

Die Waldkiefer

Fachtagung zum Baum des Jahres 2007



Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.)

Die Waldkiefer

This work is licensed under the [Creative Commons](#) License 2.0 “by-nd”, allowing you to download, distribute and print the document in a few copies for private or educational use, given that the document stays unchanged and the creator is mentioned. You are not allowed to sell copies of the free version.



erschienen als Band 2 der Reihe
„Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt“
in den Universitätsdrucken im Universitätsverlag Göttingen 2008

Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt
(Hrsg.)

Die Waldkiefer
Fachtagung zum
Baum des Jahres 2007

Beiträge aus der
Nordwestdeutschen
Forstlichen Versuchsanstalt
Band 2



Universitätsverlag Göttingen
2008

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Global Forest Decimal Classification: 181, 174.7, 72 (430)

Herausgeber

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Grätzelstr. 2, D-37079 Göttingen

Tel.: +49 (0)551-69401-0, Fax: +49 (0)551-69401-160

E-Mail: zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

Schriftleitung der Reihe: Prof. Dr. Hermann Spellmann

Redaktion: Inge Kehr, Ulrike Gaertner

Am 23. und 24. Mai 2007 fand eine Fachtagung zum „Baum des Jahres 2007 – Die Waldkiefer“ in Gartow im Schloss des Grafen Andreas von Bernstorff statt. Die Vorträge der Veranstaltung sind in diesem Band zusammengestellt.

Titelfoto: Wertholzkiefer, Herkunft Grebenau (Hans Jürgen Arndt)

Dieses Buch ist auch als freie Onlineversion über die Homepage der NW-FVA, des Verlages sowie über den OPAC der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek (<http://www.sub.uni-goettingen.de>) erreichbar und darf gelesen, heruntergeladen sowie als Privatkopie ausgedruckt werden. Es gelten die Lizenzbestimmungen der Onlineversion. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

© 2008 Universitätsverlag Göttingen

<http://univerlag.uni-goettingen.de>

ISBN: 978-3-940344-40-3

ISSN: 1865-6994

Grußwort

Grußwort des Niedersächsischen Ministerpräsidenten Christian Wulff zur Tagung „Baum des Jahres 2007 - Die Waldkiefer“ vom 23. bis 24. Mai 2007 in Gartow

Als Schirmherr der Tagung „Baum des Jahres 2007 – Die Waldkiefer“ ist es mir eine besondere Freude, alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Gartow begrüßen zu dürfen.

Schon seit vielen Jahren stellt das „Kuratorium Baum des Jahres“ alljährlich eine heimische Baumart in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Mit der Kiefer wurde diesmal ein Baum ausgewählt, der für Niedersachsen von besonderer Bedeutung ist. Als häufigste Baumart kommt ihr mit einem Waldflächenanteil von rund 30 Prozent auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine herausragende Funktion zu. Sie ist der Charakterbaum des niedersächsischen Tieflandes und insbesondere ein Symbol für die erfolgreichen Anstrengungen unserer Vorfahren zur Wiederaufforstung und zur Vermehrung der Waldfläche. Kiefernwälder stellen eine wesentliche Grundlage der modernen, nachhaltigen Forstwirtschaft dar und sind nicht zuletzt auch unter touristischen Gesichtspunkten ein prägendes Element unserer Landschaft.



Im Rahmen der Tagung wird die Bedeutung der Kiefer durch vielfältige, fachlich hochkarätige Beiträge hervorgehoben. Den Organisatoren ist es gelungen, ein hochinteressantes, abwechslungsreiches und praxisbezogenes Programm aufzustellen. Ganz im Sinne der multifunktionalen Forstwirtschaft wirken die Mitglieder des Organisationsteams - dem mein besonderer Dank gilt - perfekt zusammen:

Das „Kuratorium Baum des Jahres“ bringt mit seinem verdienstvollen ehrenamtlichen Engagement den Bürgern die von Bäumen und Wäldern ausgehende Faszination jährlich neu in das Bewusstsein. Damit wirbt das Kuratorium für die Sache des Waldes. Die Gräflich Bernstorff'sche Forstverwaltung steht für nachhaltig erfolgreiche Bewirtschaftung der Kiefernwälder durch die Waldeigentümer. Aktive, praxisnahe Unterstützung in vielfältigen Fachfragen zur Waldbewirtschaftung erfahren die Waldbesitzer durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt. Gerade am Beispiel der Kiefer hat die anwendungs- und praxisorientierte Forschung gezeigt, wie alle Waldbesitzer durch Berücksichtigung von Genetik und Umweltbedingungen die Forstwirtschaft nicht nur ökologisch verträglich, sondern

auch ökonomisch profitabel und damit im Sinne der Nachhaltigkeit erfolgreich gestalten können.

Sowohl allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern als auch den Organisatoren wünsche ich einen erfolgreichen und harmonischen Tagungsverlauf sowie anregende und spannende Diskussionen. Ich hoffe, dass Sie inspirierende Erinnerungen aus unserer wunderschönen niedersächsischen Kiefernregion mitnehmen!

Hannover, im März 2007

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Wulff', with a stylized flourish at the end.

Christian Wulff

Niedersächsischer Ministerpräsident

Vorwort

„Welch ein Allerweltsbaum“ war eine Bemerkung zur Ausrufung der Waldkiefer zum Baum des Jahres 2007. Wie sich auch „Insider“ täuschen können! Die Waldkiefer ist der Jahresbaum, der bisher die größte Resonanz in der Bevölkerung hervorgerufen hat. Die Bevölkerung und nicht in erster Linie Experten wollen wir mit der Ausrufung eines Jahresbaumes und den Informationen über ihn erreichen. Die Zielgruppen der Aktion Baum des Jahres sind: *Kinder und Bäume*.

Zusammen mit Klima und Wasser werden dies die Themen des 21. Jahrhunderts sein, das deutet sich schon an seinem Beginn an. Wir können die meisten Probleme nicht selbst lösen, aber wir können das Bewusstsein wach halten. Wir wollen Menschen an äume heranführen und Sensibilität für dieses lebendige Kulturgut schaffen. In die Herzen großer und kleiner Menschen pflanzen wir Bäume, um gedankliche Veränderungen anzustoßen. Dazu vermitteln wir Kenntnisse, Erlebnisse und Einblicke. *Wenn aus dem neu gewonnen Wissen aktives Handeln entsteht, ist das wichtigste Ziel erreicht.*

Um diesem Ziel näher zu kommen, veranstaltet der Verein Baum des Jahres e. V. jährlich mit wechselnden Partnern auch eine Tagung zum jeweilig ausgewählten Baum. Die Tagung zur Waldkiefer fand im Schloss von Gräfin und Graf von Bernstorff in Gartow in Niedersachsen statt. Eine Exkursion führte in den bekannten Bernstorff'schen Wald, der seit über 50 Jahren erfolgreich naturnah bewirtschaftet wird. Die Organisation und Durchführung der Tagung hat dankenswerterweise die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt übernommen.

Namens des Vereins Baum des Jahres e. V. danke ich Herrn Ministerpräsidenten Christian Wulff für sein Grußwort, Forstminister Ehlen für seine Eröffnungsrede, der Familie Graf von Bernstorff für ihre Gastfreundschaft sowie unseren Partnern und Sponsoren für die Unterstützung der Tagung herzlich.

Die in diesem Band zusammengestellten Vorträge der Tagung können und sollen „in die Breite“ wirken. Sie zeigen, dass die Waldkiefer ein in vielerlei Beziehung wichtiger und interessanter Baum und alles andere als ein „Allerweltsbaum“ ist.

Die Waldkiefer ist ein „Baum mit Zukunft“.



Dr. Silvius Wodarz

Vorsitzender des Vereins Baum des Jahres e.V.

Inhaltsverzeichnis

Grußwort (Ministerpräsident Christian Wulff)	I
Vorwort (S. Wodarz)	III
Inhaltsverzeichnis	V

Baum des Jahres 2007: die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) – Biologie, Ökologie, Verwendung, Schäden (A. Roloff) 1

Zusammenfassung	1
Abstract	2
1 Charakteristika und Erkennungsmerkmale	2
2 Ökologie und Vorkommen	9
3 Nutzung und Verwendung	12
4 Krankheiten und Schäden	14
5 Sonstiges Wissenswertes	15
Literatur	16

Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung (T. Heinken) 19

Zusammenfassung	19
Abstract	20
1 Was sind natürliche Kiefernstandorte	21
1.1 Kiefernwälder als Schlusswaldgesellschaften	21
1.2 Kiefernwälder als Sukzessions- und Degradationsstadien	22
1.3 Regionale Verbreitung natürlicher Kiefernstandorte	23
1.4 Schlussfolgerung	24
2 Die Waldvegetation natürlicher Kiefernstandorte	24
2.1 Karbonat-Trockenkiefenwälder	25
2.2 Sand- und Silikat-Kiefenwälder	28
2.3 Kiefern-Moorwälder	33
3 Naturschutzfachliche Bedeutung und Gefährdung	35
4 Maßnahmen zur Erhaltung gefährdeter Standorte	39
Literatur	40

Zur physiologischen Anpassungsfähigkeit der Waldkiefer	43
(R. Kätzel, S. Löffler, K. Müller)	
Zusammenfassung.....	43
Abstract	44
1 Anpassung in Zeit und Raum.....	44
2 Vitalität und Gefährdungspotenzial der Kiefer	47
3 Beispiele physiologischer Anpassung.....	50
3.1 Beispiel: Trockenstress	54
3.2 Beispiel: Prädisposition gegenüber Insektenbefall.....	56
4 Schlussfolgerungen.....	59
Literatur	59
Die Kiefer - ein Auslaufmodell? (H. Spellmann)	63
Zusammenfassung.....	63
Abstract	64
1 Ausgangssituation.....	64
2 Waldbauliche Entwicklungsziele.....	66
2.1 Risikobegrenzung und Risikoverteilung.....	66
2.2 Rationelle Verjüngung	68
2.3 Sicherung der Flächenproduktivität.....	70
2.4 Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.....	74
3 Schlussfolgerungen.....	76
Literatur	77
Absatzmöglichkeiten für Kiefernholz vor dem Hintergrund expansiver Holzverarbeitungskapazitäten (T. Gottlob)	79
Zusammenfassung.....	79
Abstract	80
1 Der Welthandel mit Holz und Holzprodukten	80
2 Stetige Zunahme des Holzeinschlags in Deutschland.....	83
3 Starke Wachstumsdynamik in der Holzindustrie	84
4 Veränderung der Rahmenbedingungen an den Rundholzmärkten.....	85
Literatur	87

Kiefer, die herbe Schöne (R. Köpsell)	89
Zusammenfassung	89
Abstract	89
Haiku.....	90
Literatur	98

Baum des Jahres 2007: die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) – Biologie, Ökologie, Verwendung, Schäden

Tree of the year 2007: Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) – Biology, Ecology, Uses, Diseases

Andreas Roloff

Zusammenfassung

Die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.), regional auch Kienbaum, Föhre oder Forche genannt, ist eine der schönsten immergrünen Baumarten – wenn sie sich frei entwickeln kann, nicht eingezwängt zwischen anderen Kiefern. Zudem ist sie seit langer Zeit der Brotbaum der norddeutschen (und ost-/nordeuropäischen) Forstwirtschaft und ihre Verbreitung durch Einfluss des Menschen großflächig sehr gefördert worden. Von Natur aus ist sie dagegen konkurrenzschwach und ständig auf Nischensuche. Auf keine andere Baumart trifft der Begriff Überlebenskünstler so zu wie auf die Kiefer. Es gibt eine Vielzahl botanischer Besonderheiten und vielfältige Verwendungsmöglichkeiten dieser Baumart.

Stichworte: Kurztriebe, Kronenform, Konkurrenzschwäche, Überlebenskünstler, Krankheiten

Abstract

One of the most beautiful conifer tree species is Scots pine – when it is permitted to develop freely, uncrowded by other pines. Having been favoured by North German (as well as North and East European) foresters for many decades, Scots pine has benefited from the human influence and now occurs in many parts of Europe. By nature, however, it is a weak competitor and always on the look out for ecological niches. No other species is more deserving of the title 'survivor'. Scots pine has numerous special botanical characteristics and a great number of potential uses.

Key words: short shoots, crown shape, competitive weakness, survival strategy, diseases

1 Charakteristika und Erkennungsmerkmale

Für viele Menschen, vor allem in Norddeutschland und Nordeuropa, gibt es nichts Schöneres als Kiefern unter blauem Himmel: sie ist zunächst eine Baumart mit besonderen **ästhetischen Highlights** – die junge fuchsrote Rinde, das Grün der Nadeln, der Hauch japanischer Gärten – und die kann sie vor blauem Himmel so richtig ausspielen. Typisch für Wald-Kiefern ist auch, dass die Krone jedes Baumes sehr verschieden von anderen ist, zumindest wenn die Bäume nicht in gleichaltrigen, in Reihen gepflanzten Reinbeständen aufwachsen. 150 Varietäten sind schon beschrieben worden (CARLISLE u. BROWN 1968, KIENITZ 1911, ZOLLER 1981). Das Individuelle jeder einzelnen Kiefer kommt am besten bei freierem Stand zum Tragen (s. Abb. 1). Kein Wunder, dass viele Künstler diese Baumart auf Papier oder Leinwand gebannt haben und es z. B. Malerkiefern gibt wie bei Storkow / Brandenburg (FRÖHLICH 2000).

Das Nächste ist der einzigartige **Geruch** von Kiefernwäldern. Dies gilt vor allem, wenn frisch geschlagenes Holz am Weg liegt. Bei Wind erzeugen Kiefernkrone zudem ein einmaliges, helles Rauschen, das keine andere heimische Baumart zustande bringt.

Es gibt eindrucksvoll **breitkronige und schlankkronige Kiefern**. Wo im Winter regelmäßig viel und/oder nasser Schnee fällt, werden schlankkronige Bäume herausselektiert, denn bei breitkronigen können die Äste infolge der Schneelast abbrechen. Bisweilen muss man dann sehr genau hinschauen, ob es sich um eine schlankkronige Kiefer oder eine Fichte handelt, da sie von weitem fast gleich aussehen. Natürlich spielen für die Kronen- und Stammform neben Genetik und Umwelt auch die Standorts- und Bestandesverhältnisse eine Rolle: bei Dichtstand werden die Kronen schlanker als bei freierem Aufwachsen, auf ärmeren Standorten sind die Bäume krummstämmiger, die Kronen unregelmäßiger. An der

Küste und im Hochgebirge werden die Kronen bei ständigem Wind- und Sturm- einfluss zu **Windflüchtern**, da sie sich dann auffällig einseitig entwickeln und ab- flachen (ROLOFF 2004). Die Kiefer mit den meisten Fernsehauftritten dürfte wohl ein solcher Windflüchter am Leuchtturm auf Hiddensee sein – er erscheint fast jeden Abend um 19:55 Uhr im Wetterbericht von NDR-MV im Hintergrund. Am Leuchtturm auf dem Darß (Mecklenburg-Vorpommern) kriechen die Kiefern gar auf dem Boden dahin.



Abbildung 1: *Solitär in der Lüneburger Heide*

Das Alter und die Lebensgeschichte jüngerer Kiefern lassen sich sehr gut an den **Astquirren** ablesen, denn davon wird jedes Jahr genau einer gebildet. Da die Ast- ansätze auch nach dem Absterben der Äste noch lange am Stamm hängen bleiben und danach gut sichtbare Narben hinterlassen, ist es mit etwas Erfahrung möglich, das Alter 50 Jahre und mehr zurückzuzählen (und damit auch den Höhenzuwachs der Bäume bzw. des Bestandes zu rekonstruieren). Außerdem besitzen jüngere Kiefern die bemerkenswerte Eigenart, dass alle Zweige – Wipfeltriebe und Seiten- äste – senkrecht wachsen (ROLOFF 1993, 2001). Bei vielen anderen Baumarten sind die Seitenäste hingegen eher waagrecht orientiert.

Selbst der gute Naturbeobachter GOETHE bezeichnete Kiefern als Fichten. Das wichtigste Erkennungsmerkmal der Kiefer ist ihre "Belaubung": die 4 - 8 cm langen, blau- oder graugrünen **Nadeln** stehen immer zu zweit an den Zweigen, da sie sich an ganz kurzen, unterentwickelten seitlichen **Kurztrieben** befinden. Wenn man die Basis der Nadelpaare anschaut, erkennt man mehrere Schuppen, und zwischen den beiden Nadeln, tief unten in der Achsel versteckt, gibt es eine

Knospenanlage (s. Abb. 2). Diese wird, wenn alles gut geht, nie gebraucht und nicht zur Entfaltung gebracht. Wenn die Nadeln aber durch Schnitt, Fraß o. ä. beschädigt werden, wird dieser Vegetationskegel aktiviert, treibt aus und ersetzt die beschädigten Nadeln. Das ist der Beweis, dass es sich um einen winzigen Spross mit 2 Nadeln handelt, denn nur so ist die kleine Knospe zu erklären (ROLOFF 2001). Es gibt noch weitere zweinadelige Kiefernarten (z. B. Schwarz- und Berg-Kiefer, *Pinus nigra*, *P. mugo*), andere haben 3 oder 5 Nadeln am Kurztrieb (z. B. 3 bei der Gelb-Kiefer, *P. ponderosa*, 5 bei der Arve, *P. cembra*), oder auch nur eine (*P. monophylla*, ROLOFF u. BÄRTELS 2006, SCHÜTT et al. 2002).



Abbildung 2: Sich entwickelnder Spross in der Achsel zwischen dem Nadeln paar

Ganz am Beginn ihres Lebens tragen kleine Kiefern kurze Zeit (1-2 Jahre) noch einfache Nadeln, die nicht an Kurztrieben sitzen. Dann findet die "Verwandlung" statt und alle weiteren Nadeln befinden sich zu zweit an Kurztrieben (BÄRTELS 1993).

Die Nadeln werden, für einen Nadelbaum bemerkenswert, nur 2 bis 3 Jahre alt. In kalten Regionen und in hohem Alter können es aber auch bis zu 8 Jahre sein, bei Immissions- oder starkem Trockenstress auch nur 1 bis 2 Jahre. Es ist also normal, dass die Nadeln schon im dritten Jahr abfallen, vorzugsweise im Spätsommer, wenn es länger trocken ist. Die Zahl der Nadeljahrgänge ist ein Kriterium, mit dem sich die Vitalität einer Kiefer beurteilen lässt: wenn sie die Nadeln nur ein Jahr lang behält, muss irgendein Stressfaktor dafür die Ursache sein (LESINSKI 1983).

Die **Blüten** der Kiefer sind, wie für Nadelbäume üblich, unauffällig, denn sie werden vom Wind bestäubt. Es können dann zum Blütezeitpunkt im Mai derart große Pollenmengen produziert werden, dass von **Schwefelregen** die Rede ist oder in Tageszeitungen Saharastaub als Ursache genannt wird. Wenn man den Staub unters Mikroskop legt, erkennt man aber deutlich an den zwei Luftsäcken, dass es sich um Pollenkörner handelt. Pfützen und Tümpel sind um diese Zeit mit einem gelben Film überzogen.

Die männlichen Blüten befinden sich vorzugsweise im unteren Kronendrittel und stehen zu vielen dicht gedrängt an der Basis der Jahrestriebe, mit der Folge, dass durch ihr Abfallen nach dem Verblühen markante **Benadelungslücken** an den Zweigen zurückbleiben (MARCET u. SIEBER 1985). Die weiblichen Blüten sind in Zapfenblütenständen angeordnet und befinden sich in den oberen Kronenbereichen am Ende der Jahrestriebe (s. Abb. 3).



Abbildung 3: Weiblicher Zapfen-Blütenstand

Die männlichen Blüten befinden sich vorzugsweise im unteren Kronendrittel und stehen zu vielen dicht gedrängt an der Basis der Jahrestriebe, mit der Folge, dass durch ihr Abfallen nach dem Verblühen markante **Benadelungslücken** an den Zweigen zurückbleiben (MARCET u. SIEBER 1985). Die weiblichen Blüten sind in Zapfenblütenständen angeordnet und befinden sich in den oberen Kronenbereichen am Ende der Jahrestriebe (s. Abb. 3). Die Zapfen reifen nicht vor dem Herbst des Folgejahres, da die Befruchtung erst ein Jahr nach der Blüte erfolgt (s. Abb. 4). Die Blühreife ist mit 20-40 Jahren erreicht. Reichlich Samen, eine sog.

Vollmast mit bis zu 1.000 Samen auf dem Quadratmeter, gibt es alle 5-10 Jahre, dazwischen jedes Jahr geringere Mengen (ZOLLER 1981).



Abbildung 4: Zweig mit ein- und zweijährigen Zapfen

Die eiförmigen, 3 bis 6 cm großen **Zapfen** ("Kienäppel") öffnen sich im Spätwinter und Frühjahr, also erst 2 Jahre nach der Blüte. Dabei gibt es einen interessanten Mechanismus: bei Lufttrockenheit spreizen sich die Zapfen etwas und die ersten **Samen** fallen heraus (HECKER 1991). Wenn die Luftfeuchtigkeit wieder zunimmt – nachts und bei Regen –, schließen sie sich wieder mehr. So geht es Wochen lang hin und her, und die Samen fallen daher nicht alle auf einmal heraus, sondern über einen längeren Zeitraum. Dahinter steckt die Strategie, dass irgendwann in diesem Zeitraum ein Teil der Samen günstige Bedingungen vorfindet. Sie werden durch einen 2 cm langen Flügel bis zu 2 km weit vom Wind verfrachtet (s. Abb. 5).

Nachdem die Samen herausgefallen sind, fallen die Zapfen dann schließlich als Ganzes ab. Die **Zapfenschuppen** weisen eine Warze auf, den sog. "Nabel". Eine 100-jährige Kiefer produziert jährlich etwa 1.600 Zapfen. Es gibt auch Kiefernarten – vor allem in Nordamerika –, bei denen sich die Zapfen erst bei starker Erhitzung öffnen (z. B. bei der Dreh-Kiefer, *P. contorta*). Das ist eine Anpassung an die in bestimmten Regionen häufigen Waldbrände: die Samen fallen dann ins Aschebett auf den Boden und haben ideale Keimungsbedingungen, da die Konkurrenzvegetation fehlt (ROLOFF 2004).



Abbildung 5: Kiefern Samen mit Flügeln

Die Triebe der Wald-Kiefer sind von braunen Schuppenblättern bedeckt, den Tragblättern der Kurztriebe. Die rötlichen, harzigen **Knospen** der Kiefer haben einen fast 2 Jahre andauernden Entwicklungszyklus: Was sich aus der Knospe im Frühjahr beim Austreiben entfaltet, wurde z. T. bereits 2 Jahre zuvor in der Knospe angelegt (HEJNOWICZ 1982, SEEFELDT 1983, ZIMMERMANN u. BROWN 1974).

Die Wald-Kiefer ist bekannt für ihre fuchsrote **Spiegelrinde**, ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zu anderen Kiefernarten. Schon in mittlerem Alter entwickelt sich unterhalb der Krone eine glatte, teilweise matt glänzende, in unterschiedlichen Orange- und Rottönen leuchtende Rinde (s. Abb. 6), die dann in höherem Alter immer dicker wird und schließlich am unteren Stammabschnitt schuppig aufreißt und braungrau wird (s. Abb. 7). Von Kennern werden nach der Borkenstruktur Schuppen-, Platten-, Muschel-, Schindel-, Knollen- und Schuppen-schürzen-Kiefern unterschieden.



Abbildung 6: Fuchsrote Spiegelrinde unter dem Kronenansatz mittelalter Kiefern



Abbildung 7: Schuppenborke am Stammfuß von Altkiefern ("Plattenkiefer")

Bemerkenswert sind auch die **Pfahlwurzeln** von Kiefern, die bis zu 8 m Tiefe erreichen können (KUTSCHERA u. LICHTENEGGER 2002). Die Seitenwurzeln können 16 m lang werden. Dementsprechend fest verankert und sturmfest sind die Bäume.

Das **Höchstalter** der Kiefer beträgt 1000 Jahre (dokumentiert in Lappland, HAEGGSTRÖM 2005). Sie kann bis zu 48 m hoch werden, einen maximalen Durchmesser von 1,50 m erreichen (SCHÜTT u. STIMM 2006) oder auf Extremstandorten ein kaum mannshoher Baum bleiben.

Die Kiefer ist namensgebend für die Familie der **Kieferngewächse**, zu denen fast alle Zapfenträger gehören (BARTELS 1993). Weitere heimische Arten in Deutschland sind Berg- und Zirbel-Kiefer (*P. mugo*, *P. cembra*), die aber von Natur aus eher in höheren Lagen anzutreffen sind (KINDEL 1995). Häufiger findet man auch angepflanzte Schwarz-Kiefern und Stroben (*P. nigra*, *P. strobus*). Weltweit gibt es etwa 100 Kiefernarten (FARJON 2005), darunter eine mit 50 cm langen Zapfen (die Zucker-Kiefer, *P. lambertiana*), eine mit bisweilen tödlichen Zapfenschuppen (die Coulter-Kiefer *P. coulteri*, deren 3 kg schwere dornige Zapfen aus 25 m Höhe herunterfallen können) und eine, die mit fast 5.000 Jahren die ältesten lebenden Bäume der Welt stellt (die Langlebige Grannen-Kiefer, *P. longaeva*).

2 Ökologie und Vorkommen

Kiefern sind – was man leicht fehleinschätzt wegen der regional großen Anbauflächen – sehr konkurrenzschwach. Der Grund dafür ist ihr sehr **hoher Lichtbedarf**. Wird der nicht schon in der Jugend erfüllt, fangen sie an zu kümmern. Die Stärke dieser Baumart sind daher Freiflächen und Extremstandorte sowie Katastrophenflächen, z. B. nach Waldbränden, mit der Folge von großflächigen gleichaltrigen Reinbeständen, die also auch von Natur aus vorkommen. Solche **Reinbestände** sind in der Natur aber auf den meisten Standorten nur ein Durchgangsstadium, bis andere Baumarten die Kiefern wieder verdrängen. Ganz anders ist es, wenn der Mensch durch Pflanzung solcher gleichaltrigen Reinbestände nachgeholfen hat und sie in der Forstwirtschaft zum Dauerzustand werden. Dann entwickelt sich nämlich eine Reihe von negativen Folgen: Die Nadeln werden nur unvollkommen zersetzt und bilden eine immer dicker werdende Streuauflage auf dem Waldboden, so dass sich der Standort verschlechtert und versauert. Das Schädlings-, Schneebruch- und Feuerrisiko steigt dann immer weiter an. Diese Nachteile führen heute dazu, dass bei der naturnahen Waldbewirtschaftung solche Kiefernreinbestände in Mischbestände "umgebaut" werden (FÜRST et al. 2004). Das heißt es werden andere Laubbaumarten wie z. B. Eichen oder Buchen hineingepflanzt und dann verschwinden die o. g. Risiken.

Dauerhaft hat in Deutschland die Kiefer nur auf **Extremstandorten** eine Chance, z. B. auf sehr armen und trockenen Sandböden oder auf Felsen und an Moorrändern (s. Abb. 8 u. 9). Nicht weil sich die Kiefer dort besonders wohl fühlt,

sondern weil sie durch Konkurrenz anderer Baumarten auf diese ungünstigen Standorte verdrängt wird. Am besten wächst sie aber wie die meisten Baumarten auf Standorten mit besserem Wasser- und Nährstoffangebot (ELLENBERG 1996).



Abbildung 8: „Riffkiefern“ auf Felsstandorten



Abbildung 9: Kiefern am Moorrand auf Grashorsten

Kiefern können die reinsten **Überlebenskünstler** werden: Keine andere Baumart kommt mit so wenig Wasser und Erde aus, so dass man sie z. B. regelmäßig in Felsritzen findet (s. Abb. 10). Dann entwickelt sie einen bonsaiförmigen Habitus und ist im Alter von 50 Jahren bisweilen kaum 50 cm groß.

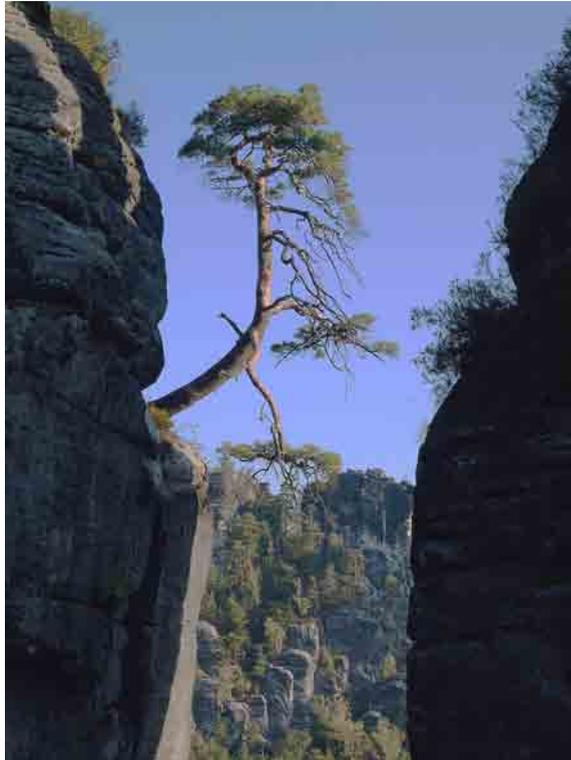


Abbildung 10: Überlebenskünstler in einer Felsritze

In beweideten Heideflächen werden die jungen Kiefern immer wieder von Schafen verbissen, kriechen daher im Schutz der Heidekrautschicht am Erdboden in alle Richtungen dahin und werden breiter und breiter (aber nicht höher). Wenn es dann schließlich irgendwann einzelnen Ästen gelingt, aus der Verbisszone herauszuwachsen, entstehen eindrucksvolle, extrem breitkronige **Heidekiefern** (GRIESE 1987).

Keine andere heimische Baumart hat so ein großes **Verbreitungsgebiet**. Es umfasst fast ganz Europa und große Teile Asiens, überschreitet im Norden den Polarkreis und dringt im Süden bis in die Steppen vor (FARJON 2005, ZOLLER 1981). Vor allem im Nordosten Europas tritt die Kiefer auffällig in Erscheinung. Nach den Eiszeiten hat sie vor etwa 10.000 Jahren über einen langen Zeitraum gemeinsam mit der Birke in den mitteleuropäischen Wäldern dominiert. Von einer

Klimaerwärmung wird diese Baumart mit Sicherheit profitieren. Die heutige Höhenverbreitung reicht vom Flachland bis in 2.500 m im Hochgebirge.

Im ausgehenden Mittelalter begann der vom Menschen geförderte **Siegeszug** der Kiefer durch die Wälder, weil man mit ihr die großen verödeten und herabgewirtschafteten Flächen bepflanzen konnte und ihr Bau- und Drechselholz schätzte. Ostern 1368 erfolgte die erste großflächige künstliche Baumsaat im Nürnberger Raum (SCHÜTT u. STIMM 2006). Das war damals eine sensationelle Entdeckung, und die wurde mit der Kiefer durchgeführt. Bis zum Dreißigjährigen Krieg waren die **Nürnberger Kiefersäer** dann vielgefragte, weitberufene Fachleute, die von Preußen bis Flandern mit ihren Säcken voller Saatgut durchs Land zogen, um damit die Holznot zu lindern. Der Nürnberger Reichswald war lange Zeit das berühmteste Kiefern-Waldgebiet.

Im 18. Jahrhundert bedrohten Sanddünen infolge der fast baumlosen Landschaft die niedersächsische Herzogstadt Celle. FRIEDRICH DER GROBE ordnete 1748 an, die Heiden mit Kiefer aufzufenstern. Heute hat die Kiefer einen Anteil von 23 % an der deutschen Waldfläche (in Brandenburg 71 %), weit mehr als je von Natur aus möglich wäre. Dabei darf man aber nicht vergessen, dass es die Kiefer war, die nach der früher großflächigen Waldvernichtung überhaupt erst eine Wiederbewaldung möglich machte, da sie selbst mit den widrigsten Bedingungen fertig wird. Kiefern können wie kaum eine andere heimische Baumart auf praktisch allen Standorten wachsen: auf sauren bis basischen und trockenen bis nassen.

