

Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) - eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide

*Natural regeneration of the deciduous oak species Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) and Sessile Oak (*Quercus petraea* Liebl.) – a literature review with focus on wood pasture*

Albert REIF & Stefanie GÄRTNER

Abstract

*Studies of historic forest uses and wood pastures allow the conclusion, that the regeneration of the central European deciduous oak species Pedunculate oak (*Quercus robur*) and Sessile oak (*Quercus petraea*) is an episodic process. It must be assumed, that long-lasting phases without successful regeneration of young oaks change with phases of successful establishment of a new oak generation.*

*A number of factors is influencing the regeneration of oaks. The literature mentions light supply; predation of acorns by rodents, wild pigs and other acorn eating animals; browsing pressure by wild and domestic animals; infection of leaves with the mildew fungus *Microsphaera alphitoides*; competition with ground vegetation; late frost; and water supply. All these factors are interrelated in a complex way.*

*It seems, that germination and successful establishment of these oaks depend from an open canopy and a low ground vegetation. In cultural landscapes, the last can be facilitated through wood pasture. Browsing is tolerated by the young oaks, when light supply is high. Under browsing pressure, oaks on open sites are able to survive, forming "bonsai-like" dwarfed deeply rooting treelets. However, height growth only can start after the end of grazing. This can be achieved by temporal and spatial fluctuations of browsing pressure. In terms of their life form strategy, *Quercus robur* and *Q. petraea* can be classified as stress-tolerating pioneers.*

In many cultural landscapes today, optimal sites for a successful natural establishment of oaks, i.e., without silvicultural supporting measures, can be found only along forest edges, in hedges and shrubland, even under presence of browsing wildlife. Today, arguments of nature conservation and climate change recommend an increased effort to facilitate oak regeneration. For that, periods of grazing changing with periods of succession can be a successful approach, which was well known in the past, but is nearly forgotten today.

Keywords: Oak, *Quercus*, regeneration, grazing, light, mosaic cycle

Zusammenfassung

Auswertungen von Untersuchungen über frühere Waldnutzungen sowie Waldweide legen nahe, dass die Verjüngung der mitteleuropäischen laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) ein episodischer Prozess ist, mit oft langen Phasen ausbleibender Verjüngung im Wechsel mit Phasen der erfolgreichen Etablierung einer neuen Generation.

Eine Vielzahl von Faktoren wirkt sich auf die Verjüngung der Eichen aus. Als besonders bedeutsam werden genannt die Lichtversorgung; Prädation der Eicheln insbesondere durch Mäuse, Wildschweine und andere Tiere; Verbiss durch Wildtiere und Weidetiere; Befall der Blätter durch Mehltau (*Microsphaera alphitoides*); Konkurrenz durch die Bodenvegetation; Spätfrost; sowie der Wasserhaushalt des Standorts. All diese Faktoren wirken in einem komplexen Wechselspiel zusammen.

Zur Ansamung und erfolgreichen Etablierung der Eichen im Wald sind eine Auflichtung des Kronendachs sowie eine niedrigwüchsige Bodenvegetation notwendig. Letztere können beispielsweise durch Beweidung erreicht werden. Verbiss wird bei guter Lichtversorgung durch die Jungeichen gut vertragen, es bilden sich bonsai-artige Krüppelbäumchen mit tiefreichendem Wurzelwerk heraus. Ein Höhenwachstum setzt jedoch erst dann ein, wenn der Weidedruck reduziert wird. Dies kann durch zeitliche oder räumliche Schwankungen des Verbissdrucks erreicht werden (Weideruhe). Die laubabwerfende Stiel- und Traubeneiche muss daher als Intermediärtyp zwischen Pionierbaumart und „*stresstolerator*“ sensu GRIME et al. (1978) eingestuft werden.

In vielen Kulturlandschaften finden sich Bedingungen zur erfolgreichen natürlichen Eichenetablierung, also ohne unterstützende waldbauliche Maßnahmen, heute nur mehr an linienförmigen saum- und mantelartigen Randstrukturen von Wäldern, in Hecken und Gebüsch – dort trotz des Vorhandenseins von Wild. Naturschutzfachliche Gründe und zu erwartende Klima-

änderungen legen jedoch eine stärkere Beachtung und Förderung der Eichenverjüngung nahe. Hierzu stellt Beweidung im Wechsel mit Weideruhe eine in Vergessenheit geratene und heute nur mehr wenig bekannte Möglichkeit dar.

Stichworte: Eiche, *Quercus*, Naturverjüngung, Beweidung, Auflichtung, Mosaikzyklus

1. Einleitung

Stiel- (*Quercus robur* L.) und Traubeneichen (*Quercus petraea* Liebl.) sind in temperierten sommergrünen Laubwäldern Europas weit verbreitete Arten der Baumschicht (BOHN et al. 2004). In Wärmegebieten Mitteleuropas und in submediterranen Regionen kommt die Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) vor (SAYER 2000). Besonders im Mittelalter und der frühen Neuzeit bis zur Einführung der Kartoffel wurden diese drei Eichenarten in Nieder- und Mittelwäldern stark gefördert und in vielen Gebieten durch Pflanzung erst in die Waldbestände eingebracht, da die Eiche die begehrte Eichenmast (Waldweide!), Bau- und Brennholz bot (HASEL 1985, MANTEL 1990, OSTERMANN 2002).

Einjährige Sämlinge von Eichen sind in Wäldern sehr häufig anzutreffen (KÜHNE 2004). Allerdings sind diese ohne menschliche Hilfe in den allermeisten Fällen nicht in der Lage, sich erfolgreich zu etablieren, also den Bestand weiterzuführen (BURSCHEL & HUSS 1996). Dieses weit verbreitete Ausfallen der Eichenverjüngung ist inzwischen durch viele Untersuchungen in Naturwaldreservaten dokumentiert (z.B. WOLF et al. 2005, MEYER et al. 2006). Die Ursachen sind vielfältig und oftmals komplex miteinander verwoben. Hierzu gehören Veränderungen in der Waldstruktur infolge von Nutzungswandel („die Wälder werden dunkler“), starker Verbiss aufgrund überhöhter Wildbestände, der Mehltau *Microsphaera alphitoides* als eingeschleppte Pilzkrankheit und andere Faktoren.

2. Naturverjüngung der Eichenarten - Stand des Wissens

Der vorliegende Reviewartikel basiert zu großen Teilen auf Auswertungen von UHL (2007) und behandelt vor allem die Stiel- und Traubeneiche. Schon WATT (1919) schreibt in seinem Artikel „Über die Ursachen des Misserfolgs von Naturverjüngung in britischen Eichenwäldern“, dass trotz der reichlichen Eichelmast mancher Jahre und Millionen aufkommender Keimlinge die na-

türliche Verjüngung der Eichen eine Seltenheit zu sein scheint: „...*the occurrence of natural regeneration of oakwoods in this century seems to be something of rarity*“. SHAW (1968a: 565) sieht es als allgemein bekannt an, dass die Eichenwälder ohne Zutun des Menschen bald der Vergangenheit angehören, da die Verjüngung ausbleibt. Laut KÜHNE (2004:13) verjüngt sich die Stieleiche in den heutigen Auenwäldern am Oberrhein von Natur aus praktisch nicht. Bisweilen finden sich zwar Eichensämlinge in Althölzern, diese sind jedoch bereits im Alter von zwei Jahren wieder ausgefallen.

Zum Fehlen der Jungwüchse der Eichen kommt ein allgemeiner Rückgang und eine allgemeine Schwächung der Stieleiche hinzu. In Europa löste ein Eichensterben in den sehr trockenen Jahren 1910–1930 große Besorgnis aus, bei dem nach Insektenbefall der Mehltau die zweiten Austriebe schädigte. Besonders betroffen waren Gebiete mit starker Grundwasserabsenkung in Nordrhein-Westfalen (JONES 1959: 212, HERTZ-KLEPTOW 1949).

Für die Teninger Allmend in Südbaden schreibt SEEGER (1930: 207): „Eichenmastjahre treten alle 7–8 Jahre ein. (...) Das Einrichtungswerk 1849 gibt die Wiederkehr der Eichensamenjahre mit durchschnittlich drei Jahren an. (...) Die Gründe für das seltenere Auftreten der Samenjahre in der Gegenwart sind hauptsächlich in dem beinahe jedes Jahr regelmäßigen Massenvorkommen des Eichenwicklers (*Tortrix viridana*) zu suchen, der sich in den letzten zehn Jahren zu einer schweren Kalamität entwickelt (...) hat. (...) Die Akten bemerken nichts über größere Insektenschäden in den Waldungen der Ebene. Ich führe das vermehrte Erscheinen der Insekten auf die starke Entwässerung des Bodens in den letzten 70 Jahren zurück. Hiermit wurde der Vogelwelt eine der wichtigsten Grundlagen ihrer Existenz genommen. Denn auffallend ist die geringe Menge der Vögel, insbesondere der Meisen. Weiter nimmt die intensivere Bestandespflege die natürliche Brutstätte weg ...“.

Auch in jüngerer Literatur wird über dramatisch verstärkte Schäden an Eichen berichtet. Eine allgemeine Schädigung der Eichen (Laubverlust >25%) in Deutschland wurde 1983 an 5%, 1990 an 40% der Eichen festgestellt, der Waldschadensbericht 2006 listet deutschlandweit 44 % geschädigte Eichen auf (SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHER WALD 2006). Die Gründe hierfür sind vielfältig und komplex. Auf lehmigen Böden scheint insbesondere Befahrung eine wesentliche Schadursache zu sein (GAERTIG et al. 2002).

2.1. Einflussfaktoren auf die Eichenverjüngung

2.1.1. Licht

Die Eichen werden generell als „Lichtbaumarten“ gesehen, die unter Schirm gegenüber schattentoleranteren Arten wie der Buche unterlegen sind (ELLENBERG 1996). Dabei wird die Traubeneiche als deutlich schattentoleranter als die Stieleiche eingestuft (JONES 1959: 194).

Die Schattentoleranz der Jungpflanzen wird für die ersten Jahre unterschiedlich bewertet. Unter schattigen Verhältnissen ist das Höhenwachstum der Keimlinge nicht geringer, sondern sogar höher als das der Keimlinge unter voller Freilandhelligkeit. Ein Maximum des Höhenzuwachses innerhalb der ersten Jahre wird, bezogen auf die Freilandsituation, bei einer Lichtversorgung von 20–40% (SHAW 1974: 166), 20–30% (LÜPKE & HAUSKELLER-BULLERJAHN 1999) bzw. im zweiten Jahr zwischen 25–50% (ZIEGENHAGEN & KAUSCH 1993) angegeben. Dabei nimmt die Lichtbedürftigkeit im Lauf der ersten Jugendjahre zu (SEEGER 1930: 214, LÜPKE & HAUSKELLER-BULLERJAHN 1999). Dies könnte mit dem schnelleren Aufzehren des Nährstoffvorrates der Keimblätter für die Keimlinge unter schattigen Verhältnissen zusammenhängen (BOSSEMA 1979). Unter Umständen vermag die junge Eiche nach SEEGER (1930: 215) „... jahrelang unter nahezu geschlossenem Altholz von Eiche und Hainbuche leben, (...) wobei auch die günstigen Ernährungsverhältnisse in den oberen Bodenschichten mitspielen mögen“. SEEGER (1930: 215) schließt daraus, dass die Eiche „viel schattenfester (ist) als gemeinlich angenommen wird.“

Die Untersuchungen von SHAW (1974: 166) und WEINREICH (2000) zeichnen ein differenzierteres Bild der Reaktion junger Eichen auf die Lichtverhältnisse. Reduziertes Licht führt zu stärkerem Höhenwachstum, zu größerer Blattfläche und höherem Chlorophyllgehalt; aber auch zu geringerem Wurzelwachstum, geringerem Wurzel/Spross-Verhältnis, geringerer Nettoassimilationsrate und geringerer relativer Wachstumsrate. Übereinstimmend dazu konnte PLAISANCE in JONES (1959) bei einjährigen Sämlingen einen direkten Zusammenhang zwischen zunehmender Beschattung und stärkerem Höhenwachstum, jedoch geringerem Wurzelgewicht, Wurzellänge und Sprossdurchmesser nachweisen. Das Wachstum von Keimlingen ist im ersten Jahr unterirdisch dreifach höher als oberirdisch (FROST & RYDIN 1997: 57). Auf die Stärkegehalte der Wurzel hat die Lichtverfügbarkeit im ersten Jahr keine Auswirkung (BOSSEMA 1979). Ab dem zweiten Jahr zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede: Die Jungpflanzen unter Freilandhelligkeit wiesen die größten absoluten Stärkegehalte auf (ZIEGENHAGEN & KAUSCH 1993: 200).

Der Lichtkompensationspunkt bei der Kohlenstoffassimilation wird von SHAW (1974: 166) auf nicht mehr als 2% Freilandhelligkeit geschätzt; hierbei ist der jährliche Biomasseverlust durch Laubfall allerdings nicht mit eingerechnet.

