

# Die Rolle der Schwarzerle in den Pflanzengesellschaften Mitteleuropas

HELGE VALENTOWSKI UND JÖRG EWALD

## Einleitung

Natürliche Vorkommen der Schwarzerle sind mit extremen Bodenfaktoren verknüpft: Sie wächst an häufig überfluteten Bachufern und bildet in amphibischen Lebensräumen die Nässegrenze des Waldes. Ihre Rolle ist aber auch rätselhaft: Es stellt sich die Frage, warum eine Baumart, die in extrem winterkalte Bereiche Asiens vorstößt, in den Gebirgen Mitteleuropas nur bis in die montane Höhenstufe vorkommt. Des Weiteren ist zu klären, unter welchen Bedingungen und mit welchen Strategien sich eine lichtliebende Pionierbaumart in den von ihr dominierten Waldtypen verjüngen kann.

Erlen-Arten: Nach HUNTLEY UND BIRKS (1983) ist ein Überwintern nördlich der Alpen für die Grünerle, möglicherweise sogar für die Grauerle wahrscheinlich. Als Hauptrefugium der Schwarzerle vermuten die Autoren Süd-Russland (Kaspisches Meer, Schwarzes Meer), wo während der Eiszeit ausgehende Schmelzwasserdynamik angenommen wird. In der Nacheiszeit breitete sich die Schwarzerle erst relativ spät, mit Beginn des Boreal, von Osten her aus. Die größte Verbreitung von Erlenwäldern ab der zweiten Hälfte des Atlantikum und dem nachfolgenden Subboreal steht in Zusammenhang mit großräumigen Versumpfungs- und Verlandungsprozessen.

## Vegetationsgeschichte und Arealbildung

Bei der Frage, wo die Schwarzerle die Eiszeit überdauerte, stellt sich die grundsätzliche Schwierigkeit der möglichen Unterscheidbarkeit der drei

## Heutiges Areal der Schwarzerle

Die Schwarzerle reicht vom mediterranen Hartlaubgebiet/Zonobiom IV bis in die boreale Nadelwaldzone bzw. Taiga/VIII. Die West-Ost-Erstreckung des Areals reicht vom warmtemperierten atlanti-

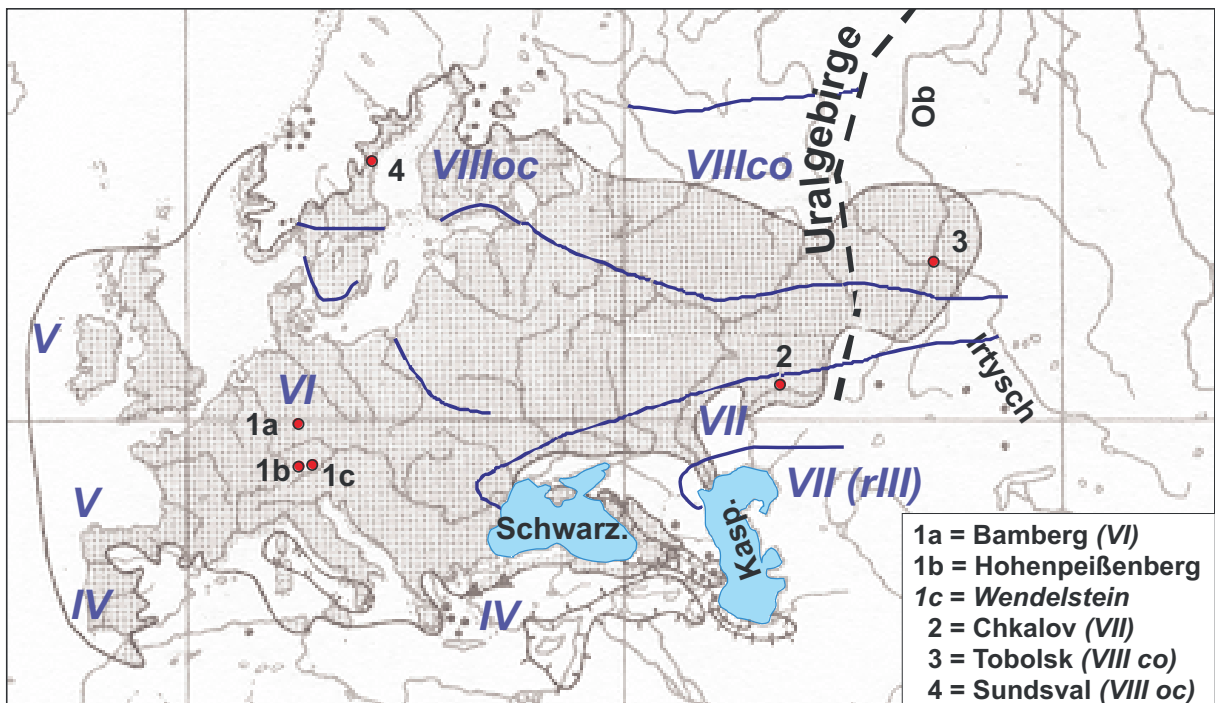


Abb. 1: Areal der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) mit Angabe der Zonobiome nach WALTER (1984) und Lage der in Tab. 1 dargestellten Klimastationen; IV = mit Sommerdürre und Winterregen, arido-humid; V = warmtemperiert (ozeanisch), humid; VI = typisch gemäßigt mit kurzer Frostperiode, nemoral; VII = Arid-gemäßigt mit kalten Wintern, kontinental; VIII = kalt-gemäßigt mit kühlen Sommern, boreal; oc = ozeanisch, co = kontinental; (r III) = Regen so gering wie im subtropischen Wüstenklima