Auch in Nordamerika, Grönland, Korea, Mexiko und Neuseeland wird die Wald-Kiefer bisweilen forstlich angebaut (SCHÜTT u. STIMM 2006).

Kiefern sind wichtiger **Lebensraum** für eine Vielzahl von Insekten, Pilzen und Vögeln. Die Insekten können ihr allerdings Probleme bereiten, da einige sie vollkommen kahl fressen. An den Wurzeln wurden über 50 Pilzarten festgestellt, die den Bäumen bei der Nährstoff- und Wasseraufnahme helfen (sog. Mykorrhiza-Partner). Auch der Fliegenpilz gehört beispielsweise dazu.

3 Nutzung und Verwendung

Das dekorative **Holz** der Kiefer ist seit langer Zeit sehr beliebt, da es sich vielseitig verwenden lässt. Es zeigt einen warmen Farbton, kann bisweilen beim Nachdunkeln am Tageslicht auch etwas "laut" werden durch die auffälligen Jahrringe, die eine Altersdatierung und Rekonstruktion der Lebensgeschichte leicht machen. Sie sind so auffällig, weil sich das dünnwandige, helle Frühholz deutlich vom dickwandigen, dunklen Spätholz absetzt. Außerdem riecht es angenehm harzig. Deutlich ist der dunklere **Kern** zu erkennen, da er sich vom äußeren helleren Splint unterscheidet (WAGENFÜHR 1996). Das Kernholz ist relativ dauerhaft gegenüber Pilzbefall. Die höchste und bestbezahlte Qualität wird mit geraden, astfreien Stammabschnitten erzielt, die sich als Furnier verwenden lassen. Kiefernholz wird

als **Konstruktionsholz** im Innen- und Außenbereich verwendet: für Schiffsdecks, Rammpfähle, Schwellen, Gartenmöbel und für Türen, Türrahmen, Fenster, Treppen, Fußböden und Möbel. Früher wurden auch Wasserleitungen daraus hergestellt (SCHÜTT u. STIMM 2006).

Außerdem verwendete man vor der Zeit von Kerzen und Petroleum, in armen Regionen auch später noch, **Kienspäne** zum Erhellen der Stuben. Dafür wurde Kiefernholz in etwa 3 mm dicke und 4 cm breite Steifen gespalten, die im Mund gehalten wurden, wenn man dafür keine Halterung fand, und eine Viertelstunde für Licht sorgten. Oder man schnitt fingerdicke harzgetränkte Stäbe aus Kiefernastholz, die dann als Fackeln 1 bis 2 Stunden brannten, aber auch stark rußten. Kaum noch bekannt ist, dass **Kienruß** früher ein wertvolles Produkt aus Kiefernholz zum Herstellen arzer Ölfarbe, von Tusche, für Druckerschwärze und Schuhcreme darstellte.

Lange Zeit war die **Harznutzung** eine wichtige Verwendungsform (STEPHAN 1995). Schon der Begründer der Homöopathie HAHNEMANN berichtete davon 1793 für medizinische Zwecke. Seit dem 1. Weltkrieg bis Anfang der 1990er Jahre wurden die Stämme vieler Kiefern etwa 10 Jahre vor der Fällung nach Entfernen der Rinde fischgrätartig angeritzt. Dann tritt im Frühjahr das flüssige Harz aus, und man kann es in darunter gehängten Töpfchen auffangen, 1-4 kg je Baum im Jahr (SCHÜTT u. STIMM 2006). Harz ist der Grundstoff für Terpentin(öl) und Kolophonium. Ersteres ist Grundstoff für Kosmetika, Lacke und Anstrichmittel, Letzteres für Lacke, Papier, Leime, Linoleum, Geigenbogenharz und Kaugummi.

Die Samen der Wald-Kiefer sind ungenießbar, hingegen die der Pinie und Zirbel-Kiefer sehr nahr- und schmackhaft.

Kiefernölextrakte aus Nadeln und jungen Trieben werden als Duft- und Massageöle, Badezusatz, Saunaaufgüsse und innerlich gegen Erkältungskrankheiten und Halsbeschwerden verwendet (STRASSMANN 1994, VONARBURG 1997). Wer sich bei Glieder-, Gelenk- oder Muskelschmerzen, Prellungen und Verstauchungen Erleichterung verschaffen will, reibt sich mit Kiefern-Franzbranntwein ein. Die Inhaltsstoffe der Kiefer gehören zu den erprobten Lungenheilmitteln: Bei Erkältungen, Husten und Bronchitis helfen Inhalationen mit Kiefernsprossen oder ein Vollbad in ihnen. Man kann auch Tee daraus herstellen (SCHILCHER u. KAMMERER 2000).

In Nordostdeutschland und -europa ist die Föhre verbreitet der beliebteste **Weihnachtsbaum**.

4 Krankheiten und Schäden

Die Wald-Kiefer wird aufgrund ihres großen Verbreitungsgebietes und ihres häufigen Vorkommens auf trockenen Standorten von einer Vielzahl von Pathogenen geschädigt, so dass sie in Büchern über Baumkrankheiten regelmäßig die meisten Seiten einnimmt (BUTIN 1996, BUTIN et al. 2003, EBERT u. HÄUBLER 1978, HARTMANN et al. 1995). Nadeln, Rinde und Holz enthalten als Schutz vor Schädlingen sehr viel **Harz**.

Weiter oben schon erwähnter massiver **Nadelfraß** kann den Kiefern erheblich zu schaffen machen. Verursacht wird er z. B. durch die Raupen der Schmetterlingsarten Nonne, Kiefern-Spanner, -Spinner, -Schwärmer und Forleule, was im Extremfall zum Absterben des Baumes oder ganzer Waldbestände führen kann (HARTMANN et al. 1995). Dann müssen die Förster gelegentlich mit Bekämpfungsmaßnahmen eingreifen. In Mischbeständen und an natürlichen Kiefernstandorten treten diese Probleme seltener auf.

In feuchten, windstillen Lagen kommt es in jungen Reinbeständen häufig zur Kieferschütte, einem pilzbedingtem massiven **Nadelfall**. Nährstoffmangelsymptome lassen sich meist gut an Nadelverfärbungen ablesen.

Für **Holz- oder Wurzelfäulen** sind verschiedene Pilzarten verantwortlich, wie z. B. Kiefern-Baumschwamm, Kiefern-Braunporling, Krause Glucke, Hallimasch und Wurzelschwamm (BUTIN 1996).

Als Kienzopf bezeichnet man das Absterben des Wipfels durch den Kiefern-rindenblasenrost. **Triebverkrümmungen** kommen durch den pilzbedingten Kiefern-Drehrost oder den Kiefernknospentriebwickler zustande, was zur sog. Posthornbildung führen kann. Durch das ungleiche Wachstum verschiedener Triebseiten verkrümmen sich die Sprosse und richten sich am Ende wieder auf, was etwas merkwürdig aussehen kann. Zu **Hexenbesen** (miniaturisierte Verzweigungen) in der Krone kann es durch Knospenanomalien kommen.

Als Zapfensucht wird eine Mutation bezeichnet, durch die männliche Blüten und weibliche Zapfen am Zweig vertauscht sind, so dass sich an einem Zweig bis zu 250 Zäpfchen anstelle männlicher Blüten entwickeln können (BUTIN 1996).

Die **Kiefern-Mistel** ist eine Unterart der Mistel, die auf Kiefern spezialisiert ist und nur auf diesen auftritt. Dies kann zur Schädigung einzelner Äste führen, bei massivem Befall auch zum Absterben ganzer Bäume (DOBBERTIN u. RIGLING 2006).

Kiefern gelten als sehr empfindlich gegenüber Schwefeldioxid und Auftausalzen, sind dafür aber sehr dürreresistent und frosthart.

5 Sonstiges Wissenswertes

Baltischer **Bernstein**, das "Gold des Nordens", ist erhärtetes Harz von Kiefern, die vor etwa 50 Millionen Jahren gewachsen sind. Kein anderes Naturerzeugnis hat die Menschheit über Jahrtausende derart fasziniert und so die Phantasie angeregt. Er schimmert in goldenen Farbtönen, schwebt im Meerwasser, ist brennbar und enthält lange vergangene Zeiten – ein Fenster in die Vergangenheit. Bernstein wurde schon in der Steinzeit gesammelt. Er entsteht durch schnelle Einlagerung von Harz in Meeressedimente bei weitgehendem Luftabschluss. Das Harz muss in Fließ- oder Stillgewässer gelangt und von dort bei Überschwemmungen ausgespült und dann nach und nach in die Ostsee verfrachtet worden sein. Besonders beeindruckend sind Einschlüsse von Insekten und Pflanzenresten, sog. Inkluden (WICHARD u. WEITSCHAT 2004). Zu welchen Phantasien diese führen können, weiß jeder, der den Film 'Jurassic Park' von STEVEN SPIELBERG gesehen hat.

Die Nadeln der Kiefer sind durch eine dicke Wachsschicht und eingesenkte Poren sehr gut an **Trockenstress** angepasst. Zudem können sie Wasser auch direkt aus der Luft aufnehmen, z. B. Tau in Trockenperioden, so dass man Kiefern durch Besprühen der Kronen bei fehlender Bodenwasserversorgung am Leben erhalten kann. Dann wird das Wasser in den Zweigen umgekehrt transportiert, im Extremfall bei kleineren Bäumen bis zu den Wurzeln (ROLOFF 2004).

Kiefern führen tendenziell zur **Austrocknung des Bodens**, da ein relativ hoher Niederschlagsanteil in den Kronen an Nadeln und Zweigen hängen bleibt, von dort wieder verdunstet oder auch direkt von den Nadeln aufgenommen wird, und daher dann den Boden nicht erreicht.

Der deutsche **Name Kiefer** ist erst im 15. Jahrhundert aus der Zusammensetzung der Wörter "Kien" (= harzreiches Holz) und Föhre entstanden. Er wurde dann von MARTIN LUTHER salonfähig gemacht: seine Bibelübersetzung dürfte als frühestes schriftliches Zeugnis gelten, in dem die Kiefer Erwähnung findet (in JESAJA 41, 19).

Relativ verbreitet werden die Wörter **Kiefernhöhlen**, Kiefernorthopäden und Kiefernchirurgen verwendet, also falsch mit dem "n" in der Mitte gesprochen oder gar so geschrieben. Das sind aber nicht etwa Hohlräume in Kiefernstämmen und Baumärzte, sondern sie haben etwas mit dem Kiefer beim Menschen zu tun. Die Mehrzahl von dem Kiefer heißt aber die Kiefer (also ohne n am Ende).

Literatur

- BARTELS, H. (1993): Gehölkunde – Einführung in die Dendrologie. Ulmer Verlag, Stuttgart
- BUTIN, H. (1996): Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 3. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart / New York
- BUTIN, H.; NIENHAUS, F. u. BÖHMER, B. (2003): Farbatlas Gehölkkrankheiten. Ulmer Verlag, Stuttgart
- CARLISLE, A. u. BROWN, A. H. (1968): Biological Flora of the British Isles: *Pinus sylvestris*. J. Ecol. 56, 269-307
- DOBBERTIN, M. u. RIGLING, A. (2006): Pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality. For. Path. 36, 309-322
- EBERT, W. u. HÄUBLER, D. (1978): Bestimmungsbuch der wichtigsten Kiefern-schädlinge und -krankheiten. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart
- FARJON, A. (2005): Pines – drawings and descriptions of the genus *Pinus*. 2nd ed. Brill, Leiden
- FRÖHLICH, H.-J. (2000): Alte liebenswerte Bäume in Deutschland. 2. Aufl., Nicol Verlag, Hamburg
- FÜRST, C.; BITTER, A.; EISENHAUER, D.-R.; MAKESCHIN, F.; RÖHLE, H.; ROLOFF, A. u. WAGNER, S. (eds.) (2004): Sustainable methods and ecological processes of a conversion of pure Norway spruce and Scots pine stands into ecologically adapted mixed stands. Contr. For. Sc. 20, 1-244
- GRIESE, F. (1987): Untersuchungen über die natürliche Wiederbewaldung von Heideflächen im niedersächsischen Flachland. Diss. Forstwiss. Fachber. Univ. Göttingen
- HAEGGSTRÖM, C.-A. (2005): The oldest known Scots pine tree in the Nordic countries. Svensk Bot. Tidskrift 9, 3-4
- HARTMANN, G.; NIENHAUS, F. u. BUTIN, H. (1995): Farbatlas Waldschäden. Ulmer Verlag, Stuttgart
- HECKER, U. (1991): Zur Biologie der Kiefernzapfen. Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 80, 73-86
- HEJNOWICZ, A. (1982): Structure and development of vegetative buds in Scots pine. Poln. Diss. Institute of Dendrology, Kornik, Poland, Polish Academy of Sciences
- KIENITZ, M. (1911): Formen und Abarten der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) Z. Forst- u. Jagdwes. 23, 4-35
- KINDEL, K.-H. (1995): Kiefern in Europa. Fischer Verlag, Stuttgart
- KUTSCHERA, L. u. LICHTENEGGER, E. (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. Leopold Stocker, Graz
- LESINSKI, J. A. (1983): Some remarks on the susceptibility of Scots pine to air pollution. Proceedings of the 12th international meeting for specialists in air pollution damages in forests, IUFRO-section 2.09 "Air pollution". Aquilo Botanica 19, 309-311
- MARCET, E. u. SIEBER, M. (1985): Anmerkungen und Richtigstellungen zum "Baumsterben": Benadelungslücken bei Föhren. Schweiz. Z. Forstwes. 136, 1031-1034
- ROLOFF, A. (1993): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. 2. überarbeitete Aufl., Frankfurt a.M.
- ROLOFF, A. (2001): Baumkronen – Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Ulmer Verlag, Stuttgart
- ROLOFF, A. (2004): Bäume – Phänomene der Anpassung und Optimierung. Ecomed Verlag, Landshut
- ROLOFF, A. u. BÄRTELS, A. (2006): Flora der Gehölze – Bestimmung, Eigenschaften, Verwendung. Ulmer Verlag, Stuttgart
- SCHILCHER, H. u. KAMMERER, S. (2000): Leitfaden Phytotherapie. Urban & Fischer Verlag, München / Jena
- SCHÜTT, P.; SCHUCK, H. J. u. STIMM, B. (2002): Lexikon der Baum- und Straucharten. Nicol Verlag, Hamburg

- SCHÜTT, P. u. STIMM., B. (2006): *Pinus sylvestris* L. In: SCHÜTT, P.; WEISGERBER, H.; LANG, U. M.; ROLOFF, A.; STIMM., B. (Hrsg.) (2006): Enzyklopädie der Holzgewächse 46, 1-32. Ecomed Verlag, Landsberg
- SEEFELDT, P. (1983): Die Entwicklung der Knospe von *Pinus sylvestris*. Dipl. Arb. Forstwiss. Fachber. Univ. Göttingen
- STEPHAN, G. (1995): Die Kiefernharzung – ein historischer Abriss. Beitr. Forstw. Landschaftsökol. 29, 177-178
- STRASSMANN, R. A. (1994): Baumheilkunde. AT Verlag, Aarau / Schweiz
- VONARBURG, B. (1997): Homöotantik.. Bd. 3. Haug Verlag, Heidelberg
- WAGENFÜHR, R. (1996): Holzatlas. 4. Aufl., Fachbuchverlag, Leipzig
- WICHARD, W. u. WEITSCHAT, W. (2004): Im Bernsteinwald. Gerstenberg Verlag, Hildesheim
- ZIMMERMANN, M. H. u. BROWN, C. L. (1974): Trees – structure and function. 2. Aufl., Springer Verlag, New York / Heidelberg / Berlin
- ZOLLER, H. (1981): *Pinus sylvestris*. In: CONERT, H. J. et al. (Hrsg.): Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. I, Teil 2. Verlag P. Parey, Berlin / Hamburg, 87-98

Autor:

Prof. Dr. Andreas Roloff

Institut für Forstbotanik und Forstzoologie

Piener Str. 7

01737 Tharandt

E-Mail: roloff@forst.tu-dresden.de

URL: www.forst.tu-dresden/Botanik

Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung

Natural Scots pine forests in Germany: habitats, distribution, and threat

Thilo Heinken

Zusammenfassung

Natürliche Standorte der Waldkiefer gibt es in Deutschland nur kleinflächig. Während Kiefernforste anstelle natürlicher Laubwälder heute oft landschaftsprägend sind, bildet die konkurrenzschwache und lichtbedürftige Kiefer ausschließlich auf extrem trockenen oder nassen, nährstoffarmen Standorten naturnahe Schlusswaldgesellschaften. Regionale Schwerpunkte liegen in subkontinentalen Regionen wie dem nordostdeutschen Tiefland und Bayern, ein „natürliches Kiefernareal“ lässt sich aber kaum abgrenzen.

An der Trockengrenze des Waldes finden sich auf Kalk- und Dolomitgesteinen artenreiche Karbonat-Trockenkiefernwälder mit Elementen der alpinen Rasen und Kalkmagerrasen in der Bodenvegetation. Diese Wälder besiedeln steile, südexponierte Felsen und morphodynamisch aktive Bereiche wie Rutschhänge und Fluss-Schotterböden im Umkreis der Alpen, kommen aber auch in den Mittelgebirgen vor. Ihr Gegenstück auf sauren Standorten sind die Sand- und Silikat-Kiefernwälder der Quarzsande und Sandstein-Verwitterungsböden, deren Bodenvegetation durch Zwergsträucher, Moose und Strauchflechten geprägt ist. Hier

siedelt die Kiefer in den Tieflagen besonders auf Binnendünen und Sandern, aber auch auf Küstendünen der Ostsee, in den Mittelgebirgen z. B. auf den Sandsteinterrassen der Sächsischen Schweiz. Der dritte Wuchsbereich natürlicher Kiefernwälder sind saure, nährstoffarme Moore, die ganz überwiegend von Regenwasser gespeist werden. Auch die Kiefern-Moorwälder sind in Nordostdeutschland und Bayern am häufigsten.

Von diesen Standorten ausgehend, wo ihr Platz kaum von anderen Baumarten streitig gemacht wird, tritt die Waldkiefer immer wieder als Pionier auf weniger extremen Standorten auf. In der Naturlandschaft kam dies etwa nach Waldbränden oder Stürmen vor, doch der Mensch förderte die Kiefer durch Auflichtung der Wälder, Waldweide und Streunutzung stark. Auch die damit verbundene Nährstoffverarmung macht eine exakte Abgrenzung natürlicher Kiefernstandorte unmöglich.

Die schlechtwüchsigen und forstwirtschaftlich nicht interessanten, ästhetisch aber sehr ansprechenden natürlichen Kiefernbestände sind heute vor allem durch Stickstoff-Immissionen gefährdet. Trotz ihrer oft kargen Erscheinung besitzen sie einen hohen Wert für die Biodiversität und den Artenschutz. Neben bodenbewohnenden Flechten und regionalen Relikt-Endemiten ist vor allem die in den letzten Jahrzehnten zunehmend gefährdete Vielfalt an Mykorrhiza-Pilzen hervorzuheben, die der Kiefer das Leben auf extrem nährstoffarmen Standorten überhaupt ermöglichen. Abschließend werden mögliche Schutz- bzw. Regenerationsmaßnahmen wie das Abplaggen flechtenreicher Kiefernstandorte vorgestellt.

Stichworte: Naturschutz, Phytodiversität, *Pinus sylvestris*, Standort, Walddynamik

Abstract

Only small areas of natural Scots pine (*Pinus sylvestris*) habitat occur in Germany. Today pine plantations instead of natural deciduous forests often dominate the landscape. Yet, due to the competitive weakness and light demands of Scots pine, near-natural Scots pine climax communities are only found on extremely dry or wet, nutrient-poor sites, primarily in subcontinental regions of the north-eastern German lowlands and Bavaria. However, the “natural distribution range” of Scots pine is difficult to define.

Species-rich, dry Scots pine forests, with alpine and calcareous grassland species in the ground vegetation, are found at the aridity limit of forests on sites with carbonate rich soils developed from limestone and dolomite parent material. These forests occur on steep south-facing slopes, on morphodynamically active areas such as landslides and coarse river gravel beds in and near the Alps, and also in the low mountain ranges. Scots pine forests are also found on acidic sites, on quartz sands and soils overlying weathered silicate rocks with an understorey dominated by dwarf shrubs, bryophytes and fruticose lichens. These forests are

present in the lowlands, particularly on inland dunes and glacialfluvial deposits, but also on coastal dunes around the Baltic Sea and in the low mountain ranges, for example on the sandstone cliffs in the Elbe Sandstone Mountains. Acidic, oligotrophic bogs, mainly supplied by rainwater, comprise the third natural Scots pine forest habitat. These Scots pine bog forests occur most frequently in north-eastern Germany and in Bavaria.

Coming from these habitats, where virtually no other tree species grows, Scots pine is found again and again as a pioneer on less extreme sites. In the natural landscape, it occurs mainly after forest fires and storms. Yet humans promote Scots pine by thinning forests, creating woodland pasture and removing litter. The nutrient depletion associated with these practices makes an exact delimitation of natural Scots pine habitats unfeasible.

Natural pine forest stands, which, although attractive and appealing, grow poorly and are of little interest for forestry, are endangered mainly by anthropogenic nitrogen depositions. Despite their meagre appearance, these forests are important for biodiversity and species conservation. In addition to terricolous lichens and regional relic endemic plant species, the diversity of mycorrhiza fungi, which enable Scots pine to exist on these nutrient-poor sites, increasingly is becoming endangered. Finally, possible conservation and regeneration practices, such as manually cutting sods in lichen-rich Scots pine forests, are presented.

Key words: nature conservation, phytodiversity, *Pinus sylvestris*, site conditions, forest dynamics

1 Was sind natürliche Kiefernstandorte

1.1 Kiefernwälder als Schlusswaldgesellschaften

Als Forstbaum wächst die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) in Deutschland heute auf fast allen denkbaren Standorten, wenn sie auch meist nur auf ärmeren Böden angebaut wird. Unter natürlichen Bedingungen würde sie aber fast überall von anderen Gehölzen, insbesondere der Rotbuche (*Fagus sylvatica*), verdrängt werden. Von Kiefern dominierte Dauer- oder Schlusswaldgesellschaften sind nur auf extremen Standorten zu erwarten, da sie nur dort konkurrenzfähig ist (ELLENBERG 1996, s. Abb. 1): Auf kalkreichem Gestein finden sich an der Trockengrenze des Waldes die Karbonat-Trockenkiefenwälder (s. HÖLZEL 1996). Die Sand- und Silikat-Kiefernwälder bilden ihr Gegenstück auf basenarmen, stark sauren Standorten sowohl auf Sanden wie auf Festgesteinen (s. HEINKEN 2007). An der Nässegrenze des Waldes wachsen auf sauren, oligotrophen Torfstandorten die Birken- und Kiefern-Moorwälder (s. WAGNER u. WAGNER 2007).

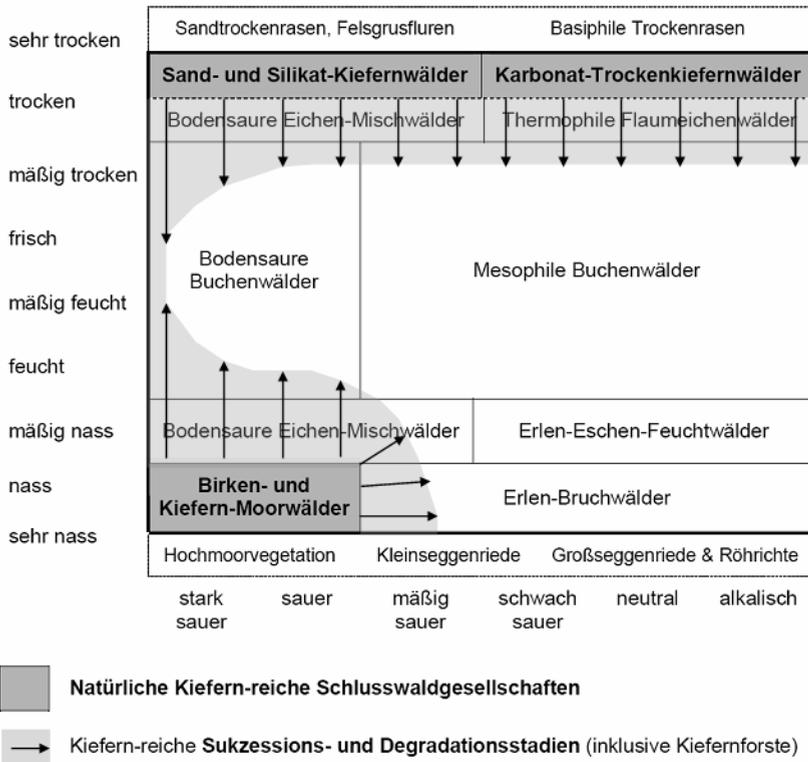


Abbildung 1: Ökologische Stellung natürlicher Kiefernwälder in Mitteleuropa. Grundlage: Ökogramm der waldbildenden Baumarten sowie Feuchtigkeits- und Säurebereich der Verbände mitteleuropäischer Laubwaldgesellschaften aus ELLENBERG (1996) unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse zu Standortbedingungen und Dynamik (s. Text).

1.2 Kiefernwälder als Sukzessions- und Degradationsstadien

Da Kiefernwälder weithin störungsgesteuerte Ökosysteme sind, dürfen bei einer Definition natürlicher Standorte die Effekte der Vegetationsdynamik nicht außer Acht gelassen werden: Als lichtbedürftiges Pioniergehölz mit einem hohen Samenausbreitungspotenzial hat die Waldkiefer in Sukzessions- und Degradationsstadien ein weit über die im Ökogramm gezeigten Extremstandorte hinausreichendes Standortspektrum (s. Abb. 1): Natürliche Kiefernbestände treten in der Naturlandschaft auch nach Waldbränden, Stürmen und geomorphologischen Aktivitäten wie Berggrutschen, Dünenbildungen oder in Flussauen auf. Eine natürliche Genese haben solche Wälder auch, wenn die genannten Faktoren anthropogene Ursachen haben oder die Bestände ein Resultat von Übernutzung, Waldweide und Samenflug im Offenland sind. Dies gilt sowohl für basenreiche Trockenstandorte

thermophiler Flaumeichenwälder und basenarme Trocken- und Feuchtstandorte bodensaurer Eichen-Mischwälder (HEINKEN 2007), als auch für basenarme Bruchwaldstandorte (BERG et al. 2004). Selbst potenzielle Buchenstandorte werden großflächig von solchen Kiefernwäldern besiedelt (HÖLZEL 1996, SCHMIDT u. HEINKEN 2002 für Karbonat-Trockenkiefernwälder, LEUSCHNER 1994 für Sand-Kiefernwälder). In der anthropogen geprägten Landschaft Mitteleuropas sind derartige – oft naturnah wirkende – Bestände weitaus häufiger als die Schlusswaldgesellschaften.

Weder zwischen Sukzessions- bzw. Degradationsstadien und Kiefern-Schlusswaldgesellschaften, noch zwischen natürlichen und anthropogenen Sukzessionsstadien ist eine exakte Abgrenzung anhand ihrer Artenzusammensetzung oder des Ausgangsgesteins möglich: So hängt auf armen Sandböden die Nährstoffverfügbarkeit viel stärker von den Humusvorräten als vom geologischen Substrat ab (LEUSCHNER 1997). Historische Nutzungsformen wie Streunutzung und Beweidung haben sie oft massiv reduziert. Auf derart degradierten Standorten stehen Sand- und Silikat-Kiefernwälder heute im Gleichgewicht mit den herrschenden Standortsbedingungen und bilden damit die potenzielle natürliche Waldvegetation (LEUSCHNER 1997; HEINKEN u. ZIPPEL 1999), obwohl bei gleicher Geologie Laubwälder vorkommen können. Ähnliches gilt für Steilhänge auf Dünen und Endmoränen (HEINKEN 1999) und besonders auf Trockenstandorten in den Gebirgen, die durch Bodenerosion nach Waldweide und Abholzung Humus und Feinboden weitgehend verloren haben (SCHMIDT u. HEINKEN 2002). Teilweise hat der Mensch auf diese Weise vermutlich Kiefernstandorte seit der frühen Wärmezeit als Relikte konserviert (HEMP 1995). Schließlich können geringe Humusvorräte auf armen, trockenen Waldstandorten auch natürliche Ursachen haben: Sie treten nach Waldbränden auf, die im subkontinentalen Klimabereich immer eine Rolle gespielt haben dürften, und auf exponierten Kuppen und steilen Hängen, wo eine permanente oder plötzliche Erosion von Humus- und Feinbodenaufgaben durch Wind und Wasser auch ohne menschliches Zutun stattfindet (HÖLZEL 1996).

1.3 Regionale Verbreitung natürlicher Kiefernstandorte

Auch die häufig praktizierte Beschränkung natürlicher Kiefernstandorte auf das „natürliche Verbreitungsgebiet“ der Waldkiefer (z. B. BALZER et al. 2004) ist problematisch, da es kaum klar zu definieren ist. Allgemein ist heute als Ergebnis vegetationsgeschichtlicher Untersuchungen akzeptiert, dass das geschlossene natürliche Verbreitungsgebiet von Kiefernwäldern in Deutschland nur das ostdeutsche Tiefland umfasst und außerhalb größere inselartige Vorkommen nur in Süddeutschland (v. a. Oberpfalz, Rednitzbecken, Oberrheingebiet) existieren (Übersicht in HEINKEN u. ZIPPEL 1999). Dabei war die Kiefer vor allem in den Sandgebieten Nordostdeutschlands während des gesamten Postglazials stark präsent. Allerdings sind auch aus ozeanisch geprägten Regionen kleinflächige

Reliktvorkommen auf Extremstandorten wie Dünen, Hochmoorrändern oder Felsriffen belegt, z. B. in der Lüneburger Heide, der Senne und einigen mitteldeutschen Gebirgen. Durch den Fernflug von Pollen ist eine natürliche Verbreitungsgrenze der Kiefer nicht sicher zu identifizieren und kann deshalb allenfalls per Konvention festgelegt werden (z. B. BORCHERS u. SCHMIDT 1973 für Niedersachsen, SCAMONI 1988 für Nordostdeutschland). Bedingt durch devastierende Holznutzung, Weidewirtschaft, Streu- und Plaggennutzung gelangte die Kiefer seit dem Mittelalter in allen von Sandböden geprägten Regionen (Übersicht in HEINKEN u. ZIPPEL 1999) und auch in manchen Gebirgen mit Karbonatgesteinen (HEMP 1995) zur Vorherrschaft. Neben großflächigen Aufforstungen kam es – auch abseits von ursprünglichen Kiefernorkommen – wiederholt zur spontanen Kiefern-Ausbreitung durch Samenanflug, insbesondere auf nicht mehr beweideten Sandheiden, offenen Binnendünen und Kalkmagerrasen (u. a. SCAMONI 1988, LEUSCHNER 1994, HÖLZEL 1996). Auf diese Weise sind vermutlich tausende von Quadratkilometern heutiger Kiefernbestände entstanden.

1.4 Schlussfolgerung

Als Ergebnis der Biologie der Waldkiefer sowie der Vegetations- und Nutzungsgeschichte können natürliche Kiefernstandorte nur folgendermaßen definiert werden: Sie umfassen alle Waldbestände, die aktuell eine den natürlichen Schlusswaldgesellschaften auf den in Abb. 1 definierten Extremstandorten entsprechende Artenzusammensetzung und vergleichbare Standortbedingungen aufweisen. Die einfacher erscheinende, oft praktizierte Definition durch Unterscheidung von Wald- und Forstökosystemtypen (HOFMANN 2001) oder anhand von Karten der potenziellen natürlichen Vegetation ist dagegen wenig praktikabel, da diese die komplexen Zusammenhänge zwischen natürlicher und anthropogener Vegetationsdynamik, Standort und Waldvegetation nicht wiedergeben und auch die kleinflächigen Habitate oft nicht abbilden können. Solche Konzepte kommen daher in der Abgrenzung natürlicher Kiefernwälder oft auch zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen (vgl. z. B. die Karten von KRAUSCH 1998 und HOFMANN u. POMMER 2004 für Brandenburg).

