

BERICHTE AUS DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT  
FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT

## Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung



# **Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung**

Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten und  
Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe in Mittelschwaben

Titelbild: Installation einer Kronenfensterfalle im Douglasienbestand in Edelstetten in 30 m Höhe [Foto: KLAUS DEITERS].

**ISSN 0945 - 8131**

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Die namentlich gekennzeichneten Beiträge geben ausschließlich die Meinung des Autors wieder.

Herausgeber und  
Bezugsadresse: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Am Hochanger 11  
85354 Freising  
Tel. /Fax 08161 - 71 - 4881 / 4971  
Email: [poststelle@fo-lwf.bayern.de](mailto:poststelle@fo-lwf.bayern.de) \* Internet: [www.lwf.uni-muenchen.de/](http://www.lwf.uni-muenchen.de/)

Verantwortlich: Der Leiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
Olaf Schmidt

Schriftleitung und  
Schlussredaktion: Christian Wild, Dr. Alexandra Wauer

Redaktion: Markus Kölbl

Gestaltung: Christian Wild

© Dezember 2001, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

## Vorwort

Seit Mitte der 80-er Jahre verfolgen der Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Fragen zur Biodiversität in Wäldern. Standen dabei zunächst waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten als so genannte Referenzflächen im Vordergrund, so traten Anfang der 90-er Jahre vergleichende Untersuchungen in Totalreservaten und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe hinzu.

Die wichtigsten Untersuchungsziele waren dabei:

- die Entwicklung von Methoden, die ein einigermaßen umfassendes Bild von Vegetation und Fauna im System Wald ergeben. Dabei wurde neben den Erhebungen im Boden, an der Bodenoberfläche, in der Kraut- und Strauchschicht sowie im Stammbereich ein besonderer Schwerpunkt auf den bisher kaum erforschten Kronenraum gelegt.
- die Kenntnisse über die Bedeutung und den Einfluss wichtiger Strukturparameter auf die Artenvielfalt als einen bedeutsamen Aspekt des Waldnaturschutzes zu erweitern.

Das erste umfassende Projekt in dieser Richtung im Hienheimer Forst bei Kelheim erbrachte neben der Erprobung zahlreicher neuer Methoden vor allem die Erkenntnis, dass der naturnah bewirtschaftete Laubmischwald hinsichtlich der Artenvielfalt bei vielen Tier- und Pflanzengruppen dem unbewirtschafteten Wald ebenbürtig, in Teilaspekten sogar überlegen ist. Dies gilt jedoch nicht bei den Arten, die an totes Holz als Lebensraum gebunden sind. Die Ergebnisse sind allerdings auch vor dem Hintergrund zu werten, dass der Hienheimer Forst ein großes geschlossenes Laubwaldgebiet darstellt.

Mit dem Forschungsschwerpunkt des BMBF „Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe (unter Einbeziehung der Douglasie)“ in Mittelschwaben ergab sich die Möglichkeit, eine vom Nadelwald bestimmte Landschaft zu untersuchen und dabei einen Schwerpunkt auf die Frage zu legen, wie das Arteninventar in fichten- bzw. douglasiendominierten Beständen aussieht und welche Möglichkeiten bestehen, auf solch hochproduktiven Standorten trotz einer eindeutig ökonomischen Zielsetzung ein möglichst hohes Maß an Biodiversität durchzusetzen.

Die in einem Symposium am 7. Dezember 2001 in Freising zu diesem Fragenkomplex vorgestellten bisherigen Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Empfehlungen sollen nachstehend dargestellt werden.

Wir nehmen dies gerne zum Anlass, den Geldgebern, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Kuratorium der Bayerischen Staatsforstverwaltung für die finanzielle Unterstützung zu danken. Wir danken aber auch für alle Hilfe vor Ort (insbesondere den Forstämtern Ottobeuren und Krumbach sowie der Esterhazy'schen Forstverwaltung) ohne die das ehrgeizige Untersuchungsprogramm niemals hätte umgesetzt werden können.

Prof. Dr. Ulrich Ammer

Olaf Schmidt

## Inhaltsverzeichnis

<b>Untersuchungsgebiete und Methodik</b> .....	1
<i>von MARKUS KÖLBEL</i>	
<b>Mittelschwaben – hier wachsen die Bäume in den Himmel</b> .....	5
<i>von MARKUS KÖLBEL</i>	
<b>Artenvielfalt und Bestandesform am Beispiel der Bodenvegetation</b> .....	9
<i>von RUDDOLF LEITL</i>	
<b>Schutzstrategien für Waldpilze</b> .....	14
<i>von HANS UTSCHICK</i>	
<b>Zersetzer und ihre Leistung: Buche - Fichte - Douglasie</b> .....	18
<i>von KERSTIN ENGEL</i>	
<b>Baumartenspezifität von Spinnen</b> .....	22
<i>von KERSTIN ENGEL</i>	
<b>Im Kronenraum ist alles anders - Unterschiede in den Faunenstrukturen zwischen bodennahen Straten und Baumkronen</b> .....	25
<i>von ULRICH SIMON</i>	
<b>Artenvielfalt und Genetik von Käfern in Eichenkronen</b> .....	30
<i>von UTE SIMON, AXEL GRUPPE, THORSTEN ZELLER, RALF KÜHN, KARIN LEIPOLD und ULRICH SIMON</i>	
<b>Fremdländische Baumarten – Fremdkörper oder Chance in unseren Wäldern?</b> .....	36
<i>von MARTIN GOßNER</i>	
<b>Douglasienbestände entziehen überwinterten Vogelarten die Nahrungsgrundlage</b> ..	41
<i>von MARTIN GOßNER und HANS UTSCHICK</i>	
<b>Vögel, Schnecken, Pilze – Ergebnisse für Naturschutz-Lobbyisten</b> .....	45
<i>von HANS UTSCHICK</i>	