Der ökologisch sinnvollere Wert liegt daher bei ca. 6% Freilandhelligkeit. Berücksichtigt man weitere Stressfaktoren wie etwa Mehltau, so dürfte der Lichtkompensationspunkt bei mindestens 8% der Freilandhelligkeit liegen.

Die Mortalität junger Eichen steigt mit zunehmender Beschattung (LÜPKE & HAUSKELLER-BULLERJAHN 1999: 564, VERA 2000: 294). RACKHAM (1980: 297) bemerkt: „*Oaklings growing in the open are difficult to kill and recover from severe damage; but slight damages of any kind endangers a seedling that has shade to contend with as well*“.

Das stärkere Wachstum im ersten Jahr unter geringeren Lichtverhältnissen interpretieren FROST & RYDIN (1997: 57) als Etiolierung der Jungpflanzen. SHAW (1974: 169) merkt dazu an, dass die Höhe der Pflanze einen vergleichsweise geringen Aussagewert über das Trockengewicht gibt, welches für viele Zwecke das beste Maß für die Leistung ist: „*It should be noted, that height gives a comparatively poor indication of dry weight which, for many purposes, is the best measure of the seedling performance*“

WEINREICH (2000) konnte in Beschattungsexperimenten für die verbissgeschützte Verjüngung von Stiel- und Traubeneichen zeigen, dass das Höhenwachstum von einer Lichtreduktion um bis zu 50-60 % in den ersten 9 Jahren nicht betroffen ist, danach jedoch stark abfällt. Das Dickenwachstum jedoch von Stamm wie von Ästen nimmt bereits bei geringer Einschränkung der Strahlung nahezu linear ab (WEINREICH 2000).

Fazit: Hohe Lichtverfügbarkeit führt zu gedrungenem Wachstum und verstärktem Wurzelwachstum junger Eichen, was den Individuen eine höhere Vitalität und größere Stresstoleranz verleiht. Zunehmende Beschattung führt zunächst zu stärkerem Höhenwachstum, zu größerer Blattfläche und höherem Chlorophyllgehalt; aber auch zu geringerem Wurzelwachstum, geringerem Wurzel/Spross-Verhältnis, geringerer Nettoassimilationsrate und geringerer relativer Wachstumsrate. Erst eine Lichtreduktion um mehr als 50-60 % der Freilandhelligkeit führt auch zu einer Abnahme des Höhenwachstums.

2.1.2. Eichelverluste durch Prädation

Die Eicheln sind als große energiereiche Samen eine attraktive Nahrung für verschiedene Tiere. Umgekehrt hat dies zur Folge, dass der Fraßdruck auf die reifen Eicheln sehr groß ist. Beschrieben wurden die Dezimierung der Eicheln durch Ringeltaube (*Columba palumbus*), Wildschwein (*Sus scrofa*; EISFELD 2003), Reh (*Capreolus capreolus*), Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*), in besonderem Maße jedoch durch Mäuse wie Waldmaus (*Apodemus sylvestris*), Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) und Wühlmaus (*Microtus arvalis*).

Die vornehmlich durch Mäuse verursachten Eichel-Verluste betragen nach KÜHNE (2004: 69, 146) zwischen 79 und 95 %. Nach VULLMER & HANSTEIN (1995: 644 f) war der Eichelverlust nach ein bis zwei Tagen am Boden nahe-

zu zu 100%, verursacht insbesondere durch Waldmäuse. Weitere Untersuchungen zu dem Thema finden sich bei BOSSEMA (1979), LAMPEN (1994: 67), SHAW (1968a), WATT (1919: 176). Bei einem Zäunungsversuch mittels feinem Maschendraht, wodurch Fraßverluste durch Nagetiere verhindert wurden, erhöhte sich die Zahl der Eichenkeimlinge um den Faktor 80 (SHAW 1968b: 653).

Die Verlustraten sind unterschiedlich hinsichtlich der Kleinstandorte, an denen die Eicheln von den Mäusen versteckt wurden. Unter Laub oder gar in der Erde versteckte Eicheln haben höhere „Überlebenswahrscheinlichkeiten“ als frei herumliegende. Die Verlustraten in niedriger und offener Bodenvegetation sind geringer als in geschlossener (SMIT et al. 2001). Nach LAMPEN (1994: 67) geht „die Präsenz aller Mausarten (...) mit abnehmender Vegetationsdeckung (Strauch- und Krautschicht) zurück ...“, was mit mangelndem Schutz für Mäuse vor Prädatoren in offener Vegetation zu tun haben dürfte (LAMPEN 1994, SMIT et al. 2001).

SHAW (1974: 163) weist relativierend darauf hin, dass zwar vielfach der enorme Eichelverlust durch Mäusefraß nachgewiesen wurde, jedoch immer ein (teils sehr) geringer Anteil zur Keimung gelangte, was immer noch zur Verjüngung genügen könnte. Auch auf die Nahverbreitung von Eicheln durch Kleinsäuger ist an dieser Stelle hinzuweisen. Sie hat Gegensatz zum Eichelhäher ihren Schwerpunkt in dichter Vegetation. Reichweiten bis 34 m vom Samenbaum sind nachgewiesen (LAMPEN 1994).

Fazit: Eine Vielzahl von Vögeln und Säugetieren kann die Anzahl der Eicheln dezimieren. Besonders gravierend ist die Prädation durch Mäuse. Diese präferieren grasigen Waldboden. Eine niedrige und offene Bodenvegetation verringert die Verluste von Eicheln durch Mäusefraß.

2.1.3. Einfluss von Wildverbiss

Der negative Einfluss von Wildverbiss auf die Naturverjüngung der Eichen wird in allen entsprechenden Publikationen als wichtiger, wenn nicht gar als entscheidender Grund für den mangelnden Erfolg angesehen (GILL 1992; SENN & HÄSLER 2005). Für den Verbiss an Jungeichen werden vielfach Kaninchen, Rot-, Dam- und Rehwild genannt. Die Wildbestände werden meist als überhöht angegeben; konkrete Angaben dazu, welche Wilddichten als überhöht anzusehen sind, sind jedoch selten.

Beispielsweise fand nach Abschuss von 80% des Rehwildbestandes auf 14 Individuen/100ha noch keine Verjüngung der Eiche statt (KUITERS & SLIM 2002: 71). Angaben zur „wirtschaftlich tragbaren Wilddichte“ finden sich mit 3–11 Rehen je 100 ha (SCHWERDTFEGGER 1981: 259) bzw. 1 Individuum/100 ha (KRAMER et al. 2006: 245) für eine erfolgreiche Naturverjüngung inklusive der Eiche. Auf der anderen Seite stuft SCHMIDTKE (1993: 50) in seiner Untersuchung eines 60jährigen Kiefernbestands in Niedersachsen 21,7%

des Eichenjungwuchses als unverbissen ein, dies trotz eines Wildbestands von 10–20 Stück Rehwild und 5–7 Damwild je 100 ha.

Die starken Auswirkungen einer relativ geringen Wilddichte mögen verwundern, da die konsumierten Biomassemengen sehr gering sind. So fanden KUITERS & SLIM (2002: 72) schon bei einer jährlichen Fraßmenge von 4–5g/m² keine erfolgreiche Eichenverjüngung mehr. Mengenmäßig ist dieser Fraßverlust der Biomasse angesichts einer Nettoprimärproduktion der untersuchten Vegetation von 200–300g/m² eine zu vernachlässigende Größe. Der Grund für diesen Befund liegt im Fraßverhalten des Rehwilds: „Das Rehwild (...) verbeißt, besonders im Winter, ortsweise auch während der Vegetationszeit, Knospen und Triebe fast aller Baumarten, namentlich der Laubhölzer. Seltener Baumarten werden bevorzugt“ (SCHWERDTFEGGER 1981: 258; BRAUN & DIETERLEN 2005). Sprosse werden durch das Rehwild am stärksten in einer Höhe von 60–90cm verbissen (JONES 1959: 204). Der stärkste Effekt des Verbiss ist die reduzierte Konkurrenzkräft der Pflanze (FROST & RYDIN 1997: 57).

In einer vergleichenden Untersuchung einer wildbeeinflussten und einer wildfreien Kiefernwaldfläche konnte JANITSCHKE (1987) ähnlich hohe Eichenjungwuchsdichten nachweisen, die sich hinsichtlich forstlicher Qualität deutlich unterschieden. Während in der ungezäunten Fläche der Jungwuchs kaum über den Äser der Rehe hinaus kam und schlechte Qualitäten dominierten, herrschten auf der gezäunten Fläche hauptsächlich beste (aus forstlicher Sicht) Qualitäten vor (JANITSCHKE 1987).

Fazit: Eichenverjüngung kann sich bei starkem Wildverbiss nicht oder kaum etablieren. Wildverbiss führt zu Schafformen, welche nur mehr eine Brennholznutzung erlauben.

2.1.4. Befall durch Mehltau (*Microsphaera alphitoides*)

Nach SHAW (1974: 169, 175) ist Eichenmehltau als Stressfaktor für die Eichen ebenso bedeutend wie der Lichtmangel. Durch Befall der Eichenblätter mit Mehltau werden besonders die Johannistriebe im Juli/August geschädigt, bei starkem Befall sterben sie ab. Befallfördernd wirken Temperaturen von 20–25°C. Anhaltende Hitze und niedrige Temperaturen verlängern den Krankheitsverlauf (SCHWERDTFEGGER 1981: 88).

Der Erstnachweis des Mehltaus für Europa erfolgte bei Colmar im Elsass für das Jahr 1907 (JONES 1959: 210). Die Verbreitung über Europa geschah explosionsartig: „In 1908 Europe was suddenly overrun by a new agent of damage, the oak-mildew fungus (*Microsphaera alphitoides*)“ (RACKHAM 1980: 297). Nach SEEGER (1930: 216) tritt „... Mehltau (...) auf den schattig gehaltenen Stellen bei weitem nicht so stark auf als dort, wo die Räumung rasch erfolgt.“ Demgegenüber steht die Aussage in BAKKER et al. (2004), wonach die Schädigung durch Insekten und Krankheiten wie Mehltau bei Jungpflanzen in offenen Bereichen geringer als direkt bei Altbäumen sei.

Fazit: Befall durch den seit etwa 100 Jahren in Deutschland auftretenden Eichenmehltau verringert die Lichtversorgung, die Photosyntheseleistung und damit die Vitalität von Jungeichen beträchtlich.

2.1.5. Konkurrenz durch die Krautschicht

Eine hohe und dichte Krautschicht wirkt sich verjüngungshemmend aus. SIEBEL & BOUWMA (1998: 623) fanden Gehölzverjüngung negativ korreliert mit hoher Deckung der Krautschicht. Nach Auflichtung der Baumschicht setzt intensives Wachstum in der Krautschicht ein, was nur mehr geringe Chancen für die Etablierung von Gehölzkeimlingen lässt. Die Gründe hierfür sieht KÜHNE (2004) vor allem in der Konkurrenz um den Faktor Licht. Eine weitere nicht unerhebliche Wirkung hoher Krautschicht tritt in Erscheinung, wenn die Vegetation durch Unwetter, Schnee oder durch ihr Absterben sich auf den Boden senkt und die Jungeichen damit niederdrückt. Diesen Effekt beschreibt JONES (1959: 203f) für adlerfarnreiche Bestände: „*Quercus (...)* is further handicapped by being pulled down by dead fronds in the autumn.“

Neben diesen indirekten Wirkungen der umgebenden Vegetation gibt es auch direkte hinderliche Einflüsse. Ein hemmender Effekt auf die Keimung und Keimlingswachstum von Jungeichen konnte durch allelopathische Exsudate verschiedener Gräser und Seggen, darunter *Deschampsia cespitosa*, *Molinia caerulea* und *Carex brizoides* erzielt werden (FROST & RYDIN 1997: 54). In einigen Fällen waren die negativen Auswirkungen auf das Keimlingswachstum stärker als der Lichteinfluss.

Fazit: Eine dichte Krautschicht verhindert die Verjüngung von Eichen.

2.1.6. Spätfrost

Durch eine gleichmäßige und geschlossene Vegetation auf größeren Lichtungen erhöht sich die Spätfrostgefahr. „Von größerer Bedeutung für die Nachzucht der Eichen sind hier die Spätfröste, die vornehmlich im Mai schädigend auftreten. ... Während die Spätfröste bei dem früheren Mittelwaldbetrieb hinsichtlich ihrer Wirkung nicht besonders störend auftraten, sind sie seit Übergang zur hochwaldartigen Wirtschaft ein wesentlich störender und schädigender Faktor besonders am äußeren Saumrand geworden ...“ (SEEGER 1930: 202; vgl. auch JONES 1959: 189). „Abgesehen von der Nahrungskonkurrenz und der Verdämmung sind die Gräser (Anmerkung d. Verf.: hier Seegrass, *Carex brizoides*) aber auch die Ursache vermehrter Frostgefahr. Grashalme haben im Vergleich zu ihrem Volumen eine relativ große wärmestrahlende Oberfläche. Daher verursachen sie bei Wetterlagen mit heiterem Nachthimmel stets einen starken Temperaturreckfall. (...) ...die verfilzten Grasdecken, welche beste Ausstrahlung mit fast vollkommener Isolierung von den tieferen Bodenschichten verbinden,

(bilden) die schlimmsten Frostherde“ (SEEGER 1930: 218). Auch Frühfröste dürften negative Auswirkungen haben, Literaturbelege hierfür finden sich nicht.