2 Die Waldvegetation natürlicher Kiefernstandorte

Durchweg sind natürliche Kiefernstandorte schlecht oder allenfalls mäßig wüchsige, oft lückige Waldbestände aus Lichtholzarten (neben der Waldkiefer ggf. noch Birken - *Betula pendula* oder *B. pubescens*) mit nur geringen Anteilen stärker schattender Laub- und Nadelgehölze wie Eichen (*Quercus robur*, *Q. petraea*), Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) oder Fichten (*Picea abies*). Häufig sind krummschaftige Formen der Kiefer mit weit ausladenden Baumkronen, die im Extremfall nur Strauchhöhe erreichen (s. Abb. 2). In der Bodenvegetation sind – abweichend von

den meisten mitteleuropäischen Waldgesellschaften – Elemente des Offenlandes prägend. Die drei Standorttypen natürlicher Kiefern-Schlusswaldgesellschaften (kalkreich-trocken, basenarm-trocken, basenarm-nass) bedingen drei Gruppen von Kiefernwaldgesellschaften, die sich auch in ihrer Artenzusammensetzung klar unterscheiden.



Abbildung 2: Standorte an der absoluten Grenze des Waldwuchses mit kriechelwüchsigen, chlorotischen Waldkiefern. Oben: Sandsteinfelsen im Kummergebirge in Nordböhmen (links); sandige Endmoräne in den Glauer Bergen in Mittelbrandenburg (rechts). Unten: Kalk-Schotter in der Loisach-Aue bei Garmisch-Patenkirchen (links); Schwinggras am Förstersee in Mittelbrandenburg (rechts).

2.1 Karbonat-Trockenkiefenwälder

Karbonat-Trockenkiefenwälder, pflanzensoziologisch als *Erico-Pinetea* bzw. *Erico-Pinion* bezeichnet, sind artenreiche Waldbestände, deren Unterwuchs von trockenheitertragenden und lichtbedürftigen Kalkzeigern geprägt wird. Ihre Strauchschicht bestimmen wärmeliebende Laubgehölze wie Echte Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Gewöhnliche Mehlbeere (*Sorbus aria*) und Wolliger Schneeball (*Viburnum lantana*). Die Bodenvegetation wird in Deutschland von Grasartigen bestimmt; Moose und Flechten spielen dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

Charakteristische Arten sind Buchsblättrige Kreuzblume (*Polygala chamaebuxus*), Ochsenauge (*Buphthalmum salicifolium*), Braunrote Stendelwurz (*Epipactis atrorubens*) und Schwarze Akelei (*Aquilegia atrata*) (HÖLZEL 1996). Dazu kommen zahlreiche auch in alpinen Rasen oder Kalkmagerrasen bzw. wärmeliebenden Säumen der Tieflagen vorkommende Arten wie Blaugras (*Sesleria varia*), Erd-Segge (*Carex humilis*), Blaugüne Segge (*C. flacca*), Berg-Distel (*Carduus defloratus*) und Gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus*). Im Gegensatz zu den übrigen natürlichen Kiefernstandorten sind die Wälder geographisch stark differenziert, d. h. viele ihrer Pflanzenarten sind nur regional oder gar lokal verbreitet.

Die Schlusswaldgesellschaft bilden Karbonat-Trockenkiefernwälder auf extrem flachgründigen, meist steilen und felsigen, südexponierten Dolomit- und Hartkalk-Steilhängen (HÖLZEL 1996). Im Laufe von Primärsukzessionen wachsen sie außerdem auf jungen Bodenbildungen in Bereichen mit morphodynamischer Aktivität, wie groben Kalk-Schotterterrassen von Alpenflüssen, Dolomitschuttfächern („Griese“), Mergelrutschhängen und Bergstürzen. Der Großteil der heutigen Bestände in Deutschland stockt jedoch auf potenziellen Laub- oder Bergmischwaldstandorten, die durch Waldweide, Kahlschlag, Brand oder Streunutzung nachhaltig degradiert wurden (HÖLZEL 1996). Typisch sind Humuskarbonatböden der Rendzina-Entwicklungsserie (Fels- bzw. Lockersyroseme bis Mullrendzinen). Karbonat-Trockenkiefernwälder sind charakteristisch für die montane Stufe der Alpen und östlich benachbarter Gebirge. In Deutschland kommen sie nicht nur in den Alpen und ihrem Vorland, sondern auch auf der Schwäbischen und Fränkischen Alb und stellenweise im nördlichen Mittelgebirgsraum vor.

Typisch für die niederschlagsreichen nördlichen Randalpen und das Alpenvorland ist der Buntreitgras-Kiefernwald (*Calamagrostio-Pinetum*), in dem feuchtigkeitsbedürftige und alpine Pflanzenarten das Erscheinungsbild prägen (s. Abb. 3). Neben dem Bunt-Reitgras (*Calamagrostis varia*) sind dies z. B. Felsen-Zwenke (*Brachypodium rupestre*), Horst-Segge (*Carex sempervirens*), Weiße Segge (*Carex alba*) und Schneeheide (*Erica herbacea*), die weiter südlich in den österreichischen Zentralalpen meist die Bestände dominiert (HÖLZEL 1996). Buntreitgras-Kiefernwälder kommen am gesamten Nordalpenrand vor, haben ihren Schwerpunkt jedoch entlang etwas niederschlagsärmerer Täler (Garmisch-Mittenwalder Becken, Loisach-, Isar- und Saalachtal), die thermisch begünstigt sind und unter starkem Föhneinfluss stehen. Auf Schotterterrassen (s. Abb. 2) der Isar und des Lech reicht die Gesellschaft im Alpenvorland in beträchtlicher Fläche bis vor die Tore Münchens und Augsburgs (HÖLZEL 1996).



Abbildung 3: Karbonat-Trockenkiefenwald im Slowakischen Paradies. Ganz ähnliche Buntreitgras-Kiefenwälder kommen in Deutschland auf flacheründigen Karbonatgesteinen am nördlichen Alpenrand vor. Die Fichten am Rand deuten den Übergang zu zonalen Bergmischwäldern an.

Auf vergleichbaren Waldgrenzstandorten im Mittelgebirgsraum treten die alpinen Arten der Buntreitgras-Kiefenwälder zurück. An ihrer Stelle prägen wärmeliebende Arten der Kalkmagerrasen wie Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*), Hufeisenklee (*Hippocrepis comosa*), Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), Gewöhnliches Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium*), Astlose Graslilie (*Anthericum ramosum*) und Gewöhnliche Küchenschelle (*Pulsatilla vulgaris*) die Bodenvegetation. In den Hochlagen finden sich noch Arten mit alpinem Verbreitungsschwerpunkt, und die Bodenvegetation ist entsprechend dem Kontinentalitäts- und Nord-Süd-Gefälle stark differenziert (HÖLZEL 1996, SCHMIDT 2000). Karbonat-Trockenkiefenwälder besiedeln im Mittelgebirgsraum schmale Ökotope zwischen natürlichen Fels- und Trockenrasen (insbes. Blaugrasrasen) und wärmeliebenden Eichen- bzw. Buchenmischwäldern. Dazu kommen die – flächenmäßig bedeutenderen – Sekundärbestände, die durch Kiefernanzug oder -Aufforstung aus Kalkmagerrasen hervorgegangen sind. Drei Haupttypen lassen sich unterscheiden: „Südjurassische Relikt-Kiefenwälder“, z. B. mit Berg-Leinblatt (*Thesium bavarum*) und Berg-Aster (*Aster amellus*), besiedeln Jura-Hartkalke der Schwäbischen und Fränkischen Alb nördlich bis etwa Regensburg, insbes. die Oberkanten steiler Felsabstürze sowie instabile, wechsellückige Mergelrutschhänge (HÖLZEL 1996). Die Dolomit-Kiefenwälder der Nördlichen Frankenalb (Buphthalmo-Pinetum) sind dagegen stärker durch Orchideen und Arten beweideter Halbtrockenrasen wie Großes Schillergras (*Koeleria pyramidata*) und Stengellose Kratzdistel (*Cirsium acanthe*) geprägt

(HEMP 1995). Sie besiedeln sandig verwitternde Dolomitsubstrate mit relativ sauren Humusauflagen, meist in markanter Kuppenlage. Arten beweideter Halbtrockenrasen sind meist auch typisch für die Karbonat-Trockenkiefenwälder des nördlichen Mittelgebirgsraums. Sie kommen vor allem auf Unterem Muschelkalk, Zechstein-Gips oder -Dolomit rund um das Thüringer Becken vor und sind im Bereich des Mittleren Saaletals stellenweise landschaftsprägend (SCHMIDT 2000, s. Abb. 4).



Abbildung 4: Karbonat-Trockenkiefenwald auf einem Waldgrenzstandort im Mittelgebirgsraum (Muschelkalk-Steilhang mit Blaugrasrasen bei Jena) umgeben von Kiefernforsten auf ehemaligen Kalkmagerrasen (Foto: Dr. Helga Dietrich)

2.2 Sand- und Silikat-Kiefernwälder

Die sehr unterschiedlich entwickelte Krautschicht naturnaher Sand- und Silikat-Kiefernwälder, pflanzensoziologisch als Dicrano-Pinion bezeichnet, bestimmen säuretolerante und lichtliebende Zwergsträucher wie Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preiselbeere (*V. vitis-idaea*) und Besenheide (*Calluna vulgaris*) bzw. Gräser wie Draht-Schmiele (*Deschampsia flexuosa*) und Schaf-Schwengel (*Festuca ovina* agg.). Kennzeichnend ist außerdem eine dichte Moosschicht vor allem aus Schlafmoos- (*Hypnum*-) und Gabelzahnmoos- (*Dicranum*-) Arten, Rotstengelmoos (*Pleurozium schreberi*), Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) und Federchen-Lebermoos (*Ptilidium ciliare*). Mit den Karbonat-Trockenkiefenwäldern gibt es außer der Kiefer nur wenige gemeinsame Pflanzenarten.

Der wichtigste und am weitesten verbreitete Vegetationstyp auf natürlichen Kiefernstandorten ist in Deutschland der Flechten-Kiefernwald (Cladonio-Pinetum). Flechten-Kiefernwälder wachsen auf den extremsten Standorten an der Trocken- und Nährstoffgrenze bodensaurer Wälder und unterscheiden sich durch ihre geringe Wuchsleistung und wenig entwickelte Kraut- bzw. Zwergstrauchschicht stark von den übrigen Sand- und Silikat-Kiefernwäldern bzw. –forsten (s. Abb. 5 u. 6). Dafür ist gewöhnlich entweder die Moos- oder die Flechtenschicht stark entwickelt. Flechten-Kiefernwälder sind durch zahlreiche Strauchflechten-Arten (insbes. der Gattung *Cladonia*) charakterisiert, unter denen vor allem die verschiedenen Rentierflechten optisch hervortreten (s. Abb. 6). Besiedelt werden bevorzugt feinkbodenarme Substrate (Talsande, Sander, Dünen, Deflationsflächen und Sandsteinriffe) mit nur geringer Humusaufgabe; der vorherrschende Bodentyp ist der Podsol-Ranker. Meist handelt es sich um Degradationsstadien nach Streunutzung bzw. Sukzessionsstadien auf ehemaligen Sandtrockenrasen oder *Calluna*-Heiden, die mit zunehmender Humusakkumulation in flechtenarme Weißmoos-Kiefernwälder (s. u.) übergehen können. Nur in Kuppen- und steilen Hanglagen dürften Flechten-Kiefernwälder aufgrund topographisch bedingter Streuverluste auch als Dauergesellschaften ausgebildet sein. Flechten-Kiefernwälder sind subkontinental verbreitet. Schwerpunkte ihres Vorkommens sind Mittelbrandenburg, die Mecklenburgische Seenplatte, die Altmark und die Elbtalniederung, Mittel- und Oberfranken sowie der Oberpfälzer und Bayerische Wald (z. B. HEINKEN u. ZIPPEL 1999, BALZER et al. 2004). Weitere nennenswerte Vorkommen gibt es in der Lüneburger Heide, in der Lausitz und in der Sächsischen Schweiz.

Zwei Ausprägungen mit unterschiedlicher Genese und Artenzusammensetzung sind zu unterscheiden (s. HEINKEN 2007): Die Silbergras-Kieferngehölze offener, nicht konsolidierter Sandstandorte (s. Abb. 5), die fast ausschließlich im norddeutschen Tiefland vorkommen, sind durch Arten der Sandtrockenrasen wie Silbergras (*Corynephorus canescens*), Glashaar-Frauenhaarmoos (*Polytrichum piliferum*) und Dornenflechte (*Cetraria aculeata*) charakterisiert. Die meisten Bestände stocken auf Binnendünen, es werden aber auch sandige Endmoränen und selbst Sandsteinfelsen besiedelt. Die wesentlich weiter verbreiteten typischen Flechten-Kiefernwälder sind dagegen stärker geschlossene Waldbestände auf konsolidierten Standorten ohne Arten der Sandtrockenrasen. Im trockenen nordostdeutschen Binnenland herrschen beerstrauchfreie und von Gräsern dominierte oder überhaupt phanerogamenarme Bestände (s. Abb. 6) vor, während in den niederschlagsreicheren Regionen in Nordbayern und Niedersachsen fast durchweg Heidel- und Preiselbeeren zum Arteninventar gehören (HEINKEN 2007). Dort tritt auch das sog. Isländische Moos (*Cetraria islandica*) auf, die „Flechte des Jahres“ 2007. Durch ihr Erscheinungsbild und teilweise auch das Vorkommen reliktsicher Pflanzenarten nehmen die Bestände der Sandsteinriffe in der Sächsischen Schweiz (vgl. Abb. 2) und der exponierten Quarzit-Felsen („Pfähle“) im Bayerischen Wald (WALENTOWSKI et al. 2004) eine Sonderstellung ein.



Abbildung 5: Silbergras-Kieferngehölz in den Glauer Bergen in Mittelbrandenburg. Typisch sind die schlecht wüchsigen Kiefern mit ausladenden Baumkronen sowie offene Bodenbereiche mit Wuchsmöglichkeiten für Arten der Silbergrasfluren.



*Abbildung 6: Typischer Flechten-Kiefernwald auf konsolidierten Standorten in den Wierener Bergen im östlichen Niedersachsen. Typisch ist die dichte Moos- und Flechtendecke (hier v. a. die Rentierflechte *Cladonia portentosa*), während Kräuter und Zwergsträucher praktisch fehlen. (Foto: Dr. M. Schmidt)*

Ein zweiter Vegetationstyp sind die wesentlich großflächiger vorkommenden Weißmoos-Kiefernwälder (Leucobryo-Pinetum), weitgehend flechtenfreie Bestände armer, trockener oder seltener feuchter Böden ohne wirklich charakteristische Arten. Ihre Standorte sind grundsätzlich denen der Flechten-Kiefernwälder ähnlich, zeichnen sich jedoch durch mächtigere Humusauflagen aus, und typische Eisen-Humus-Podsole sind häufiger entwickelt. Weißmoos-Kiefernwälder sind im Unterwuchs – je nach Bodenbedingungen, Nutzung und Region – von Beersträuchern, Drahtschmiele, selten auch Besenheide oder Pfeifengras (*Molinia caerulea*) sowie von Moosen in wechselnden Anteilen geprägt (s. Abb. 7). Auch hier handelt es sich meist um Degradationsstadien, etwa nach Streunutzung, bzw. um Sukzessionsstadien. Derzeit muss es noch offen bleiben, ob Weißmoos-Kiefernwälder in Mitteleuropa Schlusswaldgesellschaften auf sehr armen Standorten sein können.



Abbildung 7: Weißmoos-Kiefernwald mit Dominanz von Beersträuchern und Kiefern-Naturverjüngung. Sandsteingebiet des Kummergebirges in Nordböhmen; ganz ähnliche Bestände kommen z. B. in Bayern vor.

Wären die beiden vorherigen Waldtypen auf extrem saure Standorte mit pH-Werten um oder unter 4 beschränkt, so sind die beiden folgenden auf basenreicheren Standorten mit pH-Werten um oder über 5 anzutreffen. Damit leiten sie standörtlich und mit ihrer Artenzusammensetzung bereits zu den Karbonat-Trockenkiefen über. Charakteristisch für diese Standorte sind z. B. eine Reihe von mykotrophen Wintergrünwäldern (Pyrolaceae), die eine relativ basenreiche, aber rohhumusartige Nadelstreu für ihr Wachstum benötigen.

Der Krähenbeeren-Kiefernwald (Empetro-Pinetum) besiedelt junge, noch relativ basenreiche Schwemmsande und Küstendünen der vorpommerschen Ostseeküste (v. a. auf Rügen und dem Darß); seine Hauptvorkommen liegen an der polnischen Ostseeküste bis zum Baltikum. Typische Arten sind neben der Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) und der Sand-Segge (*Carex arenaria*), die regional allerdings auch in Flechten- und Weißmoos-Kiefernwäldern vorkommen, der Rippenfarn (*Polypodium vulgare*) und das Moosauge (*Moneses uniflora*), ein Wintergrünpflanz. Der Krähenbeeren-Kiefernwald ist ein Stadium der Dünen- bzw. Schwemmsandsukzession; er folgt offenen Weiß- bzw. Graudünen und Dünentälchen (s. Abb. 8) und geht mit zunehmender Entkalkung, Versauerung und Humusakkumulation in Weißmoos-Kiefernwälder oder auch Laubwälder über (s. BERG et al. 2004).



Abbildung 8: Sand- und Silikat-Kiefernwälder basenreicherer Standorte: Außensaum eines Krähenbeeren-Kiefernwaldes zur offenen Küstendüne mit Strandhafer (*Ammophila arenaria*) auf Usedom (links). Haarstrang-Kiefernwald im Komplex mit Pfriemengras- (*Stipa capillata*)-reichem kontinentalen Trockenrasen bei Jarmikow in der Uckermark (rechts).

Als natürliche Kiefernstandorte gelten auch die Haarstrang-Kiefernwälder (Peucedano-Pinetum), die basenreiche Standorte im subkontinentalen Binnenland besiedeln und ihren Verbreitungsschwerpunkt in Osteuropa haben („Steppen-Kiefernwälder“). Ihre artenreiche Krautschicht enthält oft Elemente kontinentaler Trockenrasen, mit denen sie eng verzahnt sein können (s. Abb. 8). Bezeichnende Arten sind in Deutschland Berg-Haarstrang (*Peucedanum oreoselinum*), Heide-Segge (*Carex ericetorum*), Karthäuser-Nelke (*Dianthus carthusianorum*), Kleines Habichtskraut (*Hieracium pilosella*), Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*) und Hunds-Veilchen (*Viola canina*) (HEINKEN 2007). Besiedelt werden südlich exponierte Lehm- oder Mergelhänge, kalkhaltige Flugsande und andere trocken-warme Substrate wie Serpentinite oder von Sanden überlagerte Karbonatgesteine (BALZER et al. 2004). Haarstrang-Kiefernwälder sind im Allgemeinen Sukzessionsstadien oder sogar Aufforstungen von (Sand-)Trockenrasen (PHILIPPI 1970, WALENTOWSKI et al. 2004). Ob sie auf trockenen, südexponierten Hängen auch Schlusswaldgesellschaften sein können, muss offen bleiben. Naturnahe Haarstrang-Kiefernwälder kommen kleinflächig

vor allem in Nordostbrandenburg nahe der Oder, in und östlich der nördlichen Oberrheinischen Tiefebene, in Franken und im bayerischen Tertiärhügelland vor.

2.3 Kiefern-Moorwälder

Moorwälder, pflanzensoziologisch als *Vaccinio uliginosi-Pinetea sylvestris* bezeichnet (WAGNER u. WAGNER 2007), werden nicht nur von der Waldkiefer gebildet. In den atlantischen Regionen herrschen stattdessen eher Moorbirken (*Betula pubescens*), in den niederschlagsreichen, subkontinentalen Gebirgen vor allem Fichten oder Berg-Kiefern (*Pinus mugo* agg.). Unabhängig von der Baumart und ähnlich wie bei den Sand- und Silikat-Kiefernwäldern bestimmen Zwergsträucher bzw. Grasartige den Unterwuchs der lichten, manchmal nur wenige Meter hohen Gehölze, und sie sind ebenfalls durch eine dichte Moosschicht aus säuretoleranten Arten geprägt (s. Abb. 9).



Abbildung 9: Kiefern-Moorwald am Förstersee in Mittelbrandenburg. Die Strauchschicht dominiert der in Deutschland weitgehend auf das nordostdeutsche Tiefland beschränkte Sumpfporst (*Ledum palustre*), die Bodenschicht ist durch Pfeifengras und Torfmoose geprägt.

Manche Arten, etwa Heidel- und Preiselbeere, Besenheide, Pfeifengras und Rotstengelmoos haben die Moorwälder auch mit den Sand- und Silikat-Kiefernwäldern gemeinsam. Kennzeichnend sind jedoch insbesondere die auch in baumfreien, nährstoffarm-sauren Mooren und Feuchtheiden wachsenden, überwiegend boreal verbreiteten Arten. Typische Zwergsträucher sind Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*), Rauschbeere (*V. uliginosum*) und Rosmarinheide (*Andromeda*

polifolia), außerdem das Scheidige Wollgras (*Eriophorum vaginatum*). Der Rundblättrige Sonnentau (*Drosera rotundifolia*) tritt vor allem an gestörten Stellen auf. Dazu kommt eine dichte Decke aus Torfmoosen (verschiedene *Sphagnum*-Arten) und anderen Laubmoosen, insbesondere Sumpf-Streifensterntmoos (*Aulacomnium palustre*) und Steifblättriges Frauenhaarmoos (*Polytrichum strictum*).

Standorte der Kiefern-Moorwälder sind nährstoffarme und saure, nasse bis feuchte *Sphagnum*-Torfe; selten werden auch anmoorige Mineralbodenstandorte besiedelt. Solche allenfalls zeitweise austrocknenden Torfstandorte sind in nicht oder kaum entwässerten Regen-(=Hoch-)mooren und Kesselmooren mit teilweise ausgeprägten Bult-Schlenken-Komplexen anzutreffen. Außerdem kommen Kiefern-Moorwälder im Verlandungsbereich oligotropher Seen (teilweise auf Schwingrasen, s. Abb. 2) oder auch in nassen Torfstichen entwässerter Moore vor. Anmoorige Standorte gibt es etwa in Ausblasungsmulden der Sandebenen. Wo sie in humidem Klima schnell wachsen, bleiben Hochmoore bis auf ihr Randgehänge waldfrei. Natürliche, langlebige Kiefern-Moorwälder treten nur auf Zwischenmooren und auf langsam wachsenden Hochmooren auf, wo sommerliche Austrocknungsphasen ein Baumwachstum ermöglichen (ELLENBERG 1996). Vor allem in Kesselmooren ist, verursacht durch wechselnde Wasserstände, oft ein zyklischer Wechsel mit offener Hochmoor-Vegetation zu beobachten; größere Bäume stürzen oft wegen ihres Gewichts auf dem instabilen Untergrund (BERG et al. 2004). Manche heutige Kiefern-Moorwälder sind aber Sukzessionsstadien nach schwacher Entwässerung von natürlicherweise baumfreien Regenmooren (BERG et al. 2004, s. auch Abb. 1).

In Deutschland sind Kiefern-Moorwälder vor allem in den sommerwarmen und winterkalten, relativ trockenen Tieflagen weit verbreitet, kommen aber nur kleinflächig vor. Ihr subkontinentales Verbreitungsbild ähnelt dem der Flechten- und Weißmoos-Kiefernwälder. Die meisten Bestände befinden sich im nordostdeutschen Tiefland östlich der Elbe (insbesondere Mecklenburg-Vorpommern, Nord-Brandenburg und Lausitz). In Süddeutschland sind Mittelfranken und die Oberpfalz das Hauptverbreitungsgebiet, dazu gibt es vereinzelte Vorkommen in warmen Beckenlagen des Voralpengebiets und im Ostschwarzwald (SEIBERT in OBERDORFER 1992; WALENTOWSKI et al. 2004). Einzelne reliktsche Vorposten sind selbst im nordwestdeutschen Tiefland, etwa in der Senne in Westfalen nachgewiesen (POTT 1982). In den oligotrophen Mooren der niederschlagsreichen Lagen Süddeutschlands (v. a. Alpenvorland und Hochlagen von Schwarzwald, Oberpfälzer und Bayerischer Wald) sowie auf den Hochmooren des Erzgebirges wird die Waldkiefer durch die Berg-Kiefer (*Pinus mugo* agg.) ersetzt, die aufrecht oder als Krummholz wachsen kann und dann als Spirke („subsp. *rotundata*“) bzw. Latsche („subsp. *mugo*“) bezeichnet wird. (SCHUBERT 1972; SEIBERT in OBERDORFER 1992; WALENTOWSKI et al. 2004). Insgesamt sind diese Bergkiefern-Moorwälder im südlichen Teil Deutschlands häufiger als Waldkiefern-Moorwälder.

Die Vegetation der Waldkiefern-Moorwälder ist in Deutschland geographisch kaum differenziert, aber es gibt drei standörtliche Untertypen. Auf natürlicherweise trockeneren oder leicht entwässerten Standorten treten die oben genannten, auch für Sand- und Silikat-Kiefernwälder typischen Zwergsträucher und Moose sowie das Pfeifengras hervor. Die Bestände auf stärker von Mineralbodenwasser beeinflussten, etwas nährstoff- und teilweise auch basenreicheren Nieder- und Zwischenmoorstandorten sind moos- und vor allem seggenreich. Hier sind Arten der Kleinseggenriede mesotroph-saurer Moore wie Schmalblättriges Wollgras (*Eriophorum angustifolium*), Schnabel-Segge (*Carex rostrata*), Wiesen-Segge (*C. nigra*) und Faden-Segge (*C. lasiocarpa*) typisch, und Kiefern-Moorwälder können auch Pionierstadien torfmoosreicher Erlen-Bruchwälder sein (vgl. Abb. 1).

3 Naturschutzfachliche Bedeutung und Gefährdung

Aufgrund ihrer geringen Produktivität haben alle natürlichen Kiefernwaldstandorte Deutschlands eine sehr geringe forstwirtschaftliche Bedeutung, und ihr Anteil an der Waldfläche ist mit Ausnahme weniger Forstreviere minimal. Umso größer ist ihre naturschutzfachliche Bedeutung, die zunächst von ihrer Seltenheit und ihrem hohen Natürlichkeitsgrad in der stark anthropogen geprägten (Wald-)Landschaft Mitteleuropas herrührt. Darüber hinaus sind viele Bestände durch ihre Baumformen und Geländesituation strukturell divers und ästhetisch sehr ansprechend. Sie erfüllen oft eine wichtige Erholungsfunktion und können Menschen optisch den Eindruck von Naturlandschaften vermitteln.

Natürliche Kiefernstandorte weisen eine hohe pflanzliche Diversität auf, und ein hoher Anteil an gefährdeten Arten bedingt ihre besondere Bedeutung für den botanischen Artenschutz. Besonders artenreich sind die Karbonat-Trockenkiefernwälder und viele Haarstrang-Kiefernwälder, die mit durchschnittlich fast 40 Arten auf Flächen von ca. 100-400 m² zu den artenreichsten Waldvegetationstypen in Mitteleuropa zählen (s. Abb. 10). Diese Diversität geht vor allem auf krautige Arten, aber auch Gehölze zurück. Bemerkenswert ist ihr Reichtum an gefährdeten Arten und solchen mit ausgesprochenem Relikt-Charakter in ihren Landschaften (HÖLZEL 1996, WALENTOWSKI et al. 2004). Dies trifft in besonderem Maße auf die Karbonat-Kiefernwälder der Mittelgebirge zu, wo z. B. Felsen-Schaumkresse (*Cardaminopsis petraea*), Heideröschen (*Daphne cneorum*) und Scheiden-Kronwicke (*Coronilla vaginalis*) als Relikte aus der Eiszeit oder frühen Wärmezeit weitgehend auf die Vegetationskomplexe der Kiefernwälder beschränkt sind. Wie auch bei anderen Waldgesellschaften in Mitteleuropa sind die bodensauren Standorte deutlich artenärmer (s. Abb. 10), und hier spielen Moose und – bei den Flechten-Kiefernwäldern – bodenbewohnende Strauchflechten eine entscheidende Rolle für die pflanzliche Diversität. Viele Arten sind gefährdete Spezialisten sehr nährstoffarmer Standorte. Bemerkenswert ist schließlich, dass die überwiegend nicht natürlichen, auf frischeren und nährstoffreicheren Standorten stockenden Weißmoos-

Kiefernwälder die artenärmsten sind (s. Abb. 10); extreme Standorte sind also auch im bodensauren Bereich Schwerpunkte der Diversität. Dies trifft in besonderem Maße auf die – in Abb. 10 nicht dargestellte – Vielfalt von Mykorrhiza-Pilzen zu, von denen viele obligat an Kiefern gebunden sind: Die Mykorrhizierung von Kiefern-Feinwurzeln nimmt mit zunehmender Stickstoffversorgung ab (z. B. RITTER u. TÖLLE 1978), d. h. die Kiefern gehen die Mykorrhiza-Symbiose nur auf nährstoffarmen Standorten ein. Beispiele für weitgehend an Flechten-Kiefernwälder gebundene Mykorrhiza-Pilze sind Stachelpilze wie *Bankera fuligineoalba* und *Sarcodon imbricatus* sowie Ritterlinge wie *Tricholoma focale* und *Tricholoma equestre*; auf Moor-Kiefernwälder beschränkt sind etwa Moor-Röhrling (*Suillus flavidus*) und Sumpf-Hautkopf (*Dermocybe palustris*).

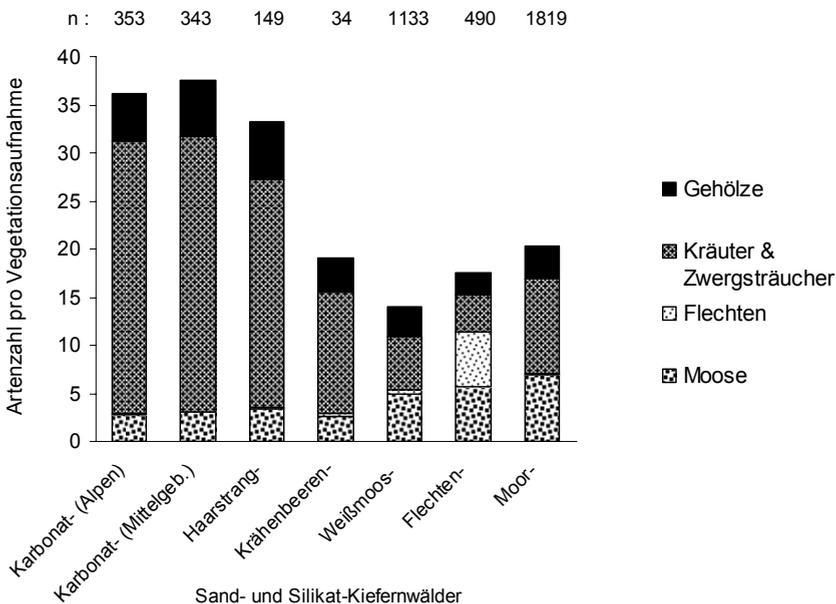


Abbildung 10: Pflanzliche Diversität auf natürlichen Kiefernstandorten in Deutschland. Angegeben sind die mittleren Artenzahlen aus verfügbaren Vegetationsaufnahmen. n = Anzahl der Aufnahmen; Herkunft der Aufnahmen: Karbonat-Kiefernwälder: HÖLZEL (1996) u. SCHMIDT 2000; Sand- und Silikat-Kiefernwälder: HEINKEN (2007); Moornälder: WÄGNER u. WÄGNER (2007).

Schon allein wegen ihrer Seltenheit und Biodiversität sind fast alle natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands durch die Europäische Union als Lebensraumtypen nach Anhang I der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie geschützt (s. Tab. 1). Die nicht unter die FFH-Richtlinie fallenden Karbonat-Kiefernwälder sind zumindest nach § 30 BNatSchG gesetzlich geschützte Biotope. Alle Standorttypen natürlicher Kiefernwälder haben in den letzten Jahrzehnten erhebliche Flächeneinbußen hin-

nehmen müssen, besonders massiv betrafen sie die Flechten- und Haarstrang-Kiefernwälder (s. Tab. 1). So sind etwa im östlichen Niedersachsen viele der noch 1990/91 dokumentierten Flechten-Kiefernwälder heute nicht mehr als solche einzustufen, da Moose und teilweise auch die Drahtschmiele die Flechten weitgehend verdrängt haben (FISCHER et al. 2008), wobei im Vergleich zu früheren Jahrzehnten auch in den 1990er Jahren nur noch Restbestände vorhanden waren. Auch in Bayern ist ein stetiger Rückgang von Flechten-Kiefernwäldern zu verzeichnen (STRAUBBERGER 1999). Sie gehören daher zu den am stärksten gefährdeten Waldgesellschaften Deutschlands (RENNWALD 2000). Fast alle ehemaligen Haarstrang-Kiefernwälder der Oberrheinebene sind inzwischen stark mit Laubgehölzen ange-reichert und haben ihre typischen Arten auf Kosten von Stickstoffzeigern verloren (BREUNIG 1994), und auch in Brandenburg ist vielfach Ähnliches zu beobachten.

