

Naturverjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) im Gebiet der „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein (Südwestdeutschland)

AKSEL UHL, ALBERT REIF, STEFANIE GÄRTNER

Zusammenfassung

Die Naturverjüngung der Stieleiche (*Quercus robur*) wurde im Gebiet der trockengefallenen Aue des südlichen Oberrheins in unterschiedlichen Bestandestypen untersucht. Die Dichte des Jungwuchses verschiedener Größenklassen und der Verbissgrad wurden analysiert. Für einzelne Jungeichen wurden die Wasserspeicherleistung des Bodens, die Lichtverfügbarkeit, die umgebende Vegetation sowie Wuchshöhe und Verbissgrad erfasst.

Die Unterschiede zwischen den Bestandestypen lassen sich durch die Parameter Lichtverfügbarkeit für die Krautschicht und die Wasserspeicherleistung der Böden charakterisieren. Diese beiden Parameter korrelieren im Untersuchungsgebiet.

Die Verjüngungsdichte betrug durchschnittlich 588 Jungeichen je ha. Die geringste Dichte wurde mit 330 Jungeichen je ha in flächigen Gebüschern auf trockenen Standorten gefunden, die höchste mit 1460 Jungeichen je ha in offenen Mantelsituationen von Kiefernforsten. Die Jungwuchsdichten waren in Mantelsituationen jeweils höher als in zugehörigen flächigen Gehölzbeständen.

Etwa 75 % der untersuchten Eichen waren kleiner als 40 cm. Der Anteil der Größenklasse von > 130 cm bei < 7 cm BHD betrug lediglich 5 % (weniger als 30 Individuen je ha). Diese Zahlen belegen einen geringen Erfolg der Naturverjüngung.

Die Gründe für diesen Befund sind in der unzureichenden Lichtverfügbarkeit in Wäldern und Gebüschern auf geeigneten Böden und dem selektiven Verbissdruck durch das Rehwild (*Capreolus capreolus*) zu suchen. Lediglich 20 % der gefundenen Eichen waren unverbissen; 66 % waren mehrfach verbissen. Der Verbiss setzt schon unter 10 cm Wuchshöhe an. Alle Eichen größer 40 cm waren mehrfach verbissen.

Eichen weisen mit zunehmender Lichtverfügbarkeit eine erhöhte Toleranz gegenüber Stressfaktoren auf. Das Verhältnis von Schaftdurchmesser geteilt durch die Wuchshöhe stellt ein Maß des bisherigen Beharungsvermögens von Jungeichen dar.

Abkürzungen: BHD = Brusthöhendurchmesser; ha = Hektar; nFK = nutzbare Feldkapazität.

Summary

We studied the natural regeneration of pedunculate oak (*Quercus robur*) in a 115 ha area on former alluvial sites of the upper Rhine valley. After rectification of the river, and subsequent incising, xerothermic veg-

etation prevails today. The first objective of this study was to get basic information about the density of the oak regeneration in the different vegetation types. The study area was stratified into different vegetation types. Within these the different height classes of the regenerating oaks and the degree of browsing were recorded. A second objective was to characterise the sites conditions where oak seedlings could successfully establish. Individual oak seedlings were measured along transects (height and browsing). For each seedling the following site factors were recorded or assessed: soil water storage capacity, the percentage above canopy light, and the cover of the surrounding vegetation.

The differences between the vegetation types were mainly due to the percentage of the above canopy light arriving on the ground level vegetation and the soil water storage capacity (those two variables were correlated).

The average density of the oak regeneration was 588 juveniles per hectare. The lowest density (230 seedlings per ha) was found in shrubland vegetation on dry sites, while the highest density (1460 seedlings per ha) grew along open edges of Scots pine stands. In general, forest edges contain higher densities than the adjacent stands.

About 75 % of the oak juveniles found were smaller than 40 cm. Only 5 % were in the > 130 cm - < 7 cm dbh class, which means less than 30 individuals per ha, and indicates that the natural regeneration is not very successful. The causes were the low light availability and the selective browsing by roe deer (*Capreolus capreolus*). Only 20 % of the juveniles were not browsed, 66 % were partly browsed. Oak juveniles were browsed above an height of less than 10 cm. All oak juveniles above 40 cm were browsed several times. It appears, that the higher the light availability, the more tolerant are the juveniles against stress factors in general. The height/diameter relationship can be regarded as a measure for the oak vitality.

Autoren

Dipl.-Bio. AKSEL UHL, Ritterstr. 26, 77746 Schutterwald, akxel.uhl@web.de

Prof. Dr. h. c. ALBERT REIF, Dr. STEFANIE GÄRTNER, Standorts- und Vegetationskunde, Waldbau-Institut, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Tennenbacher Str. 4, D-79085 Freiburg. Tel.: (0049) 0761 203 3683, FAX: (0049) 0761 203 3781, albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

1. Einleitung

Eichen – in erster Linie Stiel- und Traubeneichen – sind in den mitteleuropäischen sommergrünen Laubwäldern weitverbreitete, besonders auf Standorten relativ unausgeglichene Wasserhaushalts auch bestandsbildende Arten in der Baumschicht (ELLENBERG 1996, WILMANN 1998). Die Verhältnisse in der Kraut- und vor allem in der Strauchschicht dieser Wälder spiegeln die Baumartenzusammensetzung nicht wider. Die Eichen verjüngen sich natürlich kaum bis gar nicht. Schon WATT (1919: 173) schreibt: „...the occurrence of natural regeneration of oakwoods in this century seems to be something of rarity.“ Die Gründe für dieses nun mindestens hundertjährige Defizit an Eichenverjüngung sind vielfältig: Veränderungen in der Waldstruktur infolge von Nutzungswandel (RACKHAM 1980: 297), überhöhte Wildbestände (z.B. KUITERS & SLIM 2002), der Mehltau als eingeschleppte Pilzkrankheit (SHAW 1974: 169, 175, SCHWERDTFEGER 1981: 88), Veränderungen im Wasserhaushalt (HERTZ-KLEP-TOW 1949, BARNER 1952: 162, ČATER & BATIČ 2006: 424) und auch geringere Förderung, nachdem die Hude- und Mittelwälder ihre frühere Funktion verloren haben (KÜSTER 2003).

Den Berichten über fehlende Eichenverjüngung stehen in der Literatur verschiedentlich hohe Verjüngungszahlen von Eichen gegenüber, besonders für lichte Kiefernwälder (MELLANBY 1968: 360ff, BOSSEMA 1979, JANITSCHKE 1987, STEIGER 1987, HENDRIKS 1990 zitiert in SCHMIDTKE 1993: 86, HORST 1990 zitiert in STIMM & BÖSWALD 1994: 218, LEDER 1993: 95, SCHMIDTKE 1993: 49, LAMPEN 1994: 49, KUITERS & SLIM 2002: 70; Zusammenstellung der Daten in UHL 2007). Im Gegensatz dazu fehlen genaue Dichteangaben in Publikationen, die von mangelnder Eichenverjüngung berichten. Daraus wird deutlich, dass Zählungen von Jungwuchs ihren Schwerpunkt dort hatten, wo es zahlreich Jungwuchs zu zählen gibt. Beispielhaft wird dies deutlich an den Arbeiten von MELLANBY (1968), der nur für Lichtungen, Brachen und Gärten Zahlen nennt; jedoch keine für das Bestandesinnere von Wäldern, sowie von JANITSCHKE (1987), der gezielt lichtreiche Bestände untersuchte, da nur dort hohe Verjüngungsdichten zu erwarten sind. Im Untersuchungsgebiet der „Trockenaue“ kommt zur generellen Entwicklung der Eichensituation die massive standörtliche Veränderung des Gebietes durch die Rheinbegradigung und die resultierende Grundwasserabsenkung hinzu.

Ziel der Untersuchung war es, die Situation des Eichenjungwuchses auf trockenen Standorten (< 100 mm nFK) zu analysieren. In diesem Artikel wird

- (1) die Dichte des Eichenjungwuchses verschiedener Größenklassen in verschiedenen Bestandestypen der „Trockenaue“ dargestellt;
- (2) der Mikrostandort vorhandener Individuen von Eichenverjüngung mit Zeigerwerten, Lichtmessungen und Bodenmerkmalen beschrieben sowie der jeweilige Verbißgrad dokumentiert.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in der südlichen Oberrheinischen Tiefebene westlich der Ortschaft Grissheim in der ehemaligen Aue des Neuenburger Rheinwalds, zwischen der rezenten Aue im Westen und der Bundesautobahn A5 im Osten südlich der Rheinstraße von Grissheim auf 205 bis 210 m ü. NN.

Das Temperaturjahresmittel der benachbarten Station Bremgarten liegt bei 9,8–10,5 °C. Der jährliche Niederschlag beträgt durchschnittlich 630–660 mm (nach REKLIP (1995) mehr als 720 mm) (COCH 2000: 21) innerhalb der Vegetationsperiode von April bis September 360–450 mm (REKLIP 1995). Die Niederschlagsmenge schwankt über die Jahre extrem. Bedeutsam sind für die Vegetation extreme Trockenjahre wie das Jahr 1949, in dem nur 200 mm Niederschlag fielen (COCH 2000: 21).

In die eiszeitlich abgelagerten alpinen Schotter hat sich der Rhein südlich des Kaiserstuhls im Holozän zwischen 3 und 12 m eingetieft (COCH 2000: 17). Die Baumaßnahmen zur Rheinkorrektur wurden in dem südlichen Teil um 1849 begonnen (SCHEIFELE 1962: 205). 1858 erreichte der Rheinausbau das Gebiet des Grissheimer Gemeindewalds (VON STADEN & COCH 2000: 154) und 1876 waren die Arbeiten in der Hauptsache vollendet (SCHEIFELE 1962: 205).