Fazit: Aufflichtung fördert Eichenverjüngung nicht auf allen Standorten. Eine gleichmäßige und geschlossene Bodenvegetation auf größeren Lichtungen auf Standorten mit gehemmtem Kaltluftabfluss (Plateau- und Muldenlagen) vergrößert die Spätfrostgefahr für austreibende Jungeichen (und andere Baumarten).

2.1.7. Eichenverjüngung und Wasserhaushalt

Wassermangel und damit der verstärkte Wasserstress werden für kroatische Stieleichenwälder als der entscheidende Faktor für den beobachteten Rückgang von Eichenjungwuchs gesehen. Der Wasserstress für Sämlinge ist im Offenland größer als im Schatten (ČATER & BATIĆ 2006: 424).

Auch Überflutung in Flussauen kann die Eichenverjüngung beeinflussen. Lange Überflutungszeiträume werden von der Stieleiche toleriert, während konkurrierende Baumarten wie etwa die Buche stärker geschädigt werden (DREYER 1994, KREUZWIESER et al. 2002, KREUZWIESER et al. 2004, SPÄTH 2002). Dem entspricht die vegetationskundliche Einstufung der Stieleiche als Art der Hartholzauen (ELLENBERG 1996; OBERDORFER 1992).

SKOGLUND (1989) konnte in einer kaum vom Menschen beeinflussten schwedischen Aue den Jungwuchs von Stieleichen gehäuft im Randbereich zwischen Auwald und natürlichen Nasswiesen finden. Letztere sind tiefer gelegen und lichtreicher als die Bestände älterer Eichen. Durch länger andauernde Hochwässer starben die am längsten überfluteten Eichen ab. Junge Stieleichen in Auen scheinen zu ihrer Etablierung nur innerhalb des „Fensters“ von genügend Licht einerseits und nicht lebensbedrohlichem Stress (hier Überflutungsintensität) andererseits eine Möglichkeit zum Überleben zu haben.

Überraschender Weise finden sich in den publizierten pflanzensoziologischen Aufnahmen aus Hartholzauen keine Belege für eine Naturverjüngung von Stieleichen, die über das Sämlingsstadium hinausgeht (z.B. BÜCKING 1989, SCHNITZLER 1996, SIEBEL & BOUWMA 1998, OSTERMANN 2004, MICHIELS et al. 2007). Beobachtungen liegen lediglich aus der Marchaue vor (DISTER & DRESCHER 1985). Denkbar als Ursache wäre eine heute weitgehend ausbleibenden Sedimentverlagerung in unseren korrigierten Flusssystemen, die dadurch ausbleibenden Mineralbodenflächen auf dem Niveau der Hartholzaue und die dadurch erschwerte Etablierung von Sämlingen der Stieleiche. Hinzu kommt die Eutrophierung der Gewässer (Förderung der Konkurrenzvegetation). Dies kann heute auf Grund des Fehlens natürlicher Flussauen in Mitteleuropa nicht mehr untersucht werden. Daher verwundert es nicht, dass sich hierzu in der Literatur keine Hinweise finden.

Fazit: Wassermangel wird nur in wenigen Fällen als hemmender Faktor der Eichenverjüngung gesehen. Überflutung wird von der Stieleiche physiologisch gut vertragen, doch finden sich nur selten Hinweise auf eine aktuell erfolgreiche Eichenetablierung in Flussauen.

2.1.8. Komplexe Wirkung mehrerer Faktoren

In der Natur wirken auf die Jungeichen nicht einzelne der genannten Stressfaktoren, sondern stets eine Kombination mehrerer Umwelteinflüsse. Vegetationskonkurrenz, Keimblatt-Verluste und Verbiss summieren sich. Alle haben negative Auswirkungen vor allem auf die Etablierung des Wurzelsystems, welches als Stärkespeicher dient (FROST & RYDIN 1997: 58). Teilweise werden aber auch negative durch positive Faktoren kompensiert. So ist zu beobachten, dass sich Eichen im lichten Mantelbereich vieler nicht eutrophierter Hecken, Gebüsch und Waldränder erfolgreich verjüngen und etablieren, obwohl sie auch dort starkem Wildverbiss ausgesetzt sind (REIF 1983, 1985, 1987; REIF & HETZEL 1994; Abb. 1, 2).



Abb. 1: Alteiche (rechts) sowie etwa 4 m hohe Traubeneiche (links) in einer Hecke auf Stufenrain zwischen Viehweiden. – 400 m NN; Unterneuhäuser bei Kirchzarten, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald. 13.3.2007



Abb. 2: Etwa 4 m hohe Stieleiche im Mantelbereich eines Gebüsches am Wegrand. Käfigecken/Grissheim, 27.1.2005.

2.2. Verjüngung der Eiche in unterschiedlichen Vegetationstypen

2.2.1. Verjüngung der Eiche im Laubwald

Mangelhafte Eichenverjüngung im Wald wurde erst nach ca. 1850 als ein Problem gesehen (RACKHAM 1980: 296): In den zunehmend geschlossenen Wäldern konnten sich Eichensämlinge nicht mehr etablieren, was spätestens WATT (1919) in aller Deutlichkeit erkannt hat. Beispielsweise verjüngt sich die Stieleiche in nordbadischen Auenwäldern von Natur aus praktisch nicht mehr: „Bisweilen finden sich zwar Eichensämlinge in Althölzern, diese sind jedoch bereits im Alter von zwei Jahren wieder ausgefallen“ (KÜHNE 2004: 13). Dabei ist die Verjüngungsproblematik offenbar nicht allein durch die Reaktivierung der alten forstlichen Bewirtschaftungsform zu lösen: Nach MELLANBY (1968: 360) ermöglicht auch ein neuangelegter Mittelwald keine erfolgreiche Eichenverjüngung. Im geschlossenen Wirtschaftswald bedarf die „Natur“-verjüngung der Eiche der Hilfe des Menschen, wie eine Vielzahl forstwissenschaftlicher Untersuchungen zeigt (vgl. WATT 1919: 175).

Während der Verjüngungsphase muss der Wildstand zumindest stark reduziert, wenn nicht gar ausgeschlossen werden. Um Spätfrostschäden zu minimieren, darf nicht mit zu großen Schlägen gearbeitet werden, um einen Strahlungsschutz der angrenzenden Altbäume zu erhalten (SEEGER 1930: 212f). Ohne eine gezielte zeitliche Orientierung der Hiebe am Eichen-Jungwuchs ist an einen weiteren Bestand der Eichen in Naturverjüngungsbetrieben nicht zu denken (vgl. JEDICKE & HAKES 2005, KÜHNE 2004, LÜPKE & HAUSKELLER-BULLERJAHN 1999).

Fazit: Damit die Eichel keimen und einwurzeln kann, sollte zunächst kaum Licht auf den Boden fallen, damit keine Konkurrenz zur Jungeiche durch Schlagflur und andere Baumarten aufkommen kann. Wenn nach einer reichlichen Mast die Eichenkeimlinge zahlreich auflaufen, wird der Schirm aufgelockert und binnen weniger Jahre vollständig entfernt.

2.2.2. Verjüngung der Eichen unter einem Schirm lichter Kiefern

Bezüglich der Eichenverjüngung unter Kiefern gibt es vergleichsweise viele Aussagen in der Literatur (Tabelle 1). In Brandenburg beispielsweise werden großflächig Kiefernbestände durch gezielte Förderung von Hähersaat in Stiel- und Traubeneichen-Mischbestände umgebaut (EISENHAUER 1994a, 1994b, 1994c, 2001; STÄHR 2007). Eine großflächige Untersuchung liegt von TURČEK (1975: 37) vor, der im westslowakischen Sandgebiet in mittleren und alten Kiefernbeständen auf 5412 ha den Jungwuchs quantifizierte. In diesen Wäldern stehen „einzelne alte Winter- (Anm. d. Verf.: *Quercus petraea*) und Stieleichen“, nach Auswertung der Verwaltungsakten sind dort keine Eichen gepflanzt worden. TURČEK fand unterschiedliche Dichten: auf 40 ha nur zerstreut Jungeichen; auf 638 ha bis zu 2.000 Jungeichen je ha; auf 727 ha 2.000 bis 4.000 je ha; auf 472ha 4.000 bis 6.000 je ha; 77ha 6.000 bis 8.000 je ha und auf 323 ha mehr als 8.000 Jungeichen pro Hektar. Nach LEDER (1993: 102; vgl. auch STEIGER 1987: 21) wird „Bei Pflanzungen unter Kieferschirm (...) ein Pflanzverband von 3,0 x 1,0 m (3.333 Pflanzen / ha) als ausreichend angesehen.“

HEIDMEIER (1988) fand in zwei 79- und 118jährigen Kiefernbeständen (Bestockungsgrade 0,7 und 0,6) im Münsterland im Mittel 3.900 bzw. 451 unterständige Jungeichen je Hektar. FISCHER (1993) gibt für Kiefernforste, die im 19. Jahrhundert auf Heiden begründet wurden, eine rasant vordringende Verjüngung der Eiche (hauptsächlich Traubeneiche) an und kommentiert: „Ihre Verjüngungsfreudigkeit wird von keiner anderen Wirtschaftsbaumart übertroffen“.

STEIGER (1987) untersuchte im Rahmen seiner Diplomarbeit die Eichenverjüngung in niedersächsischen Kiefernbeständen, welche 1974 durch Sturm- schäden aufgelichtet wurden. Für das untersuchte Forstrevier werden lediglich 7% Eichenanteil im Altbestand angegeben, doch in der Verjüngung kon-

nte er eine durchschnittliche Dichte von 9.450 Jungeichen je ha nachweisen (STEIGER 1987: 21). Die maximale Dichte von 14.600 Jungeichen je ha in einem Probekreis lag in der lichtreicheren Parzelle I, in welcher der Kronenschluss der Kiefern nur 30% betrug. Auch die andere untersuchte Parzelle war mit einem Bestockungsgrad von etwa 60 % stark aufgelichtet. Insgesamt werden diese Dichten als „außergewöhnlich starke Verjüngung der Stieleiche“ (STEIGER 1987: 18) eingeschätzt.

Ebenfalls im Rahmen seiner Diplomarbeit untersuchte JANITSCHKE (1987) zwei Gebiete in der Lüneburger Heide, die sich hinsichtlich des Schalenwildeinflusses unterschieden: Die wildbeeinflusste Fläche in Bostelwiebeck mit einem 83jährigen Kiefernbestand (Bestockungsgrad ca. 70 %; Eichenanteil 9,1%) wies 3.350 Jungeichen je ha auf, die eine durchschnittliche Höhe von 61 cm aufwiesen und überwiegend forstwirtschaftlich schlechteren Qualitätsklassen angehörten. In der wildfreien Untersuchungsfläche im VW-Prüfgebiet Ehra-Lessin in einem 70jährigen Kiefernbestand (Bestockungsgrad ca 70 %; Eichenanteil <1%) nennt er eine Dichte von 3.020 Eichen je ha mit größtenteils besten forstlichen Qualitäten. Die Dichtewerte sind nicht repräsentativ für das Gesamtgebiet: „Eine Untersuchung der Eichelsaat war lediglich auf der Unterfläche erfolgversprechend, da der Bestockungsgrad dort die erforderliche Lichtmenge ermöglicht“ (JANITSCHKE 1987: 39). In den etwa 45jährigen Kiefernforsten in der sogenannten „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein ist eine Eichenverjüngung mit 274 Jungpflanzen (<130 cm) pro Hektar insgesamt selten und vor allem in Strukturtypen mit niedriger bis mittlerer Strauchschichtdeckung möglich (REBHOLZ 2006; Abb. 3). Bei etwa 80 % ist der Leittrieb verbissen. Nur 6 Jungeichen/Hektar erreichen Größen über 130 cm.

Fazit: Unter einem Kieferschirm erscheint Eichenverjüngung erfolgreich möglich zu sein, sofern der Unterstand, die Strauchschicht und die Bodenvegetation nicht zu dicht und hochwüchsig sind.



Abb. 3: Etwa 0,6 m hohe Stieleiche im Unterwuchs eines Kiefernwaldes. - Nördlich Käfigecken/Grisenheim, 2.8.2007.

2.2.3. Verjüngung der Eiche in Randstrukturen und im Offenland

In der Literatur finden sich mehrere Hinweise auf eine erfolgreiche Eichenverjüngung außerhalb des geschlossenen Waldes (Abb. 4).