Tabelle 1: FFH-Lebensraumtypen (LRT) bzw. geschützte Biotope auf Landesebene, Bestandsentwicklung und Gefährdung natürlicher Kiefernstandorte in Deutschland. Weißmoos-Kiefernwälder sind nicht aufgeführt, da sie ganz überwiegend keine natürlichen Standorte sind. Wichtigste Gefährdungen in Fettdruck. Zusammengestellt nach Angaben von HEMP (1995), HÖLZEL (1996), BALZER et al. (2004), BERG et al. (2004), WALENTOWSKI et al. (2004), RIECKEN et al. (2006) und eigener Einschätzung.

Typ	Gesetzlicher Schutz (FFH-LRT)	Bestandsentwicklung	Wichtige Gefährdungen
Karbonat-Trockenkiefern-wälder (Alpen)	--	mäßiger Rückgang	Nährstoffeinträge? Sukzession fehlende Dynamik
Karbonat-Trockenkiefern-wälder (Mittelgebirge)	(--) z. T. Kiefernwälder der sarmatischen Steppe (91U0)	mäßiger Rückgang	Nährstoffeinträge? Sukzession fehlende Dynamik
Flechten-Kiefernwälder	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder (91T0)	massiver Rückgang	Nährstoffeinträge Sukzession Tourismus
Krähenbeeren-Kiefernwälder	Bewaldete Küstendünen (2180)	starker Rückgang	Tourismus fehlende Dynamik
Haarstrang-Kiefernwälder	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe (91U0)	massiver Rückgang	Nährstoffeinträge Sukzession
Kiefern-Moorwälder	Moorwälder (91D0) (Subtyp 91D2) prioritärer LRT!	chem. massiver Rückgang, derzeit kaum	Nährstoffeinträge Entwässerung Klimawandel?

Die Ursachen für Rückgang und Gefährdung natürlicher Kiefernstandorte sind vielfältig, entscheidend sind jedoch Nährstoffeinträge (insbesondere Stickstoff) und Sukzession (s. Tab. 1). Verarmung an typischen Arten bzw. Totalverlust des Vegetationstyps durch Sukzession betrifft zunächst ehemals beweidete oder streug genutzte Sukzessions- und Degradationsstadien nach Aufgabe der bestandserhaltenden Nutzungsformen. Hier spräche zunächst nichts dagegen, eine natürliche Sukzession im Rahmen des Prozessschutzes zu akzeptieren, doch haben jahrhundert- bis jahrtausendealte Nutzungsformen teilweise das Überleben relik-tischer Arten gesichert (HEMP 1995). Außerdem ist zu bedenken, dass heute - anders als in der Naturlandschaft - kaum noch neue Standorte entstehen, auf denen Kiefern-Sukzessionen initiiert werden, da Waldbrände und morpho-dynamische Prozesse weitgehend unterbunden werden. Letzteres betrifft die Sand-landschaften, in denen mit zunehmender Bewaldung die Winderosion zurückgeht, vor allem aber die Flussauen, in denen die Wildfluss- und Erosionsdynamik weitgehend unterbunden ist, und den Erosionsschutz (Verbau von Hängen) in den Gebirgen.

Entscheidend für die naturschutzfachliche Bewertung ist außerdem, dass die Sukzession nach der Aufgabe nährstoffreduzierender historischer Landnutzungen in der heutigen Landschaft Mitteleuropas nicht mehr von den flächendeckenden, anthropogenen Nährstoffeinträgen zu trennen ist. Sie beschleunigen Sukzessions-prozesse auf Kosten der Kiefernwald-Habitate und lassen sie auf die Standorte natürlicher Schlusswaldgesellschaften übergreifen. Wichtigste Komponente der Nährstoffdepositionen sind die gleichbleibend hohen Stickstoff-Emissionen aus Autoverkehr und Intensivlandwirtschaft, die mit weithin über 15-20 kg Gesamtstickstoff pro Hektar und Jahr nirgends so hoch wie in mitteleuropäischen Waldbeständen sind (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT 2003). Nährstoffarme Kiefernstandorte sind in den Niederlanden und im westlichen Niedersachsen bereits praktisch völlig verschwunden, wo aufgrund der intensiven Viehhaltung Spitzenwerte erreicht werden. Stickstoffeinträge und die durch sie geförderte Humusakkumulation sind mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Hauptursache für den Rückgang zahlreicher Mykorrhiza-Pilze in niederländischen Kiefernwäldern (TERMORSHUIZEN 1991). Obligate Mykorrhiza-Symbionten der Kiefer, die hauptsächlich in Flechten-Kiefernwäldern und Moorwäldern wachsen, sind auch in Brandenburg mit 14,5 % der Gesamtartenzahl eine der wichtigsten Gruppen gefährdeter Makromyceten (BENKERT 1993).

Punktuelle, natürliche Kiefernstandorte gefährdende Nährstoffeinträge sind außerdem Verwehung von Dünger aus Landwirtschaftsflächen in angrenzende Waldbestände, Kalkungen von Waldbeständen und auch immer wieder nicht ordnungsgemäße Kirrungen durch unwissende Jagdausübende. Auch Sand- und Gesteinsabbau (RIECKEN et al. 2006) und Erholungsnutzung können natürliche Kiefernstandorte in Einzelfällen gefährden (s. Tab. 1). So befindet sich das wichtigste Vorkommen des Krähenbeeren-Kiefernwaldes auf dem Darß teilweise

innerhalb eines Campingplatzgeländes (BERG et al. 2004), und einige Flechten-Kiefernwälder auf stark besuchten Kuppen (insbesondere Sandsteinriffen) werden durch Tritt stark beeinträchtigt.

Die Gefährdungsursachen der Kiefern-Moorwälder weichen teilweise von den übrigen Standorten ab: Neben den atmosphärischen Depositionen spielen hier zusätzlich Einträge über das Grundwasser, bei Kesselmooren auch durch Einschwemmung von Oberflächenwasser eine Rolle. Entwässerung von Mooren war in der Vergangenheit die Hauptursache für den Rückgang von Kiefern-Moorwäldern; heute sind jedoch fast alle Bestände in Schutzgebiete und häufig auch in Wiedervernässungsprogramme integriert. Zukünftig könnten Kiefern-Moorwälder jedoch stärker als andere natürliche Kiefernwaldgesellschaften durch den Klimawandel gefährdet sein: Die prognostizierten höheren Temperaturen und trockeneren Sommer können zur Grundwasserabsenkung und zum Aussterben der charakteristischen borealen Arten führen, die bereits jetzt an ihrer „Wärmegrenze“ wachsen.

4 Maßnahmen zur Erhaltung gefährdeter Standorte

Aus den Rückgangs- und Gefährdungsursachen natürlicher Kiefernstandorte ergibt sich als wesentliche Forderung an den Waldbau, grundsätzlich keine Bestandesdüngungen bzw. -kalkungen auf nährstoffarmen Kiefernstandorten durchzuführen. In Einzelsituationen können Bestände auch durch waldbauliche Maßnahmen vor Düngereinträgen geschützt werden, etwa durch Gestaltung abschirmender Waldränder (WALENTOWSKI et al. 2004). Wo möglich, sollte auch die Morphodynamik an Steilhängen, Dünen und Flussauen gefördert werden. Grundsätzlich ist natürlich auch die vorhandene Bestockung zu erhalten und zu unterstützen.

Insbesondere für Buntreitgras-Kiefernwälder, einzelne Karbonat-Trockenkiefernwälder der Mittelgebirge und für Berghaarstrang-Kiefernwälder ist die Wiederaufnahme der Waldweide als bestandserhaltender Nutzungsform zu empfehlen (z. B. HÖLZEL 1996). Zur Erhaltung der Flechten-Kiefernwälder ist zu überlegen, auf geeigneten, sehr schwach wüchsigen Flächen die historische Streu- bzw. Plaggennutzung wieder aufzunehmen, um die massiven Effekte der anthropogenen Nährstoffdepositionen auszugleichen. Versuche in den niederländischen Kiefernbeständen haben gezeigt, dass durch das Abplaggen der gesamten Humusaufgabe eine nachhaltige Nährstoffverarmung und eine rasche Wiederherstellung der Mykorrhiza-Flora möglich ist (BAAR u. KUYPER 1998). Derzeit wird im Carrenziener Dünenzug an der Elbe in Kooperation der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, dem Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau und der Universität Potsdam erprobt und wissenschaftlich begleitet, inwieweit auf diese Weise die Regeneration von Flechten-Kiefernwäldern möglich und praktikabel ist.

Solche Maßnahmen entbinden nicht von der Aufgabe, die Stickstoff-Immissionen langfristig entscheidend zu senken. Schon jetzt sollten jedoch Großmastanlagen, die massive lokale Emissionen zur Folge haben, grundsätzlich nicht in der Nähe wichtiger Gebiete mit natürlichen Kiefernstandorten genehmigt werden.

Literatur

- BAAR, J. u. KUYPER, T.W. (1998): Restoration of aboveground ectomycorrhizal flora in Stands of *Pinus sylvestris* (Scots pine) in the Netherlands by removal of litter and humus. *Restoration Ecology* 6, 227-237
- BALZER, S.; SCHRÖDER, E.; SSYMANK, A.; ELLWANGER, G.; KEHREIN, A. u. ROST, S. (2004): Ergänzung der Anhänge zur FFH-Richtlinie auf Grund der EU-Osterweiterung: Beschreibung der Lebensraumtypen mit Vorkommen in Deutschland. *Natur u. Landschaft* 79, 341-349
- BENKERT, D. (1993): Großpilze (Makromyzetten). In: Rote Liste. Gefährdete Farn- und Blütenpflanzen, Algen und Pilze im Land Brandenburg. 107-188
- BERG, C.; DENGLER, J.; ABDANK, A. u. ISERMANN, M. (Hrsg.) (2004): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung – Textband. Jena, 606 S.
- BORCHERS, K. u. SCHMIDT, L. (1973): Nachweis der Herkünfte für die derzeitigen Kiefernvorkommen in Niedersachsen. *Aus dem Walde* 21, 1-472
- BREUNIG, T. (1994): Flora und Vegetation der Sandhausener Dünen „Pferdstrieb“ und „Pflege Schönaus-Galgenbuckel“. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 80, 29-95
- BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT (HRSG.) (2003): *Der Waldzustand in Europa. Kurzbericht 2003.* Hamburg, 44 S.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.* 5. Aufl., Stuttgart, 1095 S.
- FISCHER, P.; HEINKEN, T.; MEYER, P.; SCHMIDT, M. u. WAESCH, G. (2008): Zur Abgrenzung und Situation des FFH-Lebensraumtyps „Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder“ (91TO) in Deutschland. *Natur u. Landschaft* (im Druck).
- HEINKEN, T. (1999): Sand-Kiefernwälder in Mittelbrandenburg: Vegetationskomplex und Waldsukzession am Beispiel der Glauer Berge. *Gleditschia* 27, 79-96
- HEINKEN, T. (2007): Sand- und Silikat-Kiefernwälder (Dicrano-Pinien) in Deutschland – Gliederungskonzept und Ökologie. *Ber. d. Reinhold-Tüxen-Ges.* 19, 84-100
- HEINKEN, T. u. ZIPPEL, E. (1999): Die Sand-Kiefernwälder (Dicrano-Pinien) im norddeutschen Tiefland: syntaxonomische, standörtliche und geographische Gliederung. *Tuexenia* 19, 55-106
- HEMP, A. (1995): Die Dolomitkiefernwälder der Nördlichen Frankenalb – Entstehung, systematische Stellung und Bedeutung für den Naturschutz. *Bayreuther Forum Ökol.* 22, 1-150
- HOFMANN, G. (2001): *Mitteleuropäische Wald- und Forstökosystemtypen in Wort und Bild.* 3. Aufl. AFZ/Der Wald, CD-ROM, BLV-Verlagsgesellschaft München
- HOFMANN, G. u. POMMER, U. (2004): Das natürliche Waldbild Brandenburgs. *AFZ/Der Wald* 59, 1211-1215
- HÖLZEL, N. (1996): *Erico-Pinetea (H6). Alpisch-Dinarische Karbonat-Kiefernwälder.* Synopsis Pflanzenges. Deutschlands 1, 1-49
- KRAUSCH, H.-D. (BEARB.) (1998): Potentielle natürliche Vegetation. In: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (MUNR): *Landschaftsprogramm Brandenburg – Materialien*, 34-39 + Karte, Potsdam
- LEUSCHNER, C. (1994): Walddynamik auf Sandböden in der Lüneburger Heide (NW-Deutschland). *Phytocoenologia* 22, 289-324
- LEUSCHNER, C. (1997): Das Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation (PNV): Schwachstellen und Entwicklungsperspektiven. *Flora* 192, 379-391

- OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. 2. Aufl., Jena etc., Text- und Tabellenband, 580+282 S.
- PHILIPPI, G. (1970): Die Kiefernwälder der Schwetzingener Hardt (nordbadische Rheinebene). Veröffentl. Landesst. Natursch. Landschaftspfl. Baden-Württemberg 41, 24-62
- POTT, R. (1982): Das Naturschutzgebiet „Hiddeser Bent – Donoper Teich“ in vegetationsgeschichtlicher und pflanzensoziologischer Sicht. – Abh. Westfäl. Mus. Naturk. 44, 1-108
- RENNWALD, E. (Bearb.) (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands (mit Datenservice auf CD-ROM). Schr.R. f. Vegetationskunde 35, 1-800
- RIECKEN, U.; FINCK, P.; RATHS, U.; SCHRÖDER, E. u. SSYMAN, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Zweite fortgeschriebene Fassung 2006. Naturschutz und Biologische Vielfalt 34, 1-318
- RITTER, G. u. TÖLLE, H. (1978): Stickstoffdüngung in Kiefernbeständen und ihre Wirkung auf Mykorrhizabildung und Fruktifikation der Symbiosepilze. Beitr. f. d. Forstwirtschaft. 4, 162-166
- SCAMONI, A. (1988): Gedanken über die Verbreitung der Kiefer im Tiefland. Forstarchiv 59, 173-180
- SCHMIDT, M. (2000): Die Blaugras-Rasen des nördlichen deutschen Mittelgebirgsraumes und ihre Kontaktgesellschaften. Diss. Bot. 328, 1-294
- SCHMIDT, M. u. HEINKEN, T. (2002): Vegetationsentwicklung und Naturschutz an Kalk-Felshängen – Darstellung am Beispiel des mittleren Werratales bei Treffurt. Tuexenia 22, 43-81
- SCHUBERT, R. (1972): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. III. Wälder, Teil 3. Hercynia N.F. 9, 197-228
- STRAUBBERGER, R. (1999): Untersuchungen zur Entwicklung bayerischer Kiefern-Naturwaldreservate auf nährstoffarmen Standorten. Naturwaldreservate in Bayern 4, 1-180
- TERMORSHUIZEN, A. J. (1991): Succession of mycorrhizal fungi in stands of *Pinus sylvestris* in the Netherlands. J. Veg. Sci. 2, 555-564
- WAGNER, A. u. WAGNER, I. (2007): Moorwälder: Kennarten und syntaxonomische Stellung. Ber. d. Reinhold-Tüxen-Ges. 19: 164-173.
- WALENTOWSKI, H.; EWALD, J.; FISCHER, A.; KÖLLING, C. u. TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns. Ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfaden für die Praxis in Forstwirtschaft und Naturschutz. Freising, 441 S.

Autor:

PD Dr. Thilo Heinken

Institut für Biochemie und Biologie

Biozönoseforschung/Spezielle Botanik

Universität Potsdam

Maulbeerallee 1

14469 Potsdam

E-Mail: heinken@uni-potsdam.de

URL: www.bio.uni-potsdam.de/professuren/biozoenose-botanik/

Zur physiologischen Anpassungsfähigkeit der Waldkiefer

The physiological adaptability of Scots pine

Ralf Kätznel, Sonja Löffler, Katrin Möller

Zusammenfassung

Langjährige physiologische Untersuchungen bestätigen das hohe Anpassungspotenzial der Gemeinen Kiefer an wechselnde Umweltbedingungen. Ursachen für den evolutiven Entwicklungserfolg und die Besiedlung eines weitreichenden Lebensraumes liegen vor allem in den reproduktionsbiologischen Merkmalen (r-Strategie) der Pionierbaumart. An Beispielen der Trockenstresstoleranz und der Regeneration nach intensivem Insektenfraß werden die physiologischen Reaktionsmuster skizziert. Die Ergebnisse unterstreichen den hohen Indikatorwert physiologischer Parameter (Biomarker) für die Bewertung der Stressbelastung von Waldbeständen.

Stichworte: Vitalität, Anpassungsfähigkeit, Trockenstresstoleranz, Regeneration, Biomarker

Abstract

Long standing physiological investigations confirm the high adaptation potential of Scots pine to changing environmental conditions. Both its evolutionary success and its ability to colonise a wide range of habitats are attributable to its reproductive biology (r-strategist). To illustrate the physiological reaction patterns of this pioneer species, its tolerance of water stress and ability to regenerate after intensive insect damage are presented. The results highlight the value of physiological parameters as indicators (biomarkers) in the assessment of stress conditions in forests.

Key words: vitality, adaptability, water stress tolerance, regeneration, biomarkers

1 Anpassung in Zeit und Raum

Die Anpassungsfähigkeit bzw. das Anpassungspotenzial von Baumpopulationen beschreibt die Fähigkeit, in einer bestimmten Geschwindigkeit und Komplexität auf (unbekannte) Umweltbedingungen reagieren zu können. Diese physiologische Leistung ist ein wesentliches, genetisch determiniertes Kriterium für die Elastizität bzw. ökologische Stabilität von Wäldern und damit für die Fähigkeit, auch unter dem Einfluss von Störfaktoren zu überleben. Dies ist insbesondere bei langlebigen Holzpflanzen von zentraler Bedeutung, da sie sich ungünstigen Umweltbedingungen nicht durch Flucht entziehen können. Jener physiologische Toleranzbereich, in dem das Überleben von Organismen unter den gegebenen Umweltfaktoren gerade noch möglich ist, wird individuell und artspezifisch durch die so genannte *genetische Reaktionsnorm* bestimmt. Die genetische Reaktionsnorm gibt folglich jene Variationsbreite eines Umweltfaktors vor, die von einem Individuum gerade noch durch Anpassung ertragen werden kann.

Die gegenwärtige Anpassungsfähigkeit der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris*) ist das Ergebnis eines langen evolutiven Entwicklungsprozesses, der mit der Herausbildung der Gymnospermae vor ca. 270 Mio. Jahren seinen Anfang nahm. Den Konkurrenzkampf mit den sich vor ca. 120 Mio. Jahren entwickelnden Angiospermae haben bis heute jedoch nur vergleichsweise wenige Nadelbaumarten überlebt.

Die Kiefer ist eine dieser wenigen gymnospermen Baumarten, die nicht nur überdauern konnte, sondern nach der letzten Eiszeit etwa 10.000 Jahre lang gemeinsam mit der Birke die mitteleuropäischen Wälder dominiert hat. Sie konnte sich an zeitlich wechselnde Umweltbedingungen anpassen und gleichzeitig ihr Verbreitungsgebiet – wie keine andere heimische Baumart – über verschiedene Klimazonen und Nährkraftstufen im gesamten eurasischen Kontinent ausdehnen. Sie überschreitet im Norden den Polarkreis, dringt im Süden bis an die Steppen vor und erklimmt in den Gebirgen Höhen bis 2.500 m (s. Abb. 1a und b).

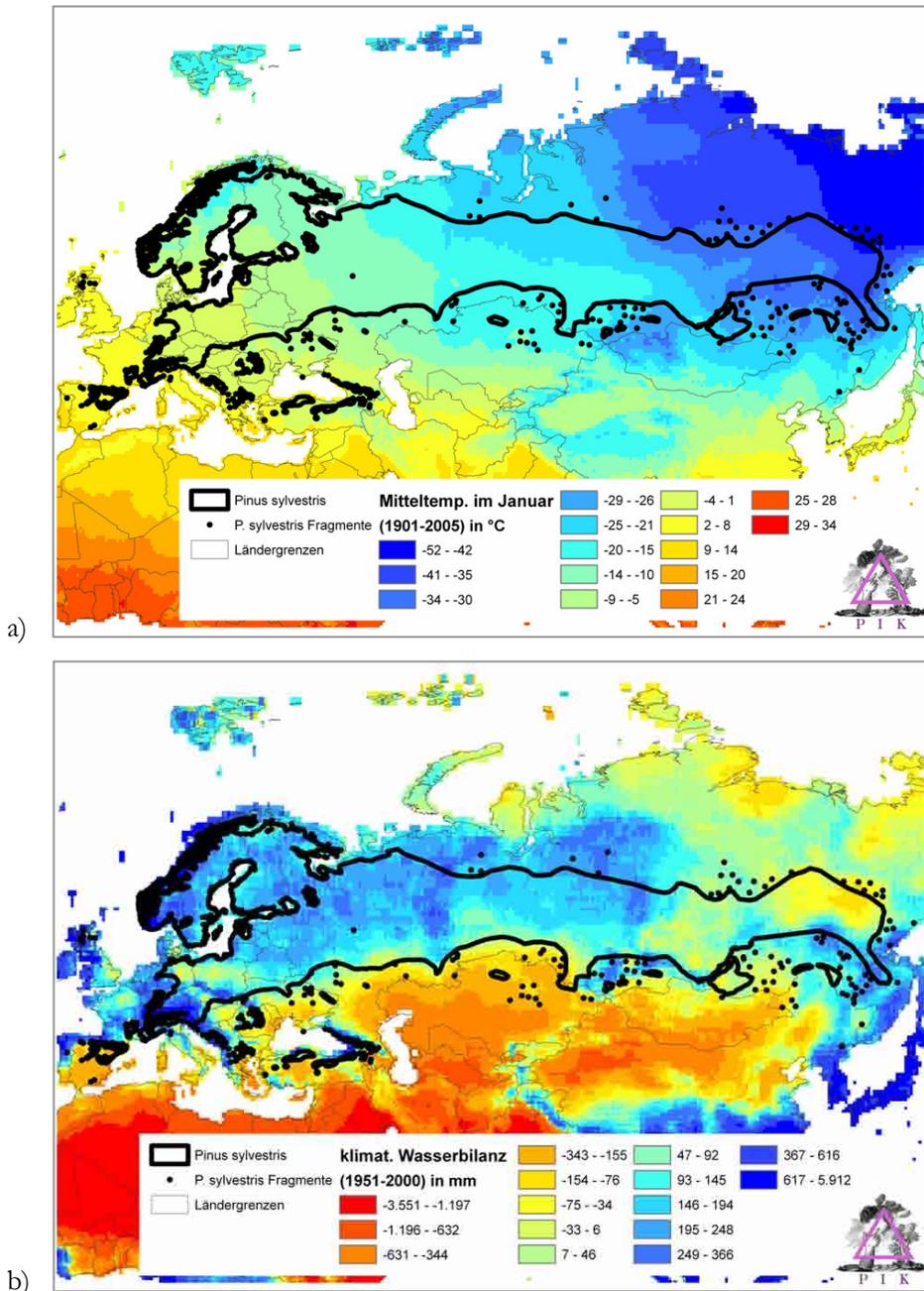


Abbildung 1: Verbreitungskarte der Kiefer vor dem Hintergrund der mittleren Temperatur im Monat Januar (1901-2000) (a) und der klimatischen Wasserbilanz (1951-2000) (b) (GUTSCH, PIK unveröffentlicht)

Innerhalb dieses Verbreitungsareals besiedelt die Gemeine Kiefer eine breite Standortamplitude, die von Mooren bis zu nährstoffarmen Trockenstandorten reicht. Die Kiefer gilt damit zu Recht als „Überlebenskünstler“ unter den heimischen Baumarten.

Hier stellt sich die Frage, warum die evolutive Entwicklungsgeschichte der Gemeinen Kiefer in Raum und Zeit so erfolgreich sein konnte. (*Anm.: Anthropogen bedingte Ursachen für die künstliche Ausweitung der Kiefernfläche sollen an dieser Stelle nicht betrachtet werden.*) Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen erfordert eine Änderung der genetischen Reaktionsnorm durch Mutationen und genetische Neukombination bei sexueller Vermehrung. Ob die neu entstandenen Geno-/Phänotypen überlebensfähig sind, entscheiden die selektionierenden Umweltfaktoren. Ändern sich diese, haben auch neue Geno-/Phänotypen eine Überlebenschance (Übersicht u. a. MAYR 2005).

Für die Bewertung von Überlebens- und Selektionsstrategien entwickelten MCARTHUR und WILSON (1967) (zit. in SCHUBERT 1991, S. 224) das Konzept der r- und K-Selektion. Danach begünstigen evolutive Prozesse bei erheblichen Umweltveränderungen Genotypen/Populationen, die ihre genetischen Reaktionsnormen schnell variieren können und sich mit minimalem Energieaufwand reproduzieren. Hohe Anpassungsgeschwindigkeiten verlangen nach kurzlebigen Generationen, variabler (hoher) Fruchtbarkeit, früher Geschlechtsreife und wechselnd hohen Populationsdichten. Arten, die sich dank dieser Eigenschaften schnell auf Umweltveränderungen einstellen können, werden als r-Strategen bezeichnet. Demgegenüber stehen K-selektionierte Arten, die unter relativ konstanten Umweltbedingungen konkurrenzstark durch langlebige Generationen, geringere Fruchtbarkeit und hohe Territorialbindung überleben. Hohe, fast jährliche Samenproduktion, kurze Generationsphasen, weite Pollen- und Samenverbreitung, eine hohe genetische Vielfalt u. v. m. prädestinieren die Kiefer als Pioniergehölz und als „r-Strategie“ im Selektionsprozess bei raschen und drastischen Umweltveränderungen (s. Tab. 1). Für die Bewertung der Überlebensstrategien der Kiefer müssen nicht notwendigerweise evolutive Zeiträume betrachtet werden. Bereits die schnelle natürliche Wiederbesiedlung von Waldbrandflächen belegt das hohe Regenerationspotenzial der Baumart.

Tabelle 1: *Durchschnittswerte der Reproduktionsfähigkeit der Kiefer (nach ROHMEDER u. SCHÖNBACH 1959)*

Alter im Fruktifikationsbeginn (Jahre)	ca. 20-40
Fruktifikationshäufigkeit	ca. 3 Vollmastjahre/10 Jahre
Zapfenmenge/Baum bei Mast	ca. 15 kg Zapfen = 2000 Stück/Baum

Die permanenten Anpassungsprozesse müssen entsprechend ihrer zeitlichen Ebenen differenziert betrachtet werden. Während dem Besiedlungserfolg der Art bzw. Population *evolutive* (vererbare, langfristige) Anpassungsprozesse zu Grunde liegen, wird das Überleben des Einzelbaumes unter konkreten Standortbedingungen durch *modifikative* (nicht vererbare, längerfristige) Anpassungsprozesse (z. B. Wurzel- und Nadelmorphologie) ermöglicht. Die kurzfristige, reversible Anpassung (z. B. an Stressereignisse) wird dagegen als *modulative* Anpassung bezeichnet (Übersicht bei SCHUBERT 1991).

Grundlage des hohen Anpassungsvermögens der Kiefer ist eine effiziente Kombination von morphologischen Besonderheiten und der breiten physiologischen (genetischen) Reaktionsnorm. Kronenaufbau, Gesamtnadelmasse, Nadelstruktur, die Regulation der Spaltöffnungen und der Aufbau des Wassertransportsystems ermöglichen u. a. ein vergleichsweise längeres Überleben unter Wassermangelbedingungen (modifikative und evolutive Anpassung). Ebenso führen morphologische Strukturen (Nadel- und Stammaufbau) und saisonale biochemische Prozesse (Akkumulation von Zuckern und Zuckeralkoholen) zu einer hohen Frosttoleranz.

2 Vitalität und Gefährdungspotenzial der Kiefer

Der Erfolg der zumeist modulativen (in wenigen Fällen auch der modifikativen) Anpassung wird anhand des äußeren Vitalitätszustandes sichtbar. So gilt z. B. im Rahmen der Waldschadenserhebung der Kronenzustand als schnell und kostengünstig erfassbares Merkmal der Baumvitalität. Durch die jährlich im Zeitraum der maximalen Belaubungs- bzw. Benadelungsdichte im Juli-August erfolgende Bonitur identischer Bäume über eine längere Zeitreihe werden eventuelle Trends der Kronenzustandsentwicklung erkennbar.

Der Kronenzustand der Kiefer hatte sich von 1991 bis zum Jahr 1999 deutlich verbessert. Im Land Brandenburg sank der Anteil starker Schäden (WSE-Stufen: 2-4) von 33 % auf 7 %, der Anteil der Waldfläche mit Kronen ohne sichtbare Schäden nahm gleichzeitig von 29 % auf 57 % zu. In den Folgejahren bis 2006 stiegen die deutlichen Schäden über alle Baumarten auf 18 % an, die Schadstufe 0 sank wieder auf 32 %. Demgegenüber ist die Kiefer bundesweit die Baumart mit dem geringsten Anteil an starken Schäden (s. Abb. 2).

Die Kronenverlichtung erfolgt bei der Kiefer vorwiegend durch eine abnehmende Nadellebensdauer. Die ältesten Nadeln werden entsprechend der endogenen Rhythmik überwiegend im Herbst abgeworfen (GLUCH 1988). Das sind überwiegend die Nadeln des dritten Jahrgangs. Die vierte Vegetationsperiode wird nur von wenigen Nadelpaaren erreicht (KALLWEIT u. RIEK 2007).

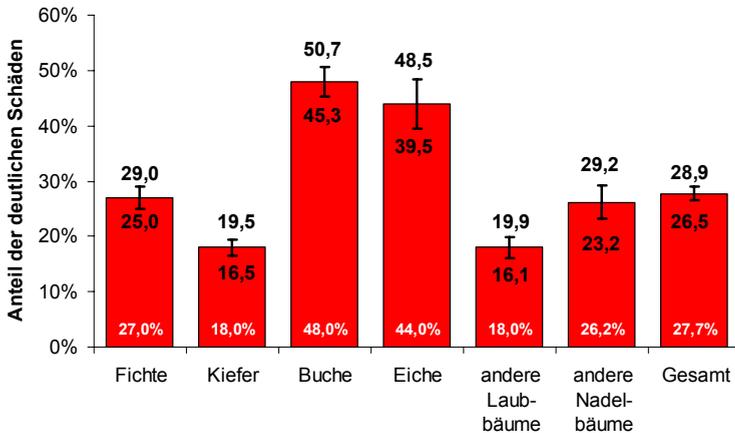


Abbildung 2: Vergleich der Baumarten anhand des Anteils der deutlichen Schäden (Kronenverlichtungsstufe 2-4) auf der Grundlage der Waldschadenserhebung der Bundesländer im Jahre 2006 (BMELV 2006)

Trotz ihres großen physiologischen Anpassungsvermögens ist die Kiefer einer Reihe von natürlichen und anthropogenen Risikofaktoren ausgesetzt. Begünstigt durch ihr harz- und terpenhaltiges Holz gehört sie mit ihrem niedrigen Brennpunkt und dem hohen Heizwert zu den am stärksten brandgefährdeten Baumarten. Durch den hohen Kiefernanteil trägt folglich das Bundesland Brandenburg ein hohes Waldbrandrisiko, was insbesondere die Waldbrandzahlen des „Jahrhundert-sommers“ 2003 belegen. Von insgesamt in Deutschland registrierten 2.524 Waldbränden fielen 2003 mit 679 ca. ein Viertel aller Brände auf Brandenburg (ohne Bundeswald). Im ebenfalls überdurchschnittlich warmen und trockenen Jahr 2005 ereigneten sich ca. ein Drittel aller deutschlandweit erfassten Waldbrände in Brandenburg (163 von 496) (LACHMANN 2006).