Etwa ab 1890 traten Trockenschäden auf (SCHEIFELE 1962: 207). Eine zweite Ausbaustufe erfuhr der Rhein durch den Bau des Rheinseitenkanals (Grand-Canal-d'Alsace). Das Teilstück auf Höhe des Untersuchungsgebiets wurde 1957 mit dem Stauwehr von Fessenheim fertiggestellt. Durch die weitere Grundwasserabsenkung kam es im Untersuchungsgebiet zu keiner weiteren Verschlechterung, da das Grundwasser schon zuvor nicht mehr erreichbar war. Die Grundwasserabsenkung beträgt heute im Süden bei Istein

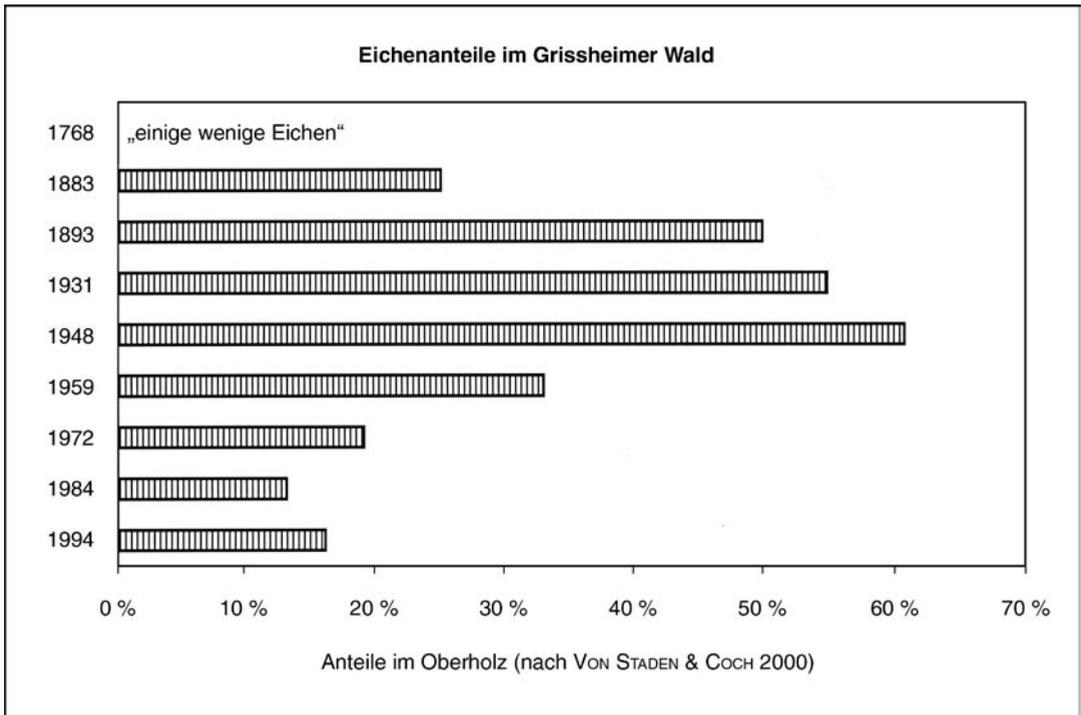


Abbildung 1. Die Entwicklung der Eichenanteile im Gemeindewald von Grissheim.

7 m, nördlich des Gebiets bei Hartheim 3 m (COCH 2000: 23).

Aus dem bis 1876 angelandeten Lehmschlick, Sandschlick, Fein- und Grobsand sowie Fein- und Grobkies entstanden zunächst die Auenbodentypen Rambla und Paternia, die mit dem Fehlen der Überflutungen heute als Pararendzinen, in Teilen auch als schwach entwickelte basenreiche Braunerden anzusehen sind (VON STADEN & COCH 2000: 153). Während vor der Rheinkorrektion primär die Höhe über der Mittelwasserlinie für die Standortscharakterisierung wichtig war, so ist heute, nach dem Absacken des Grundwassers unter die von Pflanzen erreichbare Tiefe, die Feinsedimentauflage über dem Kies entscheidend.

Die Anteile der Stieleiche nahmen nach der Rheinkorrektion aufgrund von Pflanzung stark zu und erreichten über 60 % der bestandesbildenden Schicht bei der forstlichen Erhebung 1948. Danach brachen die Bestände zusammen (VON STADEN & COCH 2000). Trauben- und Flaumeichen wurden im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen.

3. Methodik

3.1. Flächenbezogener Ansatz zur Ermittlung der Dichte der Eichenverjüngung

Stichprobendesign

In einem flächenbezogenen Ansatz wurde die Anzahl der Eichenjungwüchse in verschiedenen Lebensräumen untersucht. Das Untersuchungsgebiet wurde hierfür in Linien begangen. Diese Linien sind im Falle von Mantelstrukturen naturgegeben. Innerhalb flächiger Bestände wurden die Linien am Gauß-Krüger-Koordinatensystem ausgerichtet ($R\ 33\ 92200 + n \cdot 200\ m$ – für das erste Raster). Auf diesen Linien lagen die Probeflächen der Dichteuntersuchung. Die Probeflächen wurden den unten beschriebenen Bestandestypen zugeordnet. Wenn für die ausgewählten Bestandestypen auf den Linien nicht genügend Probeflächen erreicht wurden, so wurden in flächigen Beständen erneut Linien in einem engeren Abstand von 50 m gelegt.

Der flächenbezogene Ansatz zielt auf die Bestimmung der Häufigkeit der Eichen-Jungwüchse in

verschiedenen Lebensräumen (Bestandestypen). Hierzu sollten mäßig trockene (< 100 mm nFK) bis äußerst trockene Standorte untersucht werden. Die Zuordnung einer Probefläche zu einem Bestandestyp erfolgte, wenn die charakteristischen Elemente des Bestandestyps auf mindestens zwei Dritteln der Fläche erfüllt waren.

Stratifizierung der Probeflächen

Die vorab definierten Bestandestypen waren:

- Birke: Diese Einheit umfasst überwiegend aufgelockerte Bestände mit meist hohem Anteil von durch Trockenheit abgestorbenen Birken (*Betula pendula*).
- Kiefer – Kiefernforste: Kiefernkulturen (*Pinus sylvestris*), die nach vorhergehender Bodenschätzung auf den besten Standorten des Gebiets überwiegend in den 1960er Jahren angelegt wurden (VOGEL 1969).
- MKiefer – Mäntel an Kiefernforsten
- EiLi – Eichen-Linden-Wälder (Carici-Tilietum): Stieleichen- und Winterlinden-reiche Waldbestände oder Gehölze.
- MEili – Mäntel an Eichen-Linden-Wäldern
- Geb – Gebüsche: Sanddornbusch (*Salici-Hippophaëtum rhamnoidis*) und Ligustergebüsch (*Pruno-Ligustretum*), einschließlich der Dominanzbestände der Feldulme (*Ulmus minor*).
- MGeB – Mäntel an Gebüsch
- Offen – Offenland: Bereiche mit maximal lockerem (bis 30 % Deckung) Baum- oder Gebüschbestand. Von mäßig frischen Standorten mit hochwüchsigen Goldrutendominanzbeständen über versaumende Halbtrockenrasen bis zu Volltrockenrasen hat dieser Bestandestyp eine große standörtliche Amplitude und floristische Heterogenität. Meist durch Mulchen, Beweidung und/oder Enthurstung offengehaltene Flächen.
- Sonstige: Bereiche, die nach den genannten Kriterien keinem Bestandestyp zuzuordnen sind. Dies betrifft Übergänge zwischen Bestandestypen, Robinienpflanzungen und Wege.

Mäntel wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie nicht durch frische Rodung neu entstanden waren, und wenn sie bezüglich des Bodens mit den dahinter liegenden flächigen Beständen vergleichbar waren. Mäntel an Wegrändern waren aufgrund von erst kürzlich erfolgten wegebaulichen Maßnahmen nur selten geeignet; viele weitere Mäntel kommen an ehemaligen Uferabbrüchen zu liegen; aufgrund der Standortsunterschiede zum angrenzenden Bestand wurden sie ebenfalls nicht in diese Untersuchung

einbezogen. Ausführliche Beschreibungen der beteiligten Pflanzengesellschaften finden sich in BOGENRIEDER & FRISCH (2000) für Gebüsch- sowie gehölzfreie Gesellschaften und in REIF et al. (2000) für die Wälder. Eine Vegetationskarte des Gebiets liegt nach einer Kartierung von LUTZ in KERSTING & JEHL (1991) vor.

Probeflächenauswahl, Anzahl und Größe

Für die Dichteuntersuchung wurden die Stieleichen verschiedener Größenklassen innerhalb der Bestandestypen auf Probeflächen gezählt. Die Probeflächen waren 5 m lang und 1 m breit. Gezählt wurden alle Eichenindividuen, deren Stamm innerhalb der Probefläche stand. Zielgröße für die Anzahl der Probeflächen war 200 je Bestandestyp.

Die Probeflächen lagen aneinandergereiht auf den Transektlinien, so dass de facto ein je 1 m breiter Streifen abgesucht wurde. Die Erfassung begann an ganzzahligen (Hoch-)Werten des Gauß-Krüger-Systems. Entlang von Mänteln wurde der Probeflächenstreifen dem Mantelverlauf angepasst. Gering repräsentierte Bestandestypen wurden an den Mänteln komplett erfasst. Ein Nachteil bei aneinander grenzenden Probeflächen liegt darin, dass sie nicht als unabhängig voneinander gelten dürfen. Dieses Problem war im Falle der Mantelstrukturen wegen deren geringer Zahl nicht zu lösen und wurde im Falle flächiger Bestände zur Erzielung hoher Stichprobenzahlen in Kauf genommen.

Aufgenommene Variablen

Anzahl

Bei der Zählung der Eichenindividuen wurden folgende Größenklassen unterschieden: a) unverholter Keimling; b) < 20 cm, verholzt; c) 20–70 cm; d) 70–130 cm; e) > 130 cm, BHD < 7 cm (BHD: Brusthöhen-Durchmesser); f) > 7 cm BHD. Bei den Größenklassen a–e wurden nur die Individuen, deren Stammmittelpunkt (am Boden) innerhalb der Probefläche zu liegen kam, notiert. Alte Eichen (f) wurden berücksichtigt, wenn mindestens die Krone in die Probefläche hineinragte. Dies soll Auskunft darüber geben, ob Alteichen in unmittelbarer Nähe vorhanden sind.

Verbiss

Die Größenklassen der Jungpflanzen bis 130 cm Größe (a–d) wurden nach Verbiss differenziert: 0 - unverbissen; 1 - einmaliger Leittriebverbiss; Im - mehrmaliger Leittriebverbiss; t - Totalverbiss, Jungbaum ohne Blätter.