<b>Waldökologische Forschung in Mittelschwaben – Schlussfolgerungen für die Praxis .</b>	<b>50</b>
<i>von ULRICH AMMER</i>	
<b>Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>57</b>
<b>Summary . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>61</b>
<b>Anschriftenverzeichnis der Autoren . . . . .</b>	<b>66</b>

## Untersuchungsgebiete und Methodik

von MARKUS KÖLBEL<sup>1</sup>

Bei den vergleichenden Untersuchungen in Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe in Mittelschwaben handelt es sich um ein Verbundprojekt. Dabei konnte auf methodische Erfahrungen aus Vorläuferprojekten zurückgegriffen werden. Wesentliche Impulse kamen aus einem mehrjährigen Forschungsprojekt im Hienheimer Forst (Forstamt Kelheim, Niederbayern). In den dortigen großen geschlossenen Laubwaldgebiet sind nur vereinzelt Nadelholzbestände eingestreut. Unter den Gesichtspunkten der Artenvielfalt und der Naturnähe weist dort der naturnah bewirtschaftete Laubmischwald ähnlich günstige Werte auf wie die ungenutzten Naturwaldreservate und ein seit langem außer Nutzung stehendes Waldnaturschutzgebiet. Die Lage der Versuchsstandorte Mittelschwaben und Hienheim ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Projektgebiet Mittelschwaben besteht aus drei Teilstandorten.

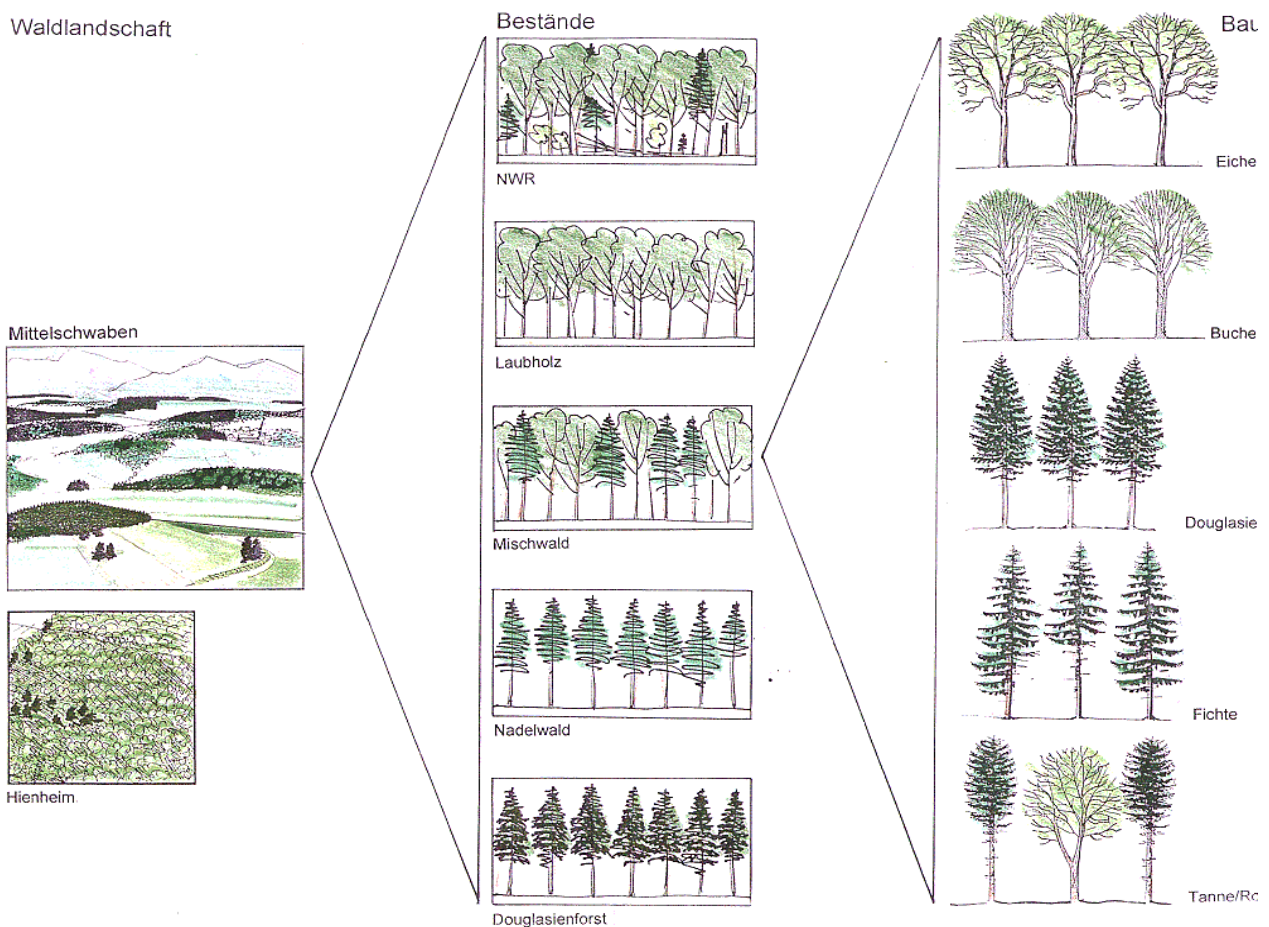


**Abb. 1:** Projektgebiete Mittelschwaben und Hienheimer Forst (kleiner Ausschnitt); Lage der drei Versuchsstandorte in den mittelschwäbischen Forstämtern Krumbach und Ottobeuren

Die Höhenlage steigt von Krumbach (520 – 535 m ü. NN) über Esterhazy, Edelstetten (550 m) nach Ottobeuren (620 – 645 m) an. Dementsprechend nehmen die jährlichen durchschnittlichen Niederschläge von 750 bis 800 mm auf 850 bis 900 mm zu. Die Jahresmitteltemperaturen werden in allen Gebieten mit 7 bis 8° C angegeben.

<sup>1</sup> MARKUS KÖLBEL ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Waldökologie und Waldschutz der LWF.