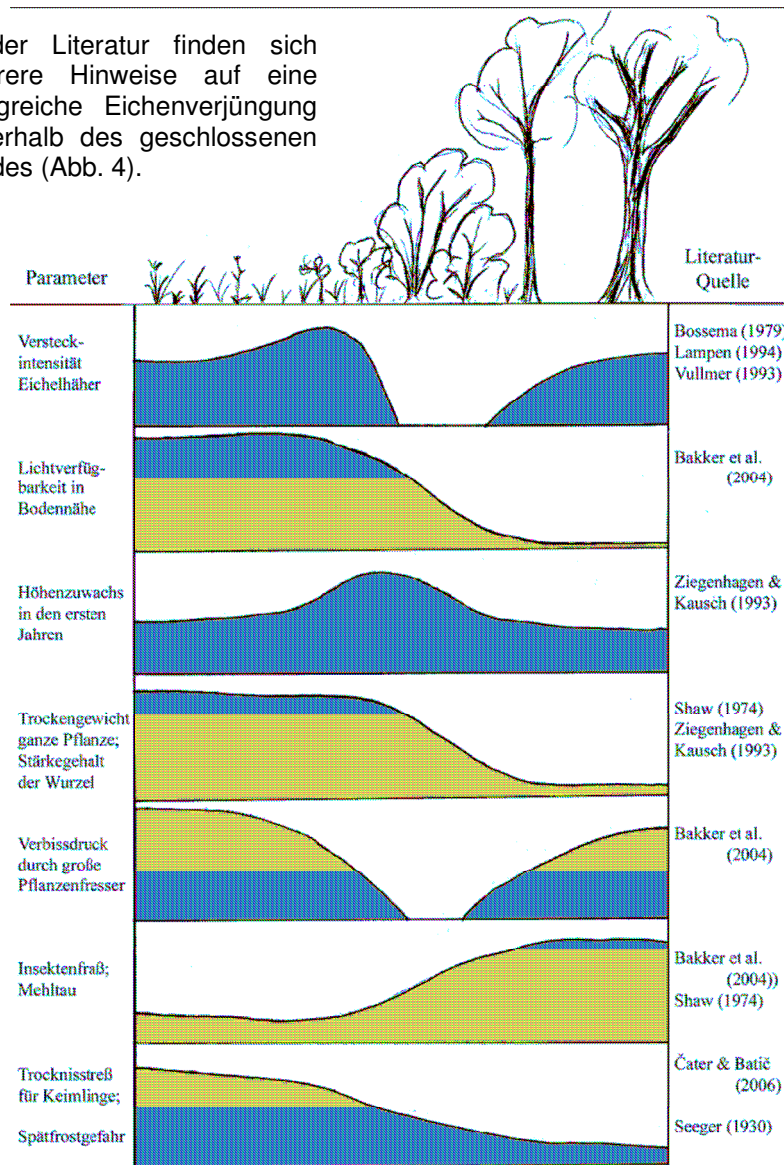


Abb. 4: Wichtige Faktoren der Eichenverjüngung und die geschätzte relative Intensität ihrer Einwirkung entlang eines Transekts von Offenland über den Mantel zum Wald (aus UHL 2007).

„In den meisten Lebensräumen außerhalb der Wälder verjüngt sich die Eiche mehr als ausreichend und bildet, sofern wenn man ihr die Chance gibt, innerhalb kurzer Zeit sekundäres Waldland“ (RACKHAM 1980: 294f). FISCHER (1993: 525) urteilt für Eiche in nordostdeutschen Kiefernbeständen sogar: „Ihre Verjüngungsfreudigkeit wird von keiner anderen Wirtschaftsbaumart übertroffen“. In England scheint nach WATT (1919: 175) „... a grassy surface seems the natural seedbed of oak, for very successful examples may often be seen on rough pasture adjoining woods which for some reason or other has been allowed to lie waste or is only slightly stocked with cattle during the summer“.

Die Keimung ist auf Weidflächen gut, wenn die Eicheln direkt auf der Erde liegen. Die Etablierung der Jungeiche ist dann gesichert, wenn die Beweidung nachlässt, die umgebende Vegetation aber dennoch nicht zu hoch wächst, so dass die Lichtverfügbarkeit noch gut genug ist (WATT 1919: 188). SHAW (1974: 179) kommentiert vor dem Hintergrund dieser Verjüngungssituation: „Oak has a considerable pioneer capacity in its own right, being able to invade many kinds of non-woodland vegetation and being in no way dependent on shade from other trees. This is quite the opposite of true climax species which are often unable to survive without shade.“

Auch in brachliegenden südbadischen Mesobrometa und einem Arrhenatheretum konnten Eichen sich ansiedeln: „Mit *Quercus* und *Corylus* stellen die synzoochoren Gehölzarten die effektivsten generativen Pioniere auf den untersuchten kleinflächigen Wiesenbrachen. Im Vergleich zu den anemochoren Pioniergehölzen profitieren die synzoochoren Gehölze offensichtlich davon, dass ihre Ausbreiter die Samen synzoochorer Gehölze in einem geeigneten Keimbett verstecken“ (LAMPEN 1994: 62).

Erfolgreiche Eichenverjüngung etabliert sich demnach in oligo- bis mesotraphenten Magerrasen und Säumen. Die Ausbreitung in dichter Vegetation (z.B. ungemähte Wiesen, Weidebrachen) geschieht über kurze Distanzen durch Mäuse; in offene Vegetation (gemähte Bereiche) über größere Distanz durch Eichelhäher (LAMPEN 1994: 54). Aus dem hohen Verhältnis von Keimlingen/mehrjährigen Jungeichen im sehr trockenen Mesobrometum globularietosum folgert LAMPEN (1994: 59), dass die Trockenheit nicht das Auflaufen der Keimlinge gefährdet, sondern deren weitere Entwicklung.

Auch im Sukzessionsmonitoring in südwestdeutschen Grünlandbrachen fand sich erfolgreiche Verjüngung und Etablierung von Eichen (neben anderen Baumarten) im Traufbereich eines montanen Buchenwaldes der Schwäbischen Alb (SCHREIBER 1997a, b; 2001). Bei der Wiederbewaldung hessischer Kalkmagerrasen sind Eichen ebenfalls im sich einstellenden Vorwald enthalten (HAKES 1987).

MELLANBY (1968) beobachtete im Monks Wood (England) nur geringe Eichenverjüngung innerhalb des Waldes. Für offene Bereiche (teils außerhalb des Monks Wood) nennt er in mehreren Beispielen Zahlen: „Seedling

oak trees are to be found all over the cleared areas. These are very numerous: Samples indicate over 2000/ha. They prove remarkably resistant to annual mowing, for some continue to grow vigorously and have well developed roots, after they have been cut down at least four times, but eventually they are killed (MELLANBY 1968: 360). In einem Garten 200 m von der nächsten Eiche entfernt zählte er nach einem Mastjahr 5.000 Sämlinge je Hektar (MELLANBY 1968: 362) und weist ausdrücklich darauf hin, dass der Eintrag über Vögel erfolgen musste. Der Garten als Versteckort passt von den Bedingungen sehr gut zu den Vorlieben des Eichelhähers, der nach BOSSEMA (1979) gelockerten, unebenen Boden und nach LAMPEN (1994) sehr offene Bereiche zum Verstecken von Eicheln bevorzugt.

Interessant ist eine weitere Angabe von MELLANBY (1968: 362), der auf einer sechsjährigen Ackerbrache eine Eichendichte von 242 Eichen je ha fand – der größte Teil davon sechsjährige Eichen. Auf einer weiteren, zweijährigen Ackerbrache fand er eine Eichendichte von 1.100 Individuen je Hektar. Es handelte sich hierbei fast ausschließlich um zweijährige Jungeichen, welche aus einem schlechten Eicheljahr resultierten. Aus der guten Eichelmast des Folgejahres waren nur sehr wenige Einjährige zu finden (MELLANBY 1968: 360f). Die Altersbeschreibungen, wonach jeweils der Hauptteil der Eichen so alt wie die Brache und wenige Eichen jünger waren, weist auf eine abnehmende Eignung von Brachen hin – wahrscheinlich eine Folge der starken Vergrasung.

Auf sogenannten „Sozialbrachen“ der 1970er Jahre wurde die Sukzession durch HARD (1975) beobachtet. Die Grasnarbe von nicht mehr genutzten Wiesen und Weiden zeigte ein insgesamt großes Beharrungsvermögen. Vor allem im Schutz von Dornsträuchern konnten sich Eichen und andere Baumarten etablieren (HARD 1975). In einem deutschlandweiten Vergleich aller Typen von Brachflächen listet WOLF (1980) sowohl Trauben- wie Stieleiche als sich etablierende Baumarten auf.

In einer ursprünglich stark rinderbeweideten parkartigen Landschaft Englands fand MELLANBY (1968: 362) nach einem zehnjährigem Auszäunungsversuch 1.500 gesunde Jungbäume pro Hektar auf den Lichtungen, jedoch nur wenig bis gar keine unter Altbäumen. *„Seedlings are commonly found along the edges of rides, and over the whole area of the clearings. Young trees of all ages are found around the edges of the woodland blocks, ... where a track, now overgrown, formerly ran“* (MELLANBY 1968; vgl. auch RACKHAM 1980: 296). Gleiche Beobachtungen machten VULLMER & HANSTEIN (1995: 644) im niedersächsischen Heidegebiet, wonach *„...besonders hohe Dichte von Eichen an Wegen und Bestandesrändern (waren). Auch diesjährige Sämlinge (...). Die Vermutung, dass der Wildeinfluß am Wegrand geringer wäre, kann in unserem Fall ausgeschlossen werden.“* „Ob dieser Effekt auf Lichthaushalt, offene Vegetationsstrukturen oder das Linienelement Weg/Schneise zurückgeht, ist nicht ersichtlich“ (VULLMER 1993: 46). Des weiteren spekuliert VULLMER (1993: 54), dass

dieser Effekt auf bessere Übersichtlichkeit dieser Bereiche und damit höherer Sicherheit des Eichelhäfers gegenüber Prädatoren zurückzuführen sei.

In der parkartig strukturierten sogenannten „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein fand UHL (2007) insgesamt gesehen 588 verholzte Jung-eichen/Hektar. Die geringste Dichte mit 279 Jungeichen je ha wiesen die flächigen Gebüsche auf, die höchste mit 1.786 Jungeichen je ha offene Mantelsituationen von Kiefernforsten. Die Jungwuchsdichten waren in Mänteln zu Halbtrockenrasen jeweils höher als in zugehörigen flächigen Gehölzbeständen. Etwa 75% der untersuchten etablierten Eichen waren kleiner als 40cm. Überraschend hoch war der Anteil bereits mehrjähriger, verholzter, doch niedrig gebliebener Eichen auf gemulchten Magerrasen und Säumen (408 Individuen/ha; Abb. 5, 6), wobei dort aufgrund der Pflegeein-griffe kein Höhenwachstum möglich war. Bezogen auf das Gesamtgebiet betrug der Anteil der Größenklasse von >130cm Höhe und zugleich <7cm BHD lediglich 5% (weniger als 30 je ha). Lediglich 20% der gefundenen Eichen waren unverbissen; 66% waren mehrfach verbissen (UHL 2007).



Abb. 5: Kleine, mehrfach gemulchte Stieleichen auf kiesigem Boden in lückigem Halbtrockenrasen. Rheindamm Rhinau/Elsaß, 13.5.2006



Abb. 6: Mehrjährige, mehrfach gemulchte Stieleiche in Halbtrockenrasen. - Käfigecken/Grisenheim, 23.5.2007.

Fazit: Eine Etablierung von Jungeichen ist vor allem in Rand- und Mantelsituationen im Übergang zwischen Gehölzbeständen und meso- bis oligotrophen Rasengesellschaften und Säumen erfolgreich.

Tab. 1: Dichte von Eichenverjüngungen (Daten aus der Literatur).

Bei verschiedenen Autoren werden verschiedene Begriffe und Kategorisierungen verwendet, die nicht immer klar definiert werden und sich teilweise in ihrer Bedeutung überlappen. Aus dem Kontext der jeweiligen Arbeiten ergeben sich folgende Inhalte: Keimlinge = Jungeichen mit Keimblättern; Sämlinge = unverholzte Jungeichen; Jungpflanzen = verholzte Jungeichen noch geringer Größe, also noch in der Krautschicht; Jungbaum = etablierte Eichenverjüngung, überragt die Krautschicht.