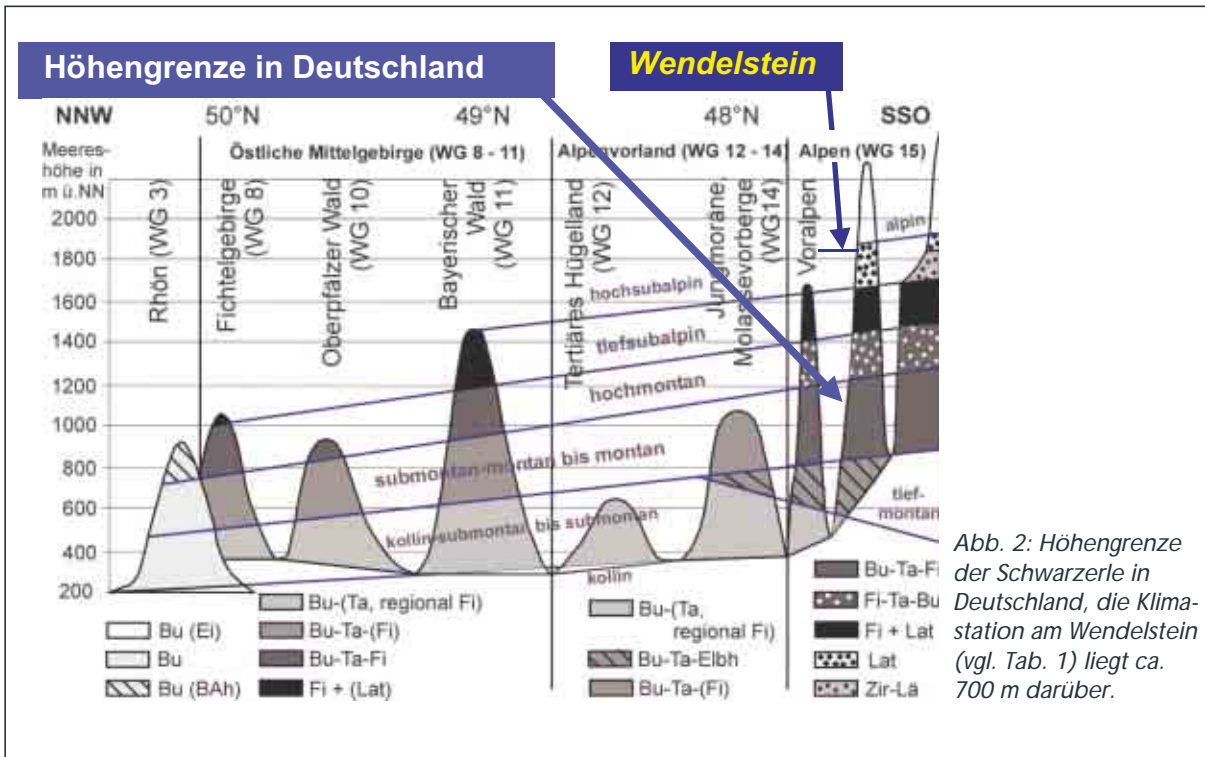


Abb. 2: Höhengrenze der Schwarzerle in Deutschland, die Klimastation am Wendelstein (vgl. Tab. 1) liegt ca. 700 m darüber.

schen Laubwaldgebiet/V bis in kontinentale Steppen-/VII und Wüstengebiete/VII (rIII) (Abb. 1).

Trotz dieser weiten zonalen Klimaamplitude ist die Höhenverbreitung der Schwarzerle allerdings weniger rekordverdächtig (Abb. 2). In Mitteleuropa reicht sie vom Tiefland bis in die mittleren Berglagen, am nördlichen Alpenrand ist sie baumförmig nur bis 1.050 m (EWALD UND FISCHER 1993), strauchförmig bis 1.140 m (STORCH 1983).

Wären die Jahresmitteltemperaturen in Tab. 1 ein geeigneter Maßstab, müsste die Schwarzerle in den nördlichen Randalpen bis in der alpinen Stufe vorkommen (+ 0,2°C wie in Tobolsk / Russland werden hier auf ca. 2.200 m Meereshöhe erreicht). Auch

können keinesfalls zu kalte Winter ausschlaggebend für ihre Höhengrenze im Gebirge sein. Die Temperaturen des kältesten Monats liegen in den kontinental geprägten Stationen mit -13,8°C (Chkalov) und -18,9°C (Tobolsk) viel niedriger als in der subalpinen Stufe der nördlichen Randalpen (Wendelstein/1.832 m: -3,7°C).

Aus dem zweidimensionalen Verbreitungsbild ergibt sich, dass die klimatische Verbreitungsgrenze von einer ausreichenden Wärme in der Vegetationszeit abhängt. In der subalpinen Stufe der Randalpen sind die Sommer zu kühl und wolkenreich für den Vegetationszyklus der Schwarzerle (die Juli-Temperatur am Wendelstein beträgt nur knapp +10°C, bei den Vergleichs-Stationen mindestens + 15°C, Tab. 1).

| Klimastation                         | Höhe m ü. NN | Geographische | Koordinaten | Januartemp. in °C | Julitemp. in °C | Jahrestemp. in °C |
|--------------------------------------|--------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Bamberg (kollin-submontan)           | 239          | 49°53'N       | 10°55'E     | -0,2              | +18,3           | +8,8              |
| Hohenpeißenberg (montan)             | 977          | 47°48'N       | 11°01'E     | -0,9              | +15,3           | +6,8              |
| Wendelstein (subalpin)               | 1.832        | 47°42'N       | 11°01'E     | -3,7              | + 9,7           | +2,4              |
| Chkalov/Russland (Steppe)            | 109          | 51°80'N       | 55°10'E     | -12,6*            | +21,7           | +4,6              |
| Tobolsk/Russland (östliche Taiga)    | 34           | 58°09'N       | 68°11'E     | -18,9             | +18,8           | +0,2              |
| Sundsvall/Schweden (westliche Taiga) | 4            | 62°32'N       | 17°27'E     | -9,0              | +15,3           | +3,2              |

\* Februar = kältester Monat (-13,8°C).