3.2. Individuenbezogener Ansatz

Erhebung des Eichenjungwuchses und seines Mikrostandorts

Während der Arbeiten zur Dichteuntersuchung wurden Individuen der Größenklassen (1) verholzte Jungeichen < 20 cm; (2) 20–70 cm; und (3) 70–130 cm für weiterführende Untersuchungen ausgewählt: Jeweils im Bereich von zehn aufeinander folgenden Probeflächen der Dichteuntersuchung wurde das erste gefundene Eichenindividuum je Größenklasse ausgewählt. Dies sollte verhindern, dass die erfassten Individuen im Untersuchungsgebiet zu sehr geklumpt zu liegen kommen. Die Individuen mussten nicht in den Probeflächen der Dichteuntersuchung liegen.

Aufgenommene Variablen

Licht – hemisphärische Fotografie:

Die Lichtverfügbarkeit wurde mittels hemisphärischer Fotografie und Auswertung am Computer abgeschätzt. Die Methodik war weitgehend wie von BRUNNER (2002) beschrieben, weicht jedoch in einigen Punkten davon ab: Die Fotos wurden an der Triebspitze der untersuchten Eichen aufgenommen, was unterschiedliche Aufnahmehöhen bedeutet.

Dicke: An der Basis bzw. bei bis zur Basis geschädigten Individuen wurde der Durchmesser des Wurzelhalses mittels Schieblehre gemessen.

Wildverbiss: 0 - Unverbissen; 1 - Einmaliger Leittriebverbiss; Im - Mehrmaliger Leittriebverbiss; t - Totalverbiss, Jungbaum ohne Blätter.

Vegetation: Aufnahme in 2 m Radius um die Jungeiche nach der erweiterten Braun-Blanquet-Skala (WILMANN 1998). Wegen der geringen Flächengröße wird nicht in R und + differenziert (mit Ausnahme der Eichen). Die aufgenommenen Arten wurden nach ihrer Wuchshöhe folgenden Schichten zugeordnet: Krautschicht < 1 m; Strauchschicht < 5 m; Baumschicht > 5 m. Die Deckungsschätzung der einzelnen Schichten setzt gleiche Grenzen, differenziert jedoch die Krautschicht nochmals in kleiner 20 cm und in 20–100 cm Höhe.

Nutzbare Feldkapazität (nFK): Die Feinsedimentauflage über Kies wurde mittels Bohrstock beprobt. Unterschiedliche Mächtigkeit der Feinsedimentauflage führte zu unterschiedlicher Probetiefe. Eine Fehlerquelle ist die gelegentliche Überlagerung von Kies über Feinsediment.

Notiert wurden Schichtmächtigkeiten und Bodenart der Schichten. Die Körnungsbestimmung erfolgt nach Institut f. Bodenkunde u. Waldernährung Freiburg (2006). Besonders bei trockenem, sandreichem Boden war die Probe durch ausfallendes Material oft unvollständig. Schichten mit grobkörnigen Bestandteilen wurden als „kiesig“ notiert.

Berechnung der nutzbaren Feldkapazität (nFK): Die Werte für die nFK in Abhängigkeit der Bodenart wird aus der Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 2005) übernommen. Die Rohdichte wurde nicht erfasst. Es wurden einheitlich die Werte geringer Rohdichte verwendet. Kiesige Schichten wurden pauschal mit einem Abschlag von 20 % berücksichtigt. Ausgefallene Probebestandteile wurden mit dem Wasserspeicherwert von Sand berücksichtigt, da überwiegend die sandreichen Bohrprofilbereiche herausfielen. Der erhaltene Wert ist als Minimum der nFK des Bodens zu verstehen.

3.3. Datenanalyse

Die Zeigerwerte nach ELLENBERG wurden im Programm JUICE (TICHY 2002) berechnet. Die Berechnung der mittleren Zeigerwerte wurde anhand der Krautschicht (Ausschluss der Baum- und Strauchschicht) qualitativ (ungewichtet) vorgenommen (ELLENBERG et al. 2001: 27).

Als Test auf Unterschiede zwischen Gruppen fand der Mann-Whitney-U-Test Verwendung. Die Beziehungen zwischen Variablen wurden mithilfe von Kendall-Tau-b für ordinale und Korrelation nach PEARSON für metrische Daten geprüft. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Programm SPSS. Zur Berechnung von Regressionen und zur Erstellung der Diagramme wurde MS-Excel verwendet.

4. Ergebnisse

4.1. Lichtversorgung und Wasserhaushalt der Bestandestypen

Anmerkung: Die Beschreibung der Bestandestypen erfolgt anhand von Werten, die aus der Untersuchung des unmittelbaren Umfelds von Jungeichen stammen. Sie ist daher nicht repräsentativ für die Gesamtheit des jeweiligen Bestandestyps, da der Jungwuchs nicht zufällig verteilt vorkommt. Aus den eigenen Beobachtungen sei angemerkt, dass weder in den trockensten

Bereichen des Offenlands noch in den dunkelsten Bereichen von Gehölzbeständen Aufnahmen gemacht wurden. Die Probenahme bei Eichenjungwuchs hat daher eine mittelnde Wirkung. Die realen Unterschiede zwischen den Bestandestypen sind daher größer als dargestellt.

Die Zeigerwerte der Lichtzahl schwanken im Bereich der Halbschatten- bis Halblichtpflanzen. Die Rangfolge der Bestandestypen weist die Eichen-Linden-Wälder als dunkelste Einheit aus, gefolgt von Kieferforsten, den Einheiten Birken und Gebüsch. Die Mäntel als Übergangsbereiche zwischen geschlossener Gehölzformation und Offenland weisen einheitlich höhere Werte auf. Der maximale Wert wird im Bestandestyp Offenland erreicht. Die Unterschiede zwischen Bestandesinnerem zur Mantelsituation und zwischen Mantelsituation zu Offenlandsituation sind jeweils signifikant (vgl. Tabelle 1).

Die untersuchten Messpunkte in Offenland, Mäntel von Gebüsch und Kiefernforsten weisen im Mittel sehr geringe bis geringe Speicherleistungen auf und sind voneinander nicht signifikant

verschieden. Proben im Eichen-Linden-Wald und zugehörigem Mantel weisen zueinander ähnliche, geringe Speicherleistungen auf, welche höchst signifikant geringer sind als die mittleren Speicherleistungen in den Kieferforsten. Die Werte innerhalb der Einheit Birke streuen über einen großen Bereich mit durchschnittlich mittlerer Speicherleistung und einem sehr hohen maximalen Wert von 280 mm nutzbarer Feldkapazität im oberen Meter (wobei die Mächtigkeit der Feinsedimentauflage größer als die Bohrstocklänge war). In einer Stichprobe konnte eine Feinsedimentauflage über Kies von 2,1 m nachgewiesen werden.

Die Bestandestypen unterscheiden sich in erster Linie nach der Lichtverfügbarkeit und dem Wasserspeichervermögen der Böden (Abbildung 2). Diese beiden Parameter sind im Gebiet miteinander korreliert. Der Zusammenhang ist höchst signifikant: Tendenziell gedeihen Rasen- und Saumgesellschaften auf trockeneren Böden und sind besser mit Licht versorgt, Wälder auf mäßig trockenen Böden bedingen das Vorkommen von

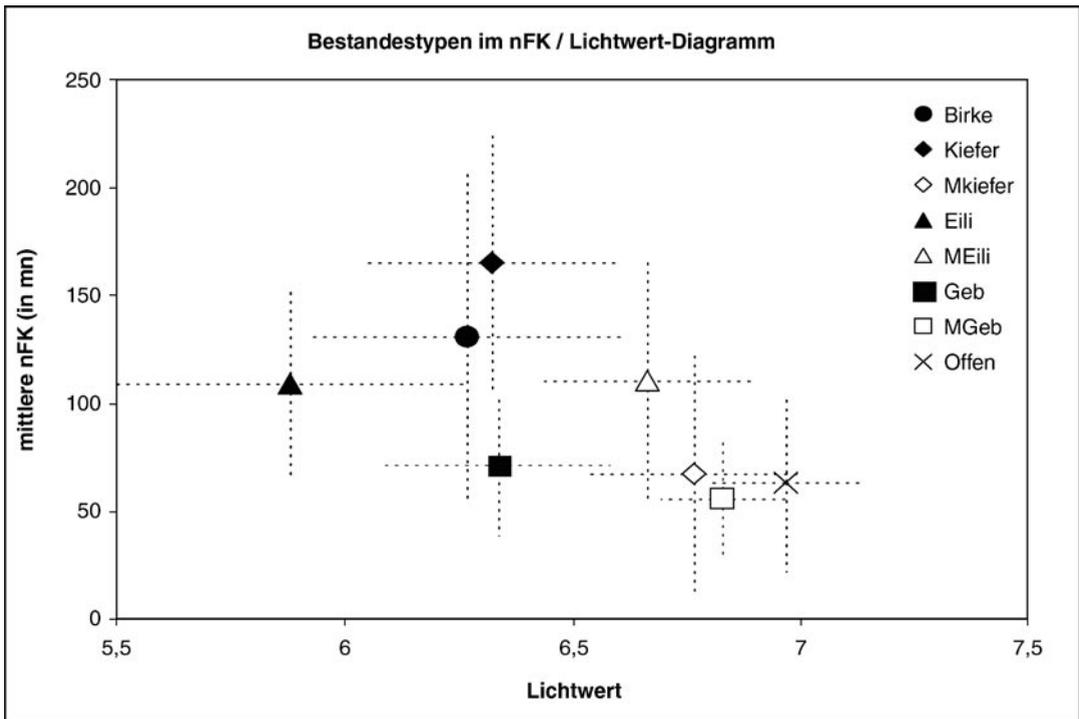


Abbildung 2. Lage der Bestandestypen zueinander nach den Variablen der nutzbaren Feldkapazität (nFK) des Bodens und der Lichtzahl. Standardabweichungen der beiden Variablen sind als unterbrochene Linie dargestellt.

Halbschattpflanzen (niedrigere Lichtwerte). Der Eichen-Linden-Wald und zugehörige Mantel sind bezüglich der nFK gleich; die Mäntel an Gebüsch und Kiefernforsten sind trockener als die zugehörigen flächigen Bestände.