Neben der Brandgefährdung sind insbesondere großflächige Kiefernreinbestände periodisch durch Massenvermehrungen von Insekten existenziell bedroht. Das nordostdeutsche Tiefland ist als Massenwechselgebiet für eine Reihe von Forstschadinsekten, insbesondere Schmetterlinge und Blattwespen, bekannt. Das gilt, bedingt durch die standörtlichen Verhältnisse und die aktuelle Dominanz der Kiefer, insbesondere für Brandenburg. In eine aktuelle Abgrenzung und Bewertung des Risikos von Waldgebieten im nordostdeutschen Tiefland haben APEL et al. (2004) Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*), Forleule (*Panolis flammea*), Nonne (*Lymantria monacha*), Kiefernspanner (*Bupalus piniaria*) und Kiefernbuschhornblattwespen (*Diprion* und *Gilpinia spec.*) eingebunden (s. Abb. 3). Die dokumentierten Gefährdungsindizes ergeben sich aus der Häufigkeit des Auftretens von Massenvermehrungen sowie der unterschiedlichen Bewertung der Folgen des Fraßes der einzelnen Insektenarten für die Kiefern. Neben diesen sogenannten

Kieferngrößschädlingen spielen eine Reihe von holz- und rindenbrütenden Käferarten, insbesondere als Folgeschädlinge eine bedeutende Rolle im Waldschutz.

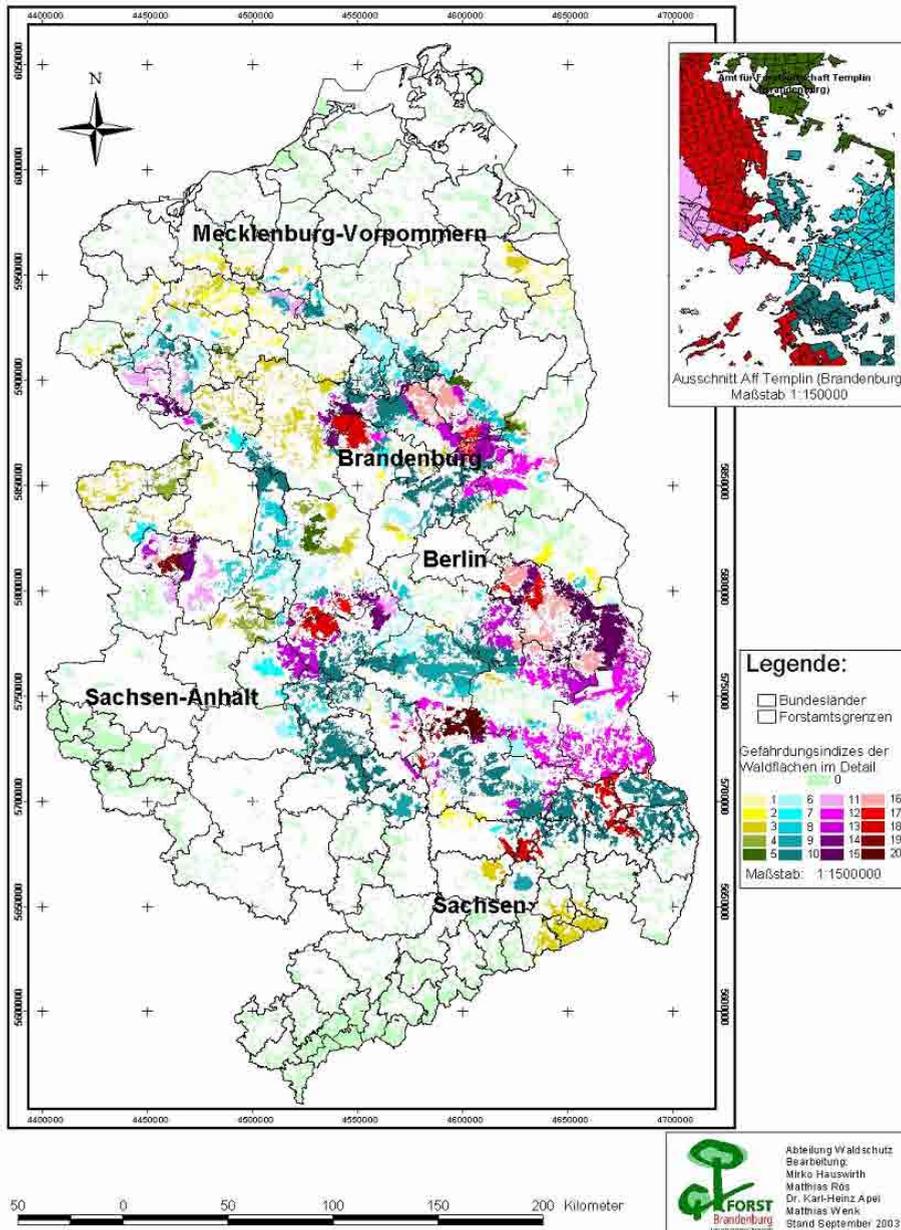


Abbildung 3: Risikobewertung der Wälder im nordostdeutschen Tiefland gegenüber den Großschädlingen der Kiefer (APEL et al. 2004)

Zuzüglich zu den natürlichen Gefährdungen sind im letzten Jahrhundert anthropogene Schadfaktoren hinzugetreten. Ursprünglich an nährstoffarme Standortbedingungen angepasst ist die Kiefer z. B. vergleichsweise empfindlich gegenüber Eutrophierung, insbesondere durch hohe Stickstoffeinträge. Langjährige Untersuchungen konnten einzelne Aspekte des „Ammoniumtoxizitätssyndroms“ näher beleuchten. Danach führen vor allem Stickstoffeinträge, die über den Luft-Nadel-Pfad in den Baum gelangen, zu komplexen physiologischen Veränderungen, die z. B. Wachstumsprozesse, das Abwehrvermögen gegenüber Fraßinsekten, die Trocken- und Frosttoleranz (Regulation der Spaltöffnungen) nachteilig beeinflussen (Übersicht u. a. bei BECK et al. 2007).

3 Beispiele physiologischer Anpassung

Vielen Ursache-Wirkungs-Reaktionen liegen modulative Anpassungsprozesse auf physiologischer und genetischer Ebene zugrunde, die anhand des äußeren Erscheinungsbildes nicht oder nur mit großer zeitlicher Verzögerung, gepuffert, beobachtet werden können. Dies zeigt sich insbesondere für die Kiefer, da sich trotz des Wandels der Stressbelastungen in den letzten 20 Jahren (z. B. Zunahme von meteorogenen Extremereignissen) die Nadelmassenhaltung der Kiefer nur vergleichsweise gering änderte.

Vor diesem Hintergrund wurde an der Landesforstanstalt Eberswalde ein praktikables Indikatorsystem entwickelt, das die physiologische Leistungsfähigkeit von Bäumen erfasst und eine objektive Bewertung der Anpassungsreaktionen von Bäumen an sich ändernde Umweltbedingungen auf der Grundlage der exakten Messung von spezifischen Nadelinhaltsstoffen ermöglicht. Die "Vitalitätsbewertung" erfolgt auf der Basis baum- und insbesondere stressphysiologischer Reaktionen. Hierzu wurden das „Biomarker-Konzept“ entwickelt und Wege zur praktischen Anwendung am Beispiel der Kiefer aufgezeigt (KÄTZEL 2001; KÄTZEL 2003; KÄTZEL et al. 2005; LÖFFLER 2004; WIENHAUS et al. 2002).

Biomarker sind physiologische und/oder biochemische Größen, die auf Stoffeinwirkungen oder physikalische und biologische Einflüsse reagieren und auf den verschiedenen Organisationsebenen eines Organismus (Molekül, Zelle, Gewebe, Organ) als Maß für die Exposition, die Wirkung oder die Empfindlichkeit quantifiziert werden können (mod. nach ZIMMERMANN 1996).

Eine Biomarkerreaktion ist folglich eine Antwort auf Einflussfaktoren auf einer Ebene unterhalb des Individuums, die innerhalb eines Organismus oder anhand seiner Produkte (z. B. Metabolite in Pflanzenzellen) gemessen wird (VAN GESTEL u. VAN BRUMMELEN 1996). Sie zeigt somit eine Abweichung vom normalen Status an, die (noch) nicht im ganzen Organismus erkennbar ist und somit u. a. der Frühdiagnose dient.

Die in der Tabelle 2 aufgeführten Parameter haben sich in einem 10-jährigen Untersuchungszeitraum für die Vitalitätsdiagnostik von Bäumen bewährt. Für die Bewertung von Stress- und Anpassungsreaktionen stehen für jeden Parameter Referenz- und Schwellenwerte zur Verfügung, so dass Abweichungen von meist mehreren Parametern Einblicke in die Anpassungsreaktionen der Bäume geben. Mit Hilfe multivariater statistischer Verfahren können zusätzlich komplexe physiologische Prozesse abgebildet und bewertet werden (u. a. KÄTZEL u. LÖFFLER 2007).

Tabelle 2: Übersicht der untersuchten Nadelinhaltsstoffe

Stoffwechselbereich	Untersuchungsparameter	Reaktion auf potenzielle Stressfaktoren
Energiestoffwechsel	Chlorophyll a und b Carotinoide (Xanthophylle, Carotine) Pigmentverhältnisse	z. B. Ozon, Nährstoffungleichgewichte
Primärstoffwechsel	Lösliche Kohlenhydrate (gesamt) Stärke Lösliche Aminosäuren Lösliche Proteine Prolin Gesamtascorbat	z. B. Ozon, Trockenstress, Stickstoffeinträge
Wasserstatus	Nadelwassergehalt Osmolalität	z. B. Trockenstress
Sekundärstoffwechsel	Folin-positive Verbindungen UV-absorbierende Verbindungen Vanillin-positive Verbindungen Procyanidine ortho-Dihydroxyphenole	z. B. biotische Schaderreger, UV-B-Strahlung

Diese Untersuchungen wurden in den vergangenen zehn Jahren in einer Vielzahl von Kiefernbeständen durchgeführt. Hierzu gehören Kiefernprovenienzversuche, Altkiefern mit hoher Naturschutzfunktion, Kiefern in Immissionsschadgebieten, Durchforstungsversuche und Dauerbeobachtungsflächen des europäischen ICP-Forest-Programms (Level-II).

Die Boxplots der Abbildungen 4 und 5 zeigen exemplarisch die jährliche Variabilität ausgewählter Nadelinhaltsstoffe von sieben Level-II-Dauerbeobach-

tungsflächen mit jeweils 10 Kiefern (Beprobung jeweils August). Entsprechend ihrer genetischen Differenziertheit gibt es fast immer einige wenige Bäume, die die Referenz- und Schwellenwerte überschreiten. Für generalisierende Betrachtungen sollen daher vordergründig die Mehrheit der Population (Box, die vom ersten und dritten Quartil begrenzt wird) und die Medianwerte betrachtet werden.

Im Untersuchungszeitraum ist z. B. eine tendenzielle Erhöhung des Kohlenhydratgehaltes in beiden Nadeljahrgängen nachweisbar. Die Jahresmittelwerte 1997 lagen noch in beiden Nadeljahrgängen unterhalb des unteren Schwellenbereiches, die höchsten Gehalte der Jahre 2006, 2002 und 2003 befanden sich dagegen entweder innerhalb des oberen Schwellenbereiches (für das Jahr 2006 beide Nadeljahrgänge, 2002 der erste Nadeljahrgang) oder überschritten den oberen Schwellenbereich (2002 der zweite Nadeljahrgang und 2003 beide Nadeljahrgänge) (Abb. 4a).

Ascorbinsäure (Vitamin C) ist als Bestandteil eines komplexen Redoxsystems eine im Pflanzenreich ubiquitär verbreitete Schutzsubstanz vor Radikalen. In einer Reihe von Arbeiten wurde ein Anstieg des Ascorbinsäuregehaltes in Koniferennadeln nach langfristigen (mehrere Vegetationsperioden dauernden) Belastungen, z. B. mit umweltrelevanten Konzentrationen an Ozon allein oder in Kombination mit SO₂, festgestellt (Übersicht bei KÄTZEL 2003).

Ähnlich den Kohlenhydraten nimmt der Ascorbatgehalt im Untersuchungszeitraum stetig zu. Er umfasste für den 1. Nadeljahrgang den Bereich von 1,52 mg/g TM (1998) bis 3,26 mg/g TM (2006). In den beiden Jahren 2002 und 2005 wurde für den 1. Nadeljahrgang der Schwellenbereich erreicht, im Jahr 2006 sogar überschritten (s. Abb. 4b). Vergleichbare Werte konnten für den 2. Nadeljahrgang nachgewiesen werden. Die niedrigsten Jahresmittelwerte wurden 1998 mit 1,97 mg/g TM ermittelt, die höchsten im Jahr 2006 mit 3,62 mg/g TM, wobei dieser Wert im oberen Schwellenbereich lag.

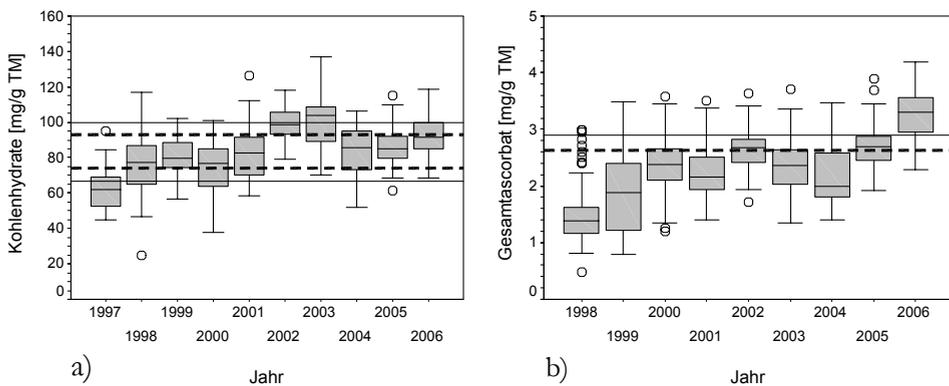


Abbildung 4: Kohlenhydrat- (a) bzw. Ascorbatgehalt (b) des 1. Nadeljahrganges der sieben Dauerbeobachtungsflächen in den einzelnen Untersuchungsjahren (unterbrochene Linien = Referenzbereich, durchgezogene Linien = oberer und unterer Schwellenbereich; n = 761 Datensätze)

Freie (ungebundene) Aminosäuren stellen innerhalb des pflanzlichen Primärstoffwechsels ein Verbindungsglied zwischen dem Kohlenhydrat- und dem Stickstoffmetabolismus dar. Sie liefern u. a. die Bausteine der Proteinsynthese, fungieren als Transportsubstanz, Stickstoffspeicher, beeinflussen den zellulären pH-Wert und das osmotische Potenzial. In unbelasteten Kiefernadeln ist die Konzentration freier Aminosäuren vergleichsweise gering, da der verfügbare Stickstoff an Proteine, Nukleinsäuren, Porphyrine etc. gebunden wird. Innerhalb des Pools der löslichen Aminosäuren sind Glutamin, Glutaminsäure, Asparaginsäure und Threonin in Kiefernadeln am höchsten konzentriert (KÄTZEL u. LÖFFLER 1997).

Vor dem Hintergrund zunehmender Eutrophierung zeigt der Gesamtaminosäuregehalt vor allem erhöhte Einträge von oxidierten oder reduzierten Stickstoffverbindungen an (s. BECK et al. 2007). Neben diesem akkumulativen Effekt können Stressoren den Proteinabbau fördern bzw. die Proteinsynthese hemmen, wodurch ebenfalls Aminosäuren angereichert werden.

Die löslichen ungebundenen Aminosäuren befanden sich in beiden Nadeljahrgängen der Jahre 1997 und 2000 im unteren Schwellenbereich, während im Jahre 2002 und teilweise auch 2006 der obere Schwellenbereich überschritten wurde (s. Abb. 5a).

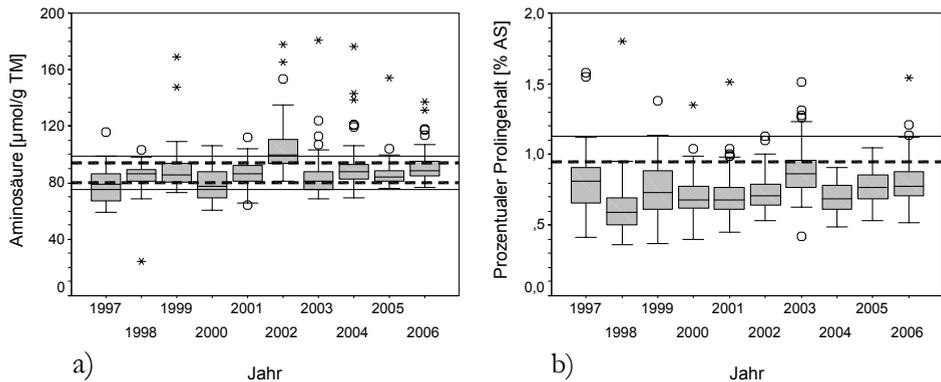


Abbildung 5: Aminosäure- (a) und Prolingehalt (b) des 1. Nadeljahrganges der sieben Dauerbeobachtungsflächen in den einzelnen Untersuchungsjahren (unterbrochene Linien = Referenzbereich, durchgezogene Linien = oberer Schwellenbereich; n = 761 Datensätze)

Die stressinduzierte Akkumulation der Aminosäure Prolin ist durch eine Vielzahl von Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten ubiquitär in allen Organismenreichen belegt worden (Übersichten z. B. bei ASPINALL u. PALEG 1981, STEWART 1981, TESCHE 1987). Zu den am häufigsten in Pflanzen beobachteten Ursachen für die Prolinreicherung gehören Veränderungen des zellulären osmotischen Potenzials, ausgelöst durch Wassermangel oder Salzstress (TREICHEL 1979, PESCI 1992). Aber auch Kältestress (CSONKA u. BAICH 1983), Nährstoffmangel (GÖRING u. THIEN 1979), bakterielle Infektionen (DASHEK u. ERICKSON 1981)

und Immissionsbelastungen (Ozon und SO₂) (VOGELS et al. 1987, KLUMPP et al. 1990) wurden als Ursachen nachgewiesen.

3.1 Beispiel: Trockenstress

Vor dem Hintergrund sich ändernder Klimabedingungen ist die Beleuchtung der Trockenstresstoleranz der Kiefer auch von forstpraktischem Interesse. Hierzu sind insbesondere die physiologischen Reaktionsmuster der Kiefer der Jahre 1999 und 2003 auf den Level-II-Dauerbeobachtungsflächen aufschlussreich.

In der Vegetationsperiode 1999 war sowohl in 0,7 m Bodentiefe als auch in 2,5 m Tiefe eine extreme Ausschöpfung des Bodenwassers durch die Vegetation auf den Brandenburger Level-II-Dauerbeobachtungsflächen zu beobachten. In den Folgejahren stieg die Bodenfeuchte mit geringer werdenden Amplituden zwischen den Vegetationszeiten bis 2002. Erst im Extrem-Trockenjahr 2003 wurde diese Wiederbefeuchtung erneut unterbrochen, die Ausschöpfung des Bodenwassers erreichte in 70 cm Bodentiefe nahezu wieder die Intensität der Vegetationsperiode 1999 (KALLWEIT u. RIEK 2007).

Anhand der Änderung einzelner Nadelinhaltsstoffe kann die physiologische Stresssituation des Baumes verfolgt und bewertet werden. Als Grundlage dient das dynamische Stressmodell nach SELYE (1957), das zwischen vier unterschiedlichen Stressphasen unterscheidet: Alarmphase, Widerstands- und Adaptationsphase, Erschöpfungsphase, Regenerationsphase oder Tod. Ein stressauslösender kurzzeitiger Reiz geringer Intensität, der die Möglichkeit der Erholung einschließt, wird als *Eustress* bezeichnet. Dieser kann mit einer erhöhten Toleranz verbunden sein, wenn das Stressereignis ein bestimmtes Maß an Stärke und Dauer nicht überschreitet (dosisabhängig). Wird die Stressbelastung hinsichtlich der Intensität oder Zeitdauer zu groß, so dass die Adaptations-, Abwehr- und Erholungsmöglichkeiten erschöpft sind, so tritt die *Distressphase* ein, die zu nachhaltigen Schäden führt.

Aktuelle exogene Einflussfaktoren verursachen überwiegend zunächst schleichende, latente Veränderungen, ohne dass unmittelbare äußere Stresssymptome sichtbar werden. Unter Wassermangelbedingungen steigt in der Kiefernadel zunächst die Osmolalität des Zellsaftes. Die Osmolalität ist eine integrative Größe, die neben dem Wassergehalt in der Zelle auch ein Maß für die Konzentration osmotisch wirksamer Substanzen im Zellsaft darstellt. Für die Osmoregulation der Pflanzenzelle übernehmen Saccharide, anorganische Ionen (z. B. Kalium) und organische Säuren eine wichtige Funktion. Eine Spaltung von Saccharose in Fruktose und Glukose führt bei geringem physiologischen Aufwand der Pflanze zu einer Verdopplung des osmotischen Druckes in der Pflanzenzelle (GORA 1995). Bei Zunahme der Stressbelastung beginnt der Wassergehalt der Nadeln zu sinken und im weiteren Verlauf werden lösliche Kohlenhydrate akkumuliert. Erst unter starken Stressbelastungen nimmt der Prolingehalt zu, der die

Stabilisierungsphase einleitet. Bei schweren Schäden werden die Proteine abgebaut und der Gehalt an löslichen Aminosäuren steigt, ohne dass dies auf eine zusätzliche N-Assimilation zurückgeführt werden kann (s. Abb. 6).

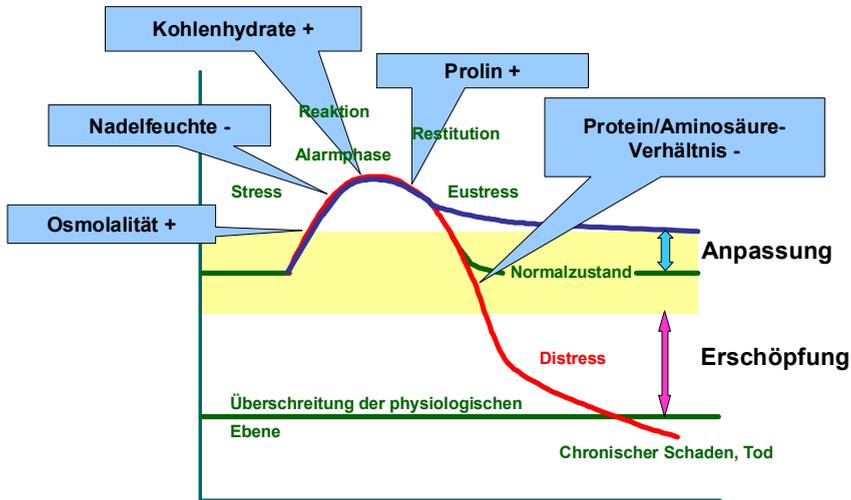


Abbildung 6: Ablauf von Biomarkerreaktionen bei Trockenstress in Anlehnung an das dynamische Stressmodell

Auf der Grundlage dieses Stressmodells lassen sich die physiologischen Zustände der Kiefern z. B. auf den sieben Brandenburger Dauerbeobachtungsflächen hinsichtlich des Trockenstresses anhand der Reaktionsmuster der einzelnen Nadelinhaltsstoffe bewerten.

Als eine erste sensible Reaktion auf Wassermangelbedingungen ändert sich die Osmolalität des Zellsaftes der Nadeln. Die Osmolalität wies in beiden Nadeljahren erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren auf. Werte, die den oberen Schwellenwert erreichten, wurden 2002 und 1999 mit 0,79 bzw. 0,81 osmol/kg Wasser nachgewiesen. 2003 lag der Flächenmittelwert sogar über dem oberen Schwellenbereich mit 0,84 osmol/kg Wasser (s. Abb. 7b). Derartige Reaktionen sind Teil einer aktiven Anpassungsstrategie vitaler Bäume und daher keinesfalls als „Schaden“ zu bewerten.

Auch der Nadelwassergehalt unterliegt im 1. Nadeljahrgang gewissen Schwankungen, die vor allem die jährliche Witterung im Zeitraum der Probenahme widerspiegelt. Die geringsten Jahresmittelwerte wurden 2003 mit 57,3 % Frischgewicht nachgewiesen, wobei dieser Wert bereits unterhalb des unteren Schwellenbereiches lag (s. Abb. 7a).

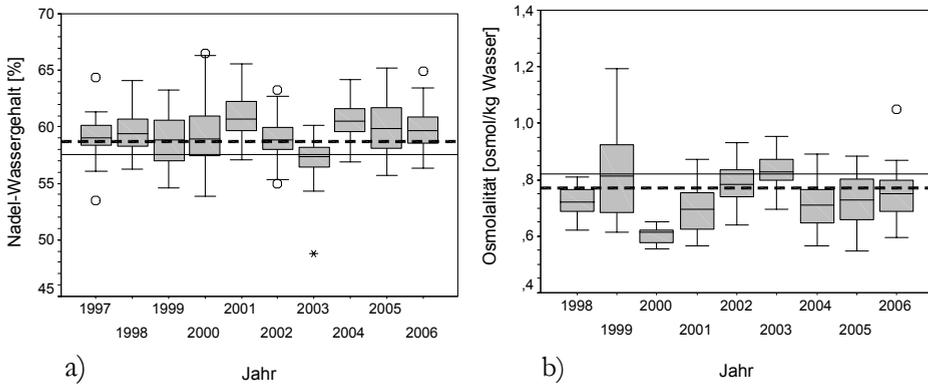


Abbildung 7: Nadelwassergehalt (a) bzw. Osmolalität (b) des 1. Nadeljahrganges der sieben Dauerbeobachtungsflächen in den einzelnen Untersuchungsjahren (unterbrochene Linien = Referenzbereich, durchgezogene Linien = unterer Schwellenbereich; $n = 761$ Datensätze)

Ob jedoch ein tatsächlicher Stresszustand erreicht wird, zeigt der Gehalt der Aminosäure Prolin. Im Untersuchungszeitraum lag der mittlere prozentuale Prolingehalt (bezogen auf Gesamtaminosäuren) im Bereich von 0,62 bis 0,88 % (2003) und somit stets innerhalb des Referenzbereiches! Gleiches gilt für den 2. Nadeljahrgang, wobei die Werte den Bereich von 0,79 bis 1,00 % der Aminosäuren umfassten, und auch hier der Jahresmittelwert 2003 am höchsten war (s. Abb. 5b). Nur wenige Kiefern waren 2003 tatsächlich in einem physiologisch erheblichen Stresszustand, in dem nachhaltige Folgeschäden auftreten können.

Diese physiologische Betrachtung soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die erhöhte Trockenheitstoleranz der Kiefer über einen zeitigen Schluss der Spaltöffnungen ermöglicht wird. Geschlossene Stomata führen zwangsläufig über eine reduzierte Photosynthese zur Minderung der Nettoprimärproduktion. Der Baum erkaufte sich den reduzierten Wasserverlust somit durch Einschränkung der Biomassezunahme, der Regelungsvorgang besteht in einem Lavieren zwischen Dursten und Hungern (RIEK u. RENGGER 1994, BREDA et al. 2006).

3.2 Beispiel: Prädisposition gegenüber Insektenbefall

Im Gegensatz zu den angiospermen Pflanzen muss sich die Kiefer mit einem weitgehend statischen, „quantitativen“ Abwehrsystem (z. B. Tannine, Terpene) ihrer Fraßfeinde erwehren. Dass dies bei Massenvermehrungen von monophagen Insekten in Kiefernreinbeständen nur begrenzt gelingt, ist hinlänglich bekannt und ein wichtiges Argument für den Waldumbau zu Kiefern-Laubholz-Mischbeständen. Andererseits zeigen Kiefern ein hohes Regenerationspotenzial ab einem Rest-Benadelungsprozent $> 10\%$. Bei abnehmendem Benadelungsgrad steigt die

Stoffwechselaktivität der verbleibenden Nadeln und kann somit zumindest teilweise den Nadelverlust kompensieren.

Umfangreiche Untersuchungen zur Regenerationsfähigkeit von Kiefern nach fraßbedingtem Nadelverlust wurden zunächst während der Massenvermehrung des Kiefernspinners in den 1990er Jahren durchgeführt und sind ausführlich dokumentiert (MAJUNKE et al. 1999, APEL 2000). Die jährliche Befallsfläche durch den Kiefernspinner belief sich für den damaligen Untersuchungszeitraum von 1993 bis 1998 auf durchschnittlich 43.620 ha. Um existentielle Bestandesschäden zu verhindern, wurde zwischen 1994 und 1998 eine Waldfläche von insgesamt 89.881 ha mit Pflanzenschutzmitteln behandelt.

Im Zeitraum von 2002 bis 2005 war das nordostdeutsche Tiefland von der Massenvermehrung der Nonne betroffen, 2003 auf einer Fläche allein in Brandenburg von ca. 32.400 ha. Nachdem 2003 im Norden Brandenburgs, in der Schorfheide, aus naturschutzfachlichen Gründen auf eine chemische Bekämpfung der Nonne verzichtet wurde, kam es auf 741 ha zu Kahlfraß (> 90 % Nadelverluste). Im Interesse der Walderhaltung musste 2004 auf ca. 3.260 ha Waldfläche die Nonne mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden (APEL et al. 2005).

Nach dem Fraß vollzog sich eine restbenadelungsabhängige Regeneration der Kronen. Während der Nonnengradation wurde ab 2002 auf 26 Rasterflächen das Regenerationsvermögen 29- bis 112-jähriger fraßgeschädigter Kiefernbestände untersucht. Signifikante Unterschiede im Regenerationsverlauf wurden zwischen Kiefernbeständen im Bereich der trockenen (Tt) und mäßig trockenen (Tm) Klimastufen festgestellt. Allgemein regenerierten die Kiefernbestände ihre Nadelmasse in der Klimastufe Tt (Tiefland, trocken) langsamer als die in der Klimastufe Tm (Tiefland, mäßig trocken). Die höchste Mortalität konzentrierte sich auf Kiefern mit einer Restbenadelung von 0 - 10 % (WENK u. APEL 2007). Nach dem Fraßereignis beschränkte sich der Austrieb bei den 0 - 30 % restbenadelten Kiefern nur auf den Bereich der Lichtkrone. Eine Regeneration der Schattenkrone blieb aus und führte zu einer verstärkten Trockenastbildung. Bei den 40 - 50 % restbenadelten Bäumen kam es neben einem vollständigen Austrieb in der Lichtkrone auch zu einer teilweise vollständigen Regeneration der Schattenkrone. Drei Jahre nach dem Fraßgeschehen hatten die 0 bis 5 % restbenadelten Kiefern im Mittel 60 % ihrer Nadelmasse regeneriert.

Zwei Jahre nach dem Fraßereignis hatte der größte Teil der geschädigten Kiefern bereits wieder 40 - 70 % seiner durchschnittlichen Vollbenadelung erreicht. Im 3. Jahr variierte die Benadelung auf den Rasterflächen zwischen 60 - 90 %. Eine Wiederbenadelung nach etwa zweijähriger Regenerationszeit auf das Niveau eines ungeschädigten Bestandes, wie Mitte der 1990er Jahre in Niedersachsen beobachtet (HABERMANN u. v. GEIBLER 2001), wurde in Brandenburg selbst nach 3 Jahren nicht erreicht (WENK u. APEL 2007).