Tab. 1: Vergleich von Klimadiagrammen im mittleren, nördlichen und östlichen Teil des Erlen-Areals; die Klimastation Wendelstein liegt deutlich oberhalb der Höhenverbreitung der Schwarzerle (www.klimadiagramme.de und http://www.wetter-und-klima.de/klimadiagramme/welt.htm).

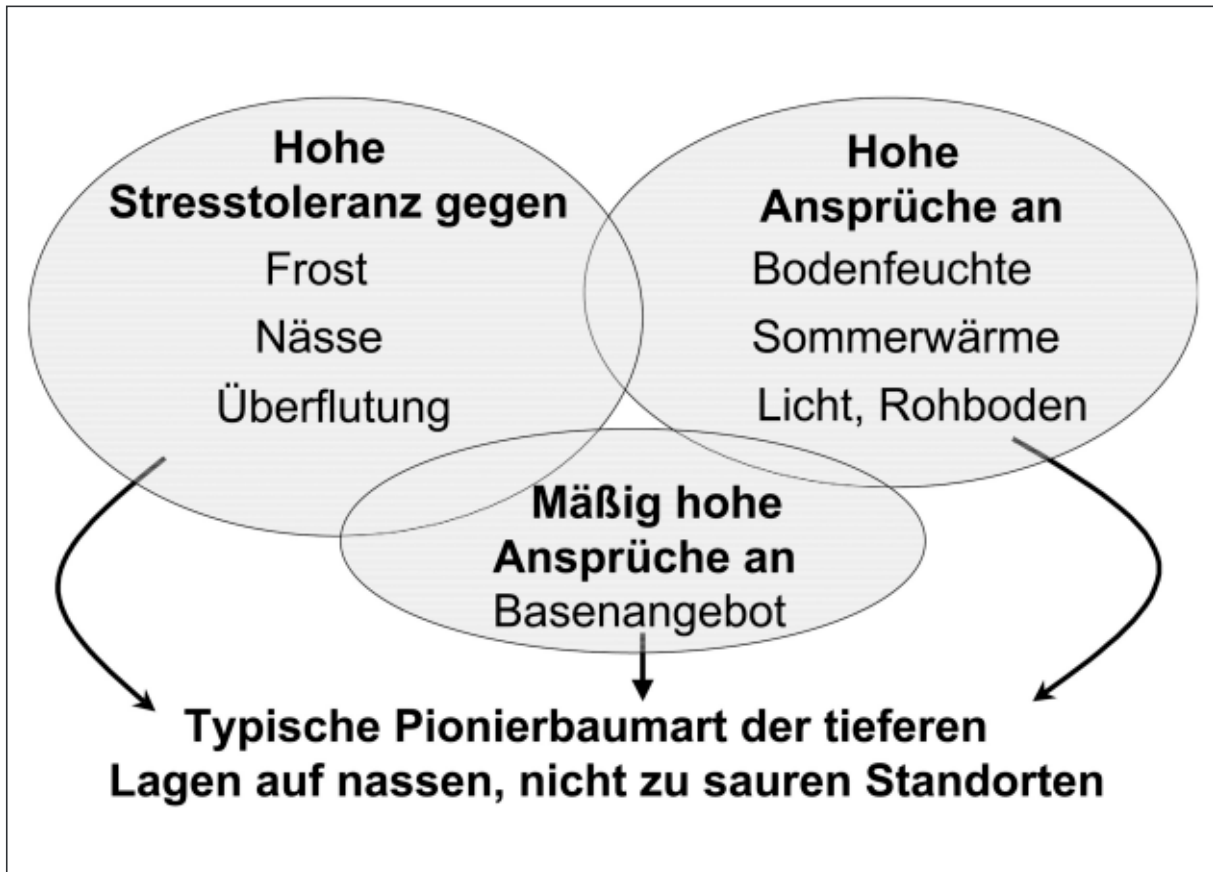


Abb.3: Autökologie der Schwarz-Erle

## Biologie, Autoökologie

Die Erle ist windbestäubt und einhäusig. Die kleinen geflügelten Samen werden v.a. durch Wind verbreitet (anemochor). Sie ist ein Licht- und Rohbodenkeimer (r-Strategie mit wenig Speicherstoffen im Samen). Durch Luftstickstoff-bindende Wurzelknöllchen mit Bakterien der Gattung *Frankia* (*Actinomyces*) kann sie relativ stickstoffarme Standorte (z.B. Rohböden) besiedeln und spielt dort eine wichtige Rolle als Wegbereiterin der weiteren Vegetationsentwicklung. An das Basenangebot stellt sie mäßig hohe Ansprüche. Hoch anspruchsvoll ist sie in Bezug auf die Wasserversorgung, ja sie gilt als die Baumart mit der höchsten Verdunstung, noch mehr als Birke oder Weide. Durch ein Interzellularenreiches Grundgewebe (Aerenchym) versorgt sie ihre Wurzeln in wassergesättigten Böden mit Sauerstoff, was ihr eine hohe Nässetoleranz verleiht. Nassböden werden tief durchwurzelt und Schwarzerlen besitzen selbst hier eine hohe Standfestigkeit. Die Jungpflanzen haben ein hohes Lichtbedürfnis (geringe Konkurrenzkraft gegenüber Schattbaumarten). Abb. 3 fasst den ökologischen Steckbrief der Schwarz-Erle zusammen.