4.2. Dichte des Eichenjungwuchses in den verschiedenen Bestandestypen

Insgesamt wurden 1927 Probeflächen ausgezählt. Innerhalb der flächigen Bestandestypen wurden 1131 Probeflächen entlang der Rasterlinien erfasst; in den linearen Bestandestypen entlang von Mantelstrukturen kamen 490 Probeflächen zu liegen. Weitere 306 Probeflächen wurden keinem Bestandestyp zugeordnet und werden im Weiteren als „Sonstige“ behandelt. In den Bestandestypen Birke und Kiefernforst konnten keine Keimlinge nachgewiesen werden (Abbildung 3). Die Keimlingszahlen entlang von Mänteln sind durchweg deutlich höher als in flächigen Bestandestypen. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant bis höchst signifikant (vgl. Tabelle 3), ausgenommen der Unterschied zwischen Mantel und Bestand bei Eichen-Linden-

Wäldern (die dort gefundenen sechs Keimlinge wurden alle unter Altbäumen nachgewiesen). Die Größenklassen < 20 cm und 20–70 cm stellen in allen Bestandestypen den größten Anteil am Jungwuchs dar (vgl. Abbildung 4).

Die Größenklasse 70–130 cm ist mit Dichten von 0–61 Jungeichen je ha am geringsten repräsentiert, gefolgt von der Größenklasse < 7 cm BHD mit Dichten von 0–76 Jungeichen je ha. Ihre größten Abundanzen erreichen diese beiden Größenklassen im Birkenbestand.

Insgesamt wurden innerhalb aller 1927 Probeflächen 464 Individuen gefunden, was einer mittleren Dichte der Verjüngung von 588 Jungeichen je ha entspricht. Die maximale Dichte wurde innerhalb der Mäntel an Kiefernforsten mit 1460 je ha festgestellt. Die geringste Dichte weisen die Gebüsche mit lediglich 220 Jungeichen je ha auf.

Während Keimlinge nur in einer Dichte von 86 je ha zu finden waren, war die Dichte der Größenklassen < 20 cm bzw. 20–70 cm mit 213 bzw. 241 Jungeichen je ha deutlich höher (Abbildung 4). Für die größeren Klassen konnten, auf die gesamte Untersuchung bezogen, nur Dichten von 19 bzw. 29 Jungeichen je ha nachgewiesen werden.

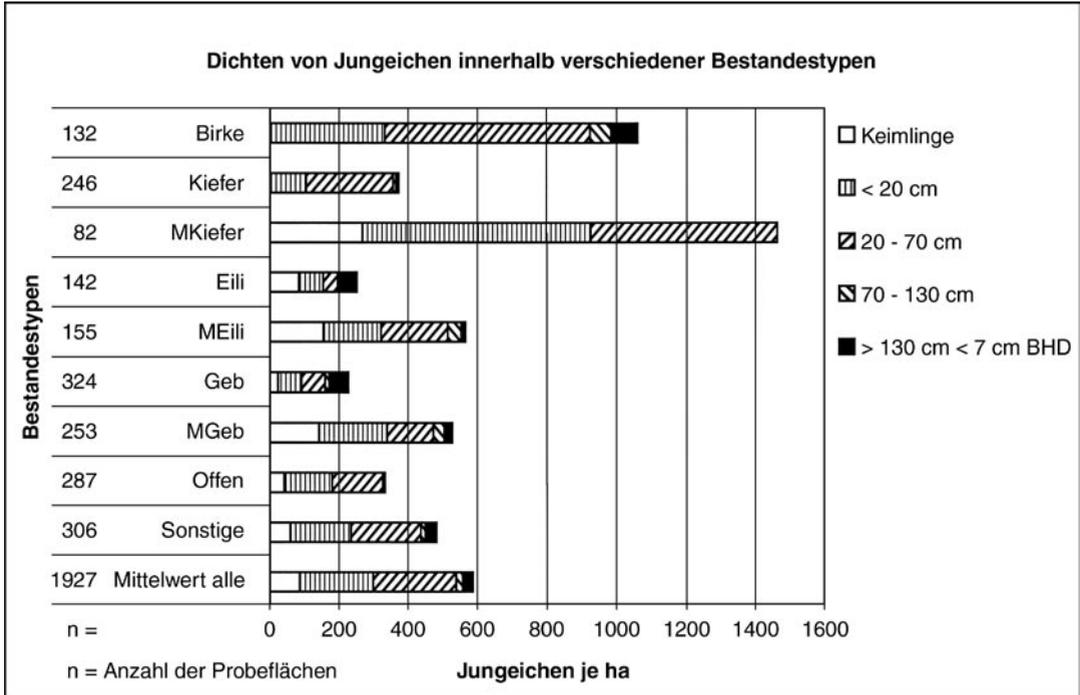


Abbildung 3. Jungwuchsdichten innerhalb der verschiedenen Bestandestypen.

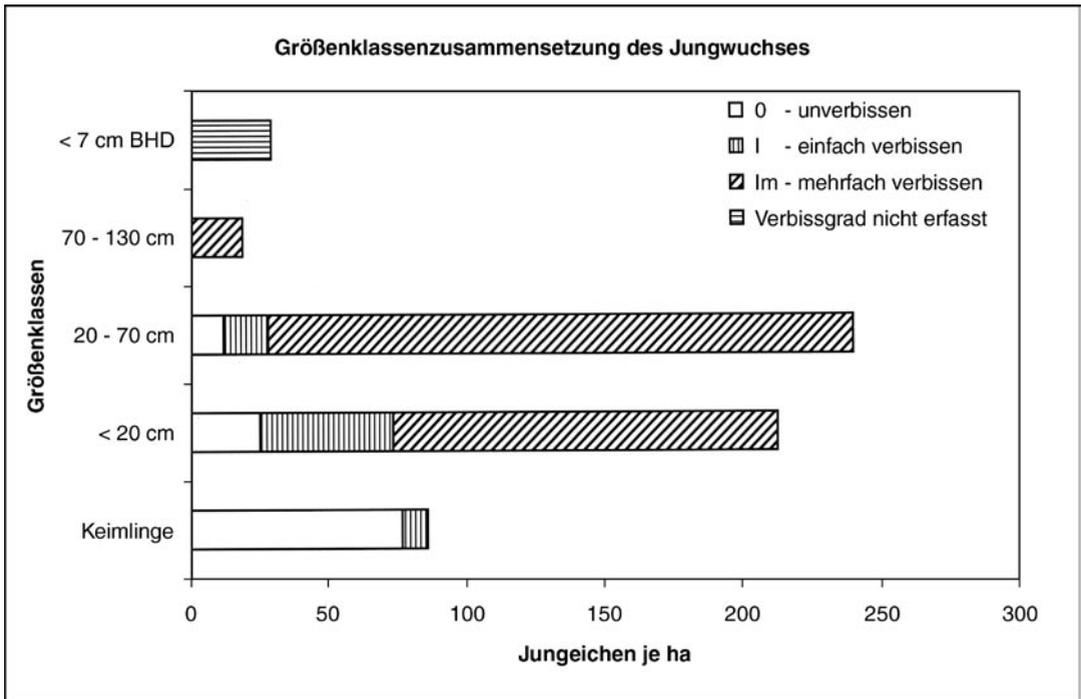


Abbildung 4. Dichten der unterschiedlichen Größenklassen und Anteile der Verbissgrade. Innerhalb der Klasse 20–70 cm waren 73 % (!) der Eichenindividuen kleiner als 40 cm (vgl. Abbildung 7).

Lediglich 19 % (90 Stück, davon 60 Keimlinge) waren unverbissen, 11 % (53 Stück, davon 35 < 20 cm) wurden als einfach verbissen eingestuft, 69 % (321 Stück) waren mehrfach verbissen. Bei keiner gefundenen Jungeiche wurde ein Totalverbiss (Jungbaum verbissbedingt ohne Blätter) notiert.

Keimlinge waren zu 10 % einfach verbissen, mehrfacher Leittriebverbiss wurde nicht festgestellt. Mehrjährige Eichen < 20 cm waren zu 12 % unverbissen, weitere 23 % waren einfach verbissen und 65 % waren mehrfach verbissen. In der Größenklasse 20–70 cm waren 88 % mehrfach verbissen. Größere Eichen wurden nur vielfach verbissen festgestellt (vgl. auch Abbildung 7).

4.3. Eichenjungwuchs und Mikrostandort

Entsprechend der Methodik und der Häufigkeitsverteilung unterschiedlicher Jungeichengrößen konnten nur in wenigen Fällen die angestrebten 20 Individuen je Bestandestyp und Größenklasse untersucht werden. Innerhalb der Größenklasse 20–70 cm sind 73 % kleiner als 40 cm. Insgesamt

sind 75% der untersuchten Eichen kleiner 40 cm. Den untersuchten Jungeichen steht in den Bestandestypen unterschiedlich viel Licht zur Verfügung. Die Rangfolge der Mittelwerte der Bestandestypen (Abbildung 5) weist große Ähnlichkeit mit denen der Licht-Zeigerwerte auf (vgl. Abbildung 2). Lediglich der Bestandestyp Birke weicht deutlich ab: die Lichtverfügbarkeit für gefundene Eichen ist deutlich höher gegenüber den Einheiten Gebüsch, Kiefernforst und Eichen-Linden-Wald. Bei sehr schattigen Verhältnissen finden sich gehäuft schlanke und auch die schlanksten Jungeichen (Abbildung 6). An lichtreicheren Orten konnten keine extrem schlanken Exemplare nachgewiesen werden. Dafür wurden zunehmend stark verbissene Eichen mit dicker Schaftbasis festgestellt. Der Zusammenhang zwischen dem Höhen/Dicken-Verhältnis zur Lichtverfügbarkeit ist statistisch höchst signifikant.

Die größte unverbissene Jungeiche, die gefunden wurde, war 37 cm hoch; ab einer Wuchshöhe von 39 cm wurden nur noch mehrfach verbissene Jungeichen gefunden. Die Größenklasse von 10–20 cm weist den höchsten Anteil unverbisse-

Tabelle 2. Absolute Anzahl der in den Probestichen gefundenen Eichen, differenziert nach Größenklasse, Verbissgrad und Bestandestyp. Die Verbissgrade bedeuten: 0 – Leittrieb unverbissen, I – Leittrieb einisch verbissen, Im – Leittrieb mehrfach verbissen, t – Totalverbiss. Totalverbiss konnte nie festgestellt werden, weshalb dieser Verbissgrad im Weiteren nicht mehr aufgeführt wird.