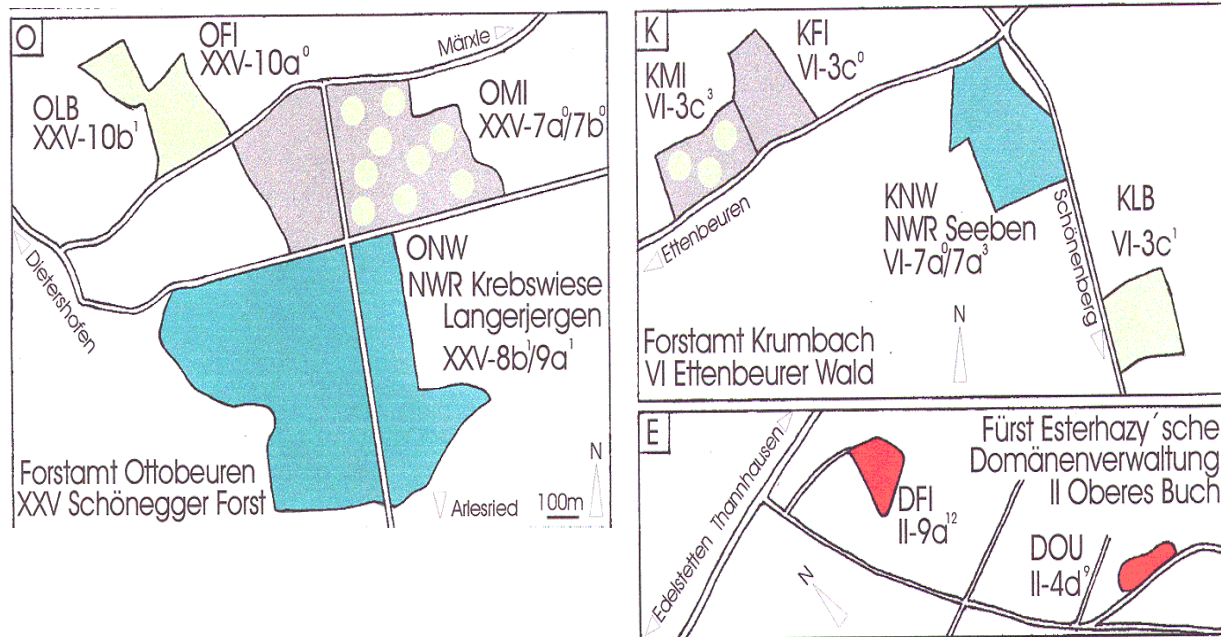
Die Erfahrungen aus den Vorgängerprojekten lassen eine skalenübergreifende Biodiversitätsforschung zu, die auf der Ebene der Waldlandschaft die unterschiedlichen regionalen Besonderheiten des reinen Laubwaldgebietes in Hienheim mit den parzellierten kleinflächigeren von Nadelbäumen dominierten Beständen in Mittelschwaben vergleicht. Auf der Ebene der Bestände wird ein Naturnähegradient von Naturwaldreservaten über Laub- und Mischwaldbestände hin zu reinen Nadelholzforsten angenommen. Die naturfernste Variante bildet ein reiner Douglasienforst. Neben den Beständen werden die Auswirkungen der Biodiversität auf die einzelnen Baumarten untersucht (Abb. 2).



**Abb. 2:** Skalenübergreifende Biodiversitätsforschung

Die Größe der Untersuchungsbestände wird durch die in den Projektgebieten vorhandenen realen Waldbestände begrenzt. Kristallisationspunkte sind dabei jeweils die Naturwaldreservate (Krebswiese-Langerjergen, Forstamt Ottobeuren und Seeben, Forstamt Krumbach). Darum gruppieren sich die vier Hektar großen Untersuchungsbestände (Abb. 3). In den Naturwaldreservaten wurden dazu entsprechend große Teilbereiche ausgeschieden.

In den Staatswäldern Mittelschwabens konnten keine flächigen älteren Douglasienbestände gefunden werden. Dankenswerterweise stellte die Fürst Esterhazy'sche Domänenverwaltung in Edelstetten zwei jeweils ein Hektar große Douglasienaltbestände zur Verfügung. Der Douglasien-Fichtenmischbestand wurde jedoch beim Orkan Lothar im Dezember 1999 komplett geworfen und musste als Untersuchungsbestand aufgegeben werden.



**Abb. 3:** Lage der Versuchsbestände an den Standorten

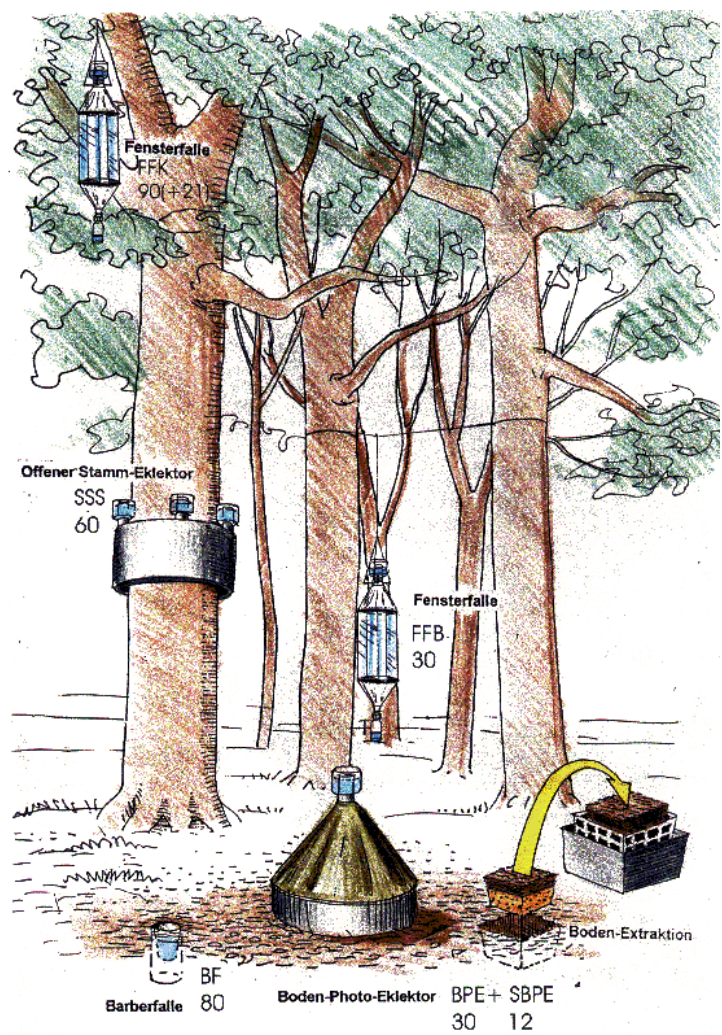
Durch die Wahl des Untersuchungsdesigns sind die Versuchsbestände in sich relativ homogen und somit vergleichbar. Es handelt sich um wüchsige Standorte, wobei von Krumbach im Norden nach Ottobeuren im Süden ein klimatischer Gradient besteht, denn mit zunehmender Alpennähe steigen die Niederschläge und somit die Wuchsleistungen an (KÖLBEL in diesem Band - i.d.B., Standortverhältnisse LEITL i.d.B.). Es handelt sich um reichere Buchenwaldgesellschaften bzw. deren Ersatzgesellschaften (LEITL i.d.B.).