## Konkurrenz mit anderen waldbildenden Baumarten in Auen und Mooren

In Konkurrenz zu anderen wichtigen waldbildenden Baumarten in Auen und Mooren sind folgende Möglichkeiten und Grenzen der Schwarz-Erle festzuhalten:

- ❖ Wegen extremer Toleranz gegen Nässe, ja sogar gegen wochenlange Überstauung der Bodenoberfläche, kann sie jenseits der Möglichkeiten von Fichte und Esche waldbildend auftreten.
- ❖ Wegen ihrer mittleren Ansprüche an Basen- und Nährstoffversorgung wird sie auf stark sauren, nährstoffarmen Standorten durch die Moor-Birke ersetzt.
- ❖ Wegen Sommerwärmebedürfnis wird sie hochmontan von der Grauerle abgelöst.
- ❖ Wegen ihres Bodenfeuchte-Bedürfnisses fehlt sie in extremen Wasserspiegelschwankungen ausgesetzten Flussauewäldern (die Grauerle erträgt dagegen die Austrocknung von Flussschottern).

## Von der Schwarzerle dominierte Waldgesellschaften

Die Schwarzerle bildet Waldbestände auf nassen oder häufig überfluteten Standorten. Sie dominiert regelmäßig in folgenden Waldgesellschaften (im Anhalt an OBERDORFER 1992):

- ❖ Erlen-Bachauenwald (*Stellario nemori-Alnetum glutinosae*),
- ❖ Erlen-Sumpfwald (*Circaeo alpinae-Alnetum glutinosae*),
- ❖ Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*).

Die drei Waldgesellschaften werden in den folgen-

den Abschnitten steckbriefartig vorgestellt. Neben einer Verteilung der natürlichen Baumartenanteile in Bayern wird der besiedelte ökologische Bereich bezüglich Basen- und Wasserhaushalt in einem Ökogramm gekennzeichnet, das die wichtigsten Zeigerpflanzen und ihre Amplitude enthält.

### Erlen-Bachauenwald (*Stellario nemori-Alnetum*)

Dieser Waldtyp stockt im Mittelgebirge auf silikatreichen, alluvialen Mineralböden im Überschwemmungsbereich der Bäche. Die häufigen Überschwemmungen bringen eine Ablagerung von mitgeführter Feinerde und Nährstoffen.



Wald-Sternmiere, Bruch-Weide und Straußfarn (von l. n.r.) sind Kenn-/Trennarten.



Hochmontan wird die Schwarzerle (links) durch die Grauerle (rechts) ersetzt.

### Erlen-Sumpfwald (*Circaeo-Alnetum glutinosae*)

Man findet diese Waldgesellschaft auf mäßig nassen mineralischen Weichböden mit mittlerer Basenversorgung, z.B. an Moorrändern. Für Eschendominanz genügt hier die Basenversorgung nicht. Das im Steckbrief dargestellte Hangmoor (Welkeringmoos im Lallinger Winkel, submontane Höhenstufe) wird durch Mineralbodenwasser geprägt, das

sowohl in breiter Front als auch in Form durchziehender Bahnen und Bäche eintritt (vgl. SUCCOW UND JESCHKE 1990). Die hangabwärts fortschreitende Verarmung an mineralischen Nährstoffen führt zu der Zonierung vom Erlen-Sumpfwald zum Fichten-Moorwald (auf saurem Zwischenmoor). Im Talgrund sorgt dann das rasch ziehende Grundwasser in Bachnähe für ein erneutes Vorkommen des Erlen-Sumpfwaldes, der zwischen Fichten-Moorwald und Erlen-Bachauenwald zwischengeschaltet ist.