Anhand der o. g. physiologischen Nadelparameter wurde unmittelbar nach dem Fraß der Grad der physiologischen Stressbelastung und die Überlebenschance

der Kiefern bewertet. Zunächst zeigte sich, dass die Restnadeln mit überdurchschnittlich hohen Chlorophyllgehalten ausgestattet waren, was auf die Kompensation der physiologischen Leistungsfähigkeit hindeutet. Mit Hilfe einer Faktorenanalyse und Clusterung ist eine Gruppierung der Kiefern nach ihrem physiologischen Zustand (Biomarkermuster) möglich. Dabei zeigte sich, dass ca. 3 Monate nach dem Fraß bei 7 der untersuchten 75 Bäume höchste Chlorophyll-, Aminosäure-, Prolin- und Kohlenhydratgehalte in den verbliebenen Nadeln des 1. Nadeljahrgangs festgestellt werden konnten, die sich insgesamt im Cluster 3 gruppieren (s. Abb. 8). Da erhöhte Konzentrationen der genannten Substanzen Stressanzeiger sind, ist von einem gestörten Stoffwechsel der Kiefern auszugehen. Diese Bäume waren selbst 3 Jahre nach dem Fraß nicht mehr fähig, ihren „außer Tritt“ geratenen Stoffwechsel zu korrigieren. Das zeigt sich in der Tatsache, dass bis 2006 sechs der sieben diesem Cluster zugeordneten Bäume abstarben.

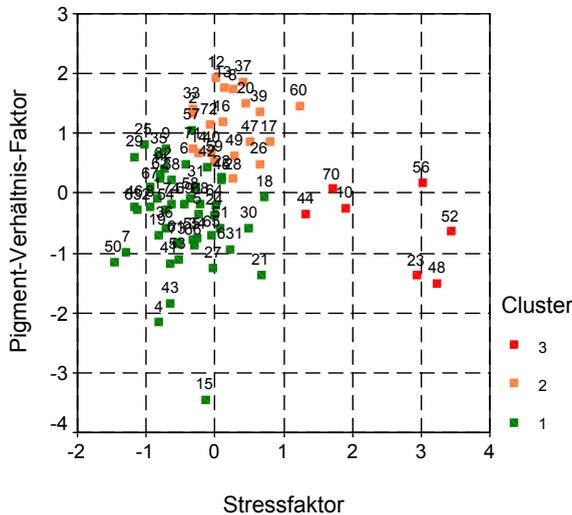


Abbildung 8: Anordnung der Einzelbäume im Koordinatensystem der Faktoren 1 (Stressfaktor) und 2 (Pigment-Verhältnis-Faktor) und ihre Clusterzuordnung

4 Schlussfolgerungen

Die physiologischen Untersuchungen bestätigen insgesamt das hohe Anpassungspotenzial der Gemeinen Kiefer. Der physiologische Zustand der Bäume wird weit mehr durch die jährlich wechselnden Witterungsfaktoren beeinflusst als durch flächenspezifische (standörtliche) Faktoren. Dies gilt insbesondere für modifikativ und evolutiv gut angepasste Individuen und Herkünfte.

Das Anpassungspotenzial der einzelnen Kiefern unterscheidet sich entsprechend ihrer genetischen Reaktionsnorm. Diese biochemische, physiologische und letztendlich genetische Vielfalt bietet die notwendigen Spielräume für die Anpassungsfähigkeit an künftige Umweltveränderungen. Kiefer ist eben nicht gleich Kiefer! Gleiches gilt für Bestände, Populationen und Herkünfte.

Entsprechend sind die Risikopotenziale, z. B. unter dem Einfluss von Klimaextremen, differenziert zu bewerten. Vor einer Pauschalisierung der Anpassungsfähigkeit der Kiefer muss gewarnt werden. Dies sollte auch bei der Auswahl von Saatgutbeständen für die Anzucht künftiger Kiefern Generationen bedacht werden. Es gibt Kiefern-Genotypen, die auch im Zeitalter des Klimawandels außerordentlich zukunftsfähig sind. Das Potenzial dieser Bäume und Bestände sollte in der Zukunft stärker beachtet und genutzt werden. Dagegen müssen Kiefernbestände mit erhöhten Risikopotenzialen weiter unter Kontrolle bleiben, um ggf. mit waldbaulichen Maßnahmen die Stabilität der Bestände zu erhöhen.

Insgesamt zeigen die zehnjährigen physiologischen Untersuchungen, dass es durch die Verwendung von Biomarkern mit einem vertretbaren Aufwand möglich ist, Anpassungsreaktionen und Risikopotenziale zu erkennen und objektiv zu bewerten. Dies könnte künftig auch ein geeignetes Instrumentarium sein, um in einem Frühscreening forstwirtschaftlich geeignete Individuen und Saatgutbestände hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit zu selektieren.

Bei genauer Kenntnis der Potenziale und der Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit wird die Kiefer gerade vor dem Hintergrund der Klimaänderungen eine neue Wertschätzung erfahren und eine wichtige waldbauliche Alternative unter den heimischen Baumarten bleiben.

Literatur

- APEL, K.-H. (2000): Zum Regenerationsverhalten von Kiefern nach Insektenfraß. *AFZ/DerWald*, 55 (14), 745-746
- APEL, K.-H.; HAUSWIRTH, M.; RÖS, M. u. WENK, M. (2004): Schadgebiete der wichtigsten nadelfressenden Forstschadinsekten der Kiefer und Risikobewertung von Waldgebieten für das Nordostdeutsche Tiefland. - *Beitr. Forstw. Landsch.ökol.* 38, 14-18
- APEL, K.-H.; DIEZEL, K.; LOCKOW, K.-W.; LÖFFLER, S.; MÖLLER, K.; RIEK, W. u. SCHINDLER, F. (2005): Differenzierte Regeneration der Kiefern nach Nonnenfraß in der Schorfheide. *AFZ/DerWald* 60 (8), 390-393

- ASPINALL, D. u. PALEG, L.G. (1981): Proline accumulation: physiological aspects. In: PALEG, L.G. u. ASPINALL, D. (eds.): *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press, New York, 205-241
- BECK, W.; LÖFFLER, S. u. KÄTZEL, R. (2007): Zum Einfluss von Stickstoffeinträgen auf Wachstum und Vitalität der Kiefer. In: *Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung*. Kap. 3.4, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 32
- BMELV (2006): *Waldzustandsbericht der Bundesrepublik Deutschland 2006*. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn
- BREDA, N.; HUC, R.; GRANIER, A. u. DREYER, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63, 625-644
- CSONKA, L.N. u. BAICH, A. (1983): Proline biosynthesis. In: HERMANN, K.M. u. SOMERVILLE, R.L. (eds.): *Amino Acids, Biosynthesis and Genetic Regulation*. Addison-Wesley, Reading, 35-51
- DASHEK, W.V. u. ERICKSON, S.S. (1981): Isolation, assay, biosynthesis, metabolism uptake and translocation, and function of proline in plant cells and tissues. *Botanical Review* 47, 349-385
- GLUCH, W. (1988): Zur Benadelung von Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) in Abhängigkeit vom Immissionsdruck. *Flora*, Jena 181, 395-407
- GORA, V. (1995): Physiologische Untersuchungen zur standort- und altersabhängigen Befallsdisposition von Kiefer- (*Pinus sylvestris*) Beständen für nadelfressende Insekten. Dissertation am Institut für Zoologie der Georg-August-Universität Göttingen
- GÖRING, H. u. THIEN, B.H. (1979): Influence of nutrient deficiency on proline accumulation in the cytoplasm of *Zea mays* L. seedlings. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 174, 9-16
- HABERMANN, M. u. VON GEIBLER, A. (2001): Regenerationsfähigkeit von Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) und Befall durch rindenbrütende Sekundärschädlinge nach Fraß der Nonne (*Lymantria monacha* L.). *Forst und Holz* 56, 107-111
- KALLWEIT, R. u. RIEK, W. (2007): Entwicklung des Kronenzustandes – Waldschadenserhebung 1986-2006. In: *Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung*. Kap. 3.1, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 32
- KÄTZEL, R. (2001): Zur Veränderung von biochemischen Nadelinhaltsstoffen der Kiefer auf Dauerbeobachtungsflächen der Länder Brandenburg und Berlin von 1995 bis 1999. In: AUTORENKOLLEKTIV: *Forstliche Umweltkontrolle im Land Brandenburg – Ergebnisse aus zehnjährigen Untersuchungen zur Wirkung von Luftverunreinigungen in Brandenburgs Wäldern*. Bäßler Verlag Berlin, 195-209
- KÄTZEL, R. (2003): Biomarker als Indikatoren zur Bewertung des Vitalitätszustandes der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) im Nordostdeutschen Tiefland. Habilitationsschrift Technische Universität Dresden
- KÄTZEL, R.; LANDMESSER, H.; LÖFFLER, S.; RINGEL, CH.; HAHN, R. u. WIENHAUS, O. (2005): Needle Contents of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) as Biomarkers for assessment of Vitality in Comparison with the Crown Condition. *Phyton* 45 (3), 117-137
- KÄTZEL, R. u. LÖFFLER, S. (1997): The influence of NH₃-immissions on the physiology of pines (*Pinus sylvestris*) in field studies and fumigation experiments. In: MOHREN, G.M.J.; MOHREN, K.; KRAMER, K.; SABATE, S. (eds.): *Impacts of Global change on Tree Physiology and Forest Ecosystems*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Boston, London, 81-86
- KÄTZEL, R. u. LÖFFLER, S. (2007): Langzeituntersuchungen zu physiologischen Anpassungsreaktionen der Kiefer auf Dauerbeobachtungsflächen der forstlichen Umweltkontrolle (Level-II). In: *Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung*. Kap. 3.2, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 32
- KLUMPP, G.; GUDERIAN, R. u. KÜPPERS, K. (1990): Peroxidase- und Superoxiddismutase-Aktivität sowie Prolingehalte von Fichtennadeln nach Belastung mit O₃, SO₂ und NO₂. *Europ. J. For. Path.* 19, 84-97

- LACHMANN, M. (2006): Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2005. BLE, Bonn, 19 S.
- LÖFFLER, S. (2004): Ausgewählte Ergebnisse des BMVEL-Projektes zu Biomarkerreaktionen in Abhängigkeit von Witterungsfaktoren auf drei Intensivmessflächen im Land Brandenburg (Teilprojekt Kiefer). Tharandter Forstliche Jahrbücher, Beiheft 5, 131-147
- MAJUNKE, C.; WALTER, CH. u. HEYDECK, P. (1999): Waldschutzsituation 1998/99 in Brandenburg. AFZ/DerWald 7, 346-347
- MAYR, E. (2005): Konzepte der Biologie. Hirzel Verlag Stuttgart, 247 S.
- PESCI, P. (1992): Effect of light on abscisic acid-induced proline accumulation in leaves: comparison between barley and wheat. *Physiologia Plantarum* 86, 209-214
- RIEK, W. u. RENGER, M. (1994): Der Wasserhaushalt der Kiefer (*Pinus sylvestris*) als Funktion von Boden- und Klimaparametern in den Berliner Forsten. *Forstarchiv* 65, 167-171
- ROHMEDER, E. u. SCHÖNBACH, H. (1959): Genetik und Züchtung der Waldbäume. Paul Parey Verlag Hamburg und Berlin, 337 S.
- SCHUBERT, R. (1991): Lehrbuch der Ökologie. G. Fischer Verlag, Jena
- SELYE, H. (1957): The stress of life. McGraw-Hill Book Company Inc., New York
- STEWART, C. R. (1981): Proline Accumulation: Biochemical Aspects. In: PALEG, L.G.; ASPINALL, D. (eds.): The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. Academic Press, New York, 243-259
- TESCHE, M. (1987): Prolin in Bäumen. I. Prolin in gesunden Bäumen. *Flora* 179, 335-343
- TREICHEL, S. (1979): Der Einfluß von NaCl auf den Prolinstoffwechsel bei Halophyten. *Ber. Deutsche Bot. Gesellsch.* 92, 73-85
- VAN GESTEL, C.A.M. u. VAN BRUMMELEN, T.C. (1996): Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for a redefinition of terms. *Ecotoxicology* 5, 217-225
- VOGELS, K.; KOCH, I. u. BENDER, J. (1987): Untersuchungen ausgewählter Streßsymptome an Fichte (*Picea abies* Karst.) aus geschädigten Waldbeständen und aus Klimakammerexperimenten. *Vers. Ges. Ökol.* 16, 323-332
- WENK, M. u. APEL, K.-H. (2007): Die Regenerationsfähigkeit von durch Fraß des Kiefernspinners (*Dendrolimus pini* L.) und der Nonne (*Lymantria monacha* L.) geschädigten Kiefernbeständen in Brandenburg. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Kap. 4.4, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 32
- WIENHAUS, O.; RINGEL, C.; LANDMESSER, H.; HAHN, R.; KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S. u. LANDMESSER, W. (2002): Abschlußbericht zum BMVEL-Verbundvorhaben "Prüfung von Methoden zur Feststellung von Vitalitätseinbußen bei Fichten und Kiefern anhand pflanzenchemischer und pflanzenphysiologischer Parameter im Rahmen von unterschiedlichen Immissions- und Ökosystembedingungen". Bd. 1 (96HS 052/053), Tharandt und Eberswalde
- ZIMMERMANN, R.-D. (1996): Begriffsdefinition zur Bioindikation. *UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox.* 8 (3), 169-171

Korrespondierender Autor:

Dr. habil. Ralf Kätzel

Landesforstanstalt Eberswalde

Alfred-Möller-Straße 1

16225 Eberswalde

E-Mail: ralf.kaetzel@lfe-e.brandenburg.de

Die Kiefer - ein Auslaufmodell?

- Beiträge für eine zielgerichtete Entwicklung -

Scots pine: an outdated species?

- Contributions to a focused development -

Hermann Spellmann

Zusammenfassung

Die gemeine Waldkiefer ist die Charakterbaumart des norddeutschen Tieflandes. Sie galt in den letzten beiden Jahrzehnten aufgrund ihres Leistungspotenzials und ihrer Ertragsaussichten als „Auslaufmodell“. Ihre gute ökologische Anpassung an die zu erwartenden Klimaänderungen werden ihr aber auch in Zukunft einen bedeutenden Flächenanteil sichern. Zur besseren standörtlichen Zuordnung des Kiefernbaus wird eine Weiterentwicklung der Ökogramme um eine klimatische Dimension in Form der klimatischen Wasserbilanz vorgeschlagen. Kiefernbestände sollten in Zukunft i. d. R. nur noch natürlich verjüngt werden. Für den Voranbau anderer Baumarten in Kiefernbeständen werden Entscheidungshilfen gegeben. Zur Sicherung der Flächenproduktivität wird die Bedeutung einer gestaffelten Durchforstung mit starken Eingriffen in der Jugend und danach abnehmender Durchforstungsstärke anhand von Versuchsergebnissen und Simulationsrechnungen dargestellt. Z-Baum-Zahlen von anfänglich 150 – 250 Stck./ha tragen zur Senkung der Produktionsrisiken und zur Erhöhung der Wert-

leistung bei. Angesichts der Versorgungsengpässe beim Kiefern-Industrieholz werden die Möglichkeiten und Grenzen der Vollbaumnutzung aufgezeigt.

Stichworte: Kiefer, Anbaueignung, Klimawandel, Verjüngung, Bestandespflege, Vollbaumnutzung

Abstract

Scots pine is a characteristic tree species of the lowlands in northern Germany. In the last two decades Scots pine has been labelled an outdated species because of its production potential and expected yield. However, the ability of Scots pine to ecologically adapt to the anticipated climate changes will ensure it a notable place in forests in the future. To improve site selection for Scots pine plantations, the ecogramme needs to be developed further to account for climate by incorporating climatic water balance. In future, Scots pine stands should be regenerated only naturally as a rule. Guidance is given to assist decisions about underplanting other tree species in Scots pine stands. To ensure stand productivity, the importance of a staggered thinning regime, comprising a heavy thinning in the early growth phase followed by thinning operations declining in intensity in accordance with results from study sites and simulations, is presented. An initial future crop tree number of 150 to 250 will help reduce the production risks and increase the production value. In view of bottlenecks in the supply of Scots pine industrial wood, opportunities and limitations of utilising the whole tree are shown.

Key words: Scots pine, plantation suitability, climate change, regeneration, forest tending measures, whole-tree utilisation

1 Ausgangssituation

Die Gemeine Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) ist die Charakterbaumart des norddeutschen Tieflandes. Nach den Ergebnissen der zweiten Bundeswaldinventur (BMVEL 2004) erreicht ihr Anteil an der Waldfläche in Brandenburg 71,5 %, in Sachsen-Anhalt 44,7 %, in Mecklenburg-Vorpommern 38,6 %, in Sachsen 30 % und in Niedersachsen immerhin noch 29,4 % (s. Abb. 1). Insgesamt bedecken Kiefernwälder 2,467 Millionen Hektar in Deutschland. Dies entspricht einem Baumartenanteil von 23,3 %. Die Anteile am Gesamtvorrat und am Gesamteinschlag fallen mit 20,8 % bzw. 19,9 % geringer aus. In diesen Zahlen kommt die vergleichsweise geringe Ertragskraft der Kiefernwälder zum Ausdruck, aber auch der unausgeglichene Altersklassenaufbau mit einem deutlichen Überhang an 41 - 60-jährigen Beständen aus den Aufforstungen nach dem 2. Weltkrieg. Demgegenüber wurden in den letzten Jahren nur wenige Kiefernbestände neu begründet.

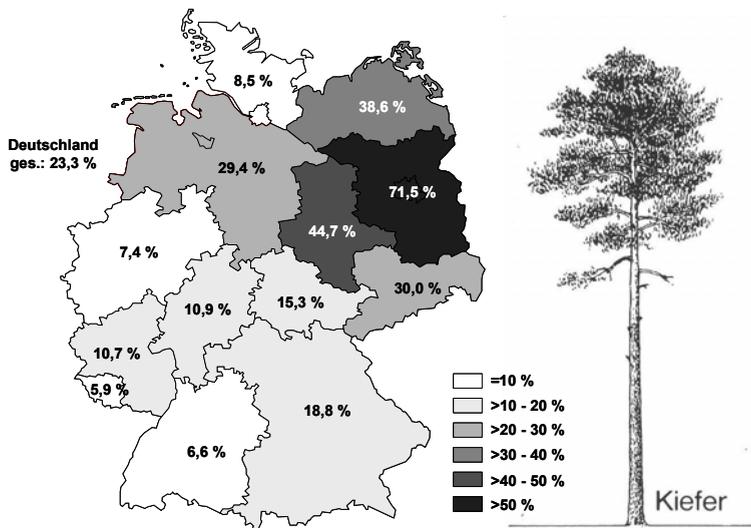


Abbildung 1: Anteil der Baumartengruppe Kiefer an der Waldfläche der Bundesländer

Der zurückgefahrne Kiefernabau ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen. Zum einen sind die Erholung vieler ehemals devastierter Standorte durch ihre Bestockung mit Kiefer in der ersten bzw. zweiten Waldgeneration und die Stickstoffeinträge aus der Luft zu nennen. Sie ermöglichen heute vielerorts einen Baumartenwechsel von der genügsamen Kiefer zu anspruchsvolleren Baumarten. Zum anderen haben sich die waldbaulichen Präferenzen verändert. Mit Einführung der naturnahen Waldwirtschaft in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurde vornehmlich die Buche gefördert, um die Naturnähe zu erhöhen. Schließlich sprachen auch insbesondere ökonomische Gründe gegen die Kiefer, denn im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten schnitt sie in Waldreinertragskalkulationen der letzten 30 Jahre fast immer schlechter ab als Eiche, Buche, Fichte und vor allem gegenüber der ertragsstarken und ebenfalls relativ genügsamen Douglasie (SPELLMANN 2004). Erst im Jahre 2006 wiesen die Reinertragskalkulationen auf der Basis der Kosten- und Erlösstatistik der Niedersächsischen Landesforsten für die Kiefernbetriebsklasse erstmalig wieder einen Reinertrag in Höhe von 6,- €/ha*a aus, der auf die gestiegenen Holzpreise insbesondere im Schwachholzbereich und den steigenden Anteil der hoch mechanisierten Holzernte zurückzuführen ist.

2 Waldbauliche Entwicklungsziele

2.1 Risikobegrenzung und Risikoverteilung

Eine neue Herausforderung für die Forstwirtschaft stellen die prognostizierten Klimaänderungen dar. Nach Modellberechnungen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-M) in Hamburg auf der Basis des globalen Klimamodells ECHAM5 und des mittleren CO₂-Emissionsszenarios A1B ist bis zum Ende dieses Jahrhunderts mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur zwischen 2,5 °C und 3,5 °C zu rechnen (UBA u. MPI-M 2006). Die Jahresniederschläge bleiben danach in etwa gleich hoch, aber es verändert sich die Niederschlagsverteilung (s. Abb. 2). Die Winter werden nasser und die Sommer trockener. Witterungsextreme, wie die Flut 2002 oder die Dürre 2003, treten vermehrt auf. Als Folge können heute mittlere Standorte zu Grenzstandorten werden, der Standort-Leistungs-Bezug und damit die Konkurrenzkraft der Baumarten verschieben sich, Baumarten und Herkünfte mit einer breiten ökologischen Amplitude gewinnen an Bedeutung und die biotischen und abiotischen Waldschutzrisiken nehmen zu.

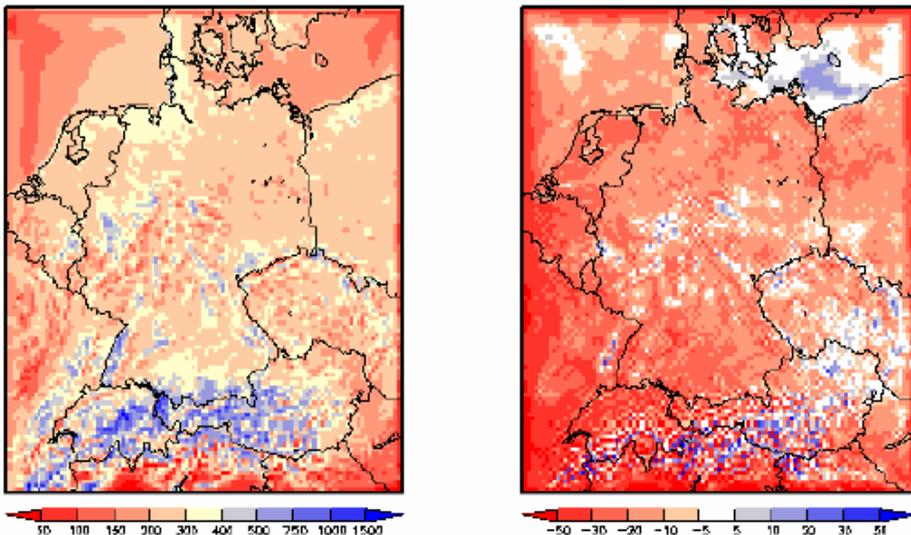


Abbildung 2: Links: Sommerniederschläge (mm) der Periode 1961-90; rechts: Niederschlagsveränderung im Jahresmittel 2071-2100 gegenüber dem Vergleichszeitraum 1961-90 (Regionales Klimamodell REMO, Szenario A1B) (UBA u. MPI-M 2006)

An die durch diese Projektionen vorausgesagten Klimaänderungen ist die Kiefer relativ gut angepasst. ELLENBERG (1996) charakterisiert sie folgendermaßen: „Trotz oder gerade wegen ihrer bescheidenen Lebensansprüche ist unsere gewöhnliche Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) Herrscherin und Partnerin verschiedenartigster

Pflanzengesellschaften geworden. In der Vielfalt der von ihr besiedelten Standorte übertrifft sie alle anderen Baumarten Mitteleuropas. Vom Rande der Tundra im hohen Norden und von der alpinen Waldgrenze, an der krüppelige Vorposten noch bei 2.250 m Höhe ü. M. ausharren, bis zu den wärmsten Tälern der Innentalen, von den ausgelaugten Sanden Nordeuropas bis zu den Kalkschottern des Alpenvorlandes, von föhngedörrten Felsgraten über frühjahrsfeuchte, aber sommertrockene Mergelhänge bis zu schwammnassen Hochmooren, überall finden Kiefern ein sonniges Plätzchen oder eine wenig umstrittene Lücke, um sich mit ihren weit fliegenden und rasch keimenden Samen anzusiedeln und trotz ihrer lichten Kronen auch zu behaupten.“

Die wesentlichsten ökologischen Eigenschaften der Kiefer lassen sich folgendermaßen zusammenfassen und bewerten:

- + unempfindlich gegenüber klimatischen Extremen (Frost u. Hitze)
- + geringe Nährstoffansprüche
- + unempfindlich gegenüber Wassermangel bzw. Wasserüberschuss
- + anpassungsfähig in der Durchwurzelung
- + sturmfest
- + häufige Samenproduktion mit effektiver Windverbreitung
- + Besiedlung von Freiflächen
- ± hohe Lichtansprüche
- hohes biotisches Risiko durch Pilze und Insekten

Mit dieser Ausstattung und vor dem Hintergrund des Klimawandels ergeben sich für die Kiefer wieder Chancen einer stärkeren Berücksichtigung bei der Baumartenwahl, um Risiken zu begrenzen bzw. zu verteilen.

Zur besseren standörtlichen Zuordnung der Baumarten bedarf es einer Weiterentwicklung der heute zweidimensionalen Ökogramme der Waldbauplanung, die auf der weitgehend qualitativen Ansprache der Nährstoffversorgung und des Wasserhaushaltes durch die Standortkartierung fußen. Sie müssen zum einen stärker quantitativ untermauert und zum anderen um eine klimatische Komponente ergänzt werden. Während sich die Wechselwirkungen zwischen Basensättigung, Verwitterung, Humusumsatz und Stoffeinträgen bisher nicht in einem quantitativen Indikator für die Nährstoffversorgung verdichten lassen, bietet sich zur Kennzeichnung der Wasserversorgung die nutzbare Feldkapazität an, die das pflanzenverfügbare Wasserangebot charakterisiert und sich über die Leitprofile der Standortkartierung berechnen lässt. Als klimatische Komponente kann die klimatische Wasserbilanz dienen, die die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung darstellt und somit die klimatischen Größen Niederschlag und Temperatur in sich vereint. Sie ist entscheidend für die Wiederauffüllung des

Bodenwasserspeichers, von der das Wachstum und Überleben der Baumarten unter Wasserstress abhängt. Mit diesen drei Variablen lässt sich ein Handlungsraum aufspannen, in den sich die Baumarten, Waldentwicklungstypen bzw. Betriebszieltypen einordnen lassen (s. Abb. 3).

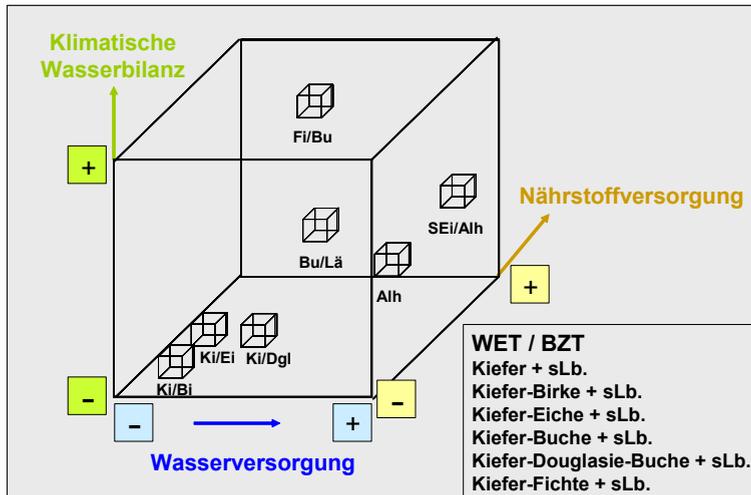


Abbildung 3: Dreidimensionales Ökogramm als Entscheidungshilfe für die Baumartenwahl

Der Anbauswerpunkt der Kiefer dürfte der subkontinentale, mäßig nährstoffversorgte Bereich mit einer großen Variation im Wasserhaushalt von staunass bis mäßig sommertrocken bleiben, wo sie ggf. in Konkurrenz zu den ebenfalls relativ gut an den Klimawandel angepassten Hauptbaumarten Eiche, Roteiche und Douglasie tritt.

2.2 Rationelle Verjüngung

In ihrer Wuchsleistung und Qualität befriedigende Kiefernbestände sollten in Zukunft nur noch natürlich verjüngt werden (vgl. HEINSDORF 1994; WALDHERR 1996; DOHRENBUSCH 1997; PETERSEN 2001). Dieses Vorgehen bietet erhebliche ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber normalen Kulturen mit 8.000 – 10.000 Pflanzen/ha zur Erziehung von Wertholz bzw. 6.000 bis 8.000 Pflanzen/ha zur Begründung von Bauholzbeständen (SPELLMANN u. NAGEL 1992). Mit einer spontanen Kiefern-Naturverjüngung kann aber im Allgemeinen nicht gerechnet werden. Die dafür notwendigen Oberbodenzustände mit einer geringen Rohhumusaufgabe und einer lockeren Flechten-Astmoos-Bedeckung sind heute aufgrund der Stickstoffeinträge weitgehend verschwunden. Auf Standorten mit Vaccinium-, Deschampsia oder Molinia-Decken ist i. d. R. eine vorherige streifen- bzw. plätzweise Bodenbearbeitung unverzichtbar, während auf Standorten mit Reitgras-, Adlerfarn- oder Brombeerdecken eine Naturverjüngung ohne Voll-

umbruch bzw. Herbizideinsatz ausgeschlossen ist. Die Wahl der Hiebsform, ob Zielstärkennutzung, Femelschlag, Saumschlag oder Kahlschlag, hängt von der Wasserversorgung der Verjüngung (Vermeidung der Tellerwirkung), der Stabilität und Wertentwicklung der Altkiefern sowie von dem angestrebten Waldaufbau ab.

Bei den großflächig geplanten Voranbauten unter Kiefer sollte darauf geachtet werden, dass die Kiefer einen ausreichenden Altersvorsprung hat, denn sobald Buchen oder Douglasien in ihre Kronen vordringen, stockt sie im Zuwachs und erreicht nicht mehr ihr Produktionsziel. Bei II. Ertragsklasse sollte mit Buchen-Voranbauten bis zum Alter 60 Jahre, mit Douglasien-Voranbauten bis zum Alter 90 Jahre gewartet werden. Dies schließt nicht aus, dass diese Baumarten auf Löchern und in qualitativ unbefriedigenden Partien bereits früher eingebracht werden. In jedem Fall ist bei Voranbauten auf eine strenge räumliche Ordnung mit Erschließungslinien, Voranbau- und Fällungszonen zu achten, damit die Voranbau-Investitionen nicht durch Fällungs- und Rückeschäden wieder zunichte gemacht werden. Ebenso unverzichtbar ist eine Pflanzung der Folgebaumarten in ausreichend engen Verbänden. Dies belegen zahlreiche in ihrer Qualitätsentwicklung unbefriedigende Buchen-, Eichen- oder Douglasien-Voranbauten unter Kiefernaltholzschirm, wo der geringe Schirmdruck nur in einem begrenzten Maße den Seitendruck durch engere Pflanzverbände auszugleichen vermochte. In dem 1994 angelegten kombinierten Voranbau- und Verbandsversuch Unterlüß 1200 hat der Bestockungsgrad des Kiefernaltbestandes bisher keinen signifikanten Einfluss auf das Dickenwachstum der Versuchsbaumarten. Nur bei der Eiche lässt sich dieser Einfluss bei einem Bestockungsgrad von 0,8 absichern (s. Abb. 4).

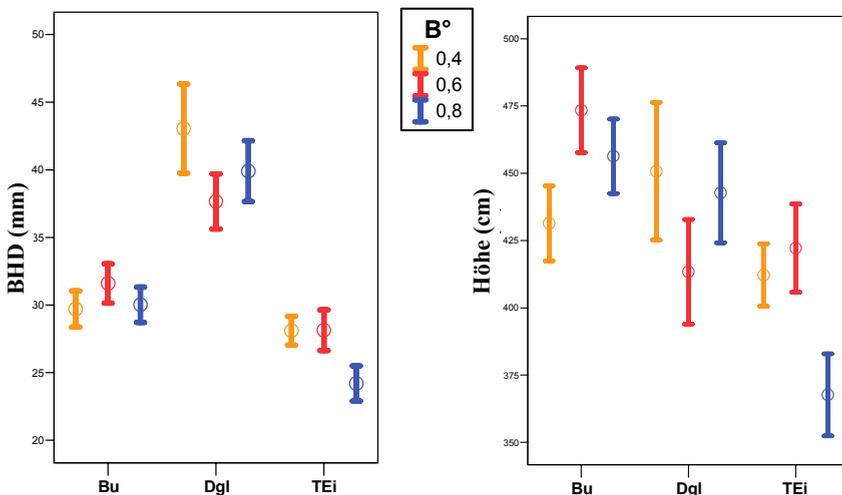


Abbildung 4: Durchmesser- und Höhenwachstum von Voranbauten in Abhängigkeit von der Überschirmung: Versuch Unterlüß 1200 – Bu 12-j., Dgl 13-j., TEi 11-j.