Bestandestyp	Gesamtzahl / ha	davon	Literaturquelle, Region
Unter alter Eiche	1.120	Keimlinge 280 /ha; Jungpflanzen 840 /ha	BOSSEMA (1979), Niederlande
Eichenwäldchen	550		Zahl geschätzt nach Abbildung in KUITERS & SLIM (2002: 70), Niederlande
Parkartige Landschaft, 10 Jahre Beweidungsausschluss	1.500		MELLANBY (1968: 362f), Monks Wood, England
Heide	<20		Zahl geschätzt nach Abbildung KUITERS & SLIM (2002: 70) Niederlande
Offene Heide	2.740	Keimlinge 60/ha; Jungpflanzen 2.680/ha	BOSSEMA (1979), Niederlande
Offenes Grasland	2.080	Keimlinge 440/ha; Jungpflanzen 1.640/ha	BOSSEMA (1979), Niederlande
Mesobrometum globularietosum	350	Keimlinge 140/ha; Jungpflanzen 210/ha	LAMPEN (1994: 49), Kaiserstuhl
Mesobrometum typicum	925	Keimlinge 115/ha; Jungpflanzen 810/ha	LAMPEN (1994: 49), Kaiserstuhl
Arrhenatheretum	720	Keimlinge 110/ha; Jungpflanzen 610/ha	LAMPEN (1994: 49), Mooswald (Breisgau)
jährlich gemähte Lichtungen	>2.000		MELLANBY (1968: 360), Monks Wood, England
Garten 200m Distanz zum Wald	5.000	Keimlinge 5.000/ha	MELLANBY (1968: 362), Monks Wood, England
Zweijährige Ackerbrache	1.100		MELLANBY (1968: 360f), Monks Wood, England
Sechsjährige Ackerbrache	225		MELLANBY (1968: 362), England
Kiefernbestand	988	Sämlinge 46/ha ; 2-jährige 128/ha;	SCHMIDTKE (1993: 49), Niedersachsen

		älter als 2 Jahre 814/ha	
Kiefer, podsoliger Sandboden	492	Eichen <130cm 269/ha; >130cm - <7cm BHD 155/ha; >7cm BHD 68/ha	LEDER (1993: 95), Nordrhein-Westfalen
Kiefer, 79jähriger Bestand	3.900		HEIDMEIER (1988) zitiert in LEDER (1993: 102), östliches Münsterland
Unter alter Waldkiefer	2.650	Keimlinge 440/ha; Jungpflanzen 2.210/ha	BOSSEMA (1979), Niederlande
Waldkiefer	160		Geschätzt nach KUITERS & SLIM (2002: 70), Niederlande
Kiefer, 118jähriger Bestand	451		HEIDMEIER 1988 zitiert in LEDER (1993: 102), östliches Münsterland
Kieferbestand, Kahlschlag	1.007		HENDRIKS (1990) zitiert in SCHMIDTKE (1993: 86), Forstamt Ahlhorn, Niedersachsen
57jähriger Kiefernbestand, 1974 Sturm-schaden	9.450	bis zu 14.600/ha, - Bestandespartie mit Bestockung von ca. 30 %	STEIGER (1987), Osterholz-Scharmbeck, Niedersachsen
83jähriger Kiefernbestand, Bestockung 0,7	3.350		JANITSCHKE (1987), Bostelwiebeck, Niedersachsen
70jähriger Kiefernbestand, Bestockung 0,7	3.020		JANITSCHKE (1987), Ehra-Lessin, Niedersachsen
Naturwaldreservat (Kiefer)	205 bis 2.305		HORST (1990) zitiert in STIMM & BOSWALD (1994), Lüßberg bei Unterlüß, Niedersachsen
ca. 45-jährige Kiefernforste	274 (<130cm)	„nur“ 6 Eichen-Jungbäume/ha erreichen >130 cm	REBHOLZ (2005)), „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein
Kiefernforste, Mäntel, Gebüsche, Halbtrockenrasen	588 (verholzte Jung-eichen)	Jeweils 378/ha Linden-Stieleichen-Wald, 693/ha Linden-Stieleichen-Wald-Mantel, 457/ha Kiefernforst, 1.786/ha Kiefernforst-Mantel, 279/ha Gebüsche, 647/ha Gebüschmantel, 408/ha Magerrasen	UHL (2007), „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein

2.3. Tierverbreitung von Eicheln

Die Eiche als Art mit schweren Samen ist auf die Tätigkeit von Tieren zu ihrer Ausbreitung angewiesen. Als Verbreiter werden einige Vogelarten und Kleinsäuger angesehen. Bei den Vögeln werden die Ringeltaube (*Columba palumbus*) (vgl. MELLANBY 1968) und diverse Rabenvögel (*Corvidae*) genannt, wobei von letzteren der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) die herausragende Rolle spielt. In Nordostdeutschland ist ein beträchtlicher Teil der Eichenverjüngung unter lichtem Kieferschirm auf Hähersaat zurückzuführen (STÄHR & PETERS 2000). BOSSEMA (1979: 69) ordnete 59% der gefundenen Keimlinge anhand von Schnabelspuren dem Eichelhäher zu. Über die Transportweiten liegen vielfach Angaben vor. LAMPEN (1994: 47) nennt Transportweiten von „meist nicht über max. 200–300 m“. HAFFER & BAUER (1993: 1422) geben eine Übersicht über viele weitere Entfernungen. Demnach können derartige Sammelflüge bis zu 5–8 km weit führen.

Ausführliche Untersuchungen zum Eichelhäher und der Eiche liegen von BOSSEMA (1979) vor. Demnach werden Eicheln bevorzugt an Grenz- und Randstrukturen oder nahe an auffälligen Strukturen wie jungen Bäumen versteckt. In Randstrukturen (30cm breit) fand er eine dreifach höhere Versteckdichte als in flächigen Beständen (BOSSEMA 1979: 34). Diese Vorliebe konnte VULLMER (1993) nicht bestätigen. Allerdings fand LAMPEN (1994: 64): „Besonders attraktiv waren Flächen oder bestimmte Bereiche für den Eichelhäher auch dann, wenn (sowohl hohe wie auch niedrige) Sitzwarten (...) vorhanden waren“ (vgl. auch KOLLMANN & SCHILL 1996).

Die Vorliebe des Eichelhähers für niedrige, offene und übersichtliche Bereiche wird vielfach übereinstimmend genannt (z.B. TURČEK 1975: 38). VULLMER (1993:56) bemerkt: „Die Eichelhäher schienen Eicheln bevorzugt auf Flächen niedrigerer Vegetationshöhe zu verstecken. (...) War die Krautschicht sehr üppig, waren kaum junge Eichen auszumachen“. Nach LAMPEN (1994) versteckt der Eichelhäher die Eicheln lieber in gemähten Flächen als in ungemähten.

Der Beitrag von Ringeltauben zur Eichenausbreitung wird gelegentlich vermutet (vgl. MELLANBY 1968, NEBEL 1990: 364). SCHERNER (1962) zitiert vielfach den Eichelverzehr durch Ringeltauben – in seiner ausführlichen Beschreibung des Verhaltens und der Nahrung von Ringeltauben fehlen jedoch Hinweise auf Versteckaktivitäten der Art, so dass ein Beitrag der Ringeltaube zur Samenausbreitung fraglich erscheint.

Kleinsäuger werden in erster Linie als Frassfeind der Eicheln diskutiert (s.u.). SHAW (1968b: 658) fand nur sehr wenige angefressene Eicheln, was auf Abtransport und Verstecken schließen lässt. Als maximale gefundene Transportweite für Mäuse fand LAMPEN (1994: 71) 14 m und JENSEN & NIELSEN (1986) 34 m. Für Kleinsäugerverbreitung der Eicheln ostasiatischer Eichenarten wurden durchschnittlich 22.1 ± 8.9 m und als maximale Entfernung 38.5 m angegeben, die Überlebensrate betrug 3.0% (IIDA 1996).

Für die Verbreitung über größere Distanz haben Kleinsäuger daher keine Bedeutung. Die Aktivität und Populationsdichten von Mäusen ist an die Dichte der Vegetation gebunden, die als Schutz vor Prädatoren fungiert. So sind die Mäusedichten in dichtem Gesträuch am höchsten, geringer in aufkommenden Sträuchern, dort jedoch immer noch höher als in Grünland (KOLLMANN & SCHILL 1996: 201), wobei die Dichten in gemähtem geringer als in ungemähtem Grünland sind. Ebenso finden sich in unbeweideten Flächen mehr Mäuse als in beweideten Flächen (SMIT et al. 2001).

Fazit: Eichelhäher tragen entscheidend zur Verbreitung der Eichen bei. Eicheln werden bevorzugt an Grenz- und Randstrukturen oder nahe an auffälligen Strukturen wie jungen Bäumen versteckt.

2.4. Kurzrasige Offenlandvegetation begünstigt die Eichenverjüngung

Eicheln keimen und etablieren sich bevorzugt in offenem Grasland. Dieses entsteht vielfach durch Beweidung: „Weniger zitiert ist in der Literatur, dass Huftiere das Eindringen von Gehölzaufwuchs besonders in Grünland auch fördern können. Durch Grasens und Zertrampeln kann dichte Vegetation geöffnet werden, was die Keimung und die Etablierung gewisser Gehölze erleichtert“ (KUITERS & SLIM 2002: 66). Schon WATT (1919:175) schrieb: *“A grassy surface seems the natural seed bed of oak, for very successful examples may often be seen on rough pasture adjoining woods which for some reason or other has been allowed to lie waste or is slightly stocked with cattle during the summer ...”*.

Dem entspricht die Feststellung von Seiten des pflegenden Naturschutzes, der mittels (Pferde-)Beweidung Flächen offenhalten will: „Ein weiteres Problem ist das mit der weidebedingten Öffnung der Krautschicht zunehmende Aufkommen von Gehölzwuchs, der durch Verbiss nicht zurückgehalten wird und eine mechanische Bekämpfung erforderlich macht“ (LUBW 2006: 57). Die zitierte Förderung von Jungwuchs durch weidebedingte Öffnung der Krautschicht ist für die Eiche leicht durch das Versteckverhalten des Eichelhähers (siehe Kap. 3.3) und ihrem Lichtbedarf zu erklären. Das enorme Wurzel/Spross-Verhältnis von 4–6 (im Extremfall bis 10), welches Jungeichen entwickeln können, hat die Funktion der Energiespeicherung sowie der Wasserversorgung für Trockenperioden (SHAW 1974: 176f). Dieser Mechanismus erhöht auch die Resistenz gegenüber Fraßdruck, da die unterirdischen Pflanzenteile nicht von weidenden Tieren geschädigt werden können (SHAW 1974: 176f). Einen guten Eindruck, wie starkem Verbissdruck die Eiche lange auszuhalten vermag, vermitteln die Abbildungen 86+87 in POTT & HÜPPE (1991).

Wenn Flächen mit starkem Verbissdruck gezäunt werden, erhalten schon vorhandene Jungeichen die Möglichkeit, über verbissgefährdete Höhen

rasch hinauszuwachsen. Bei SMIT et al. (2001: 125) wurden auf beweideten Sandrasen der Niederlande signifikant weniger Eicheln durch Nagetiere gefressen, konnten sich mehr Gehölzjungwüchse erfolgreich etablieren. In Wildreduktions- und Zäunungsversuchen von KUITERS & SLIM (2002: 69f), ebenfalls in den Niederlanden, zeichnet sich ebenfalls dieses Muster eines zeitlich begrenzten Verjüngungsfenster ab: „*During the first 3 years, tree regeneration in the oak stands strongly increased, especially in the exclosures. However, the mortality rate of seedlings was high, and numbers decreased again in the subsequent years.*“

Entsprechende Beobachtungen wurden auch in der Lüneburger Heide gemacht: „Bei einer Zäunung können bereits vorhandene, stagnierende Häher-eichen schneller aufwachsen. Das „Säen“ weiterer Eichen durch den Eichelhäher dürfte jedoch eher erschwert sein, da auch die Krautschicht auf die Ausschaltung des Verbisses mit starkem Höhenwachstum reagiert“ (VULLMER & HANSTEIN 1995: 646).

Für England beschreibt JONES (1959: 203) Jungpflanzen, die im Offenland durch verschiedenen Stress (Verbiss, etc.) kleingehalten wurden, deren Wurzel im Laufe der Jahre erstarrte und die bei danach ausbleibendem Stressfaktor innerhalb von 3–4 Jahren über kritische Höhen hinauswuchsen. Ähnliches beschreibt SHAW (1974: 177): „*In heavily grazed woods I have found oak seedlings under 0.5 m in height, on ageing by ring counts, to be more than 25 years old. Even temporarily release from browsing enables such seedlings to put on rapid growth, so that in two-three years they are out of danger.*“

Fazit: Nicht allzu dichte Magerrasen und mesotrophe Säume sind günstig für die Keimung und das Einwurzeln junger Eichen. Die Entstehung und der Erhalt dieser Habitats wird durch Beweidung oder Pflegemaßnahmen gefördert. Nach Ausbleiben der mechanischen Schädigung wachsen die eingewurzelten Jungeichen schnell in die Höhe.

2.5. Kurzrasige Offenlandvegetation wird von Mäusen gemieden

SMIT et al. (2001) untersuchten mit Zäunungsversuchen die Populationsgrößen und die Fraßaktivität von Mäusen in Flächen mit und ohne Wildverbiss der Bodenvegetation durch Rehe und Rothirsche. Der Fraßdruck auf Bucheckern und Eicheln durch kleine Nager war signifikant höher in gezäunten Flächen (also ohne Wildverbiss). Kleine Nager sind abhängig von Schutz der Vegetation gegen Prädatoren. Dichte Kraut- und Strauchschicht bieten diesen. Der Fraßdruck der größeren Herbivoren vermindert diesen Schutz und stellt evtl. auch eine Nahrungskonkurrenz dar. Die Fraßaktivität der Mäuse war in gezäunten Flächen höchst signifikant höher als außerhalb.