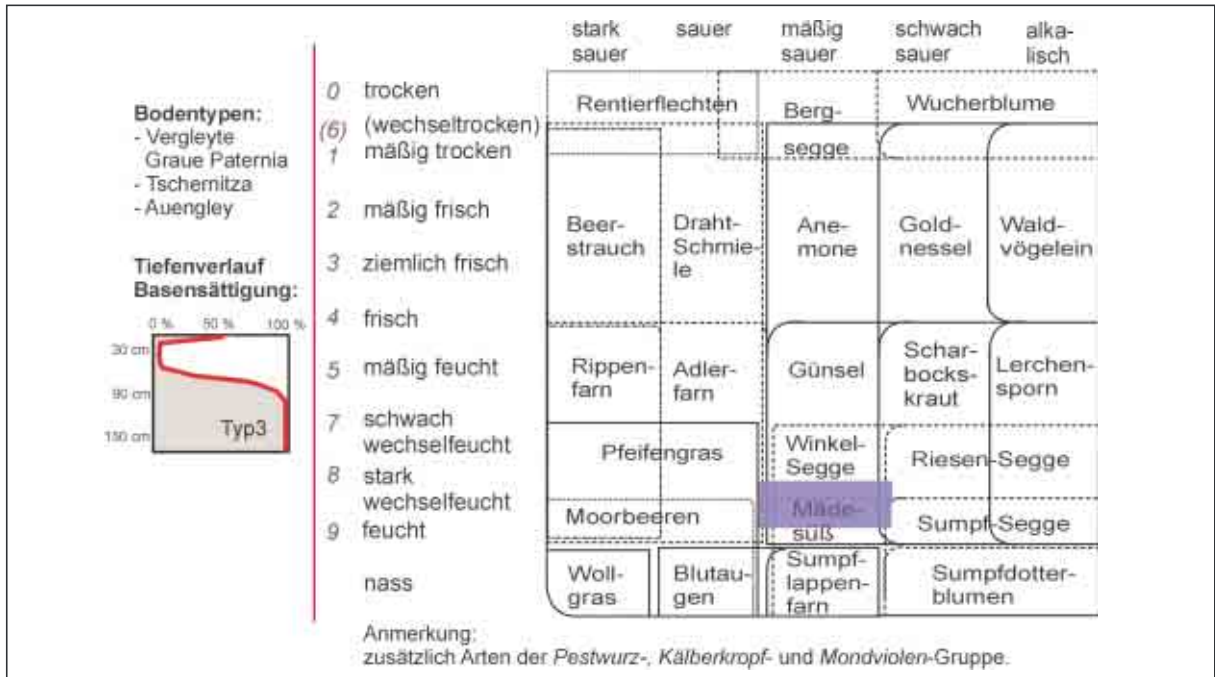


Abb. 5: Ökogramm der ökologischen Artengruppen

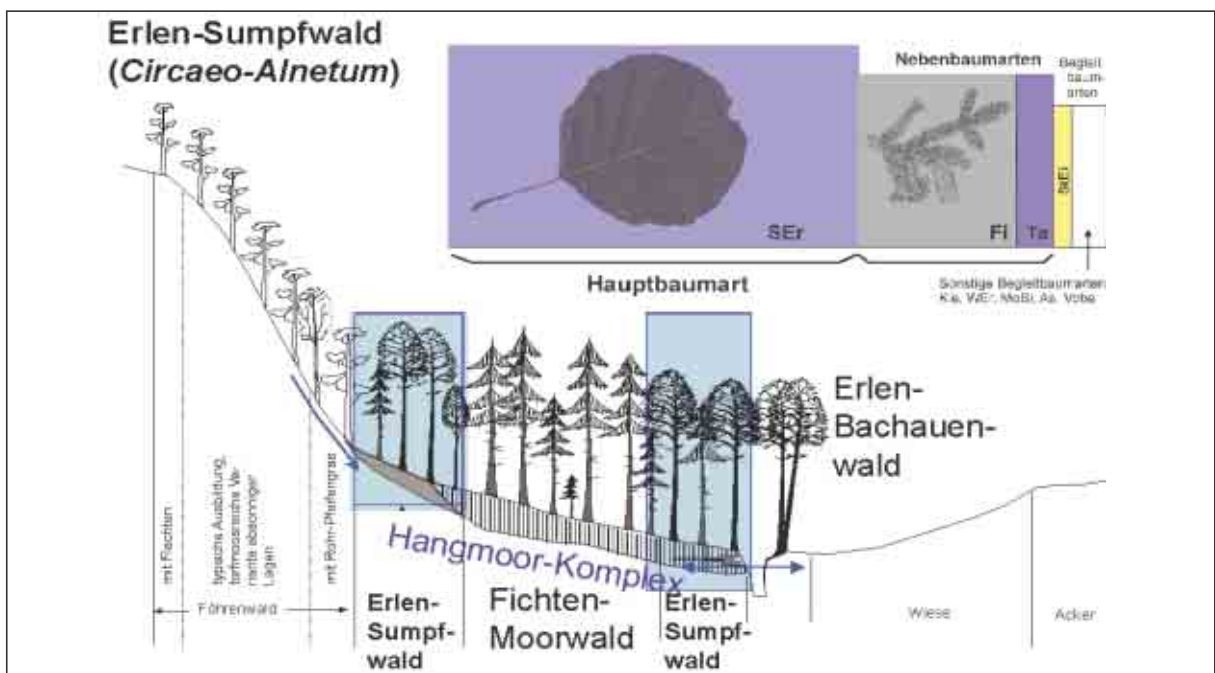


Abb. 6: Hangmoor-Komplex mit Erlen-Sumpfwald im Lallinger Winkel (Teil-Wuchsbezirk 11.2/1)

## Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*)

Vermooring (Niedermoortorf) prägt den Erlenbruchwald. In der Bodenvegetation überwiegen deutlich Nässezeiger. Arten der „Landwälder“ fehlen.

Erlen-Bruchwälder stellen oft das Schlusstadium von Verlandungs- oder Versumpfungsmooren dar. Das Grundwasser reicht stets bis nah an die Oberfläche, wobei die Jahresdynamik aus winterlicher Überstauung und sommerlicher oberflächlicher Abtrocknung gerade noch Baumwuchs ermöglicht (STEGNER 2000). Bruchwälder wachsen auf meso- bis eutrophen Torfböden, die aus pflanzlichen Zersetzungsprodukten bestehen. Keine andere Baumart ist in der Lage, soweit ins Nasse vorzustoßen. Auch in der Bodenvegetation fehlen die typischen Laubwaldarten. Den Boden bedecken stattdessen häufig horstartig wachsende Sauergräser.

Schwarzerlen-Bruchwälder besitzen aufgrund ihres extremen Wasserhaushalts eine markant eigenständige Artenausstattung. Einerseits fehlen in ihnen viele häufige Waldpflanzen (Frischezeiger der Ordnung *Fagetalia*), die Überstauung und Sauerstoffmangel nicht vertragen. Dafür kommen eine ganze Reihe von Pflanzenarten fast ausschließlich im Erlenbruchwald vor oder haben hier doch einen deutlichen Schwerpunkt. Umgekehrt deuten Vorkommen dieser Arten in einer Landschaft auf wahrscheinliche Vorkommen von Bruchwäldern hin.



Abb. 7: Hoher Grundwasserstand, jahreszeitliche Grundwasserdynamik sowie Vermooring (Niedermoortorf) prägen den Erlenbruchwald. In der Bodenvegetation überwiegen deutlich Nässezeiger. Arten der „Landwälder“ fehlen.