### Untersuchungsmethodik

Eine umfassende Darstellung aller Aspekte der Waldlebensgemeinschaft ist auf Grund der hohen Artenvielfalt nicht möglich. Es wurde daher angestrebt, durch besonders repräsentative Artengruppen vergleichende Betrachtungen auf verschiedenen trophischen Ebenen anstellen zu können.

Zur Beschreibung der Standortverhältnisse wurden die vorliegenden Standortserkundungen überprüft und durch Bodenprobenahme in Zusammenhang mit der Untersuchung der Bodenfauna ergänzt. Die Flächen wurden vegetationskundlich kartiert. Die Waldstruktur wurde mit Hilfe von systematischen Probekreisen bzw. durch Vollaufnahmen erfasst.

Ein Schwerpunkt bildet die Untersuchung der Fauna. Hierfür wurden verschiedene Fangsysteme eingesetzt, die den Bodenraum oberhalb und unterhalb der Erdoberfläche, den Stammraum und den Kronenraum bestücken (Abb. 4). Die Fallen wurden während der Vegetationszeit monatlich geleert. Nähere Angaben zu den Fangsystemen finden sich bei DETSCH (1999) sowie AMMER u. DETSCH (1999).



**Abb. 4:** Verwendete Fallentypen – Faunistische Zielgruppen waren vor allem Schnecken, Pilze, Käfer, Spinnen und Wanzen

## Mittelschwaben – hier wachsen die Bäume in den Himmel

von MARKUS KÖLBEL<sup>2</sup>

Die Waldlandschaft in Schwaben ist durch Hochleistungsstandorte und hohe Fichtenanteile in Forstkreisen bekannt. Es sind jedoch auch andere Baumarten in nennenswerten Anteilen vertreten. Die Struktur von Altbeständen verschiedener Baumartenzusammensetzung auf ähnlichen Standorten bildet die Grundlage für die vergleichenden Untersuchungen anderer Teile dieser Waldökosysteme.

Die Daten zur Waldstruktur wurden durch Stichproben in den 4 ha großen Testbeständen erhoben. Dazu wurden jeweils pro Hektar fünf Probekreise a 500 m<sup>2</sup> (Aufnahmeprozent von 25) aufgenommen. Das Stichprobenverfahren erlaubt, neben der Berechnung von Mittel- und Summenwerten auch die Variation innerhalb der Flächen zu erfassen. Der nur 1 ha große Douglasienbestand wurde dagegen vollständig aufgenommen.

### Wuchsleistungen

Die Bestände zeigen eine außerordentlich gute Wuchsleistung (Abb. 1), die im Fichtenreinbestand in Ottobeuren 1.000 VfmD m.R./ha erreicht. Mit zunehmenden Laubbaumanteilen sinkt der Durchschnittsvorrat ab. Insgesamt ist im Testgebiet Ottobeuren ein durchschnittlich höhe-