Bezüglich des Höhenwachstums bestehen abgesicherte Unterschiede bei den Laubbaumarten und in Abhängigkeit von der Überschildung, während die Douglasie keine Beeinflussung zeigt. Ein Verbandseinfluss auf die Qualitätsentwicklung zeichnet sich in dieser frühen Versuchsphase, in der sich die engsten Verbände (Dgl 3 x 1 m, Bu u. TEi 1,5 x 1 m) gerade schließen, erst langsam bei den Aststärken und der Astreinigung ab.

2.3 Sicherung der Flächenproduktivität

Vor dem Hintergrund der Globalisierung der Rohstoff- und Warenmärkte, der Verknappung fossiler Rohstoffe, der rasant steigenden Holznachfrage und der Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung zeichnen sich bereits heute Versorgungsengpässe und Verteilungsprobleme am Rohholzmarkt ab. Diese Entwicklungen zwingen zu einem Überdenken der Bestandesbehandlungsstrategien, die in den letzten beiden Jahrzehnten vornehmlich auf die Stabilität und Wertleistung von Einzelbäumen ausgerichtet waren und die Flächenproduktivität vernachlässigten.

Der Erfolg von Durchforstungen hängt wesentlich davon ab, dass der Wachstumsgang der Baumarten beachtet wird. In der Dickungsphase sollen Kiefern noch geschlossen erwachsen, sich ausdifferenzieren und im unteren Schaftabschnitt von Ästen reinigen. Die Stangenholzphase ist der Zeitpunkt, an dem sich bei der früh im Zuwachs kulminierenden Kiefer der Durchmesserzuwachs am wirksamsten durch Freistellung anregen und auf die bestveranlagten Bäume konzentrieren lässt. Dies belegen zahlreiche Untersuchungen von HUSS (1983, 1995 u. 1999); SPELLMANN 1994; CHROUST (1997 zit. nach MRAZEK 2001); HARTIG (1998) oder LOCKOW (2000). Auch schematische Eingriffe haben einen positiven Einfluss auf die Bestandesentwicklung (vgl. MERKER u. RIECKMANN 1992; SPELLMANN u. CASPARI 1993; SPELLMANN 1996). In dem bei ca. 8 m Oberhöhe angelegten Kiefern-Läuterungsversuch Fuhrberg 239 mit zahlreichen schematischen und selektiven Eingriffsvarianten stieg der Grundflächenzuwachs der Z-Bäume mit der Eingriffsstärke und erreichte bei den Behandlungen Mulchen jeder 6. bzw. 4. Reihe + Ausleseläuterung zugunsten von 300 Z-Baum-Anwärttern pro Hektar 154 bzw. 171 % der Nullfläche. Diese kombinierten Eingriffe schnitten besser ab, weil durch die Mulchgassen nicht nur der Durchmesserzuwachs der unmittelbaren Randbäume entlang der Gassen gefördert wurde, sondern mit nachlassender Intensität auch derjenige der Bäume in den sich anschließenden Reihen (SPELLMANN 2002).

Bei der Entwicklung von Pflegekonzepten ist weiter zu bedenken, dass der Pflegeeffekt bei herrschenden Bäumen größer ist als bei vorherrschenden Bäumen. Dies erklärt sich aus der schlechteren Standraumökonomie vorherrschender Bäume. Sie benötigen eine größere Kronenschirmfläche, um den gleichen Durchmesserzuwachs je Quadratmeter Kronenschirmfläche zu leisten. Diesen bereits von WOHLFARTH (1935), VANSELOW (1951), MAGIN (1952) oder KENNEL (1966)

beschriebenen Zusammenhang bestätigten auch die Auswertungen des Kiefern-Durchforstungsversuches Chorin 97 durch LOCKOW (1999) und DEGENHARDT (2000). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei Durchforstungen im Herrschenden stets die individuelle Pflegebedürftigkeit der zu fördernden Bäume zu berücksichtigen. Zudem ist es für eine realistische Einschätzung des Zuwachsverhaltens nach Durchforstungen wichtig, das von ASSMANN (1961) beschriebene Phänomen des Wuchsbeschleunigungseffektes nach starken Eingriffen zu berücksichtigen, der nur vorübergehend wirkt. Dies spricht für frühzeitig starke Eingriffe in der Jugend mit Übergang zu mäßigen und später schwachen Eingriffen im Sinne einer gestaffelten Durchforstung. Die Richtigkeit dieses Vorgehens spiegelt sich auch in dem über 100 Jahre beobachteten Kieferndurchforstungsversuch Romrod 1007 B wieder (s. Abb. 5). Die Entwicklung des relativen Durchmesserzuwachses der Versuchsvarianten schwache, mäßige und starke Niederdurchforstung im Verhältnis zum langjährigen Versuchsmittel fällt mit dem Alter deutlich ab.

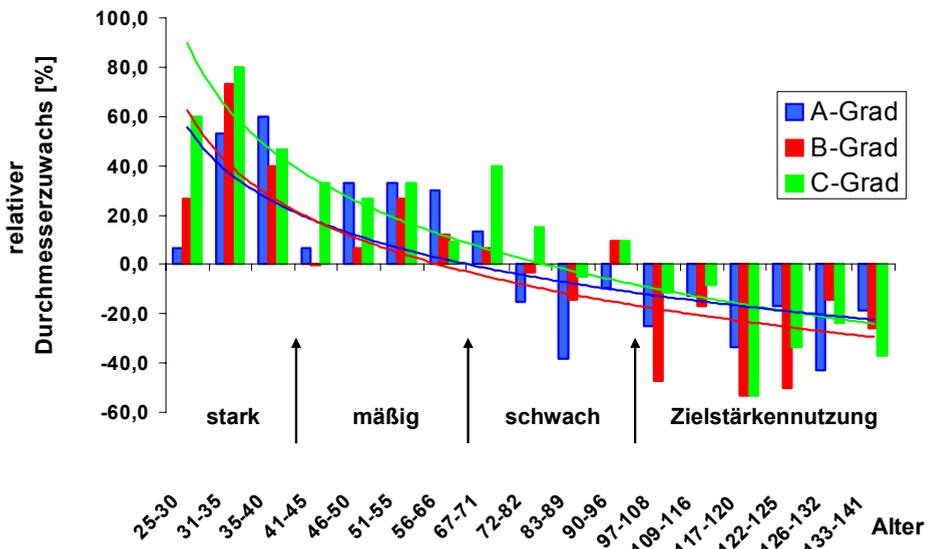


Abbildung 5: Entwicklung des relativen Durchmesserzuwachses der Versuchsvarianten im Verhältnis zum Versuchsmittel - Kieferndurchforstungsversuch Romrod 1007 B

Jedoch darf man den Einfluss der Durchforstungsstärke auf die Durchmesserleistung auch nicht überschätzen. Trotz frühem Durchforstungsbeginn im Alter 25 Jahre und einer über einen langen Zeitraum deutlichen Staffelung in der Stammzahl-, Grundflächen- und Vorratshaltung zwischen den drei Niederdurchforstungsgraden im Kieferndurchforstungsversuch Romrod 1007 B beträgt der Unterschied beim Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der jeweils 100 stärksten Kiefern (d_{100}) im Alter 140 Jahre weniger als drei Zentimeter (s. Abb. 6).

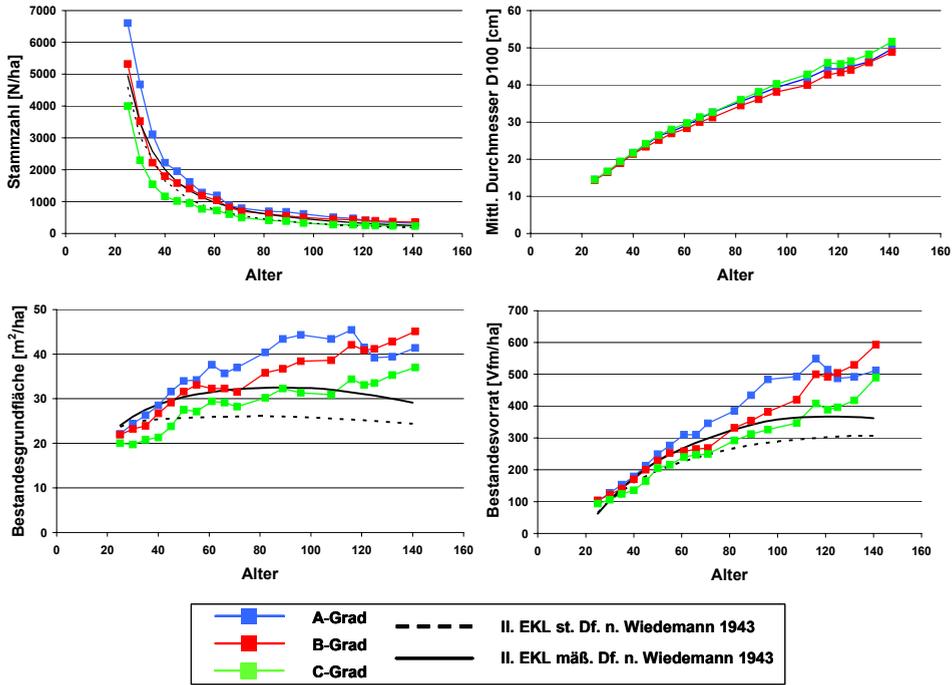


Abbildung 6: Einfluss der Durchforstung auf wichtige Bestandesmerkmale - Kieferndurchforstungsversuch Romrod 1007 B

Dieses Ergebnis ist wichtig für die derzeit in der forstlichen Praxis geführte Diskussion, ob das Augenmerk der Bestandespflege stärker auf die Einzelbaumleistung oder die Flächenproduktivität gelegt werden sollte und inwieweit Frühlichtungen vertretbar sind. Die Auswirkungen derart unterschiedlicher Pflegekonzepte auf den Massen-, Sorten- und Wertertrag lassen sich mit Hilfe von Wachstumsmodellen abschätzen, wie dem für Nordwestdeutschland gültigen Waldwachstumssimulator BWINPro, der an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt entwickelt wurde (NAGEL 1996, 1999; NAGEL et al. 2002).

Die gemessenen Daten der E-Grad Parzelle (starke Hochdurchforstung) des Kiefern-Durchforstungsversuches Sellhorn 1617 im Alter 31 Jahre bilden den Ausgangspunkt der auf 40 Jahre zeitlich begrenzten Simulationsrechnungen. Es handelt sich um einen Bestand I. Bonität mit einem d_{100} von 18,4 cm, einer h_{100} von 14,0 m und einer Grundfläche von 27,9 m²/ha zu diesem Zeitpunkt.

Es wurden folgende Varianten mit gleichbleibenden Z-Baum-Zahlen im Prognosezeitraum simuliert:

- Variante I: 235 Z-Bäume/ha, gestaffelte Hochdurchforstung von stark nach mäßig
- Variante II: 100 Z-Bäume/ha, sehr starke Auslesedurchforstung ohne verbleibende Kronenüberlappung

Nach 40 Jahren sind bei der Variante I die Gesamtwuchsleistung, der Vorrat des verbleibenden Bestandes, der Vorrat der Z-Bäume und die Vornutzungserträge deutlich höher (s. Abb. 7). Der Anteil der Z-Bäume am Vorrat des verbleibenden Bestandes beträgt bei der Variante II nur ca. 41 %.

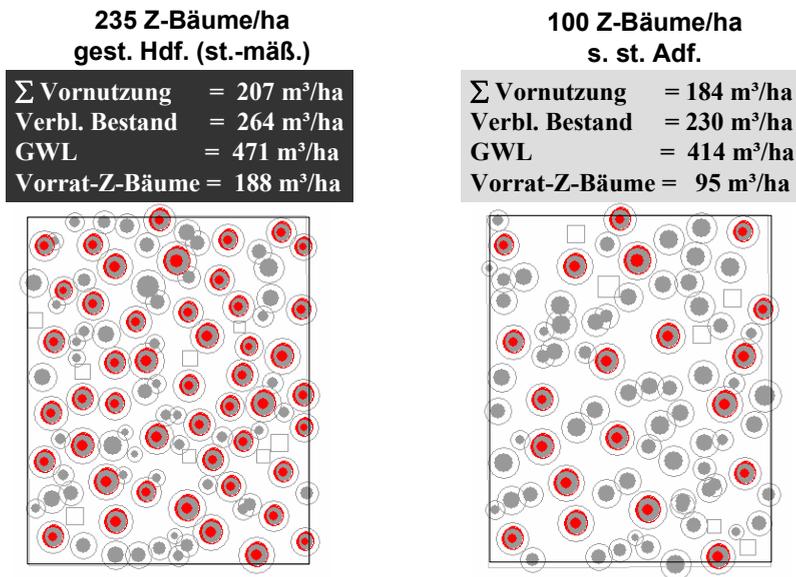


Abbildung 7: Stammverteilungspläne (graue Kreise = Kiefern; rot = Z-Bäume; Quadrate = zuletzt ausgeschiedene Kiefern) und Leistungskennzahlen der Varianten gestaffelte Hochdurchforstung (links) und sehr starke Auslesedurchforstung (rechts) nach 40-jähriger Simulation der Bestandesentwicklung

Die Vornutzungen würden bei den Varianten zu Vorerträgen von 4.671,- €/ha bzw. 4.628,- €/ha führen. Demgegenüber würden sich die Bestandeswerte nach 40 Jahren Simulation und Unterstellung gleicher Sortierung und Güteklassenanteile für den Füllbestand, aber BHW/B/C-Sortierung bei den herausgepflegten Z-Stämmen der Variante I und BHW/CGW-Sortierung bei den sehr stark ausgekesselten Z-Stämmen der Variante II auf 8.741,- €/ha bzw. 6.813,- €/ha belaufen (s. Abb. 8). Der insgesamt bessere Sortenertrag der Variante I würde somit bei einer Endnutzung vor der Hiebsreife zu einem Gesamterlös von 13.412,- €/ha gegen-

über 11.441,- €/ha bei der Variante II führen. Bezogen auf den gesamten Produktionszeitraum ist davon auszugehen, dass die Variante I mit der höheren Z-Baum-Zahl noch deutlich besser abschneidet, weil bei ihr die Flächenproduktivität höher ist und insgesamt mehr wertvollere Bäume die Zielstärke erreichen (vgl. SPELLMANN 2006).

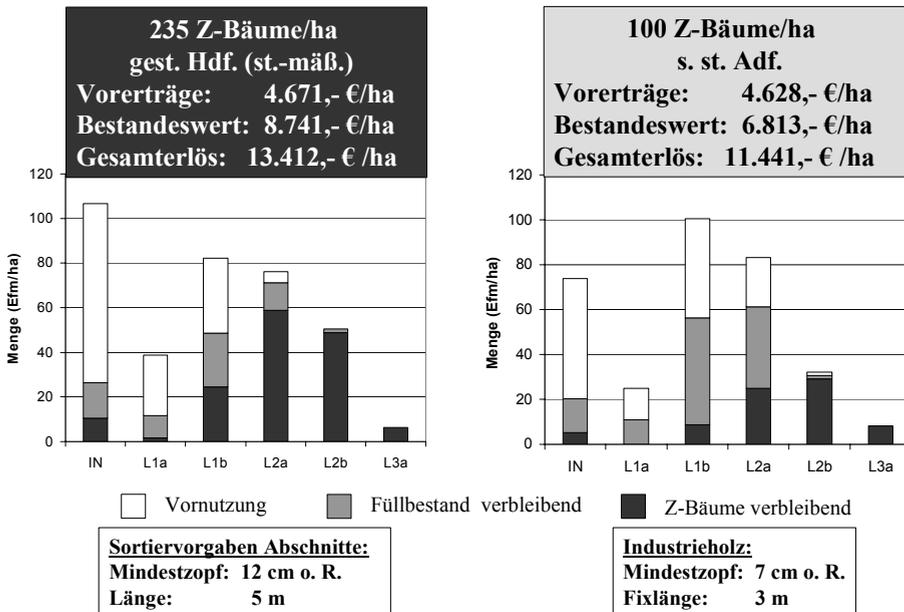


Abbildung 8: Robholzerlöse und Sortenerträge der Varianten gestaffelte Hochdurchforstung (links) und sehr starke Auslesedurchforstung (rechts) nach 40-jähriger Simulation der Bestandesentwicklung

2.4 Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit

Bei der Holzernte entstehen jährlich Ernteverluste zwischen 20-40 %. Dabei handelt es sich um Kronenrestholz und qualitativ minderwertige Sortimente, die bisher keiner wirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden konnten. Die Mobilisierung dieser Rohstoffpotentiale wird zunehmend forciert, um Versorgungsengpässe für die um die gleichen Rohstoffpotentiale konkurrierende Holzwerkstoff-/Zellstoffindustrie einerseits und die Energiebranche andererseits zu vermeiden und gleichzeitig die wirtschaftliche Situation der Forstbetriebe zu verbessern. Die Mobilisierung der Waldrestholzsortimente birgt aber auch die Gefahr nicht vertretbarer Nährelementverluste. Dies gilt insbesondere für Kiefernbestände, die vornehmlich auf schwächer nährstoffversorgten Standorten stocken. Nach den Untersuchungen von HEINSTORF u. KRAUSS (1990) sind bei der Kiefer die Trockenmassen und Nährelemente sehr unterschiedlich auf die Komparti-

mente Stamm, Rinde, Zweige und Nadeln verteilt und es gibt dabei einen deutlichen Alterstrend (s. Abb. 9). So sind in der Jugend 75 bis 85 % der Stickstoff-, Phosphor- bzw. Kaliumvorräte in Rinde, Zweigen und Nadeln gespeichert.

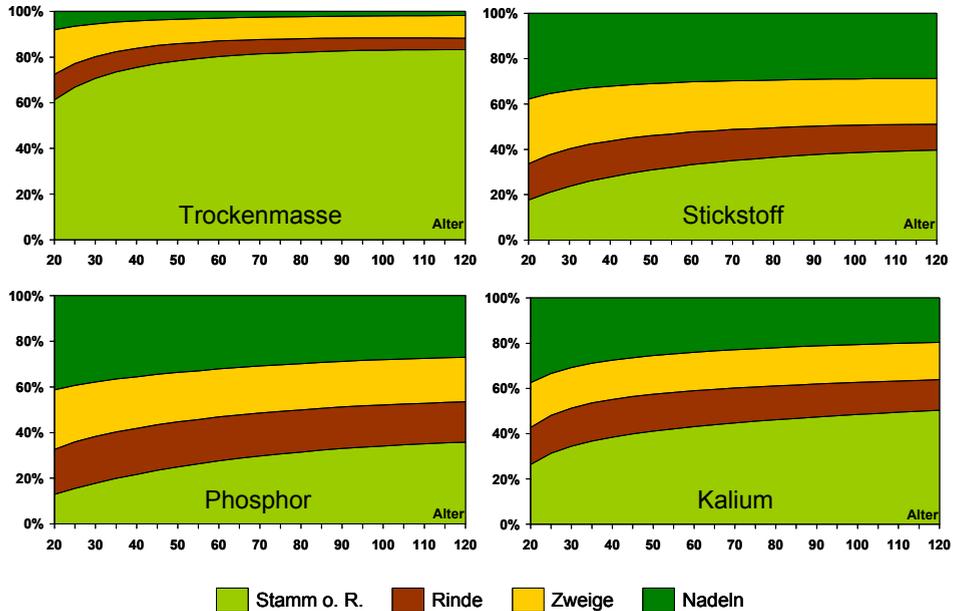


Abbildung 9: Verteilung von Trockenmasse und Nährelementen auf die Kompartimente Stamm, Rinde, Zweige und Nadeln bei Kiefer auf der Grundlage der DDR-Kieferntragstafel M28 (HEINSTORF u. KRAUSS 1990)

Nach Berechnungen von MEIWES et al. (2006) würde der Übergang von einer Derbholz- zu einer Vollbaumnutzung während eines 125-jährigen Produktionszeitraumes den Biomasseertrag lediglich um ca. 25 % steigern, die Nährstoffverluste wären aber bei einer Vollbaumnutzung oftmals mehr als doppelt so hoch wie bei einer Derbholznutzung (s. Abb. 10). Aus diesem Grunde ist ein derartiges Vorgehen nur dort vertretbar, wo der Nährstoffvorrat im Boden und damit die nachschaffende Kraft deutlich höher ist, als der Nährstoffentzug durch die zusätzliche Nutzung des Nichtderbholzes, des Reisigs und der Nadeln. Andernfalls droht eine nachhaltige Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit, wie sie aus Zeiten der Streunutzung und Brennholzlese überliefert ist oder es müsste gedüngt werden, wogegen meist auch ökonomische Gründe sprechen.

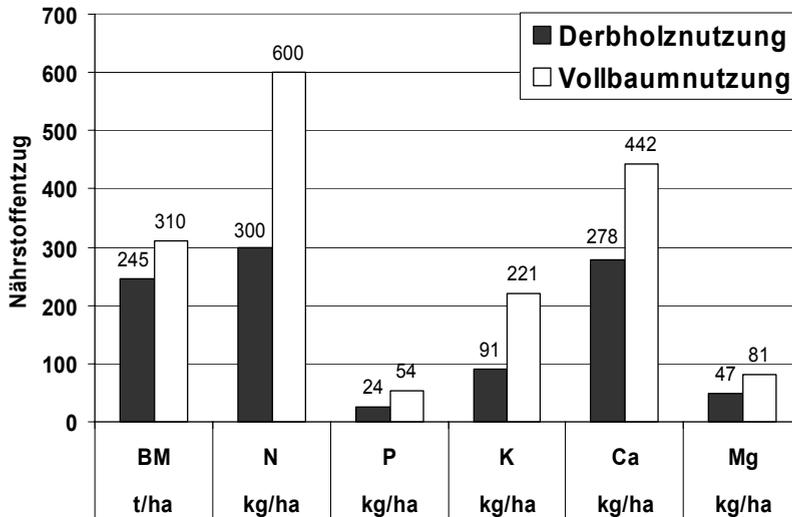


Abbildung 10: Biomasse- (BM) und Nährstoffentzug bei Derbholz- bzw. Vollbaumnutzung in einem 125-j. Produktionszeitraum für Kiefer (MEIWES et al. 2006)

3 Schlussfolgerungen

- Die Waldkiefer wird langfristig an Bedeutung verlieren, sie ist aber kein Auslaufmodell.
- An die zu erwartenden Klimaänderungen ist die Waldkiefer ökologisch gut angepasst.
- Zur Risikoverteilung sollte die Waldkiefer vermehrt in Mischung mit anderen Baumarten angebaut werden. Ihre Konkurrenzschwäche erlaubt aber keine intensiven Mischungen.
- Zur Sicherung der Nadelholznachfrage muss die Flächenproduktivität bei der Pflege und Nutzung der Bestände beachtet werden.
- Kiefernbestände lassen sich nur in der Jugend wirksam formen, weshalb eine gestaffelte Durchforstung zu empfehlen ist.
- Höhere Z-Baum-Zahlen (150-250/ha) tragen den Produktionsrisiken der Waldkiefer Rechnung, erlauben eine fortlaufende Auslese und erhöhen die Wertleistung.
- Vollbaumnutzungen sind nur bei strenger Beachtung der standörtlichen Restriktionen ökologisch wie ökonomisch vertretbar.

Literatur

- ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. München, 490 S.
- BMVEL (2004): Bundeswaldinventur 2. Alle Ergebnisse und Berichte. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Bonn. www.bundeswaldinventur.de
- DEGENHARDT, A. (2000): Der Einfluß des Standraumes auf den Zuwachs von Kiefern. Tagungsbericht, Sektion Ertragskunde im DVFF in Kaiserslautern, 127-135
- DOHRENBUSCH, A. (1997): Die natürliche Verjüngung der Kiefer im nordwestdeutschen Pleistozän. Schr. Forstl. Fak. Universität Göttingen, Bd. 123
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas und der Alpen. 5. Aufl., Stuttgart, 1095 S.
- HARTIG, M. (1998): Reaktion junger Kiefern auf unterschiedliche Freistellung, Tagungsbericht, Sektion Waldbau im DVFF in Eberswalde, 59-62
- HEINSDORF, M. (1994): Hinweise zur Kiefernaturverjüngung. Der Wald, 44, 336-339
- HEINSTORF, D. u. KRAUSS, H.-H. (1990): Schätztafeln für Trockenmasse und Nährstoffspeicherung von Kiefernbeständen. IFE-Berichte aus Forschung und Entwicklung, 18, 77 S.
- HUSS, J. (1983): Durchforstungen in Kiefernjungbeständen. Forstw. Cbl., 102, 1-17
- HUSS, J. (1995): Neue Ansätze für die Begründung und Pflege von Kiefernjungbeständen. Schr. Forstl. Fak. Universität Göttingen, Bd. 119, 88-131
- HUSS, J. (1999): Auswirkungen unterschiedlicher Ausgangspflanzendichten und frühzeitiger Pflegeeingriffe bei jungen Kiefern. Forst u. Holz, 54, 335-341, 364-368
- KENNEL, R. (1966): Soziale Stellung, Nachbarschaft und Zuwachs. Forstw. Cbl., 85, 193-204
- LOCKOW, K.-W. (1999): Langfristige Versuchsflächen in Eberswalde: Der Kiefern-durchforstungsversuch Chorin 97- Ziele und Ergebnisse für die Praxis. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landschaftsökol. 32, 15-23
- LOCKOW, K.-W. (2000): Durchforstungsweise und Bestandesentwicklungsdynamik bei Kiefer. AFZ/Der Wald, 55, 1084-1086
- MAGIN, R. (1952): Zuwachsleistungen der soziologischen Baumklassen in langfristig beobachteten Versuchsflächen. Forstw. Cbl., 71, 225-243
- MEIWES, K.-J.; MEESENBURG, H.; MINDRUP, M.; RADEMACHER, P. u. STÜBER, V. (2006): Biomasse-nutzung im Wald zur Energiegewinnung - Aspekte eines nachhaltigen Nährstoffmanagements. Unveröffentlichter Vortrag auf der Forstwissenschaftlichen Tagung in Dresden, 20.-22.09.2006
- MERKER, K. u. RIECKMANN, P. (1992): Mechanisierte Erziehung stabiler Kiefern-Jungbestände. Forst u. Holz, 47, 655-658
- MRAZEK, F. (2001) : Aus Theorie und Praxis der Kiefern-Naturverjüngung. Forst u. Holz, 56, 617-619
- NAGEL, J. (1996): Anwendungsprogramm zur Bestandesbewertung und zur Prognose der Bestandesentwicklung. In: Hempel, G.: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Tagung (8; 1995; Tharandt) - Ljubljana : Biotechnische Fakultät, Abteilung für die Forstwirtschaft, S. 133-141
- NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstums-kundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nieders. Forstl. Versuchsanstalt, Band 128, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., S.122
- NAGEL, J.; ALBERT, M. u. SCHMIDT, M. (2002): Das waldbauliche Prognose und Entscheidungsmodell BWINPro 6.1. Forst und Holz, 57, 486-493
- PETERSEN, R. (2001): Kiefernaturverjüngung unter Schirm im NFA Fuhrberg. Forst u. Holz, 56, 220-226
- SPELLMANN, H. (1994): Auswirkungen von Läuterungseingriffen auf die Schwachholzproduktion. Forst und Holz, 49, 288-300

- SPELLMANN, H. (1996): Begründung, Pflege und Entwicklung von Kiefern-Reinbeständen aus niedersächsischer Sicht. DfV, Berlin, 119-131
- SPELLMANN, H. (2002): Waldbauliche Perspektiven in der Kiefernwirtschaft. Forst und Holz, 57. Jg., 71-76
- SPELLMANN, H. 2004: Ursachen-Wirkungs-Beziehungen am Beispiel der Douglasie, waldwachstums-kundliche Entscheidungshilfen für Waldbewirtschaftung und Forstplanung. AFJZ, 175, 142-150
- SPELLMANN, H. (2006): Waldumbau im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie. Brandenburgischer Forstverein, Jahrestagung 2006 in Eberswalde, 24 - 46
- SPELLMANN, H. u. NAGEL, J. (1992): 2. Auswertung des Nelder-Pflanzverbandsversuches mit Kiefer im Forstamt Walsrode. AFJZ, 163, 221-229
- SPELLMANN, H. u. CASPARI, C.-O. (1993): Entscheidungshilfen aus Kiefern-Läuterungsversuchen bei 6 bis 8 m Oberhöhe. Forst u. Holz, 48, 115-119
- UBA u. MPI-M (2006): Künftige Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Projektionen für das 21. Jahrhundert. Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes und Max Planck Institutes für Meteorologie, April 2006, 8 S.
- VANSELOW, K. (1951): Was leisten die einzelnen Baumklassen an Massenzuwachs? AFZ, 6, 313-317
- WALDHERR, M. (1996): Die Pflege der Kiefernbestände in der Oberpfalz. Forst u. Holz, 51, 462-466
- WOHLFARTH, E. (1935): Auswirkungen langjähriger Kronenpflege in mitteldeutschen Fichtenbeständen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., 67, 289-310, 344-360

Autor:

Prof. Dr. Hermann Spellmann

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Graetzelstraße 2

37079 Göttingen

E-Mail: Hermann.Spellmann@nw-fva.de

URL: www.nw-fva.de

Absatzmöglichkeiten für Kiefernholz vor dem Hintergrund expansiver Holzverarbeitungs-kapazitäten

Marketing opportunities for pine as wood processing capacities expand

Thomas Gottlob

Zusammenfassung

Der Holzeinschlag in den deutschen Wäldern hat in den letzten 20 Jahren kontinuierlich zugenommen. Im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005 lag der Einschlag um nahezu 20 Mio. m³ höher als 10 Jahre zuvor. Der Anstieg des Holzeinschlags betrifft vor allem das Nadelholz. In der Baumartengruppe Kiefer lag der Holzeinschlag im Jahr 2005 um 34 % höher als im Jahr 1995.

Die Rohholznachfrage in Deutschland ist über alle Hauptverwendungsrichtungen deutlich angestiegen. Seit dem Jahr 2002 sind die Kapazitäten sowohl in der stofflichen Verwertung der Sägeindustrie, der Holzwerkstoffindustrie und der Zellstoffindustrie ausgebaut worden als auch in der energetischen Nutzung. Letzteres betrifft die Energieerzeuger ebenso wie die privaten Haushalte.

Die Ausweitung der Nachfrage erfolgte zunächst ohne einen Anstieg der Rohholzpreise. Spektakuläre Preisanstiege sind erst in jüngster Vergangenheit zu verzeichnen. Der Preisanstieg stoppt den trendmäßigen Rückgang der realen

Rohholzpreise, der seit Anfang der 80er Jahre in (West-)Deutschland zu beobachten ist. Vorher war das reale Rohholzpreisniveau über 30 Jahre nahezu konstant. Zeitgleich zu den Rohholzpreisen konnte die Holzindustrie ihre Produktpreise in den Endverbrauchermärkten erhöhen.

Die erweiterten Produktionskapazitäten lassen auf Dauer eine erhöhte Nachfrage erwarten, es sei denn, die Produktionskapazitäten werden wieder zurückgefahren.

Stichworte: Welthandel mit Holz, Wachstumsdynamik, Rundholzeinschlag, Kapazitätserweiterung

Abstract

In Germany, in the last 20 years, the wood harvest volume has increased continually. On average, the wood volume harvested from 2003 to 2005 was about 20 million m³ higher than 10 years earlier. This increase in the wood harvest primarily relates to softwoods. In 2005, the volume of wood harvested from the tree species group pine was about 34 % higher than in 1995.

In Germany, the demand for raw timber has increased markedly in all the main areas of utilisation. Since 2002, the wood processing capacity has expanded in the sawmill industry, the wood-based panel industry and the pulpwood industry, as well as in energy production. The latter involves energy producers as well as private households.

The expanding demand for wood was not accompanied initially by an increase in the price of raw timber. Spectacular price rises have been observed only recently. The price increase halted the tendentious decline in the real price of raw timber observed in former West Germany since the beginning of the 1980s. Before this, the real price of raw timber was virtually constant for 30 years. At the same time as the rise in raw timber prices, the wood industry was able to raise its product prices in the consumer markets.