2.6. Die Eiche in der Naturlandschaft und das Konzept der zyklischen Sukzession

Die Bedeutung zyklischer Sukzessionsstadien für die dynamische Erhaltung von Arten und Lebensräumen wird heute zunehmend erkannt (REMMERT 1991; KLEYER et al. 2007). Es zeichnet sich zunehmend ab, dass auch die Ansamung/Etablierung und das Aufwachsen der Eiche in sukzessive aufeinander folgenden Phasen eines Mosaikzyklus bzw. in räumlicher getrennten Habitaten erfolgt. Entsprechende Beobachtungen über einen höheren Etablierungserfolg entfernt von der Samenquelle liegen für eine Vielzahl weiterer Arten vor (SCHUPP 1995).

Vor allem niedrige Vegetation von meso- bis oligotrophen Rasengesellschaften und Säumen ermöglicht eine erfolgreiche Ansamung und Etablierung junger Eichen. Ihr Höhenwachstum wird bei fortgesetzter Beweidung jedoch durch Verbiss stark gehemmt. Erst aufkommende bewehrte Dornsträucher auf Viehweiden gewähren Schutz für unbewehrte Gehölze: „*The thorn is the mother of the oak*“ (PENISTAN in BOSSEMA 1979: 98). Das Vordringen von bewehrten Sträuchern wird durch selektive Unterbeweidung gefördert, deren Schutz wiederum eine Verjüngung verbissempfindlicher Arten ermöglicht (VERA 2000). Das Aufkommen von Dornsträuchern und lichtbedürftigen Baumarten ist daher als Folge von nachlassendem Verbissdruck anzusehen (KUITERS & SLIM 2003: 249f).

Aussagen, dass die durch Verbiss in ihrem natürlichen Wachstum zurückgehaltenen Jungeichen durch bewehrte Sträucher einen wirksamen Schutz erhalten, finden sich vielfach in der Literatur. So schreibt WATT (1919: 175): „...*the holly and the thorn are often the preservers of the seedling oak.*“ Die Schutzwirkung von Brombeere auf Verjüngung >25cm auf ehemaligem Ackerland führte zu einer 20fach dichteren Eichenverjüngung im Vergleich zum ungeschützten Bereich (KUITERS & SLIM 2003: 246f). In Freilandversuchen fanden BAKKER et al. (2004: 575) Eichenjungwuchs zu 49% häufiger in Vergesellschaftung mit der Schlehe (*Prunus spinosa*) als es nach zufälliger Verteilung zu erwarten wäre. Versuche mit ausgepflanzten Sämlingen in den Niederlanden zeigten experimentell die Selektion durch den Verbiss (BAKKER et al. 2004: 577f).

Die zeitliche und räumliche Wirkung des Schutzes ist in Abhängigkeit von der Herbivorengröße zu sehen: Ältere Schlehen schützen nicht gegen Kaninchen, da ihre Verzweigung zu hoch ansetzt und ein Durchkommen für Kaninchen leicht möglich ist. Das Vordringen von Schlehengebüsch ist darüber hinaus negativ korreliert mit hohen Kaninchenbeständen. Kaninchen drängen zumindest in niederländischen Sandgebieten die Schlehe stärker zurück als Rinder (BAKKER et al. 2004: 579). KUITERS & SLIM (2002: 73) schliessen daraus, dass die sogenannte „assoziative Resistenz“ in Anwesenheit stark selektiv verbeißender, mittelgroßer Herbivoren wie Rehen oder Schafen tendenziell nicht funktioniert. Schafe haben einen stärkeren

Verbissdruck auf Schlehen und Eichen (BUTTENSCHÖN 1988). FÖRSTER (1977) weist darauf hin, dass der „Weidegang des Viehs“ nicht mit dem des Wildes vergleichbar ist und das Rehwild einen sehr selektiven Verbiss ausübt.

Anhand von Luftbildauswertungen konnten BAKKER et al. (2004: 577) zeigen, dass erfolgreiche Eichenverjüngung „im Schatten“ vordringender Gebüsche stattfindet. Dabei spielt *Prunus spinosa* aufgrund ihres klonalen Wachstums über Wurzelbrut eine deutlich größere Rolle als andere dornige Arten wie etwa Weißdorn oder Wildrosen (BAKKER et al. 2004: 579). Die Verjüngung der Eiche stellt man sich als Mosaikzyklus-Konzept vor (POTT & HÜPPE 1991): Wenn die Eichen (und andere Bäume) aus dem Schutz der Sträucher hinauswachsen, beginnen sie diese zu beschatten, was zu einem Rückgang der Strauchschicht führt. In dieser Phase ist eine Verjüngung der Eiche nicht mehr möglich. In der Zerfallsphase des Waldes tritt wieder vermehrt Licht durch die Baumschicht auf den Boden, womit die Entwicklung über Stadien der Vergrasung, Einwanderung von verbissresistenten Dornsträuchern und schließlich Bäumen von neuem beginnt (JEDICKE & HAKES 2005: 43).

3. Schlussfolgerung

Die Verjüngung und Etablierung der laubabwerfenden Eichen gelingt in Mitteleuropa ohne menschliche Hilfe nur auf extremen Standorten, bei guter Lichtversorgung und gering deckender Bodenvegetation. Daher müssen sowohl Stiel- wie auch Traubeneiche als Intermediärtyp zwischen „Pionier“ und „*stresstolerator*“ sensu GRIME et al. (1978) eingestuft werden. Entsprechende Bedingungen finden sich insbesondere in Sukzessionsstadien nährstoffarmer Rasengesellschaften und an Waldrändern.

In Mitteleuropa sind laubabwerfende Eichen von Natur aus bei warmem Klima und auf trockenen Extremstandorten bestandsbildend (ELLENBERG 1996, BOHN et al. 2004). Die Stieleiche wird darüber hinaus vermutlich auch in Flussauen mit einer aktiven Substratdynamik natürliche Standorte besitzen. Dies lässt sich heute jedoch kaum mehr „beweisen“, da alle entsprechenden Flussläufe in unserer mitteleuropäischen Kulturlandschaft zu sehr reguliert sind (Ausbleiben der Substratdynamik), und Eutrophierung der Gewässer die Bodenvegetation zu sehr fördert.

Wohl für immer spekulativ bleiben wird der Einfluss der sogenannten „Megaherbivoren“ auf die Waldvegetation einschließlich der Rolle der Eichen. Damit verbunden bleiben die Unklarheiten über die Natürlichkeit der Eiche in unseren Wäldern. In diesem Zusammenhang unterscheidet BERGMANN (2001) rein begrifflich die natürliche Eichenverjüngung ohne Mithilfe des Menschen von der Naturverjüngung auf der Basis indirekter menschlicher Eingriffe (sowie die künstliche Verjüngung).

Wesentlich gefördert wurde die Eichenverjüngung durch die früher allgemein übliche Waldweide. Durch eher starke, wenig selektive Beweidung kann die nach der vorausgehenden notwendigen starken Auflichtung hochwachsende Krautschicht zurückgedrängt werden. Dies fördert die folgende Etablierung junger Eichen (vgl. HAKES 1987: 34, 38). In den letzten Jahrzehnten haben sich Umwelt und Landnutzungen drastisch geändert, viele Ökosysteme sind im Umbruch (REIF et al. 2001). Die Zukunft der Eiche in mitteleuropäischen Wäldern ist heute unklar. Auf großen Flächen in der naturnahen Waldwirtschaft ist ein deutlicher Rückgang der Eichenarten zu erwarten (DOHRENBUSCH 1996; THOMASIU & SCHMIDT 2003; MEYER et al. 2006), insbesondere auf besser wasserversorgten Böden. Ein neues Potenzial wird den Eichenarten jedoch ein wärmer und trockener werdendes Klima bieten. Basierend auf neueren Trendberechnungen zum Klimawandels (UMWELTBUNDESAMT 2006, 2007) würde sich die Buche von warm-trockenen Standorten zurückziehen (KÖLLING et al. 2007). Hiervon könnten insbesondere Eichen profitieren, sofern ihre Ansamung und Etablierung gelingt. Entscheidend hierbei sind die Lichtversorgung und Konkurrenz der Bodenvegetation. Bemühungen zum Erhalt der Eiche sind vor allem auf trockenen und nährstoffarmen Standorten bei einer langen Vegetationsperiode erfolgversprechend und sinnvoll (Abb. 7).

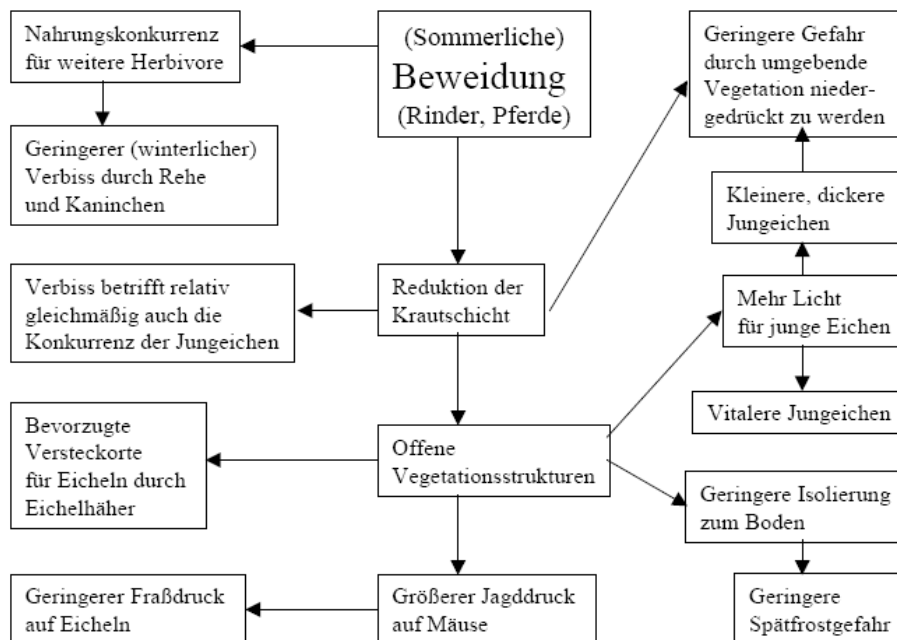


Abb. 7: Schematische Darstellung des Einflusses der Beweidung auf die Ansamung und Etablierung der Eiche (nach UHL 2007)

3.1. Konzeptionelles Modell einer natürlichen Eichenverjüngung durch Beweidung

Erfolgreiche Verjüngung der Eiche findet häufig in weidegeprägten Landschaften statt und kann daher in Form eines dynamischen Lebensraummodells unter Berücksichtigung der existierenden Literatur beschrieben werden. Die Auswirkungen einer zeitweise intensiven Beweidung, während der durchaus alle Arten verbissen werden, sind in Abb. 8 dargestellt und werden im Folgenden stichpunktartig beschrieben.



Abb. 8: Etwa 2 m hohe Stieleiche in versaumtem Halbtrockenrasen. Pflegefläche des Naturschutzes – die Bodenvegetation und die übrigen Gehölze wurden gemulcht bzw. enthurstet, die Eiche wurde belassen. - Käfigecken/Grissheim, 20.7.2006

(1) Ansamung: Der wichtigste Faktor bei der Ansamung ist die Öffnung der Krautschicht, wodurch Sämlinge einen höheren Lichtgenuss erlangen (LUBW 2006: 57) und damit toleranter gegenüber Stressfaktoren werden. Dies könnte durch Beweidung mit wenig selektiven Weidetieren wie Rindern und Pferden geschehen. Mulchen scheint eine ähnliche Auswirkung zu haben, da man an gemulchten Standorten wie Wegrändern und Flussdämmen relativ häufig erfolgreich angesamte Jungeichen antrifft (Abb. 5). Die Schädigung, die mit dem Verbiss einhergeht, können die jungen Eichen

noch relativ gut ertragen. Die Gefahr, von umgebender Vegetation niedergedrückt zu werden, wird auf Weideflächen geringer. Die vielfach beschriebene Dezimierung von Eicheln durch Kleinsäuger (vgl. 2.1.2) könnte durch Beweidung ebenfalls eine Minderung erfahren, da die verminderte Krautschicht einen geringeren Schutz für Kleinsäuger und damit einen erhöhten Prädationsdruck bedeutet (SMIT et al. 2001). Sowohl durch diese zu erwartenden geringeren Eichelverluste als auch durch eine erhöhte Versteckaktivität von Eichelhähern in niedriger, strukturreicher Vegetation (vgl. Kap. 2.3) sind deutlich höhere Keimlingszahlen zu erwarten.

(2) Etablierung: Bei genügend vorhandenem Licht überleben die Eichenkeimlinge selbst bei oberirdisches Schädigung und bilden ein tief reichendes Wurzelsystem aus.

(3) Heranwachsen: Wenn man das weitere Heranwachsen der Jungeichen ohne Zäunung erreichen will, müssen weidende Haustiere noch einige Jahre ferngehalten und der Rehbestand sehr stark reduziert werden (vgl. KUITERS & SLIM 2002: 71). Auch könnte die Fläche nach erfolgter Anreicherung von Jungeichen gezäunt werden, um ein Heranwachsen der Eichen zu ermöglichen. Danach wachsen Eichen binnen zwei bis drei Jahren über die empfindliche Größe hinaus (vgl. SMIT et al. 2001: 125, JONES 1959: 203, Shaw 1974: 177). Mit dem Beweidungsausschluss nimmt auch die Krautschichtdeckung wieder zu, womit die Verjüngungsphase beendet ist (vgl. VULLMER & HANSTEIN 1995: 646, KUITERS & SLIM 2002:69 f).

