteil an der Verkaufsmenge der Landesforstverwaltung wieder, der mit einem Durchschnitt von 7.950 fm pro Jahr seit 1995 bei einem jährlichen Gesamtverkaufsvolumen von zirka 1.000.000 fm nur marginal ist.

Bei einem durchschnittlichen Erlös von 260,78 Euro/fm auf den Laubwertholzsubmissionen im Land Brandenburg zwischen 1995 und 2002 zeigt sich aber, dass es bezogen auf die Mengeneinheit sehr interessant ist, das Holz der Schwarz-Erle dem Holzmarkt zuzuführen. So erreichte z.B. im Amt für Forstwirtschaft Eberswalde im Jahr 2002 die Schwarz-Erle mit 362,23 Euro/fm den mit Abstand höchsten Durchschnittserlös je Mengeneinheit beim Wertholz. Zum Vergleich lagen im gleichen Jahr die Durchschnittserlöse im Rahmen der Wertholzvermarktung für Buche bei 233,93 Euro/fm, für Eiche bei 309,11 Euro/fm und für Kiefer bei 124,55 Euro/fm.

Abbildung 3 macht deutlich, welchen Anteil am Gesamterlös der Schwarz-Erle in der Landesforstverwaltung Brandenburg die einzelnen Sorti-

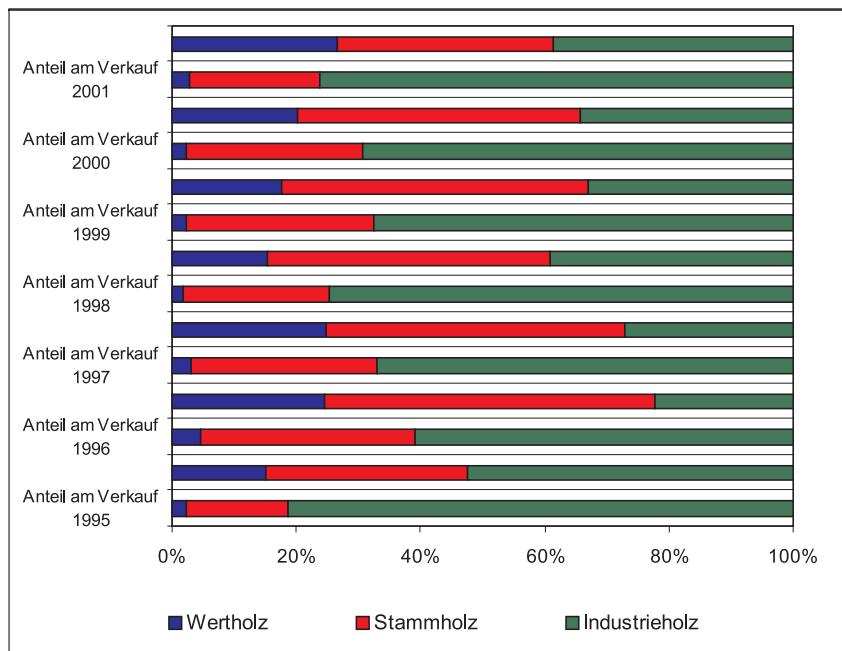


Abb. 3: Zusammenstellung der prozentualen Anteile an der Verkaufsmenge und am Erlös der unterschiedlichen Sortimenten der Schwarz-Erle von 1995 bis 2001 im Land Brandenburg

mente haben. Hierbei sei noch darauf hingewiesen, dass sich hinter dem verwendeten Begriff „Stammholz“ die Einzelsortimente Stammholz, Abschnitte und Palette verbergen. LAK wurde nicht in allen Jahren vermarktet und daher nicht berücksichtigt.

Hervorzuheben ist hier, wie bereits angedeutet, die Bedeutung des Wertholzes, das es mit einem durchschnittlichen Anteil von 2,7 % an der Verkaufsmenge auf einen Anteil am Erlös von durchschnittlich 20,6 % bringt. Beim Stammholz wird durch einen Verkaufsanteil von 26,3 % immer noch ein Erlösanteil von 44 % erzielt, wohingegen das Verhältnis beim Industrieholz von 71 % an der Verkaufsmenge zu 35,4 % am Erlös erwartungsgemäß schlecht ausfällt. Diese Zahlen aus der Holzvermarktung verdeutlichen, dass es auch bei der Baumart Erle vorrangig darum gehen muss, hochwertige Sortimente, also Wertholz und Stammholz guter Qualität, zu produzieren und auf dem Markt anzubieten.

Die zertifizierte Forstwirtschaft darf das gewachsene Holz nicht durch Überalterung dem Faulkern überlassen, sondern muss auch die Möglichkeit zu Realisierung von Einnahmen nutzen, um letztlich die Mittel zu erwirtschaften, die für die Erreichung der Ziele im Rahmen der Zertifizierung nötig sind.

Allerdings sollten der geringe Flächenanteil der Baumart und die weitere Verringerung von Einsatzmöglichkeiten, verbunden mit einer auch für die Zukunft eher verhaltene Nachfrage, den Forstmann künftig nicht in erster Linie nach einer verbesserten Vermarktungsstrategie suchen lassen. Vielmehr sollte in dem Jahr, in dem die Schwarz-Erle als Baum des Jahres in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt wurde, für eine Stabilisierung bzw. eine Erweiterung des Anteils an der Flächenpräsenz Vorsorge getroffen werden.

Literatur

- BARTELS, H. (1993): Gehölzkunde. Reihe UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher 1720. Ulmer-Verlag Stuttgart.
- BECKER, A. (2003): Leiter der Oberförsterei Straupitz im Amt für Forstwirtschaft Lübben. Mündliche Auskunft.
- BEGEMANN, H. F. (1963): Lexikon der Nutzhölzer. Verlag und Fachbuchdienst Emmi Kittel Mering
- ERTELD, W. (1957): Forstnutzung. Neumann Verlag Radebeul.
- FROMMHOLD, H. (2003): Professor im Fachbereich Forstwirtschaft an der Fachhochschule Eberswalde. Mündliche Auskunft.
- GRAMMEL, R. (1989): Forstbenutzung. Pareys Studentexte 67. Verlag Paul Parey.
- HALLA, H. (1998): Waldgänge eines passionierten Forstmannes. DRW Verlag.
- KNUCHEL, H (1954): Das Holz – Holzarten-Lexikon. Verlag H.R. Sauerländer & Co. Aarau und Frankfurt am Main.
- LOHMANN, U. (1998): Holzhandbuch. 5. Auflage. DRW-Verlag.
- ROHHOLZPREISBEREICHT (1995-2001): Rohholzpreisberichte der Landesforstverwaltung Brandenburg.
- SACHSSE, H. (1984): Einheimische Nutzhölzer. Pareys Studentexte Nr. 44. Verlag Paul Parey
- SELL, J. (1997): Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. 4. Auflage. Baufachverlag AG Zürich.
- VEDEL, H.; LANGE, J. (1965): Bäume und Sträucher. Ravensburger Freizeit-Taschenbücher Band 37. Ravensburger Verlag
- WAGENFÜHR, R; SCHREIBER, C. (1989): Holzatlas. 3. Auflage. VEB Fachbuchverlag Leipzig.

Anschrift der Verfasser:

Lothar Krüger
Amt für Forstwirtschaft Eberswalde
Alfred-Dengler-Straße 6
16225 Eberswalde

Heiko Hagemann
Landesforstanstalt Eberswalde
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde



Schwarz-Erle. Aus „Deutsche Schul-Flora“, von Müller und Pilling, Verlag Hofmann in Gera, aus dem Jahr 1894