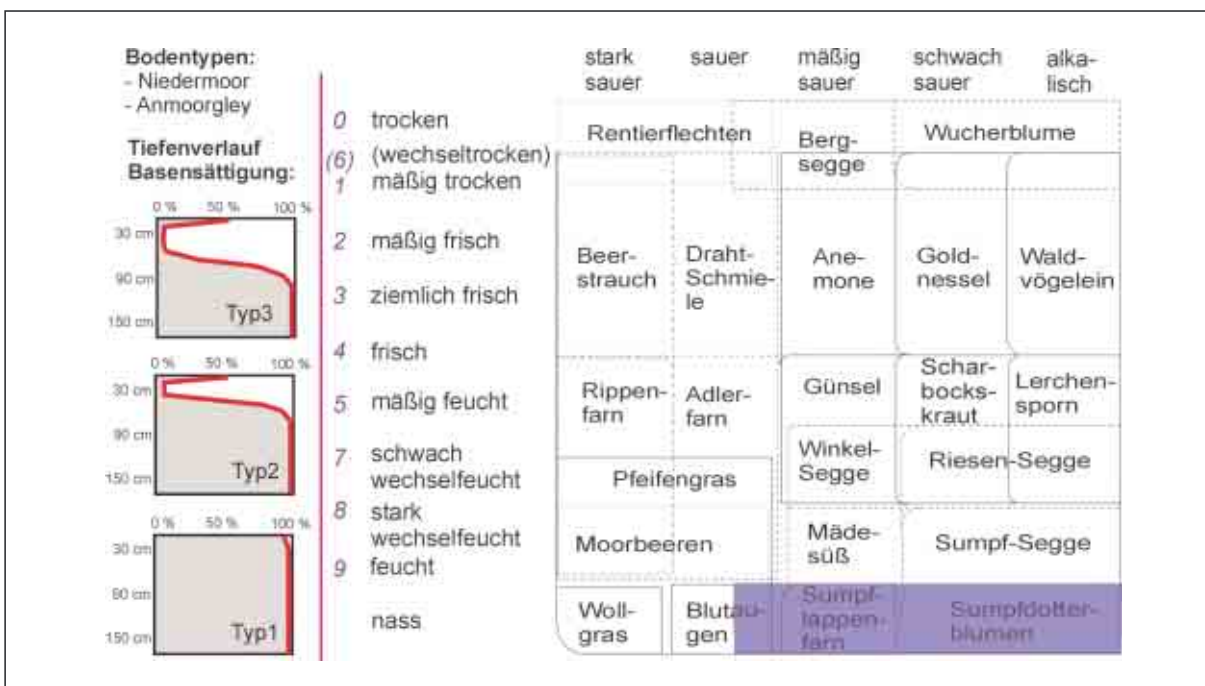


Abb. 8: Ökogramm der ökologischen Artengruppen.

Man kann eine derart enge Gesellschaftsbindung nutzen, um großräumige Verbreitungsschwerpunkte von floristisch gut ausgestatteten Erlenbruchwäldern zu modellieren (zur Methode vgl. SCHEUERER UND SCHÖNFELDER 2000). Dazu wurde im Internet unter [floraweb.de](http://floraweb.de) (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2003) die Verbreitung von neun Kennarten abgerufen (Abb.3). Es werden folgende Verbreitungsschwerpunkte von Schwarzerlenbruchwäldern in Deutschland deutlich:

- ❖ Norddeutsches Tiefland, große Urstromtäler (z.B. Spreewald; GLAVAC 1972, SCAMONI 1954, PASSARGE 1956) und Seenplatten (Mecklenburgische und Pommersche Seenplatte).;
- ❖ Jungmoränengebiet des südlichen Alpenvorlandes als natürliches Schlusswald-Stadium der Seenverlandung und in torfmoosreicher Ausbildung im Rand-Sumpf (Lagg) der Hochmoore (PFADENHAUER 1969);
- ❖ Mittelfränkische und oberpfälzische Weihergebiete (FRANKE 1986).

## Verjüngungsökologie von Erlenbeständen

Waldtypen, die von einer Pionierbaumart dominiert werden, können sich auf Dauer nur dann erhalten, wenn Störungen und Dynamik stattfinden, welche die Sukzession immer wieder in Gang bringen. Es liegt daher nahe, in Erlenwäldern *disturbance-driven ecosystems* im Sinne von KIMMINS (1987) zu vermuten. Eine vegetative Verjüngung findet v.a. durch Stockausschlag nach Biberfraß statt, selten auch nach Abknicken von Stämmen durch Orkane. Die Schwarzerle hat sich zudem in das System Niederwald eingefügt, in dem der zoogene Stressfaktor „Biberfraß“ durch den anthropogenen Stressfaktor des „Auf-den-Stock-Setzens“ ersetzt wird (Beispiel für Epharmonie, WILMANN 2001). Für eine generative Verjüngung ergeben sich im Erlen-Bachauenwald einerseits und in Erlen-Bruch- und Erlen-Sumpfwäldern andererseits unterschiedliche Möglichkeiten.