(4) Einwachsen in den Bestand: Nach einer erfolgreichen Etablierung kann selbst ein Rehbestand mit heutiger Populationsdichte den Eichen keinen Schaden mehr zufügen. In der Folgezeit kann die Eiche zu einem Baum heranwachsen, der viele Hundert Jahre alt werden kann, wenn er nicht durch Halbschatt- und Schattbaumarten in Bedrängnis gerät.

3.2. Ausblick

In den letzten Jahren wurde die große Bedeutung der Eichenarten für den Erhalt seltener und gefährdeter Arten in unserer Kulturlandschaft zunehmend erkannt (JEDICKE & HAKES 2005; LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 2000). Alte Eichenwälder wie einzelne Alteichen-Vorkommen bieten mit ihrem Struktureichtum, ihrem Kronentodholz und ihren Mulmhöhlen vielen Vögeln, xylobionten Tierarten und epiphytischen Kryptogamen einen wertvollen Lebensraum (MÜLLER et al. 2005; WALENTOWSKI & WINTER 2007). Der Fortbestand alter Eichen ist damit grundlegend für den Erhalt der biologischen Vielfalt im Wald.

Die Zukunft der Eiche in mitteleuropäischen Wäldern ist heute unklar. Auf großen Flächen in der naturnahen Waldwirtschaft ist ein deutlicher Rückgang der Eichenarten zu erwarten (DOHRENBUSCH 1996; THOMASIIUS & SCHMIDT 2003; MEYER et al. 2006), insbesondere auf besser wasserversorgten Böden. Auf der anderen Seite wird den Eichenarten ein wärmer und trockener werdendes Klima ein neues Potenzial eröffnen. Basierend auf neueren Trendberechnungen zum Klimawandels (UMWELTBUNDESAMT 2006, 2007) würde sich die Buche von warm-trockenen Regionen zurückziehen (KÖLLING et al. 2007). Hiervon könnten insbesondere Eichen profitieren, sofern ihre Ansamung und Etablierung gelingt.

Aus diesen Gründen ist eine erfolgreiche Eichenverjüngung entscheidend für ein Konzept der ökologischen Nachhaltigkeit. Bemühungen zum Erhalt der Eiche sind vor allem auf trockenen und nährstoffarmen Standorten bei einer langen Vegetationsperiode erfolgversprechend und sinnvoll (Abb. 7). Entscheidend hierbei sind eine geringe Konkurrenz der Bodenvegetation und eine gute Lichtversorgung. Will man die Naturverjüngung der Eichen fördern, so stellt hierzu eine relativ intensive Beweidung im Wechsel mit mehrjähriger Weideruhe eine in Vergessenheit geratene und heute nur mehr wenig bekannte Möglichkeit dar (Abb. 9)!



Abb. 9: Flaumeiche im Trockenrasen am Bollenberg im Elsass. 10.7.2005

Dank

Wir danken Dipl.-Biol. Aksel UHL (Freiburg) für die gründlichen Literaturlauswertungen im Rahmen seiner Diplomarbeit, der ERICH-OBERDORFER-Stiftung für die finanzielle Förderung, sowie den beiden Gutachtern für ihre sehr konstruktiven Hinweise.

Literatur

- AMMER, C., ALBRECHT, L., BORCHERT, H., BROSINGER, F., DITTMAR, C., ELLING, W., EWALD, J., FELBERMEIER, B., GILSA, H. & J. HUSS (2005): Future suitability of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe: critical remarks concerning a paper of Rennenberg et al. (2004). *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* **176**: 60-67.
- BAKKER, E.S., H. OLFF, C. VANDENBERGHE, K. DE MAEYER, R. SMIT, J.M. GLEICHMAN & F.W.M. VERA (2004): Ecological anachronisms in the recruitment of temperate light-demanding tree species in wooded pastures. *Journal of Applied Ecology* **41**: 571–582.
- BERGMANN, J.-H. (2001): Die natürliche Verjüngung der Eichenarten. Shaker, Aachen: 149 S.
- BOGENRIEDER, A. & A. FRISCH (2000): Gebüsche, Pioniergesellschaften, Trockenrasen und Staudenfluren der „Trockenaue Südlicher Oberrhein“. S. 51–116 in: LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg): Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein. Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher.
- BOHN, U., GOLLUB, G., HETTWER, C., ZUPANCIC, M., PUNCER, I. & A. SELIŠKAR (2004): Karte der natürlichen Vegetation Europas: Maßstab 1: 2 500 000; = Map of the natural vegetation of Europe: scale 1: 2 500 000 Bundesamt fuer Naturschutz, Bonn.
- BOSSEMA, J. (1979): Jays and oak. *Behaviour* **70**: 1–117.
- BRAUN, M. & F. DIETERLEN (2005): Die Säugetiere Baden-Württembergs Band 2. Ulmer, Stuttgart: 704 S.
- BÜCKING, W. (1989): Naturwaldreservate der badischen Rheinaue. Konzept der Zustandserfassung und Ausblick auf die künftige Entwicklung. Mitt. Bad. Landesver. Naturk. u. Naturschutz **N.F. 14**: 957-979.
- BURSCHEL, P. & J. HUSS (1996): Grundriß des Waldbaus. - 2. Aufl., 487 S., Pareys Studentexte 49. Berlin.
- BUTTENSCHON, J. (1988): The establishment of woody species in grassland conservation areas. *Aspects of Applied Biology* **16**: 373–381.
- ČATER, M. & F. BATIČ (2006): Groundwater and light conditions as factors in the survival of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) seedlings. *Eur. J. Forest Res.* **125**: 419–426.
- DISTER, E. & A. DRESCHER (1985): Zur Struktur, Dynamik und Ökologie lang überschwemmter Hartholzauenwälder an der unteren March (Niederösterreich). *Verh. GfÖ* **XV**: 295-302.
- DOHRENBUSCH, A. (1996): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung von Traubeneichen-Hainbuchen-Mischbeständen. *Forst und Holz* **51**: 331-339
- DREYER, E. (1994) : Compared sensitivity of seedlings from 3 woody species (*Quercus robur* L., *Quercus rubra* L. and *Fagus sylvatica* L.) to water-logging and associated root hypoxia: effects on water relations and photosynthesis. – *Annales de Sciences Forestières* **51**: 417-429.
- EISENHAUER, D.-F. (1994a): Eichennaturverjüngung unter Kiefer. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landschaftsökol.* **28**: 53-61.
- EISENHAUER, D.-F. (1994b): Eichenunterstand unter Kiefer – Bedeutung bei der Überführung von Kiefernbeständen. *Der Wald* **44** (5): 155-157.
- EISENHAUER, D.-F. (1994c): Inventurergebnisse zum Eichenunterstand unter Kiefer – Gedanken zur weiteren waldbaulichen Behandlung. *Ber. Tagung Brandenbg. Forstverein 1994*: 35-60.
- EISENHAUER, D.-F. (2001): Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik in Kiefernbeständen in Abhängigkeit von Standort, Bestockungsstruktur und Verbissintensität. *Forstarchiv* **72**: 3-16.
- EISFELD, D. (2003): Einfluß von Schwarzwild auf die natürliche Verjüngung von Eichen. Abschlussbericht für das MLR, Projekt Nr. 0203 E, Universität Freiburg.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 5.Aufl. Ulmer, Stuttgart: 1095 S.
- FISCHER, E. (1993): Über den Umbau von Kiefernbeständen mit Eiche aus Hähersaat und Pflanzung. *Forst und Holz* **48**: 525–528.
- FÖRSTER, M. (1977): Beeinflussung von Vegetationsstrukturen durch Wildbestände, (...). – S. 541–551 in TÜXEN, R. (HRSG.): *Vegetation und Fauna*. Cramer – Vaduz.
- FROST, I. & H. RYDIN (1997): Effects of competition, grazing and cotyledon nutrient supply on growth of *Quercus robur* seedlings. *Oikos* **79**: 53–58

- GAERTIG, T., H. SCHACK-KIRCHNER, E.E. HILDEBRAND & K.VON WILPERT (2002): The impact of soil aeration on oak decline in southwestern Germany. *Forest Ecology and Management* **159**: 15–25.
- GILL, R.M.A. (1992): A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on trees and forests. *Forestry* **65**: 363–388.
- GRIME, J.P., J.G. Hodgson & R. Hunt (1978): *Comparative Plant Ecology. A Functional Approach to common British Species*. Castelpoint Press, Cambridge: 752 pp.
- HAFFER, J. & K.M. BAUER (1993): Corvidae. S. 1375–2022 in GLUTZ VON BLOTZHEIM, U.N. & K.M. BAUER (Hrsg.): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 13/III. Passeriformes (4. Teil). Aula – Wiesbaden.
- HAKES, W. (1987): Einfluß von Wiederbewaldungsvorgängen in Kalkmagerrasen auf die floristische Artenvielfalt und Möglichkeiten der Steuerung durch Pflegemaßnahmen. – *Diss. Bot.* **109**: 151 S.
- HARD, G. (1975): Vegetationsdynamik und Verwaltungsprozesse auf den Brachflächen Mitteleuropas. – *Die Erde. Z. Ges. f. Erdkunde z. Berlin* **106**: 243–276.
- HASEL K (1985): *Forstgeschichte*. Parey, Hamburg – Berlin: 258 S.
- HEIDMEIER, P. (1988): Bewertung von Eichenunterstand unter Kiefer im östlichen Münsterland anhand zweier Beispiele, Entwicklungsmöglichkeiten und Tendenzen, Fragen der Übernahme. Diplom-Arbeit Fachhochschule Hildesheim/Holzminde.
- HERTZ-KLEPTOW (1949): Eichensorgen in Nordrhein-Westfalen. *Allg. Forstzeitung* **4/33**: 300–301.
- LIDA, S. (1996): Quantitative analysis of acorn transportation by rodents using magnetic locator. *Plant Ecology* **124**: 39–43.
- JANITSCHKE, B. (1987): Die Stellung des Eichelhäfers im Waldökosystem. Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde Fachbereich Forstwirtschaft: 51 S. + Anhang.
- JEDICKE, E. & W. HAKES (2005): Management von Eichenwäldern im Rahmen der FFH-Richtlinie. Eichenverjüngung im Wirtschaftswald: durch Prozessschutz ausgeschlossen? *Naturschutz u. Landschaftsplanung* **37**: 37–45.
- JENSEN, S. & O.F. NIELSEN (1986): Rodents as seed dispersers in wood succession. *Oecologia* **70**: 214–221.
- JONES, E.W. (1959): Biological flora of the British isles – *Quercus L.* *The Journal of ecology* **47**: 169–222.
- KLEYER, M., BIEDERMANN, R., HENLE, K., POETHKE, H.-J., POSCHLOD, P., SCHRÖDER, B., SETTELE, J., & D. VETTERLEIN (2007): Mosaic cycles in agricultural landscapes of Northwest Europe. *Basic and Applied Ecology* **8**: 295–309.
- KÖLLING, CH., L. ZIMMERMANN & H. WALENTOWSKI (2007): Klimawandel. Was geschieht mit Buche und Fichte? Entscheidungshilfen für den klimagerechten Waldbau in Bayern. *AFZ/Der Wald* **11/2007**: 584–588.
- KOLLMANN, J. & H.P. SCHILL (1996): Spatial patterns of dispersal, seed predation and germination during colonization of abandoned grassland by *Quercus petraea* and *Corylus avellana*. *Vegetatio* **125**: 193–205.
- KRAMER, K., G.W.T.A. GROOT BRUINDERINK & H.H.T. PRINS (2006): Spatial interactions between ungulate herbivory and forest management. *Forest Ecology and Management* **226**: 238–247.
- KREUZWIESER, J., FÜRNISS, S. & H. RENNENBERG (2002): Impact of waterlogging on the N-metabolism of flood tolerant and non-tolerant tree species. *Plant Cell Environ.* **25**: 1039–1049.
- KREUZWIESER, J., E. PAPADOPOUPOU & H. RENNENBERG (2004): Interaction of Flooding with Carbon Metabolism of Forest Trees. *Plant Biology* **6**: 299–306.
- KUITERS, A.T. & P.A. SLIM (2002): Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities. *Biological Conservation* **105**: 6–74
- KUITERS, A.T. & P.A. SLIM (2003): Tree colonisation of abandoned arable land after 27 years of horse-grazing: The role of bramble as a facilitator of oak wood regeneration. *Forest Ecology and Management* **181**: 239–251.