Unless production capacities fall once again, an increase in wood demand can be expected from the expansion in production capacities over time.

Keywords: world timber trade, growth dynamics, harvesting volume, wood processing industry expansion

1 Der Welthandel mit Holz und Holzprodukten

Wichtigste Quelle über quantitative Entwicklung und Struktur des internationalen Handels mit Holz und Holzzeugnissen sind Statistiken, die von der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) erstellt werden. Danach hat der Welthandel mit Holz und Holzprodukten mengenmäßig von etwa

205 Mio. m³ Rohholzäquivalente (r) im Jahr 1963 über 600 Mio. m³ (r) im Jahr 1993 auf etwa 900 Mio. m³ (r) im Jahr 2002 zugenommen (s. Abb. 1). Die Zusammenfassung der Außenhandelsdaten nach Ländergruppen für den Weltholzhandel insgesamt zeigen, dass die entwickelten Industrieländer den Weltholzhandel sowohl auf der Exportseite als auch auf der Importseite tragen.

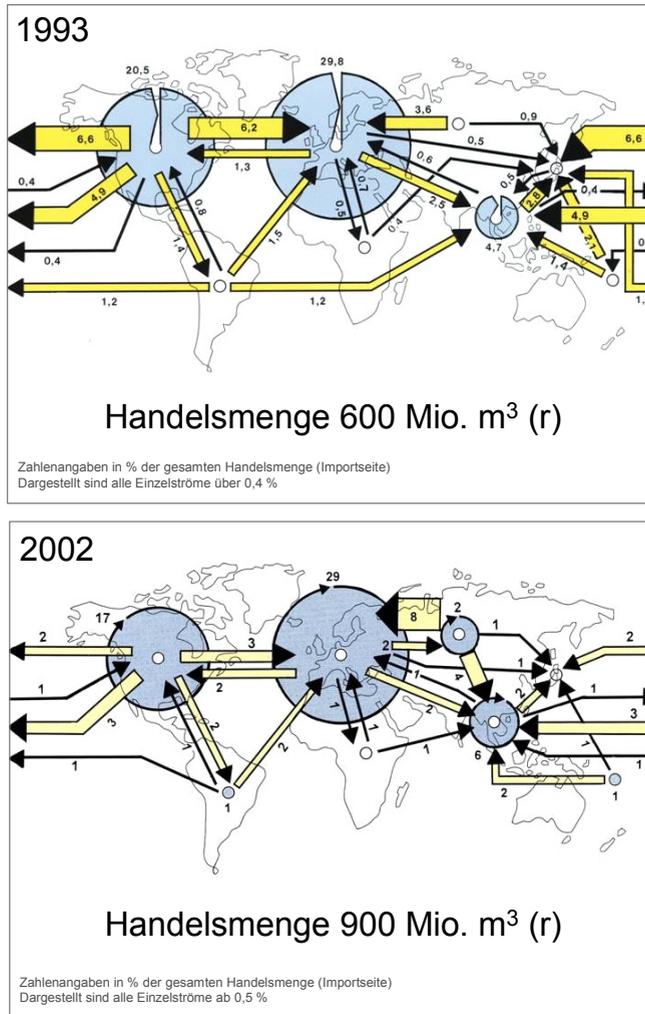


Abbildung 1: Welthandelsströme mit Holz und Holzprodukten (r=Robbolzäquivalente) (OLLMANN 2003)

Rund 46 % des Weltholzhandels werden innerhalb Westeuropas (29 %) und innerhalb Nordamerikas (17 %) abgewickelt (OLLMANN 2003). Allerdings haben sich die Holzhandelsströme von 1993 zum Jahr 2002 hin räumlich verschoben. Während sich der Intrahandel in Nordamerika von etwa 20 Mio. m³ (r) im Jahr

1993 auf 17 Mio. m³ (r) im Jahr 2002 reduzierte, treten Südostasien und Osteuropa als aufstrebende Zentren des Weltholzhandels auf.

In der rohstoffnahen Produktgruppe Schnittholz hat sich eine ähnliche Entwicklung vollzogen (s. Abb. 2): Der Welthandel mit Schnittholz ist von 88,5 Mio. m³ im Jahr 1993 auf 116,7 Mio. m³ im Jahr 2002 gestiegen. In diesem Zeitraum ging der Intrahandel in der Region Nordamerika um nahezu 11 Mio. m³ zurück, während sich Osteuropa einschließlich Russland zunehmend am Markt etablierte und Südostasien sich verstärkt zur Drehscheibe im Laubschnittholzhandel entwickelte.

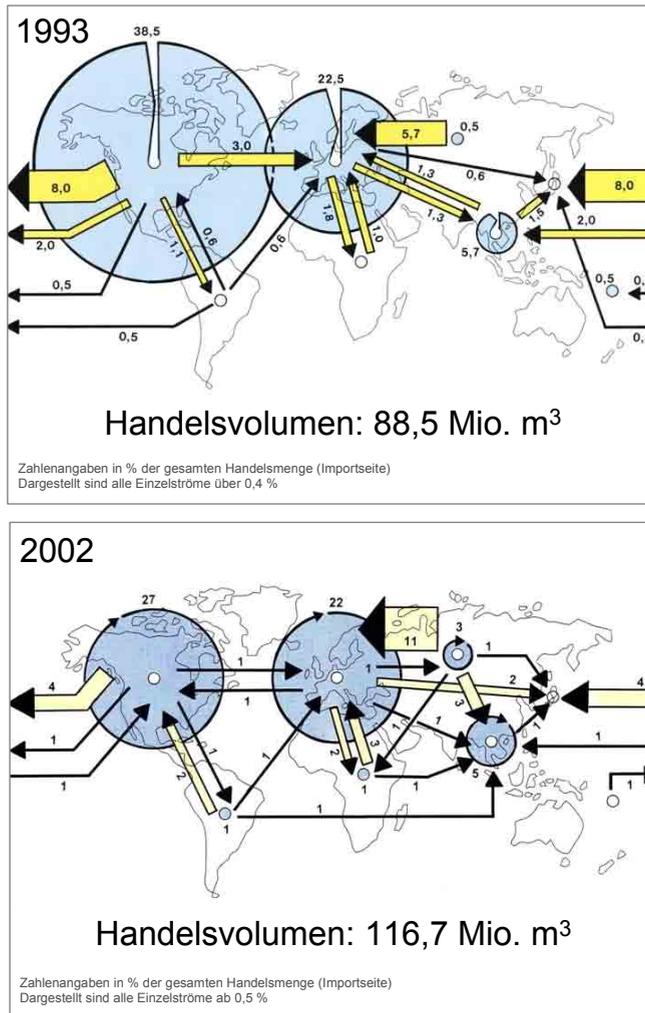


Abbildung 2: Der Welthandel mit Schnittholz (OLLMANN 2003)

2 Stetige Zunahme des Holzeinschlags in Deutschland

Die deutsche Forst- und Holzwirtschaft ist intensiv in den internationalen Handel eingebunden (THOROE 2007). Parallel zum internationalen Weltholzhandel hat sich der Rohholzmarkt in Deutschland in den letzten Jahren bemerkenswert dynamisch entwickelt. Der Rundholzeinschlag hat in den deutschen Wäldern in den vergangenen 20 Jahren stetig zugenommen, weist aber durch Schadensereignisse nach Borkenkäferkalamitäten oder Sturmkatastrophen wie z. B. „Vivian“, „Wibke“, „Lothar“ oder „Kyrill“ große Schwankungen auf (s. Abb. 3).

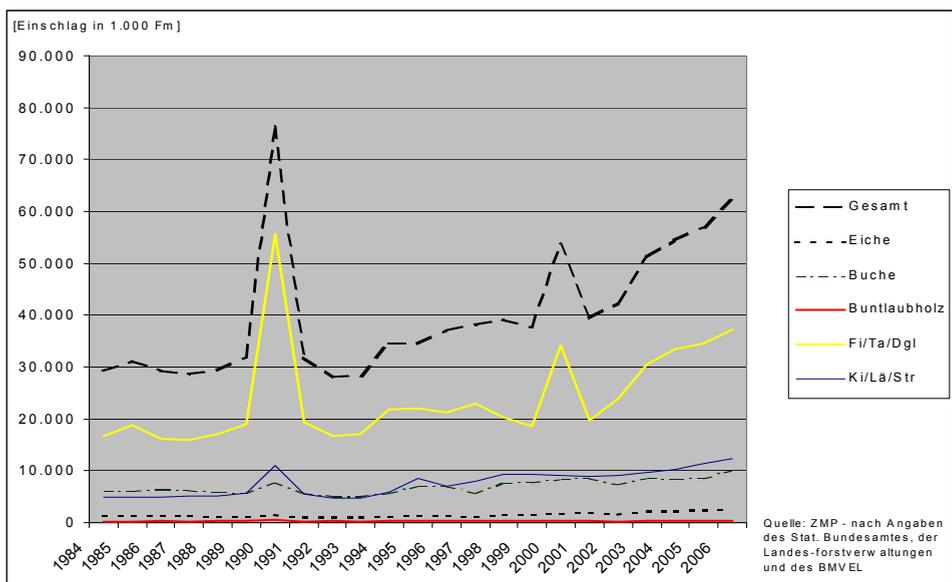


Abbildung 3: Entwicklung des Holzeinschlags in Deutschland

Im Fünf-Jahres-Durchschnitt der Jahre 1995 bis 1999 wurden jahresdurchschnittlich etwa 37 Mio. m³ Rundholz eingeschlagen, während der Einschlag in der Folgeperiode der Jahre 2001 bis 2005 jahresdurchschnittlich bereits auf 49 Mio. m³ anstieg. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes erreichte der Holzeinschlag 2005 eine Größenordnung von 56,95 Mio. Fm. Insgesamt wurden nach Holzarten- gruppen 2,2 Mio. Fm Eiche, 8,47 Mio. Fm Buche, 0,3 Mio. Fm Buntholz, 34,59 Mio. Fm Fichte und 11,35 Mio. Fm Kiefer geerntet (ZMP 2006). Der Anstieg des Holzeinschlags betrifft vor allem das Nadelholz. In der für den Holzmarkt in Norddeutschland wesentlichen Baumartengruppe Kiefer hat sich der Rundholzeinschlag von 5 Mio. Fm im Jahr 1984 auf 11 Mio. Fm im Jahr 2005 mehr als verdoppelt.

3 Starke Wachstumsdynamik in der Holzindustrie

Die Rohholznachfrage in Deutschland ist über alle Hauptverwendungsrichtungen deutlich angestiegen (ZMP 2006). Seit 2002 sind die Kapazitäten sowohl in der stofflichen Verwertung der Sägeindustrie, der Holzwerkstoffindustrie und der Zellstoffindustrie ausgebaut worden als auch in der energetischen Nutzung. Letztes betrifft Energieerzeuger ebenso wie private Haushalte.

In den vergangenen 6 Jahren ist die wirtschaftliche Entwicklung der deutschen Sägeindustrie durch eine starke Wachstumsdynamik bei der Schnittholzproduktion geprägt (s. Abb. 4). Lag die Nadelschnittholzproduktion im Jahr 2000 noch bei 13,4 Mio. m³, waren es im Jahr 2006 gut 23 Mio. m³. Die Produktionszuwächse wiesen in den Jahren 2004 und 2005 mit 12,3 % bzw. 13,3 % hohe Steigerungen auf.

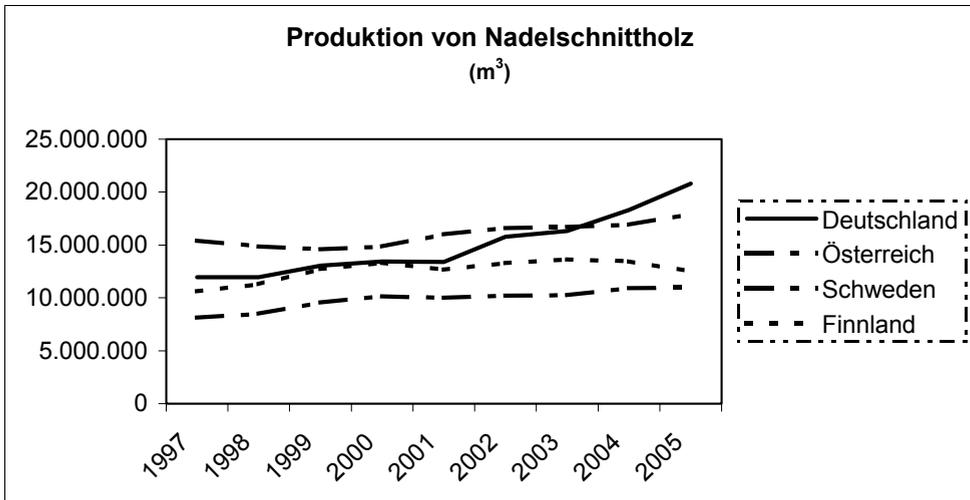


Abbildung 4: Produktion von Nadelschnittholz nach Ländern (Deutschland: ZMP 2006; andere Länder: UNECE 2007)

Angesichts dieser Produktionsausweitungen verwundert es nicht, wenn die Auslandsmärkte in den vergangenen Jahren immer größere Bedeutung erlangten. Der Exportanteil von Nadelschnittholz stieg vom Jahr 2000 bis 2005 um 2,4 Mio. m³. Mehr als ein Drittel des Nadelschnittholzes wird derzeit exportiert. Der weitaus größte Teil der Exporte geht in die EU-Länder (62 %). Von den Märkten außerhalb der EU hat die USA eine zentrale Bedeutung erlangt. Mit diesen Ergebnissen hat sich die deutsche Sägeindustrie im europäischen Vergleich eine Spitzenposition erarbeitet. Im Jahr 2004 produzierten deutsche Sägewerke erstmals mehr Nadelschnittholz als die bis dahin traditionell führenden schwedischen Sägewerke.

Europaweit stieg die Spanplattenproduktion im Jahr 2006 um 4 % auf 37,2 Mio. m³. Die Kapazitäten sollen bis 2007 europaweit um 2,4 Mio. m³ auf 43,8 Mio. m³ erhöht werden. Hauptabnehmer mit einem Anteil von 50 % bleibt die Möbelindustrie. Weiterhin einen hohen Zuwachs von 5,6 % auf 12,4 Mio. m³ verzeichnet auch die MDF-Produktion. Die OSB-Produktion legt europaweit mit einem Wachstum von 12 % auf 3,5 Mio. m³ erheblich zu.

Deutschland ist mit 8,13 Mio. m³ (+1,5 %) europaweit führend in der Spanplattenproduktion. Im Betrachtungszeitraum konnten deutsche Hersteller auch die OSB-Produktion um 5 % auf 267.000 m³ steigern. Der Produktionszuwachs bei MDF- und Faserplatten betrug 11 %.

Der Produktion entsprechend bewegen sich die Umsätze der Holzwerkstoffindustrie auf hohem Niveau. Im ersten Halbjahr 2006 stieg der Umsatz verglichen mit dem Vorjahreszeitraum um 13 % auf 2,3 Mrd. €. Das Inlandsgeschäft entwickelte sich gleichermaßen kontinuierlich wie der Export.

4 Veränderung der Rahmenbedingungen an den Rundholzmärkten

Die Entwicklungen der Rundholzmärkte werden zunehmend von den Energiepreisen insbesondere den Öl- und Gaspreisen beeinflusst. Insbesondere Sortimente, die ohne Veränderungen der forsttechnischen Produktionsprozesse energetisch genutzt werden können, sind einem spürbaren Wettbewerb ausgesetzt (MANTAU 2006). Hierzu gehört das traditionell verwertete Scheitholz, Waldhackschnittel für Biomasseheizkraftwerke, aber auch zu Pellets verarbeitete Sägerestholzmengen. Spielte die energetische Nutzung von Holz in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts praktisch wie statistisch keine Rolle mehr, so ist mit dem Energieholzsektor nach gut einem halben Jahrhundert wieder ein kräftiger Wettbewerber aufgewacht (DIETER et al. 2006). Im Jahr 2006 hat sich mit dem rasanten Preisanstieg für Erdöl und Erdgas die Marktlage für die Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie, aber auch für die Sägeindustrie auf den Rundholzmärkten geändert. War es bis dahin für die industriellen Holzverbraucher aller Couleur möglich, ihren Rundholzbedarf unter den Bedingungen eines Käufermarktes zu beziehen, verschärfte die Energieholznachfrage die bereits durch industrieseitige Kapazitätsausweitungen induzierte Rohstoffunterdeckung in Deutschland. In dieser Situation verloren die industriellen Holzverbraucher ihre dominierende Position auf den Rundholzmärkten. Geradezu zwangsläufig stiegen - zuerst langsam, im Jahr 2004 sprunghaft - die Rundholzpreise, da die Waldbesitzer dank vorhandener Vermarktungsalternativen ihr Holz nicht mehr zu jedem gebotenen Preis „abliefern“ mussten (s. Abb. 5).

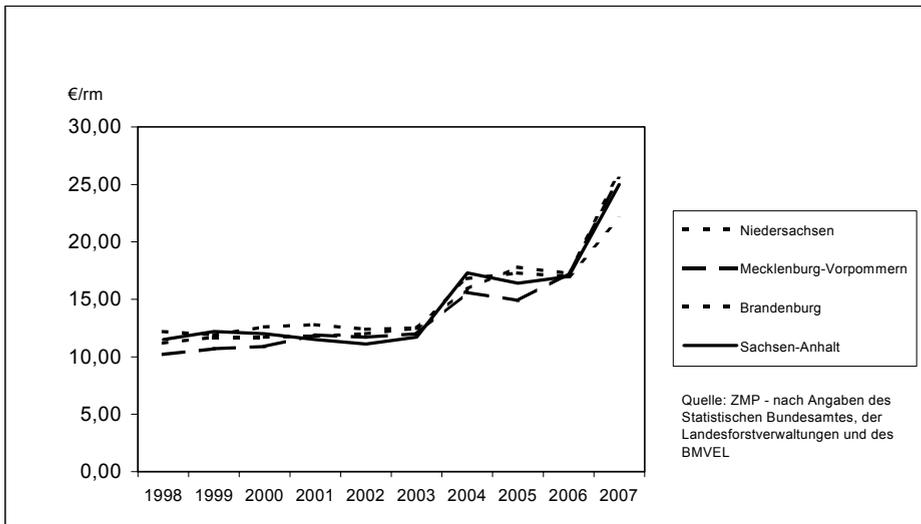


Abbildung 5: Entwicklungen der Kieferindustrieholzpreise in Norddeutschland

Der Preisanstieg stoppt den trendmäßigen Rückgang der realen Rohholzpreise, der seit Anfang der 80er Jahre in (West-) Deutschland zu beobachten ist. Vorher war das reale Rohholzpreisniveau über 30 Jahre nahezu konstant.

Die Verknappung des Rundholzes trat zu einem Zeitpunkt ein, wo die Zahlungsbereitschaft der holzverbrauchenden Industrien aufgrund positiver Absatz- und Preisentwicklung für Holzprodukte im In- und Ausland besonders hoch war. Im Ergebnis führte der iterative Prozess von Preis- und Mengenanpassungen an den Märkten dazu, dass die Wertschöpfung vom Rohstoff Holz bis zum Endprodukt bei der stofflichen wie thermischen Verwertung insgesamt zunahm. Das Schlagwort der „boomenden Holzmärkte“ macht seither die Runde.

Mit der dynamischen Nachfrageentwicklung in allen Verwendungsbereichen und den Kapazitätserweiterungen konnte die Rundholzbereitstellung nicht Schritt halten. Industrieseitige Forderungen nach Überprüfungen des Holzvorratsmanagements in allen Waldbesitzarten, nach Erhöhung des Einschlags und einer Verstärkung der Maßnahmen zur Holzmobilisierung im Privatwald füllen seither die Fachorgane und werden in Fachforen diskutiert. Im Gegensatz zu dem gelegentlich nachgesagten inversen Angebotsverhalten reagierte die deutsche Forstwirtschaft marktkonform mit einer Erhöhung des Rundholzangebotes - auch in der Baumartengruppe Kiefer.

Literatur

- DIETER, M.; ENGLERT, H. u. KLEIN, M. (2006): Abschätzung des Rohholzpotentials für die energetische Nutzung in der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht 2001/11 des Instituts für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Hrsg.). Hamburg
- MANTAU, U. (2006): Kampf um den Rohstoff Holz trotz riesiger Potenziale? AFZ/Der Wald 3, 111-113
- OLLMANN, H. (2003): Struktur des Weltholzhandels 1999 – Handelsströme. Arbeitsbericht 2003/5 des Instituts für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Hrsg.). Hamburg
- THOROE, C. (2007): Wohin geht das Holz aus deutschen Forstbetrieben? – Dynamik und Zukunftstrends auf dem Holzmarkt. AGDW-Fachseminar vom 20. Januar 2007 (unveröffentlicht). Berlin
- UNECE (2007): Forest Products Statistics. <http://www.unece.org/trade/timber/mis/fps.htm>
- ZMP (2006): Forst und Holz. Marktbilanz 2006. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH (Hrsg.). Bonn

Autor:

Dr. Thomas Gottlob

Landesforst Mecklenburg-Vorpommern

Anstalt des öffentlichen Rechts

Fritz-Reuter-Platz 9

17139 Malchin

E-Mail: thomas.gottlob@lfoa-mv.de

Kiefer, die herbe Schöne

- Haiku und Kiefer -

Pine, the harsh beauty

- Haiku and Pine -

Rainer Köpsell

Zusammenfassung

Haiku sind dreizeilige Kurzgedichte, die einem bestimmten Versmaß folgen, wobei der Ursprung dieser Gedichtform auf das Japan des 17. Jahrhunderts zurückgeht. Mittlerweile werden Haiku weltweit in verschiedenen Sprachen gedichtet. Es folgt eine Auswahl von Bildern und Haiku zur Kiefer.

Stichworte: Kiefer, Haiku, Haiga, Gedicht

Abstract

Haiku are poems three lines in length in a strict metre. This Japanese poetic form dates back to the 17th century. Meanwhile haiku are composed worldwide in different languages. A selection of haiku poetry accompanied by images is presented here.

Key words: pine, haiku, haiga, poetry

Haiku

Haiku sind Kurzgedichte, die im Japan des 17. Jahrhunderts von längeren Gedichtzyklen abgespalten wurden und seitdem eine Eigenständigkeit und Tradition haben. Sie beschäftigen sich oft mit Naturphänomenen, den Tages- und Jahreszeiten, dem Wetter und beinhalten manchmal auch Überraschungen. Ein gutes Haiku bewirkt beim Zuhören einen Erkenntnismoment in dem verschiedene Elemente zusammenfließen und in dem sich so etwas wie ein „Aha-Erlebnis“ einstellt.

Man kann sich einem „Baum des Jahres“ auf vielfältige Weise nähern. Von der biologisch-botanischen Seite, von der wirtschaftlichen Seite, vom Naturschutz aber eben auch von der ästhetischen Seite. Bei der Kiefer, Baum des Jahres 2007, ist dieser Zugang nicht neu. Vor allem in Asien hat die Kiefer eine eigene Bedeutung. Sie ist Symbol für Widerstandsfähigkeit und ein gesundes, langes Leben.

Durch ihre Fähigkeit, auch extreme Standorte einzunehmen, ist sie oft der einzige Baum, der bizarre Felsen, schroffe Küsten oder andere romantische Landschaften besiedelt. Damit nimmt sie unmerklich eine Sonderstellung beim Betrachter der an- und aufregenden Landschaften ein.

So ist es wohl auch gewesen, als der japanische Dichter Matsuo Basho, der berühmteste Haiku-Dichter des Landes, zu einem Dichterwettbewerb nach Matsushima („Bucht der Kieferninseln“) kam. Im Abendlicht schritt er über eine Anhöhe und hatte plötzlich eine Meeresbucht mit Hunderten von Inseln, die von Tausenden Kiefern bewachsen waren, vor sich. Es kam ihm nur „Matsushima ya, Aha Matsushima ya, Matsushima ya“ („Oh Kieferninseln, Oh, Oh, Ihr Kieferninseln, Oh Kieferninseln“) in den Sinn. In diesem Moment konnte er vor Überwältigung durch Schönheit und Einmaligkeit nichts anderes denken. Er schrieb die Worte im klassischen Versmaß 5 Silben, 7 Silben, 5 Silben auf und gewann mit diesem besonderen Haiku den Dichterwettbewerb, wie die Sage berichtet. Matsuo Basho (1644 - 1694) ist auch der Schöpfer des wohl bekanntesten Haiku vom alten Weiher.

furū ike ya

Der alte Weiher

kawatsu tobi komu

Ein Frosch springt hinein

mizu no oto

Des Wassers Geräusch

An ihm kann man sehen, dass der dreizeilige Text im klassischen japanischen Versmaß 17 Silben (5, 7, 5 Silben) hat. Die deutsche Übersetzung hält sich aber nicht zwanghaft daran und kommt mit 15 Silben (5, 5, 5 Silben) aus.

Haiku werden heute weltweit in verschiedenen Sprachen gedichtet. Sie sollen immer drei Zeilen und nur wenige Worte haben, dabei achtet der japanische

Haiku-Dichter meist auf die klassische Form. Für anderssprachige Autoren ist dieses Maß nicht zwingend und kann in der Silbenzahl noch unterschritten, sollte aber nicht überschritten werden.

Verbindet man ein Haiku mit Bildern oder Zeichnungen ist es im Japanischen ein Haiga, eine weitere Form der Annäherung an ein Naturphänomen mit folgendem Sinn:

Ein gutes Haiku ist ein Vehikel für Nicht-Dualität, für die Erfahrung von Einheit. Beobachter und Beobachtetes fallen zusammen; es tritt ein Erkenntnis-moment auf, in dem klar wird, dass sie nie getrennt waren.

Man muss offen sein – offen, verletzlich, sehnsüchtig, und dankbar

(ANONYMUS 2007)

Haiku sollen sich, zusammen mit den folgenden Bildern, der Kiefer in ihrer herben Schönheit, Kraft und Genügsamkeit nähern und sie mit dem Betrachter in Verbindung bringen.

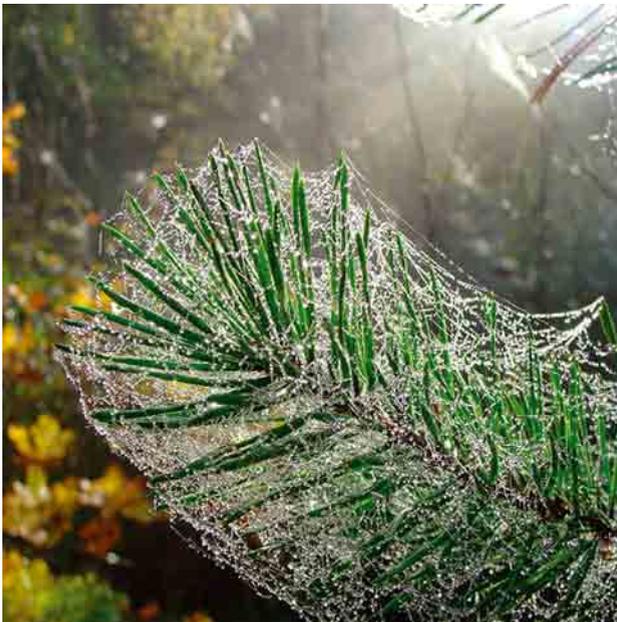


松

**Kleines Geständnis.
Kiefer, Du herbe Schöne,
berührst meine Seele**



**Waldkiefer
weit auf schwankendem Boden.
Mit innerem Halt**



**Perlenwunder,
bald vom Winde zerstäubt
Wunsch der Mücke**

Einzelnen der Tropfen
fallend auf ruhenden See,
fortwährend Kreise

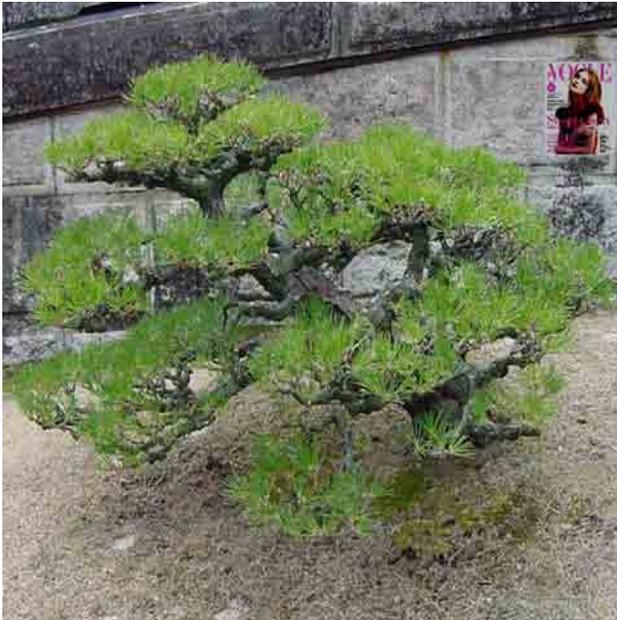


Sehr gut gehütet,
alles, was gewesen
und alles, was wird





Jugendtraum
Entfaltung, Leben, Freiheit,
wenn er wahr würde



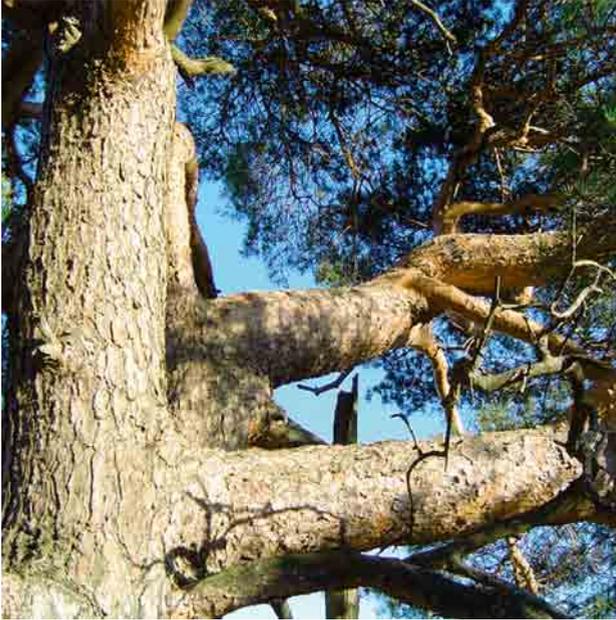
Die Bonsai-Kiefer,
stets für Schönheit geknechtet.
Schicksal des Models

**Verletzte Kiefer,
stillte ein Verlangen,
zufriedener Hirsch**



**Irgendwo draußen,
nicht zur Spanplatte bestimmt
sondern zum Leben**





Ausgestreckte Arme
können nicht lang genug sein.
Hohes, weites Blau



Die Kiefer reckt sich
weit in den Himmel hinauf,
kommt niemals hinein

**Kein Sand weht ewig,
irgendwann schafft etwas Halt.
Wie diese Kiefer**



**Helles, fernes Licht
weit hinter allen Wäldern
Ende und Anfang**



Literatur

ANONYMUS (2007): <http://www.literatur-kreis.de/html/tdm05.html>

Autor:

Rainer Köpsell

Niedersächsisches Forstamt Sellhorn

Sellhorn 1

29646 Bispingen

E-Mail: Rainer.Koepsell@nfa-sellhorn.niedersachsen.de

Die Veröffentlichung der Vorträge der Tagung „Baum des Jahres 2007 – Die Waldkiefer“ in diesem Band gibt einen Überblick über die ökologischen Ansprüche dieser Baumart, ihre Lebensräume und ihre physiologische Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen. Es werden Empfehlungen für die Praxis zur Anbaueignung, Verjüngung und Bestandespflege der Waldkiefer gegeben sowie die Entwicklung der Holzmärkte, des Einschlages und der Holzpreise aufgezeigt. Eine künstlerische Annäherung an die Waldkiefer rundet die Zusammenstellung der fachlichen Beiträge ab. Der Band richtet sich mit seinem breiten Spektrum sowohl an Wissenschaftler, Praktiker als auch an allgemein „Kiefern-Interessierte“.



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

ISBN-13: 978-3-940344-40-3

ISSN: 1865-6994

Universitätsdrucke Göttingen