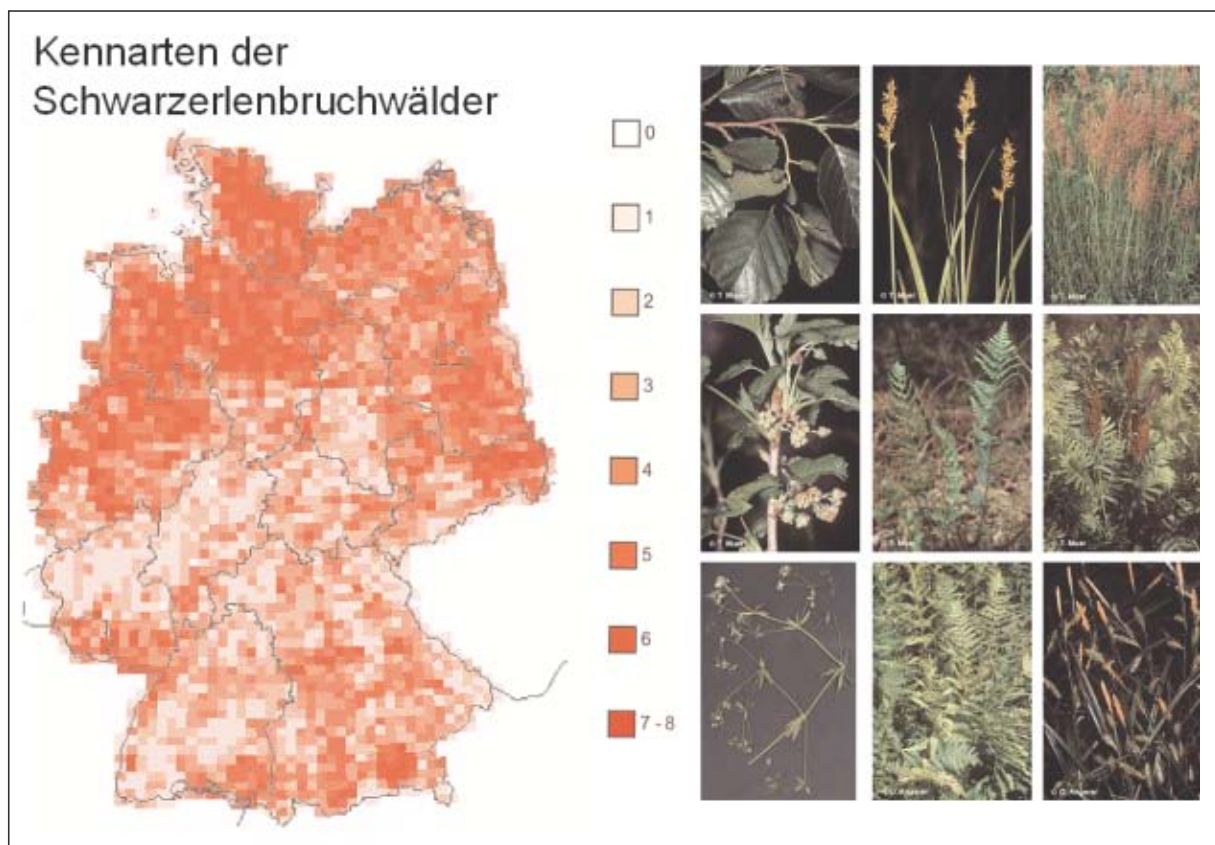


Abb. 9: Modellerte potenzielle Verbreitung von Schwarzerlen-Bruchwäldern des Verbandes *Alnion glutinosae* in Deutschland; die Karte zeigt pro Messtischblatt die Anzahl der vorkommenden Kennarten (rechts dargestellt): Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Walzensegge (*Carex elongata*), Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*), Schwarze Johannisbeere (*Ribes nigrum*), Kammpfarn (*Dryopteris cristata*), Königsfarn (*Osmunda regalis*), Sumpf-Labkraut (*Galium palustre*), Sumpffarn (*Thelypteris palustris*) und Glatte Segge (*Carex laevigata*); Ergebnis der Datenbank-Abfrage in [www.flora-web.de](http://www.flora-web.de)

## Generative Verjüngung im Erlen-Bachauenwald

Fließgewässerbegleitend ergeben sich durch die Auendynamik besonders gute Möglichkeiten. Sowohl frische Anlandungen als auch Uferanrisse gewährleisten immer wieder neue vegetationsfreie Kleinstandorte. Früchte und Samen (= generative Diasporen) werden dabei nicht nur mit dem Wind (anemochor), sondern auch im Ufersediment (hydrochor) herbeigeführt (SCHWABE 1991).

## Generative Verjüngung im Erlen-Sumpf- und -Bruchwald

Im Sumpf- und Bruchwald finden i.d.R. keine Anlandungen, keine Uferanrisse und auch keine hydrochore Verbreitung statt. Lichte Stellen sind oft sehr gras- oder krautwüchsig. Eine generative Verjüngung ist hier nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich:

- ❖ nach außergewöhnlich hohen und langandauernden Grundwasserüberstauungen (STEGNER 2000);
- ❖ nach Windwurf flach wurzelnder Baumarten (Fichte). Im „nassen baltischen Fichten-Schwarzerlen-Auenwald“ dominiert die Erle als Vorwaldbaumart in jüngeren Phasen, die Fichte als Schlusswaldbaumart in älteren Phasen, wobei Windwurf und Rotfäule bei der Fichte die Wiederverjüngung einleiten (MAYER 1974, 1984);
- ❖ auf Seggen-Bulten (*Carex elata*, *Carex paniculata*);
- ❖ bei Austrocknung / Degradation von baumfreien Nieder- und Zwischenmooren;
- ❖ beim Brachfallen von Nasswiesen.
- ❖ nach Anlage von Teichen (Stauwurzel); beim Brachfallen von Teichen (Gesamtfläche);
- ❖ als Kadaververjüngung (Keimlinge wachsen auf liegenden toten Stämmen);
- ❖ in vom Wildschwein durchwühlten Weichböden, in Wildfährten und Wildsuhlen.