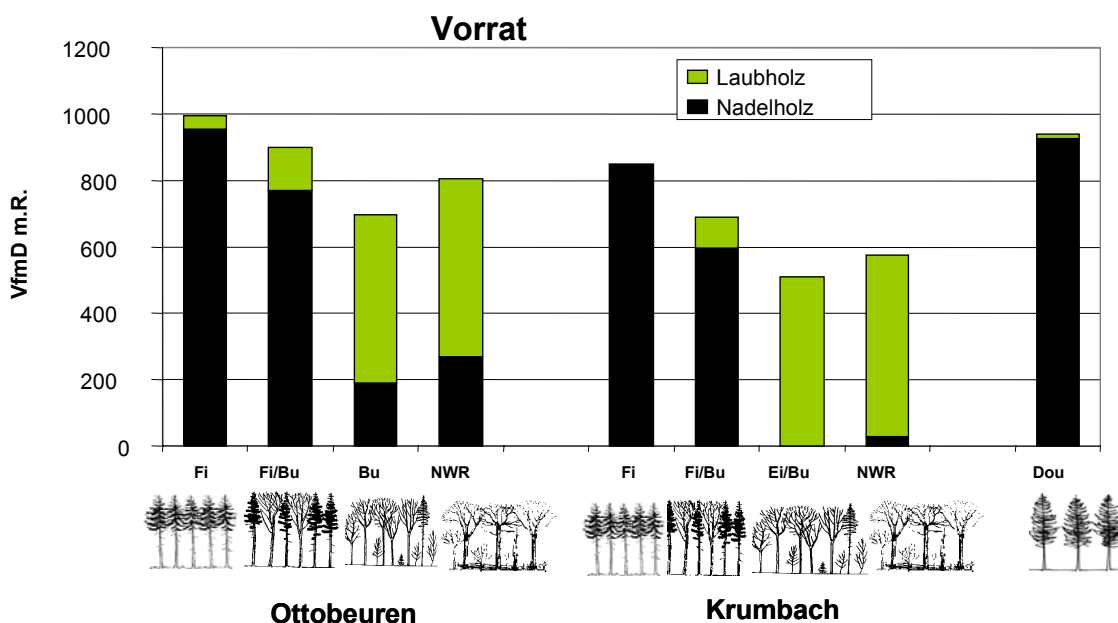


Abb. 1: Durchschnittsvorräte in den Testbeständen

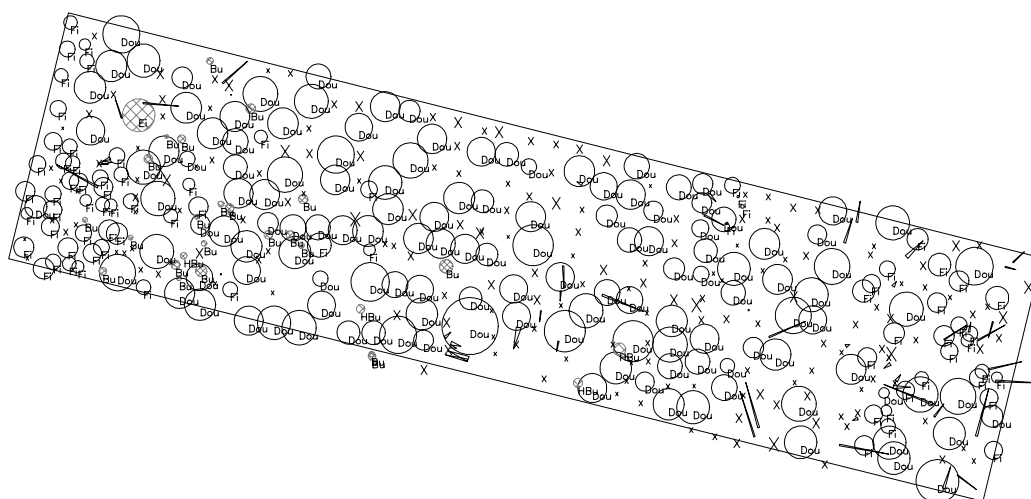
<sup>2</sup> MARKUS KÖLBEL ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Waldökologie und Waldschutz der LWF.

res Wuchsniveau als in Krumbach zu verzeichnen. Der reine Douglasienbestand liegt in seiner Wuchsleistung zwischen den Fichtenbeständen in Krumbach und Ottobeuren. Aber auch die laubholzdominierten Naturwaldreservate Krebswiese und Seeben weisen eine überdurchschnittliche Wuchsleistung für Laubholzbestände auf.

## Einzelbaumwachstum

Während auf Bestandesebene der Durchschnittsvorrat des Fichtenreinbestandes in Ottobeuren dem Douglasienbestand überlegen ist, übertrifft beim Einzelbaumwachstum die Douglasie alle anderen Baumarten deutlich. Sie überragt z. B. einzeln eingemischt die anderen Baumarten um 5 m. Die höchste gemessene Douglasie in Edelstetten erreicht 51 m bei einem BHD von 65 cm. Die stärkste Douglasie hat dort einen BHD von 125 cm und eine Höhe von 49 m.

Auf dem Stammverteilungsplan ist zu erkennen, dass sich die starken Douglasien in der Mitte konzentrieren und am westlichen und östlichen Rand der 1 ha großen Untersuchungsfläche vorwiegend schwächere Fichten wachsen (Abb. 2).



**Abb. 2:** Stammfußkarte Douglasienbestand Edelstetten (1 ha); Durchmesser 5fach überhöht; x: Stümpfe und stehendes Totholz; schraffiert: Lbh

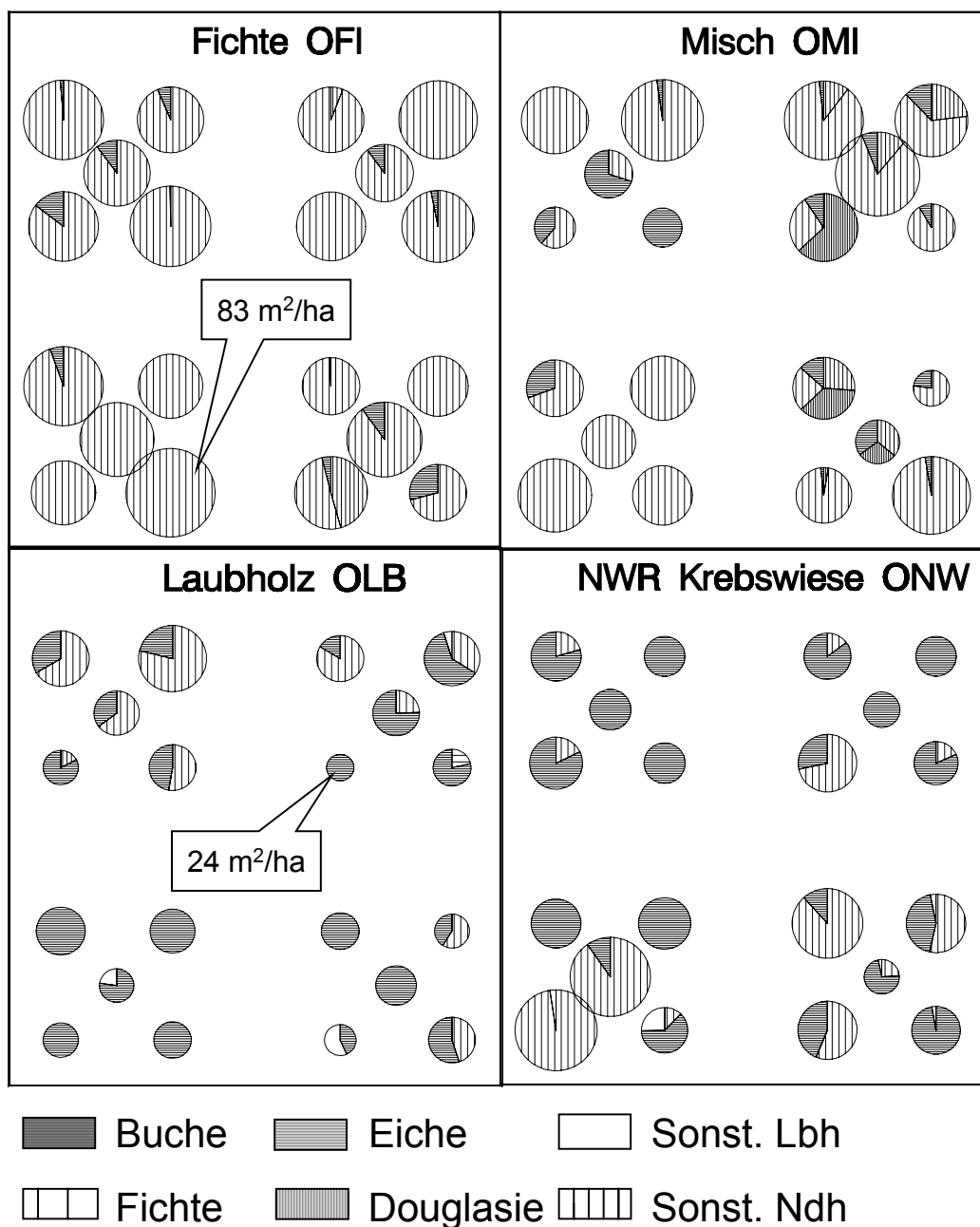
Würde man nur den Douglasien-Kernbereich betrachten, so ergäben sich Wuchsleistungen von deutlich über 1.000 VfmD m.R.. Dennoch bleibt festzuhalten, dass im Raum Mittelschwaben kein älterer größerflächiger Douglasienreinbestand vorhanden ist, der die überragenden Einzelbaumwuchsleistungen entsprechend auf der Fläche abbilden kann.