Dichtenuntersuchung	Verbissgrad	Keimlinge	Keimlinge	< 20 cm	20 - 70 cm	20 - 70 cm	70 - 130 cm	70 - 130 cm	> 130 cm - < 7 cm BHD	2 alle < 7 cm BHD	> 7 cm BHD	Anzahl der Probestichen	
Birke - Birkenreiche Bestände	0	0	0	22	1	39	0	0	4	5	70	55	132
	I	0	0	4	2		0	0					
	Im	0	0	16	36		4						
Kiefer - Kiefernforste	0	0	0	13	3	31	0	1	1	46	11	246	
	I	0	0	1	3		0	0					
	Im	0	0	7	25		1						
MKiefer - Mäntel an Kiefernforsten	0	9	11	27	2	22	0	0	0	60	0	82	
	I	0	0	7	1		0	0					
	Im	2	2	19	19		0						
Eili - Eichen-Linden-Wälder	0	5	6	5	0	3	0	0	4	18	116	142	
	I	1	1	1	1		0	0					
	Im	0	0	0	2		0						
MEili Mäntel an Eichen-Linden-Wäldern	0	12	12	13	1	15	0	3	1	44	113	155	
	I	0	0	5	3		0	0					
	Im	0	0	7	11		3						
Geb - Gebüsche	0	3	4	11	1	11	0	2	9	37	49	324	
	I	1	1	3	0		0	0					
	Im	0	0	5	10		2						
MGeb - Mäntel an Gebüschen	0	17	18	25	0	17	0	4	3	67	8	253	
	I	1	1	6	1		0	0					
	Im	0	0	17	16		4						

Offen - Offenland	0 1 Im	6 0 0	6 1 18	20 0 21	0 0 21	21 0 1	0 0 1	1 0 0	0 0 0	19 0 0	48 0 0	287
Sonstige - Kriterien obiger Einheiten nicht erfüllt	0 1 Im	8 1 0	9 7 17	27 0 30	0 1 30	31 0 0	0 0 2	2 0 0	5 0 0	74 110 306		
Summen innerhalb der Bestandestypen	0 1 Im	52 5 0	57 28 89	136 11 140	8 11 140	159 0 15	0 0 15	15 0 0	23 0 0	371 390 1621		
Summe aller Probeflächen	0 1 Im	60 6 0	66 35 106	163 12 170	8 12 170	190 0 17	0 0 17	17 0 0	28 481 1927			

Tabelle 3. Angaben zur Dichte der Jungeichen und statistische Prüfung auf Unterschiede zwischen den Dichten je ha. Überprüfung mittels Mann-Whitney-U-Test. Werte zweiseitiger asymptotischer Signifikanz.

n.s. = $p > 0,5$ nicht signifikant; * = $p < 0,05$ signifikant; ** = $p < 0,01$ sehr signifikant; *** = $p < 0,001$ höchst signifikant

	Größenklassen	Dichte je ha	Sonstige	Offen	MGeb	Geb	MEili	Eili	MKiefer	Kiefer
Birke	Σ Keim I	0	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	*	***	n.s.
	Σ < 20 cm	333	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	*	**	*
	Σ 20 - 70 cm	591	***	***	***	***	***	***	n.s.	***
	Σ 70 - 130 cm	61	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*
	BHD < 7 cm	76	***	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
Σ alle < 7 cm BHD	1061	***	***	***	***	***	***	n.s.	***	
Kiefer	Σ Keim I	0	*	*	***	n.s.	***	**	***	***
	Σ < 20 cm	106	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	***
	Σ 20 - 70 cm	252	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**
	Σ 70 - 130 cm	8	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	BHD < 7 cm	8	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
Σ alle < 7 cm BHD	374	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	
MKiefer	Σ Keim I	268	***	***	*	***	n.s.	*	***	n.s.
	Σ < 20 cm	659	***	***	***	***	***	***	***	***
	Σ 20 - 70 cm	537	**	***	***	***	**	***	**	**
	Σ 70 - 130 cm	0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	BHD < 7 cm	0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Σ alle < 7 cm BHD	1463	***	***	***	***	***	***	***	***	
Eili	Σ Keim I	85	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.
	Σ < 20 cm	70	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Σ 20 - 70 cm	42	**	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
	Σ 70 - 130 cm	0	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	BHD < 7 cm	56	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Σ alle < 7 cm BHD	254	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	
MEili	Σ Keim I	155	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	**	**
	Σ < 20 cm	168	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Σ 20 - 70 cm	194	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	**
	Σ 70 - 130 cm	39	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	BHD < 7 cm	13	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Σ alle < 7 cm BHD	568	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	***	***	

Geb	Σ Keim I	25	n.S.	n.S.	***
	Σ < 20 cm	68	**	*	**
	Σ 20 - 70 cm	68	***	n.S.	*
	Σ 70 - 130 cm	12	n.S.	n.S.	n.S.
	BHD < 7 cm	56	n.S.	**	n.S.
Σ alle < 7 cm BHD	228	***	n.S.	***	
MGeb	Σ Keim I	142	*	*	*
	Σ < 20 cm	198	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 20 - 70 cm	134	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 70 - 130 cm	32	n.S.	n.S.	n.S.
	BHD < 7 cm	24	n.S.	n.S.	n.S.
Σ alle < 7 cm BHD	530	n.S.	*	*	
Offen	Σ Keim I	42	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ < 20 cm	139	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 20 - 70 cm	146	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 70 - 130 cm	7	n.S.	n.S.	n.S.
	BHD < 7 cm	0	*	*	*
Σ alle < 7 cm BHD	334	*	*	*	
Sonstige	Σ Keim I	59	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ < 20 cm	176	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 20 - 70 cm	203	n.S.	n.S.	n.S.
	Σ 70 - 130 cm	13	n.S.	n.S.	n.S.
	BHD < 7 cm	33	n.S.	n.S.	n.S.
Σ alle < 7 cm BHD	484	n.S.	n.S.	n.S.	

Tabelle 4. Anzahl untersuchter Jungeichen verschiedener Größenklassen in den unterschiedlichen Bestandestypen.

Bestandestyp	< 20 cm	20 - 70 cm	70 - 130 cm	alle Größen
Birke	9	14	3	26
Kiefernforst	10	20	5	35
Mäntel an Kiefernforst	9	9	0	18
Eichen-Linden-Wald	4	6	1	11
Mäntel an Eichen-Linden-Wald	7	12	4	23
Gebüsche	10	10	3	23
Mäntel an Gebüsch	14	15	6	35
Offenland	21	23	3	47
sonstige	3	2	0	5
Summe	87	111	25	223

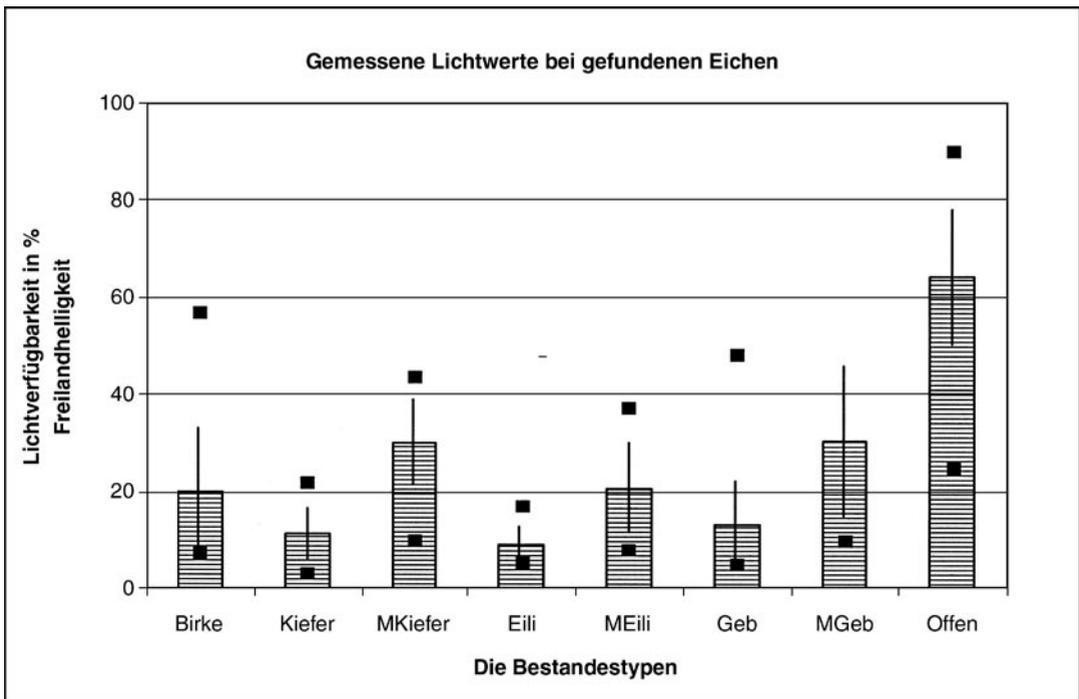


Abbildung 5. Prozentuale Anteile der Freilandstrahlung gemessen über Eichenjungwüchsen. Erläuterungen dieser und folgenden Abbildungen: Mittelwerte als Säule, Minima und Maxima als Punkte, Standardabweichung als Linie dargestellt. Die Abkürzungen der Bestandestypen sind in Tabelle 2 vollständig bezeichnet.

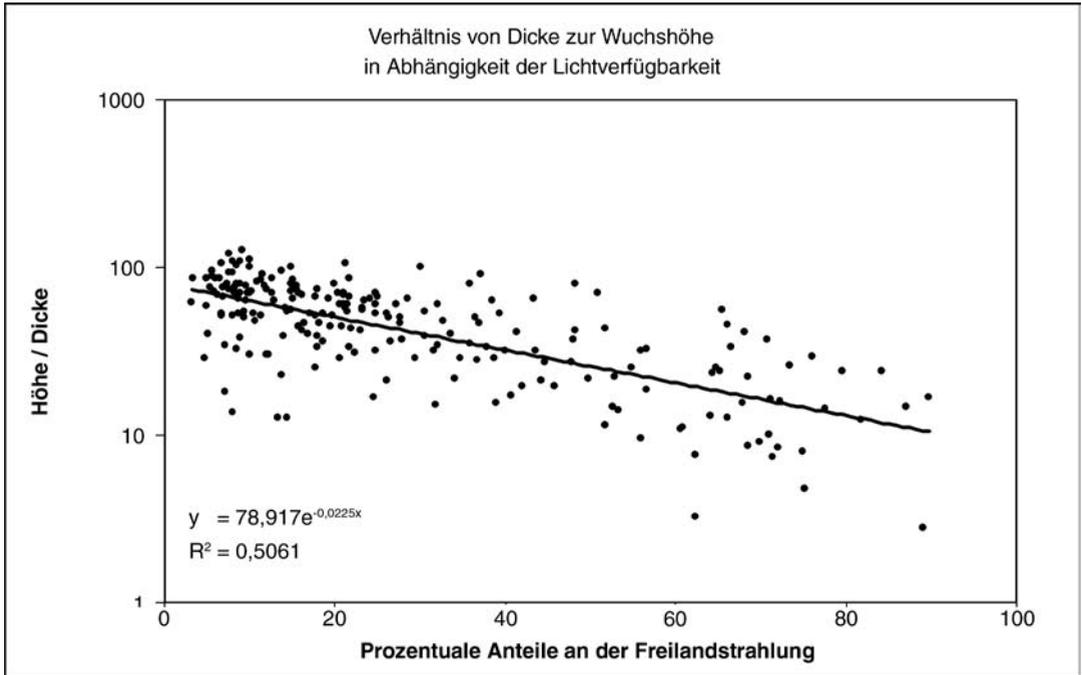


Abbildung 6. Verhältnis von Wurzelhalsdurchmesser zur Höhe der Jungeiche in Abhängigkeit der Lichtverfügbarkeit. Je kleiner der Wert, desto schlanker die Pflanze.