## Interaktionen Erle-Pflanzenfresser

Die Vermutung liegt nahe, dass die Erle einige ihrer Eigenschaften durch Interaktionen mit den Pflanzenfressern der Flussniederungen erworben hat, zu der neben Biber und Wildschwein auch die Mega-Herbivoren der warmzeitlichen „Waldelefanten-Fauna“ (z.B. Waldelefant, Elch, Auerochse, Waldnashorn, regional auch Flusspferd und Wasserbüffel;

v. KÖNIGSWALD 2002) zu rechnen sind. In den sommerwarmen, wasser- und nahrungsreichen Flussniederungen und Seenlandschaften wurden die höchsten Wilddichten erreicht. An Interaktionen bzw. Anpassungen sind zu nennen:

- ❖ Bei Bodenverwundungen, wie sie in Suhlen oder durch Trittsiegel von großen Huftieren entstehen, können sich überaus rasch und reichlich Erlen-sämlinge etablieren.
- ❖ Durch Dammbauten des Bibers neu geschaffene Feucht- und Nassstandorte werden rasch von angrenzenden Erlenvorkommen kolonisiert.
- ❖ Die aufwachsenden Jungpflanzen werden aufgrund von Inhaltsstoffen vom Wild kaum verbissen, so dass der Verlust durch Tierfraß gering ist.
- ❖ Auf mechanische Beschädigungen durch Pflanzenfresser, insbesondere Biberfraß, reagiert die Schwarzerle mit Stockausschlag.

## Zusammenfassung

Die Schwarzerle ist eine frost-, überflutungs- und nässerresistente Pionierbaumart der Bachauen, Sümpfe und Niedermoore. Von der Erle dominierte Waldgesellschaften sind der Erlen-Bachauenwald (*Stellario-Alnetum*), der Erlen-Sumpfwald (*Circaeo-Alnetum*) und der Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum*). Durch ihre mittleren Ansprüche an die Basen- und Nährstoffversorgung und ihre hohen Ansprüche an Bodenfeuchte und Sommerwärme ist sie v.a. in Niederungen und Seenlandschaften beheimatet, die ursprünglich eine reiche Pflanzenfresser-Fauna beherbergte. Einige Merkmals-symptome der Erle (rasche Keimung auf Rohboden, Verbissresistenz und vegetative Regenerationsfähigkeit) sind womöglich Anpassungen zur Regulierung zoogener Stress-Faktoren.

## Danksagung

Für kritische Anmerkungen zum Manuskript danken wir Herrn Dipl. Biol. Dr. J. Stegner / Schönwölkau.

## Literatur

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2003): FloraWeb - Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. Internet: [www.floraweb.de](http://www.floraweb.de).

BORK, H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P., SCHATZ, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa: 328 S., Gotha.



- EWALD, J. & FISCHER, A. (1993): Montane und hochmontane Waldgesellschaften am nördlichen Abfall der Benediktenwand (Bayerische Kalkalpen). - Hoppea, Denkschr. Regensb. Ges. 54: 191-300, Regensburg.
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen 1: 480 S., Jena.
- FIRBAS, F. (1952): Waldgeschichte der einzelnen Landschaften 2: 256 S., Jena.
- FRANKE, T. (1986): Pflanzengesellschaften der Fränkischen Teichlandschaft. - Ber. Naturforsch. Ges. Bamberg 61 (2): 1- 192, Bamberg.
- GLAVAC, V. (1972): Über Höhenleistung und Wachstumsoptimum der Schwarzerle auf vergleichbaren Standorten in Nord-, Mittel- und Südeuropa. - Schriftenr. Forstl. Fak. Göttingen 45: 61 S., Göttingen.
- HUNTLEY, B., BIRKS, H.J.B. (1983): An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0 – 13.000 years ago. – 664 pp., Cambridge.
- KIMMINS, J.P. (1987): Forest ecology. - 531 S., New York.
- KÖNIGSWALD, W.VON (2002): Lebendige Eiszeit - Klima und Tierwelt im Wandel: 190 S., Darmstadt.
- MAYER, H. (1974): Die Wälder des Ostalpenraumes: 344 S., Stuttgart.
- MAYER, H. (1984): Wälder Europas: 691 S., Stuttgart.
- PASSARGE, H. (1956): Vegetationskundliche Untersuchungen in Wäldern und Gehölzen der Elbeaue. – Archiv Forstwes. 5: 339 – 358.
- PFADENHAUER, J. (1969): Edellaubholzreiche Wälder im Jungmoränengebiet und in den bayerischen Alpen. Diss. Bot. 3: 213 S., Lehre.
- SCAMONI, A. (1954): Waldvegetation des Unterspreewaldes. - Archiv Forstwes. 3: 122 – 161 u. 230 – 260.
- SCHUEURER, M., SCHÖNFELDER, P. (2000) Einige Auswertungsmöglichkeiten der floristischen Kartierung Bayerns. - Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 61: 653-698.
- SCHWABE, A. (1991): Zur Wiederbesiedlung von Auenwald-Vegetationskomplexen nach Hochwasser-Ereignissen: Bedeutung der Diasporen-Verdriftung, der generativen und vegetativen Etablierung. – Phytocoenologia 20 (1): 65 – 94, Berlin-Stuttgart.
- SUCCOW, M., JESCHKE, L. (1990): Moore in der Landschaft: 268 S., Leipzig.
- STEGNER, J. (2000): Erlenbruchwälder – Dynamik in Raum und Zeit. – Naturschutz und Landschaftsplanung 32 (9): 261 – 270.
- STORCH, M. (1983): Zur floristischen Struktur der Pflanzengesellschaften in der Waldstufe des Nationalparks Berchtesgaden und ihre Abhängigkeit vom Standort und der Einwirkung des Menschen: 407 S., Diss. München.
- WALTER, H. (1974): Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens: 452 S., Stuttgart.
- WIEBE, C. (1998): Ökologische Charakterisierung von Erlenbruchwäldern und ihren Entwässerungsstadien: Vegetation und Standortverhältnisse. – Mitt. Arb.gem. Geobot. Schlesw.-Holst. u. Hamburg 56: 156 S.
- WILMANN, O. (2001): Lassen sich ursächliche Zusammenhänge zwischen Status, Stress und Strategie finden? – Eine Fallstudie an Weinbergspflanzen. – Braunschweiger Geobotanische Arbeiten 8: 287 – 298, Braunschweig.