## Mischungsformen

Die ausgewählten Testflächen spiegeln mit der Stichprobenaufnahme die Mischungsverhältnisse nur eingeschränkt wider. So dominieren in den Mischbeständen in Ottobeuren (Abb. 3) und Krumbach Fichten, denen die Buche gruppen- bis kleinbestandsweise beigemischt ist.

Auch im 40 ha großen Naturwaldreservat Krebswiese sind die Baumarten selten in Einzelbaummischung anzutreffen.

Auf Abbildung 3 sind auch die Variationen an den einzelnen Stichprobenpunkten zu erkennen. Für die wichtigen Bestandesmittel- und Summenwerte (Stammzahl, Grundfläche und



**Abb. 3:** Grundflächen [m<sup>2</sup>/ha] Ottobeuren; dargestellt sind die einzelnen Probekreise, gruppiert zu den 1 ha Teilflächen

Volumen) ergibt das Stichprobenverfahren dennoch brauchbare Absicherungen (Tab. 1). Die Mittelwertsunterschiede zwischen den einzelnen Testflächen sind somit weitgehend abgesichert.

**Tab. 1:** Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler für Stammzahl und Grundfläche in Krumbach (ohne NWR Seeben) und Ottobeuren

FLäche	N/ha	Std. Fehler N/ha [%]	G/ha [m <sup>2</sup> /ha]	Std. Fehler G/ha [%]
KFI	411 ± 126	7,4	50,8 ± 14,1	6,7
KMI	468 ± 113	5,4	45,7 ± 10,2	5,0
KLB	528 ± 235	9,9	34,4 ± 10,7	7,0
OFI	547 ± 107	4,4	65,4 ± 8,3	2,8
OMI	452 ± 136	6,8	56,4 ± 13,9	5,5
OLB	246 ± 58	5,3	38,1 ± 8,5	5,0
ONW	363 ± 107	6,6	47,7 ± 12,3	5,8

## Totholz

Die Variation der Totholz mengen an den einzelnen Stichproben schwankt zwischen 0 und 20 fm im Wirtschaftswald. Diese Größen entziehen sich einer statistischen Absicherung. Totholz im Wirtschaftswald ist auch als eine temporäre Größe anzusehen. Dies wurde insbesondere nach dem Sturm Lothar deutlich, wo über längere Zeiträume Kronenmaterial in den Beständen verblieben ist, von dem nicht bekannt war, wie lange oder ob es gar dauerhaft dort verbleibt.

Auch in den Naturwaldreservaten ist die Variation des Totholzes sehr groß. Die Schwankung in den Testflächen in Ottobeuren liegt zwischen 10 und 40 m<sup>3</sup>/ha.

## Folgerungen für die Praxis

Mittelschwaben beherbergt auf großer Fläche Hochleistungsstandorte. Je näher diese Bestände sich an den Alpen befinden (höhere Niederschläge), desto stabiler sind auch reine Fichtenbestände. Allerdings entsprechen reine Fichtenbestände nicht den Bestockungszielen im Bayerischen Staatswald. Ab einer nennenswerten Laubbaumbeteiligung (ca. 25 %) sinkt die Gesamtwuchsleistung der Bestände jedoch deutlich. Die zentrale Frage für solche Bestände in Mittelschwaben ist daher die Mischungsform der Baumarten: Wie lassen sich hohe Fichtenanteile in einen Buchengrundbestand einbauen? Aus bodenökologischer Sicht sind dabei andere Maßstäbe anzulegen als bei verschiedenen Tiergruppen. Für letzteren Bereich soll dies in den nachfolgenden Vorträgen näher beleuchtet werden.

Die Handlungsalternativen zeigt der zusammenfassende Beitrag von AMMER (i.d.B.) auf.