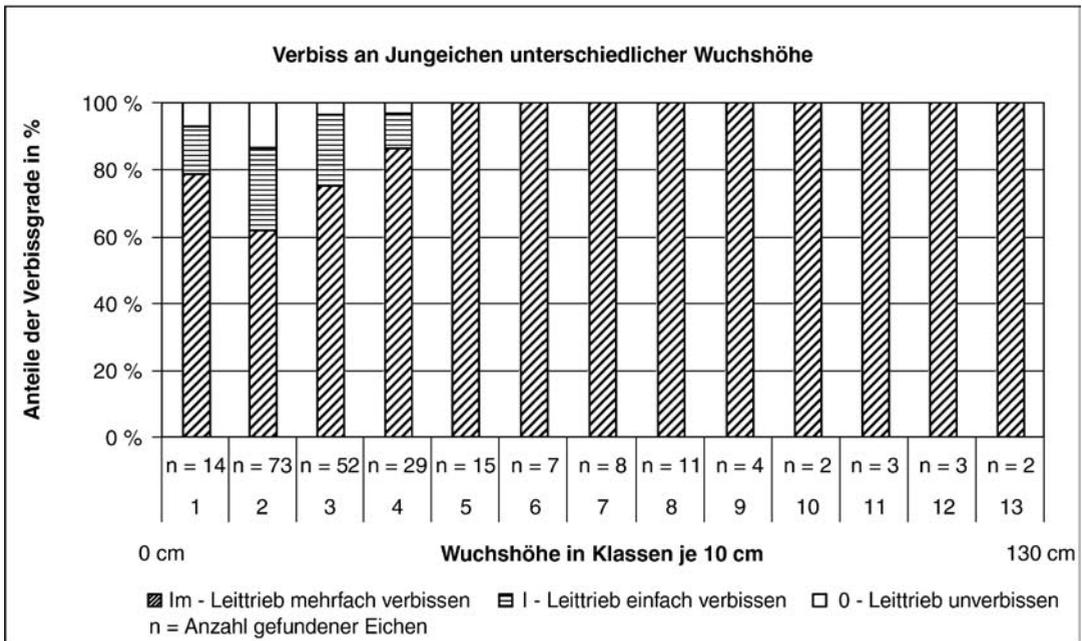


Abbildung 7. Verbiß von Jungeichen in Abhängigkeit ihrer Wuchshöhe. Die Größenklassen der Jungeichen sind in Dezimeterklassen dargestellt (> Zehnerzahl bis ≤ nächst höhere Zehnerzahl).

ner (14 %) und einfach verbissener (25 %) Jung-eichen auf. Der Zusammenhang zwischen Ver-bissgrad zur Wuchshöhe ist höchst signifikant.

5. Diskussion

5.1. Bestandestypen und Standort

Die Verteilung der Bestandestypen im Unter-suchungsgebiet ist in erster Linie ein Abbild der Wasserverfügbarkeit, auch die menschlichen Eingriffe folgen überwiegend diesem Muster. Die Speicherleistung der Böden für pflanzenverfügba-res Wasser (nFK) ist in den untersuchten Bestan-destypen stark unterschiedlich. Sie ist sehr gering im Offenland und entlang der Mäntel von Kiefernforsten und Gebüsch und sehr hoch in einzel-nen Bereichen von Kiefernforst und Birke. Insge-samt spiegelt sich in der heutigen Vegetation die Lage ehemaliger Inseln und der Flussbetten wider und zeigt, dass für die Aufforstungen die besser versorgten Bereiche ausgewählt wurden.

Die mittleren Wasserspeicherleistungen von vier Bestandestypen (vgl. Tabelle 1 und Abbildung 2) liegen über 100 mm nFK. Damit wurden auch Standorte mit einer nFK über 100 mm untersucht. Die ökologische Charakterisierung der Unter-schiede zwischen den Bestandestypen ist primär durch die Parameter nFK und Lichtverfügbarkeit gegeben. Diese beiden Parameter sind im Gebi-et miteinander korreliert, was den Rückschluss auf den Einfluss eines einzelnen Parameters erschwert.

Welche Bestandestypen sind für eine Eichenver-jüngung günstig?

Die Bestandestypen des Untersuchungsgebietes erwiesen sich als unterschiedlich günstig für eine Eichenverjüngung:

(1) Die zusammenbrechenden, relativ lichten Birkenbestände weisen die höchsten Verjün-gungszahlen aller flächigen Bestände auf. Besonders hervorgehoben seien die relativ hohen Anzahlen junger Eichen in den Größenklassen 70–130 cm und > 130 cm bei < 7 cm BHD. Geringe Keimlingszahlen (keine in Probeflächen) und hohe Zahlen von Jungeichen weisen auf gute Existenzbedingungen für den Jungwuchs hin. Insgesamt handelt es sich jedoch um einen sehr heterogenen Bestandestyp, für den generelle Aussagen schwierig sind.

(2) In den Kiefernforsten wurde eine deutlich geringere Verjüngungsdichte als unter Birken nachgewiesen. Mit durchschnittlich 274 Jungei-

chen/ha (< 130 cm) wurden im gleichen Unter-suchungsgebiet durch eine stratifizierte Stich-probeninventur verschieden dichter Bestände noch geringere Werte ermittelt (REBHOLZ 2005). Innerhalb der Kiefernforste herrschen stark un-terschiedliche Bedingungen: Im Bereich besse-erer nFK (und etwas lockerem Kiefernschirm) sind die Bedingungen für Sträucher und für die Wald-rebe (*Clematis vitalba*) optimal, so dass sich dort ein undurchdringbares Gestrüpp entwickelte. Nur in kleinen Lücken kann sich die Krautschicht und eine Eichenverjüngung entwickeln, jedoch mit der stetigen Gefahr von der Waldrebe umrankt und niedergedrückt zu werden. Eine Verjüngung von geradwüchsigen Bäumen ist in diesen Be-reichen ausgeschlossen. Auf den trockeneren Böden mit eher lockerer Strauchschicht kommt Eichenverjüngung teilweise besser auf.

Die ermittelten Verjüngungszahlen können nur unter Berücksichtigung der Lichtverfügbarkeit mit Dichteangaben aus der Literatur verglichen werden. Von den zitierten Literaturangaben ge-ben nur JANITSCHKE (1987) und STEIGER (1987) in-direkt Lichtverfügbarkeiten an. Die Angaben von JANITSCHKE (1987) für Kiefernwälder mit einem Bestockungsgrad (B°) von 0,7 liegen jeweils bei über 3000 Jungeichen je ha. STEIGER (1987:19f) gibt bei einem B° von 0,6 über 8.000 je ha und bei einem B° von 0,3 über 10.000 Jungeichen je ha an. Fast alle dürften Sämlinge sein.

Auch wenn eine genaue Umrechnung von Be-stockungsgrad in Anteile Freilandhelligkeit nicht möglich ist, so dürften die zitierten Wälder licht-reicher sein als die hier untersuchten: Im Kiefernforst wurden durchschnittlich 10 % Freilandhel-ligkeit bei Jungeichen gemessen.

(3) Entlang der sehr offenen, vergleichsweise straucharmen Mäntel an Kiefernforsten wur-den die höchsten Dichten von Keimlingen und Jungeichen < 20 cm gefunden. Der fast fehlende Eichenjungwuchs > 70 cm Wuchshöhe zeigt den geringen Erfolg der Verjüngung. Mögliche Ur-sachen sind mechanische Schäden wie Verbiss und Trockenheit (geringe nFK und Interzeption der überschildmenden Kiefernkronen).

(4) Der Eichen-Linden-Wald weist zwar die höchste Dichte an Samenbäumen auf, hat aber – neben den Gebüsch – die geringsten Ver-jüngungsdichten. Dies ist auf die geringe Licht-verfügbarkeit zurückzuführen: Sie betrug für die untersuchten Jungeichen im Mittel weniger als 9 % Freilandhelligkeit. Dieser Wert dürfte in etwa den Kompensationspunkt für den Ener-giehaushalt im Freiland darstellen. SHAW (1974:

166) gibt für Jungeichen einen Kohlenstoff-Kompensationspunkt unter Freilandbedingung (Laubverlust im Herbst, Mehлтаubefall) von 8 % Freilandhelligkeit an. Für ein Heranwachsen ist die Lichtverfügbarkeit in den Eichen-Linden-Beständen zu gering.

(5) Die Mäntel an Eichen-Linden-Wald stellen die einzige Mantelsituation dar, die sich mit dem dahinter liegenden Bestand bezüglich der nFK gut vergleichen lässt (vgl. Abbildung 2). In diesen sind die Jungwuchszahlen aller Größenklassen höher als im geschlossenen Bestand. Dieser Befund, wonach die Verjüngung im Mantel wegen besserer Lichtbedingungen zahlreicher zu finden ist, deckt sich mit Angaben vieler Autoren, wie beispielsweise MELLANBY (1968), RACKHAM (1980), VULLMER & HANSTEIN (1995).