- KÜHNE, C. (2004): Verjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in oberrheinischen Auenwäldern. Dissertation Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Universität Göttingen: 187 S.
- LAMPEN, H.P. (1994): Untersuchungen zur Ausbreitung synzoochorer Gehölze in Grünlandbrachen. Unveröff. Staatsexamensarbeit. Fakultät Biologie Universität Freiburg.
- LEDER, B. (1993): Bestandesanalyse eines älteren Kiefernbestandes mit Eichenhäfersaat. Schriftenreihe der Landesanstalt für Forstwirtschaft Nordrhein-Westfalen **7**: 89–105.
- LUBW (= LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg) (2000): Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein. Verlag Regionalkultur – Ubstadt-Weiher: 496 S.
- LUBW (= LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg) (2006): Dokumentation und Handreichung zur Biotoppflege mit Pferden. Naturschutz-Praxis Landschaftspflege 2. Karlsruhe.
- LÜPKE, B.V. & K. HAUSKELLER-BULLERJAHN (1999): Kahlschlagfreier Waldbau: Wird die Eiche an den Rand gedrängt? *Forst und Holz* **54**: 563–568.
- MANNING AD, FISCHER J, LINDENMAYER DB (2003): Scattered trees are keystone structures – Implications for conservation. *Biol. Cons.* **132**: 311-321.
- MANTEL K (1990): Wald und Forst in der Geschichte. Parey, Hamburg + Hannover: 258 S.
- MELLANBY, K. (1968): The effect of some mammals and birds on regeneration of oak. *Journal of applied Ecology* **5**: 359–366.
- MEYER, P., WEVELL VON KRÜGER, A., STEFFENS, R. & W. UNKRIG (2006): Naturwälder in Niedersachsen – Schutz und Forschung. Band **1**: 339 S. Nordwestdt. Forstl. Vers.Anst., Göttingen.
- MICHELIS, H.-G., BOEUF, R. & R. HAUSCHILD (2007): Vorschläge für die syntaxonomische Gliederung der Waldgesellschaften in der badisch-elsässischen Rheinaue. *Mitt. Flor.-Soz. Arb.-Gem. N.F.* **27**: 27–57.
- MÜLLER, J., BUSSLER, H., BENSE, U., BRUSTEL, H., FLECHTNER, G., FOWLES, A., KAHLER, M., MÖLLER, G., MÜHLE, H., SCHMIDL, J. & P. ZABRANSKY (2005): Urwald-Reliktarten – Xylobionte Käfer als Indikatoren für Strukturqualität und Habitattradition. *Waldökologie online* **2**: 106-112.
- NEBEL, M. (1990): Fagaceae. S. 356–368 in: SEBALD, O., S. SEYBOLD & G. PHILIPPI (1990): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Bd. 1. Ulmer – Stuttgart: 624 S.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. G. Fischer, Jena, Stuttgart, New York: Tabellenband 580 S., Textband 282 S.
- OSTERMANN R (2002): Die Niederwälder am Fuß der Ostvogesen (Elsass/Frankreich) – eine kulturgeografische und vegetationskundliche Analyse. *Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung* **21**: 180 S.
- OSTERMANN R (2004): Vegetationsdynamik in Bannwäldern des Taubergießengebietes (Überflutungsauere der Staubeiche). *Waldschutzgebiete Bad.-Württ.* **4**: 78 S.
- POTT, R. & J. HÜPPE (1991): Die Hudelandschaften Nordwestdeutschlands. *Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde* **53**: 5–313.
- RACKHAM, O. (1980): *Ancient woodland*. Edward Arnold, London: 584 pp.
- REBHOLZ, M. (2006): Kiefernwälder der Trockenaue am Oberrhein – Vegetation, Naturverjüngung und Totholz in Abhängigkeit von der Bestandesstruktur. Diplomarbeit, Waldbau-Institut, Universität Freiburg.
- REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN (Hrsg.) (2006): Regionale Klimaanalyse Südlicher Oberrhein (REKLISO). www.region-suedlicher-oberrhein.de (download am 27.01.2006)
- REIF, A. (1983): Nordbayerische Heckengesellschaften. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* **41**: 3-204.
- REIF, A. (1985): Flora und Vegetation der Hecken des Hinteren und Südlichen Bayerischen Waldes. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* **44**: 179-276.
- REIF, A. (1987): Vegetation der Heckensäume des Hinteren und Südlichen Bayerischen Waldes. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* **45**: 277-343.
- REIF, A. & G. HETZEL (1994): Die Vegetation der Waldaußenränder des Großen Kappeler Tales bei Freiburg, Südschwarzwald. *Mitt. Bad. Landesverein f. Naturkunde N.F.* **16**: 1-34.

- REIF, A. (1996): Die Vegetation der Trockenau am Oberrhein zwischen Müllheim und Breisach. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg **84/85**: 81–150.
- REIF, A., KNOERZER, D., COCH, T. & R. SUCHANT (2001): Landschaftspflege in verschiedenen Lebensräumen. XIII-7.1 Wald. - In: KONOLD, W., BÖCKER, R. & U. HAMPICKE (Hrsg): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege, 4. Erg.Lfg. 3/01, 88 S. Ecomed-Verlag, Landsberg.
- REMMERT, H. (ed.) (1991): The mosaic-cycle concept of ecosystems. Springer, Berlin: 200 S. (= Ecological Studies **85**).
- SAYER, U. (2000): Die Ökologie der Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) und ihrer Hybriden auf Kalkstandorten an ihrer nördlichen Arealgrenze (Untersuchungen zu Boden, Klima und Vegetation). Dissertationes Botanicae 340. J. Cramer, Stuttgart: 198 S.
- SCHERNER, E.R. (1980): *Columba palumbus* – Ringeltaube. S. 64–97 in GLUTZ VON BLOTZHEIM, U.N. & K.M. BAUER (Hrsg): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 9. *Columbiformes*. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- SCHMIDTKE, H. (1993): Wuchsentwicklung einer Stieleichenhäfersaat unter aufgelockertem Kieferschirm im pleistozänen Flachland, Unveröff. Diplomarbeit der Forstwiss. Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.
- SCHNITZLER, A. (1996): Les forêts alluviales des lits majeurs de l'Allier et de la Loire moyenne entre Villeneuve/Allier et Charité/Loire. Etude phytosociologique, Diagnostic de naturalité et propositions de Renaturation. Doc. Phytosoc. **N.S. XVI**: 25-44.
- SCHREIBER, K.-F. (1997a): Sukzessionen – Eine Bilanz der Grünland-Bracheversuche in Baden-Württemberg. – Schriftenreihe d. PAÖ 23: 188 S.
- SCHREIBER, K.-F. (1997b): Grundzüge der Sukzession in 20-jährigen Grünland-Bracheversuchen in Baden-Württemberg. – Forstwiss. Cbl. **116**: 243-258.
- SCHREIBER, K.-F. (2001): 25 Jahre Landschaftspflegemaßnahmen in den Bracheversuchsflächen in Baden-Württemberg. – NZH Akademie Ber. **2**: 5-42.
- SCHUPP, E.W. (1995): Seed-Seedling Conflicts, Habitat Choice, and Patterns of Plant Recruitment. *American Journal of Botany* **82** (3): 399-409.
- SCHUTZGEMEINSCHAFT DEUTSCHER WALD (Hrsg) (2006): Waldzustandsbericht 2006. Download 7.9.2007 <http://www.sdw.de/wald/waschb06.htm>.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1981): Waldkrankheiten. Parey, Hamburg: 486 S.
- SEEGER, M. (1930): Erfahrungen über die Eiche in der Rheinebene bei Emmendingen (Baden). Allg. Forst- u. Jagdzeitung **106**: 201–219.
- SENN, J. & H. HÄSLER (2005): Wildverbiss: Auswirkungen und Beurteilung. Forum für Wissen **2005**: 17-25.
- SHAW, M.W. (1968a): Factors effecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North-Wales: I. A preliminary study of acorn production, viability and losses. *The Journal of Ecology* **56**: 565–583.
- SHAW, M.W. (1968b): Factors effecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in North-Wales: II. Acorn losses and germination under field conditions. *The Journal of Ecology* **56**: 647–660.
- SHAW, M.W. (1974): The reproductive characteristics of oak. S. 162–181 in: MORRIS, M.G. & F.H. PERRING (1974): *The British oak – its history and natural history*. E.W. Classey Ltd., Faringdon: 376 pp.
- SIEBEL, H.N. & I.M. BOUWMA (1998): The occurrence of herbs and woody juveniles in a hardwood floodplain forest in relation to flooding and light. *Journal of Vegetation Science* **9**: 623–630.
- SKOGLUND, J. (1989): Regeneration, Establishment and Distribution of *Quercus robur* in relation to a flooding and light gradient. *Studies in Plant Ecology* **18**: 238–239.
- SMIT, R., J. BOKDAM, H. OLFF, J. DEN OUDEN, H. SCHOT-OPSCHOOR & M. SCHRIJVERS (2001): Introduction and exclusion effects of large herbivores on small rodent communities. *Plant Ecology* **155**: 119–127.
- SPÄTH, V. (2002): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. *AFZ/Der Wald* **15/2002**: 807-810.

- STÄHR, F. (2007): Eiche unter Kiefer. Perspektiven im nordostdeutschen Tiefland. *AFZ/Der Wald* **10/2007**: 514-517.
- STÄHR, F. & T. PETERS (2000): Hähersaat – Qualität und Vitalität natürlicher Eichenverjüngung im nordostdeutschen Tiefland. *AFZ/Der Wald* **23/2000**: 1231–1234.
- STÄHR, F. & J.-H. BERGMANN (2006): Der Einfluss von Verhaltensmustern des Eichelhäfers auf Ankommen und Etablierung von Hähersaaten unter Kiefer. *Eberswalder Forstliche Schriftenreihe* **25**: 101–105.
- STEIGER, H.-H. (1987): Die Eichelhäfersaat als Bestandteil naturgemäßer Waldbewirtschaftung am Beispiel des Forstamtes Osterholz-Scharmbeck. Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde Fachbereich Forstwirtschaft: 57 S. + Anhang.
- STIMM, B. & K. BÖSWALD (1994): Die Häher im Visier – Zur Ökologie und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbreitung durch Vögel. *Forstw. Cbl.* **113**: 204–223.
- THOMASIU, H. & P.A. SCHMIDT (2003): Waldbau und Naturschutz. – In: KONOLD, W., BÖKER, R. & U. HAMPICKE (Hrsg): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. 10. Erg.Lfg. 8/03, ecomed, Landsberg: 44 S.
- TURČEK, F.J. (1975): Tiersaaten im Walde und ihre wirtschaftliche Nutzung. *Forstpflanzen Forstsamen* **15**: 37–41.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hrsg.) (2006): Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben. Hintergrundpapier, Dessau, download Oktober 2006. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/Anpassung-Klimaaenderungen.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hrsg.) (2007): Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG. Hintergrundpapier, Dessau, download Januar 2007. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/RegionaleKlimaaenderungen.pdf>
- UHL, A. (2007): Verjüngung und Jugendwachstum von natürlichen angesamten Stieleichen (*Quercus robur*) auf Xerothermstandorten am südlichen Oberrhein. Diplomarbeit, Universität Freiburg: 63 S. + Anhang.
- VERA, F.W.M. (2000): *Grazing ecology and forest history*. CAB International Publishing, Oxon: 528 pp.
- VULLMER, H. (1993): Untersuchungen zur Biologie des Eichelhäfers und seines Beitrages zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. Unveröff. Abschlußbericht Staatliches Forstamt Sellhorn: 58 S.
- VULLMER, H. & U. HANSTEIN (1995): Der Beitrag des Eichelhäfers zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. *Forst und Holz* **50**: 643–646.
- WALENTOWSKI, H. & S. WINTER (2007): Naturnähe im Wirtschaftswald – was ist das? – *Tuexenia* **27**: 19-26.
- WATT, A.S. (1919): On the causes of the failure of natural regeneration in British oakwoods. *J. Ecol.* **7** (3/4): 173–203.
- WEINREICH, A. (2000): Qualitätsentwicklung junger Eichen in Bestandeslücken. Dissertation, Waldbau-Institut, Universität Freiburg: 235 S.
- WOLF, G. (1980): Zur Gehölzansiedlung und -ausbreitung auf Brachflächen. *Natur und Landschaft* **55**: 375-380.
- WOLF, W., FREI, K. & W. BÜCKING (2005): Forstliche Aufnahmen des Bannwaldes „Bechtaler Wald“. S. 7-42 in: FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg): *Bannwald „Bechtaler Wald“ – eine Laubwald-Biozönose vor und nach dem Sturm Lothar (= Waldschutzgebiete Baden-Württemberg 8)*.
- ZIEGENHAGEN, B. & W. KAUSCH (1993): Zur Reaktion junger Eichen auf Licht und Schatten. *Forst und Holz* **7**: 198–201.

submitted: 07.09.2007
 reviewed: 06.11.2007
 accepted: 23.11.2007

Autorenanschrift:

Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif

Waldbau-Institut

Standorts- und Vegetationskunde

Universität Freiburg

Tennenbacher Str. 4

D-79085 Freiburg

e-mail: albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

Dr. Stefanie Gärtner

Waldbau-Institut

Standorts- und Vegetationskunde

Universität Freiburg

Tennenbacher Str. 4

D-79085 Freiburg

e-mail: Stefanie.Gaertner@waldbau.uni-freiburg.de