## **Artenvielfalt und Bestandesform am Beispiel der Bodenvegetation**

von RUDOLF LEITL<sup>3</sup>

Die Waldlandschaft in Mittelschwaben wird von Fichtenbeständen geprägt, die als Folge der jahrhundertelangen Nutzung die natürlichen Laub-Mischwälder abgelöst haben. Anhand von Vegetationskartierungen in den Resten der naturnahen Wälder und der genauen Kenntnis der Standortverhältnisse lässt sich die natürliche Waldvegetation rekonstruieren. Für bewirtschaftete Wälder kann somit die Abweichung quantifiziert werden. Neben der Baumartenzusammensetzung hat dabei auch die Bestandesstruktur einen entscheidenden Einfluss auf das Vorkommen der Bodenpflanzen.

### **Lage und Klima**

Alle drei Gebiete liegen im Wuchsbezirk 12.7 „Mittelschwäbisches Schotterriedel- und Hügel-land“, dem westlichsten Teil des bayerischen Tertiären Hügellandes (KREUTZER u. FOERST 1978, Überarbeitung GULDER 2001). Die Karte der natürlichen Waldzusammensetzung weist für diese Region als natürliche Bestockung kolline bis hochmontane Buchenwälder aus, in denen als weitere natürliche Hauptbaumarten die Tanne und die Eiche vorkommen können. Die Fichte gilt in diesem Gebiet inzwischen als eingebürgerte Hauptbaumart (WALENTOWSKI et al. 2001).

### **Standorte**

Die Standortkartierung weist für das Gebiet Krumbach überwiegend mäßig wechselfeuchte Feinlehme aus, die aber der Buche noch keinerlei Schwierigkeiten bereiten. Für Edelstetten sind ebenfalls mäßig wechselfeuchte und auch frische Lehme und Feinlehme angegeben. In Ottobeuren dominieren Lehme und Feinlehme mit Verdichtung im Unterboden. Eine ausreichende Vergleichbarkeit ist somit gegeben. Insgesamt sind jedoch die Ottobeurer Standorte für Waldbäume hinsichtlich des Wasserhaushaltes als günstiger einzustufen.

Die bodenchemischen Analysen ergeben für den obersten Mineralboden (bis 10 cm) tendenziell niedrigere pH-Werte in Ottobeuren. Auffallend ausgeprägt ist allerdings der Einfluss der unmittelbar darüber stehenden Baumart auf den pH-Wert der Humusaufgabe und auch auf den obersten Mineralbodenbereich.

---

<sup>3</sup> RUDOLF LEITL ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Waldökologie und Waldschutz der LWF.

## Vegetation und Flora

### Aufnahmemethode

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach einem modifizierten Verfahren von BRAUN-BLANQUET (1964), wie es bei ALBRECHT (1990) beschrieben ist. Auf dieser Grundlage wurde die Vegetation flächig kartiert. Dabei wurden nicht nur pflanzensoziologische Aspekte berücksichtigt, sondern auch die Baumartenzusammensetzung, der Bestockungsgrad, die Deckungsgrade der Straten und die Streubeschaffenheit.

### Artenzahlen in der Bodenvegetation

Die meisten Pflanzenarten in der Bodenvegetation finden sich im Fichtenreinbestand in Krumbach, gefolgt vom Douglasienbestand in Edelstetten. Die geringsten Artenzahlen treten im Naturwaldreservat Krebswiese-Langerjergen in Ottobeuren auf. Die Mischbestände in den Flächenpaaren erreichen nahezu die gleichen Artenzahlen. Die Naturwaldreservate (NWR) bilden das Schlusslicht (Abb. 1).

Diese zunächst überraschenden Ergebnisse sollen anhand einiger Beispiele verdeutlicht werden.

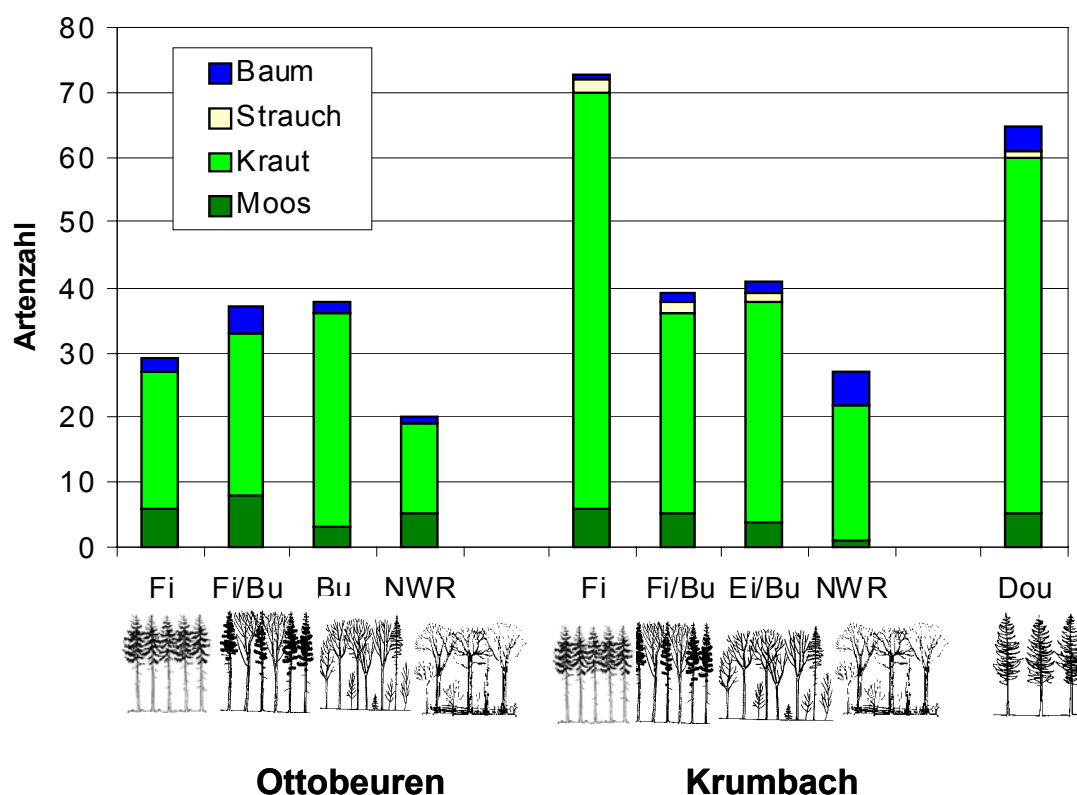


Abb. 1: Artenzahlen der Vegetationsaufnahme auf 1.570 m<sup>2</sup> je Testbestand (Summe aus jeweils fünf Probekreisen a 314 m<sup>2</sup>); unterteilt nach Schichten