(6) Die flächigen Gebüschbestände weisen die geringsten Verjüngungszahlen auf. Dies mag zunächst verwundern, kann doch sonst in gebüschreichen Vegetationstypen eine oftmals gute Eichenverjüngung beobachtet werden. Der Grund liegt in der großen standörtlichen Bandbreite, auf der wir Gebüsche antreffen: „Ligustergebüsche finden sich auf extrem trockenen Standorten ebenso wie in feuchten Auen. Die Mannigfaltigkeit wird dadurch erhöht, dass die Gebüsche meist unter direktem oder indirektem menschlichen Einfluß ein Vorwaldstadium in der Kulturlandschaft darstellen und nur in Ausnahmefällen, z.B. im Bereich von Felsen oder auf Steinschutt, als natürliche Dauergesellschaft betrachtet werden können.“ (OBERDORFER 1992). Die Stetigkeit der Stieleiche im Pruno-Ligustretum ist in OBERDORFER'S (1992) Tabelle für Süddeutschland deutlich höher als in der von BOGENRIEDER & FRISCH (2000) für die Trockenaue, da sie vor allem Hecken in anthropogen bedingtem Offenland auf frischeren Standorten repräsentiert. Die Unterschiede zwischen strauchreichen Hecken in der Kulturlandschaft, die oftmals eine gute Eichenverjüngung aufweisen, und der Situation in den flächigen Gebüschbeständen im Gebiet sind durch die Lichtsituation (geringer im geschlossenen Bestand) und Unterschiede im Wasserhaushalt bedingt.

(7) Die Verjüngungsdichte und Zusammensetzung nach Größenklassen entlang der Mäntel an Gebüsch ist sehr ähnlich der Verjüngungssituation an den Mänteln der Eichen-Linden-Wälder. Auch hier ist die Verjüngung besser als im geschlossenen Gebüsch. Die Mantelstandorte sind zwar etwas trockener, dafür aber lichtreicher. Sie erwiesen sich als weniger durch Eingriffe wie

etwa Mulchen beeinträchtigt als die Mäntel an den Eichen-Linden-Wäldern.

(8) Die geringen Verjüngungszahlen im Offenland irritieren zunächst, da für Offenbereiche wie Lichtungen und an Wald angrenzende Weiden von hohen Dichten berichtet wird (WATT 1919: 188, MELLANBY 1968: 360). Die Ergebnisse der Untersuchung von LAMPEN (1994), der im Kaiserstuhl unterschiedlich trockene Halbtrockenrasen untersuchte, bieten eine mögliche Erklärung: Die Verjüngungszahlen für das sehr trockene Mesobrometum globularietosum liegen mit 350 Jungpflanzen je ha in vergleichbarer Dichte wie die nachgewiesenen 330 Jungeichen je ha im Offenland. Die Dichte, die LAMPEN (1994) für das weniger trockene Mesobrometum typicum nachweisen konnte, liegt mit 925 Jungeichen je ha deutlich höher. Folglich liegt es nahe, die geringen Jungwuchsdichten auf die Trockenheit zurückzuführen.

(9) Die unter „Sonstige“ zusammengefassten Übergänge zwischen Beständen und Sondersituationen liegen bezüglich der Verjüngungszahlen etwas unter dem Gesamtdurchschnitt. Dies weist darauf hin, dass wesentliche Elemente für die Eichenverjüngung im Untersuchungsgebiet nicht übersehen wurden.

5.2. Bedeutung der Lichtverfügbarkeit

„Die Helligkeit am Waldboden in voll geschlossenen Altbeständen ist mit etwa 30 % Freilandhelligkeit für ein befriedigendes Wachstum der jungen Eichen ausreichend“ (LÜBKE & HAUSKELLER-BULLERHAHN 1999: 568, vgl. auch SHAW 1974: 166). Nur bei den untersuchten Eichen in Mantelsituationen und im Offenland waren regelmäßig Lichtverhältnisse von mindestens 30 % für die Jungeichen zu messen (vgl. Abbildung 5). Gemessene Lichtwerte im Eichen-Linden-Wald von unter 9 % sind sogar für den Selbsterhalt der Jungeichen kritisch: ČATER & BATIĆ (2006: 424) konnten für fünfjährigen Jungewuchs ab 10 % Freilandhelligkeit eine positive Photosynthesebilanz feststellen (vgl. auch SHAW 1974: 175).

Dass der Erfolg der Eichenverjüngung nicht nur vom Licht abhängig ist, zeigt der relativ geringe Erfolg in den Mantelsituationen und im Offenland.

Von der Lichtverfügbarkeit stark abhängig ist die Toleranz der Jungeichen gegenüber Stressfaktoren. In der vorliegenden Untersuchung wird dies aus dem Zusammenhang vom Dicke/Wuchshöhe-Verhältnis zur Lichtverfügbarkeit (Abbildung 6)

deutlich: Zunächst zeigt sich im Bereich geringer Lichtverfügbarkeit der Effekt der Etiolierung. Durch Lichtmangel induziert wächst die Jungeiche verstärkt in die Höhe auf Kosten der Sproßdicke. Auf der anderen Seite sind im Bereich guter Lichtverfügbarkeit die Höhen/Dicken-Verhältnisse zunehmend Produkt der regelmäßigen Schädigung (durch Verbiss oder auch Landschaftspflegemaßnahmen). Während in schattigeren Bereichen die Jungeichen unter diesem Stress nach geringer Zeit ausfallen, sind sie an lichtreicheren Stellen wesentlich verbißtoleranter und erstarken im Laufe der Jahre. Das Verhältnis von Dicke zu Wuchshöhe ist somit ein Maß des bisherigen Beharrungsvermögens der Eiche.

Dieses Ergebnis, wonach Eichen bei besserer Lichtverfügbarkeit toleranter gegenüber verschiedenen anderen Stressfaktoren sind, zeigen auch die Untersuchungen von SHAW (1974: Figure 2), von HILTON (1987: 603) („...natural defoliation could cause failure on regeneration, although in unshaded plots of young trees leaf loss results in retarded growth rather than death.“). Auch die Aussagen von BOSSEMA (1979: 97) („...it depends on the light conditions whether a damaged plant survives or dies.“) und RACKHAM (180: 297) („Oaklings growing in the open are difficult to kill...“) weisen deutlich darauf hin.

Die Lichtverfügbarkeit für die Jungeichen ist nicht nur von der Deckung der Baum- und Strauchschicht, sondern auch von der Deckung der höheren Krautschicht und der Wuchshöhe der Jungeiche abhängig. Junge oder durch selektiven Verbiss kleingehaltene Eichen können von dichter Krautschicht ausgedunkelt werden. Darüber hinaus sind schattig stehende Jungeichen schlanker (Abbildung 6), somit auch instabiler und können leichter von der umgebenden Vegetation niedergedrückt werden. Bei den intensiv untersuchten Jungeichen wurde dreimal explizit notiert, dass diese von umgebender Vegetation umgedrückt wurden. Die gemessene Lichtverfügbarkeit bei diesen drei Jungeichen lag zwischen 5–12 % Freilandhelligkeit. Diese gemessenen Werte bestätigen weitere beiläufige Beobachtungen zu niedergedrücktem Jungwuchs.

5.3. Einfluss des Wildverbisses

In allen Bestandestypen trägt der Rehwildverbiss in entscheidendem Maße zum fehlenden Erfolg der Verjüngung bei. Die größte unverbissene Eiche war lediglich 37 cm hoch (Abbildung 7).

Selbst die Jungeichen der Größenklasse < 20 cm sind schon zu über 50 % mehrfach im Leittrieb verbissen. Dies führt in der Größenklasse 20–70 cm zur Stagnation des Wachstums (bei den näher untersuchten Eichen waren 73 % kleiner 40 cm) und zum vermehrten Ausfall des Jungwuchses, so dass nur noch wenige in die Größenklasse 70–130 cm durchwachsen können, um sich schließlich endgültig zu etablieren (Abbildung 4). Eine hohe Krautschicht stellt keinen Verbisschutz dar. Nach Einzelbeobachtungen im Gebiet werden Eichen zwischen hochwachsender krautiger Vegetation selektiv vom Reh verbissen. Ein eindrückliches Beispiel hierfür war ein zur Halbkugel zusammengefressener Eichen-Stockausschlag zwischen unversehrten Goldruten.

5.4. Ausblick

Im untersuchten Ausschnitt der „Trockenaue“ kommt nur eine geringe Anzahl – weniger als 30 Jungeichen je ha in der Größenklasse > 130 cm bei < 7 cm BHD (vgl. Abbildung 4) – über den Reh-Äser hinaus. Dies ist eine sehr geringe Zahl im Vergleich zu forstlich praktizierten Pflanzdichten: Für Eichen-Wirtschaftswälder wurden in der Forstpraxis der Bestandesbegründung durch Pflanzung früher tendenziell höhere Zahlen an Jungpflanzen angegeben (10.000/ha, TURČEK 1975; 7.000 bis 15.000/ha, BURSCHEL & HUSS 1997), in den letzten Jahren etwas niedrigere (6.000/ha, JOYCE et al. 1998, 6.000 bis 7.000/ha, EBERT 2003). LEDER (1993) gibt 3.333 Jungeichen je ha als Pflanzdichte unter Kiefern an.

Angesichts eines Leitbilds für die Trockenaue mit einem Mosaik aus xerothermen Rasengesellschaften, Mänteln und Säumen sowie lichten Eichenwäldern (GÄRTNER et al. 2008) ist die Anzahl der in die Baumschicht einwachsenden Jungeichen zwar bemerkenswert, aber nicht ausreichend. Von kleinen Teilflächen mit absterbenden Birkenaufforstungen aus den 1960er Jahren abgesehen, ist in den geschlossenen Gehölzbeständen unter schattigen Bedingungen kaum Eichenverjüngung vorhanden und auch zukünftig nicht zu erwarten. Damit ist weiter eine deutliche Abnahme der Eichenbestände absehbar. Auch die Mäntel im Gebiet sind vergleichsweise bedeutungslos, da sie keine laufenden Sukzessionsfronten darstellen, wie sie es in Hudewaldungen sind (vgl. BAKKER et al. 2004: 579).

Für ein Erreichen des Zielzustands im Wald mit lichten, eichenreichen Wäldern sind daher entschiedene Maßnahmen zur Auflichtung der

Baum-, Strauch- und Krautschicht notwendig, um günstige Rahmenbedingungen für eine natürliche Eichenverjüngung zu schaffen. Daher schlagen wir folgende Maßnahmen vor:

1. Auffichtung der Gehölzbestände auf Kronenschluss von 0,2 bis 0,5. Dies wäre besonders auch auf den etwas frischeren Böden sinnvoll.
2. Intensive Beweidung unter Einbeziehung von Ziegen, die den Unterwuchs einschließlich des aufkommenden Gehölzjungwuchses zurückdrängen. Dies wäre insbesondere in waldbereichen Kiefernforsten ein gangbarer Ausweg aus dem akuten Verjüngungsproblem für alle Baumarten.
3. Nach Erreichen eines kraut- und grasreichen Unterwuchses ist die Beweidung auf weniger selektive Beweider umzustellen, die die Krautschicht kurz und offen halten.
4. Nach Ansamung einer ausreichend hohen Zahl von jungen Eichen muss ein mehrjähriger Ausschluss jeglicher Huftiere erfolgen, um ein Einwachsen der Verjüngung über den Reh-Äser hinaus in die Baumschicht zu ermöglichen.

Danksagung

Mit größeren und kleineren Hilfestellungen haben folgende Personen zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen: GREGOR AAS (Nachbestimmung von Eichenbelegen), ARNO BOGENRIEDER (Betreuung seitens des geobotanischen Instituts), GEROLD HÜGIN (verlässliche Hilfe bei kritischen Sippen), WINRICH MERTENS (Diskussionspartner bei der schriftlichen Ausarbeitung), HELMER SCHACK-KIRCHNER (Diskussion bezüglich nFK-Berechnung), MICHAEL RUDNER und LUBOMIR TICHY (Hilfe im Umgang mit dem Programm JUICE), Prof. Dr. GEORG PHILIPPI (Begutachtung des Manuskriptes). Die Untersuchung wurde großzügig mit Mitteln der Erich-Oberdorfer-Stiftung gefördert. Für all diese Beiträge möchten wir uns an dieser Stelle herzlich bedanken!

Literatur

- AG BODEN (Hrsg.) (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. – 5. Aufl., 438 S.; Hannover, Stuttgart. (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- BAKKER, E. S., H. OLFF, C. VANDENBERGHE, K. DE MAEYER, R. SMIT, J. M. GLEICHMAN & VERA, F. W. M. (2004): Ecological anachronisms in the recruitment of temperate light-demanding tree species in wooded pastures. – *J. Appl. Ecol.*, **41**: 571–582.
- BARNER, J. (1952): *Waldbauliche und forstbotanische Grundlagen zur Frage des Anbaus trockenresistenter Pappeln auf grundwassergeschädigten Standorten*. – *Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg*, **42**(2): 149–210.
- BOGENRIEDER, A. & FRISCH, A. (2000): *Gebüsche, Pioniergesellschaften, Trockenrasen und Staudenfluren der „Trockenaue Südlicher Oberrhein“*. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg): *Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein*: 51–116; Ubstadt-Weiher (Verlag Regionalkultur).
- BOSSEMA, J. (1979): Jays and oak. – *Behaviour*, **70**: 1–117.
- BRUNNER, A. (2002): *Hemispherical photography and image analysis with hemiIMAGE and Adobe Photoshop*. – http://www.umb.no/ina/ansatte/andrb/Brunner_2002_hemiIMAGE.pdf (download 09.01.2007)
- BURSCHEL, P. & HUSS, J. (1997): *Grundriss des Waldbaus*. – 2. Aufl., 487 S.; Berlin (Parey).
- ČATER, M. & BATIČ, F. (2006): Groundwater and light conditions as factors in the survival of pedunculate oak (*Quercus robur* L) seedlings. – *Eur. J. Forest Res.*, **125**: 419–426.
- COCH, T. (2000): Einführung in den Naturraum – Zur Frage primärer Trockenstandorte in der Wildstromaue des südlichen Oberrheingebietes. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg): *Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein*: 15–34; Ubstadt-Weiher (Verlag Regionalkultur).
- EBERT, H.-P. (2003): *Die Behandlung von häufig vorkommenden Baumarten (Hauptbaumarten)*. – *Schriftenreihe der Fachhochschule Rottenburg*, **14**: 1–197.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. – 5. Aufl. 1095 S., Stuttgart (Ulmer).
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. – 3. Aufl., Göttingen (Golze) (= *Scripta Geobotanica*, **18**: 1–248).
- GÄRTNER, S., REIF, A., NILL, M., PRINZ, J. & ESSMANN, H. (2008): Integration von Naturschutzzielen in die Landnutzung: Lösung von Zielkonflikten durch Partizipation und ein Entscheidungsunterstützungssystem - zum Erhalt der Flora und Fauna von Trockenstandorten durch Aufwertung von Kiefernwäldern in der so genannten „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein. – 180 S.; Aachen (Shaker Verlag).
- HERTZ-KLEPTOW (1949): *Eichensorgen in Nordrhein-Westfalen*. – *Allg. Forstzeitung*, **4/33**: 300–301.
- HILTON, G.M., RACKHAM, O. & WILLIS, A. (1987): Effects of experimental defoliation on a population of pedunculate oak (*Quercus robur*). – *New Phytol.*, **107**: 603–612.
- Institut für Bodenkunde und Waldernährung Freiburg (2006): *Beurteilung des Bodens im Gelände* – www.bodenkunde.uni-freiburg.de/lehre/skripte/gelaende06 (05.01.2007).
- JANITSCHKE, B. (1987): *Die Stellung des Eichelhäher im Waldökosystem*. – Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde Fachbereich Forstwirtschaft. 51 S. + Anhang.
- JONES, E. W. (1959): *Biological flora of the British isles – Quercus L.* – *J. Ecol.*, **47**(1): 169–222.
- JOYCE, P. M., HUSS, J., MCCARTHY, R., PFEIFER, A. & HENDRICK, E. (1998): *Growing Broadleaves. Silvicultural*

- Guidelines for Ash, Sycamore, Wild Cherry, Beech and Oak in Ireland. – 144 S.; Dublin (COFORD).
- KERSTING, G. & JEHL, P. (1991): Pflegekonzeption Naturschutzgebiet „Rheinwald Neuenburg“. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der BNL Freiburg.
- KÜSTER, H. (2003): Geschichte des Waldes. Von der Urzeit bis zur Gegenwart. – 267 S.; München (C. H. Beck).
- KUITERS, A. T. & SLIM, P. A. (2002): Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities. – *Biol. Cons.*, **105**: 6–74.
- 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. – Schr.-R. Landesanstalt f. Forstwirtschaft Nordrhein-Westfalen, **7**: 89–105.
- LÜPKE, B. VON & HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1999): Kahl-schlagfreier Waldbau: Wird die Eiche an den Rand gedrängt? – *Forst und Holz*, **54**: 563–568.
- MELLANBY, K. (1968): The effect of some mammals and birds on regeneration of oak. – *J. Appl. Ecol.*, **5**: 359–366.
- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Bd. 4. Wälder und Gebüsche. – 2 Aufl., 580 S.; Stuttgart (Gustav Fischer).
- RACKHAM, O. (1980): Ancient woodlands. – XII, 402 S.; London (Edward Arnold).
- REBHOLZ, M. (2006): Kiefernwälder der Trockenaue am Oberrhein – Vegetation, Naturverjüngung und Totholz in Abhängigkeit von der Bestandesstruktur. – Diplomarbeit, Waldbau-Institut, Univ. Freiburg.
- REIF, A., ZIMMERMANN, R. & SPÄTH, V. (2000): Vegetation der Auwälder am südlichen Oberrhein. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg): Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein: 117–152; Ubstadt-Weiher (Verlag Regionalkultur).
- REKLIP (Trinationale Arbeitsgruppe Regio-Klima-Projekt) (1995): Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd. – 243 S. + 92 Kartenblätter; Zürich, Offenbach, Strasbourg.
- SCHEIFELE, M. (1962): Grundwasserabsenkung am Oberrhein. – *Allg. Forst- und Jagdzeitung*, **133/1962**: 204–213.
- SCHMIDTKE, H. (1993): Wuchsentwicklung einer Stieleichenhäfersaat unter aufgelockertem Kiefernschirm im pleistozänen Flachland. – Diplomarbeit Forstwiss. Fakultät Univ. Göttingen.
- SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten – ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. – 4. Aufl., 486 S.; Berlin, Hamburg (Paul Parey).
- SHAW, M. W. (1974): The reproductive characteristics of oak. – In: MORRIS, M.G. & PERRING, F.H. (eds.): The British oak – its history and natural history: 162–181; Faringdon (E. W. Classey Ltd.).
- SMIT, R., BOKDAM, J., OLFF, H., DEN OUDEN, J., SCHOT-OPSCHOOR, H. & SCHRIJVERS, M. (2001): Introduction and exclusion effects of large herbivores on small rodent communities. – *Plant Ecology*, **155**: 119–127.
- STEIGER, H.-H. (1987): Die Eichelhäfersaat als Bestandteil naturgemäßer Waldbewirtschaftung am Beispiel des Forstamtes Osterholz-Scharmbeck. – Diplomarbeit Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, FB Forstwirtschaft. 57 S. + Anhang.
- STIMM, B. & BÖSWALD, K. (1994): Die Häher im Visier – Zur Ökologie und waldbaulichen Bedeutung der Samenausbreitung durch Vögel. – *Forstw. Cbl.*, **113**: 204–223.
- TICHÝ, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. – *J. Veg. Sci.*, **13**: 451–453.
- TURČEK, F. J. (1975): Tiersaaten im Walde und ihre wirtschaftliche Nutzung. – *Forstpflanzen Forstsaamen*, **15**: 37–41.
- UHL, A. (2007): Naturverjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) im Gebiet der „Trockenaue“ am südlichen Oberrhein. – Diplomarbeit Fakultät f. Biologie, Univ. Freiburg. 64 S. + Anhang.
- VOGEL, O. (1969): Bestockungsombau am Oberrhein. – Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, **26**: 151 S.
- STADEN, N. VON & COCH, T. (2000): Die Forstwirtschaft im Wandel – Fallbeispiel Grißheimer Gemeindefeld. – In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg): Vom Wildstrom zur Trockenaue. Natur und Geschichte der Flusslandschaft am südlichen Oberrhein: 153–156; Ubstadt-Weiher (Verlag Regionalkultur).
- VULLMER, H. & HANSTEIN, U. (1995): Der Beitrag des Eichelhäfers zur Eichenverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. – *Forst und Holz*, **50**: 643–646.
- WATT, A. S. (1919): On the causes of the failure of natural regeneration in British oakwoods. – *J. Ecol.*, **7**(3/4): 173–203.
- WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie. – 6. Aufl., 405 S.; Wiesbaden (Quelle & Meyer).