## Störung bringt Vielfalt

Im **Fichtenreinbestand** (Abb. 2) in Krumbach sind folgende Effekte zu beobachten:

1. Fichte auf einem Buchenstandort:  
es sind „noch“ Buchenwaldarten vorhanden und „schon“ Fichtenwaldarten, vor allem Moose.
2. Die Fichte ist hier kalamitätsanfällig (Borkenkäfer, Sturmwurf etc.) und wird lückig:  
es treten lichtliebende Pflanzenarten auf.
3. Die Befahrung mit den Holzerntemaschinen führt zu Bodenverdichtung und Fahrspuren: Verdichtungs- und Nässezeiger kommen hinzu.
4. Durch die häufigen verschiedenen forstlichen Maßnahmen werden standortfremde Ruderalarten eingeschleppt.

Die natürliche Waldgesellschaft (bodensaurer Buchenwald) ist hier fast vollständig durch einen Moos-Fichtenforst mit Seegrassegge (*Carex brizoides*) ersetzt. In älteren Lichtschächten hat sich bereits die Brombeere breit gemacht. In den Löchern nach dem Sturm Lothar hat sich im Aufnahmejahr 2000 bereits eine üppige Schlagflur und dichte Fichten-Naturverjüngung etabliert.

Der 200 x 50 m große, entlang einer Forststraße gelegene **Douglasienbestand**



Abb. 2: Untersuchungsobjekt „Fichtenreinbestand“ bei Krumbach

(Abb. 4) in Edelstet-

ten geht an seinen beiden Enden in Fichte über. Die mächtigen Douglasien sind relativ weitständig. Im westlichen Bereich stehen einzelne tief- und breitkronige unterständige Buchen (KÖLBEL i.d.B). Am dicht mit Fichten bestockten Westrand bestimmen Moose (*Thuidium tamariscinum*, *Plagiomnium affine*, *Eurhynchium striatum*, *Polytrichum formosum*) den Bodenbewuchs. Je lichter es wird, umso mehr dominiert die Seegrassegge, die dann auf dem Großteil der Fläche nahezu 100 % Deckung aufweist.

Die Arten der natürlichen Waldgesellschaft sind nur noch wenig vorhanden. Umso mehr dringen von der Forststraße viele Ruderal- bzw. Schlagflurarten ein, darunter 11 verschiedene Süßgräser. In den verdichteten Fahrspuren wachsen häufig Feuchtezeiger wie Waldschaumkraut (*Cardamine flexuosa*), Großes Springkraut (*Impatiens noli-tangere*) und Bachsternmiere (*Stellaria uliginosa*).

## Stabile Waldbestände und geschlossene Kronendächer

Im Vergleich zum Fichtenreinbestand in Krumbach weist der Fichtenreinbestand in Ottobeuren kaum Lücken durch Windwürfe oder Borkenkäferbefall auf. Bei einem sehr hohen Bestockungsgrad ist das Kronendach vollkommen geschlossen, der Waldboden wird fast nur von Moosen bedeckt. In Bereichen einzelner zwischenständiger Buchen ist gar keine Bodenvegetation vorhanden.

Noch weniger Arten finden sich im NWR Krebswiese-Langerjergen, wo diese zudem nur eine sehr geringe Deckung erreichen. Dort weisen die Buchenbestände ebenfalls ein vollkommen geschlossenes Kronendach auf. Unter den eingestreuten Fichten wachsen zwischenständige Buchen, die auch hier den Boden beschatten. Dadurch können sich nur äußerst wenige schattentolerante Bodenpflanzen halten.

Das NWR Seeben wird von einem ehemaligen **Eichen-Mittelwald** (Abb. 3) gebildet, der aus einer weitständigen Eichenoberschicht mit verstreutem Haselunterstand besteht. In diesen relativ lichten Waldstrukturen hat sich eine flächendeckende Schicht aus Seegrassegge gebildet, die im Sommer kniehohe Bestände bildet. Darin kann sich kaum eine andere Bodenvegetation halten.

## Vielfalt durch Bewirtschaftung

In den bewirtschafteten Laubwald- und Mischwaldbeständen sind die Artenzahlen in der Bodenvegetation höher. Neben den typischen Buchenwaldarten finden sich auf den Rückegassen auch Verdichtungszeiger wie Binsen oder einzelne Ruderalarten. Die Seegrassegge ist durch die Pflege des Zwischen- und Unterstandes aus Buche und Hainbuche im Laubwaldbestand in Krumbach in ihrer Vitalität eingeschränkt. Es können somit auch andere Bodenpflanzen zur Ausbreitung kommen.



*Abb. 3: Frühjahrsaspekt im Natuwaldreservat Seeben. Unter dem lichten Kronendach des Eichenbestandes zeigen sich zunächst Frühjahrsgeophyten, die im Sommer von einem dichten Bestand an Seegrassegge abgelöst werden.*

## Mischung bedeutet nicht in jedem Fall Artenvielfalt

Die Mischbestände aus führender Fichte mit wechselnden Anteilen von Buchen in Krumbach und Ottobeuren sind nicht artenreicher als die Laubholzbestände. Die beigemischten Buchen gehören überwiegend der Mittelschicht an, sie sorgen für eine starke Beschattung des Waldbodens. Dadurch fällt es der Bodenvegetation schwer, sich auszubreiten. Durch die Mischung sind diese Bestandesformen sehr stabil und weisen außer den Wegen und Rückegassen keine Störstellen mit erhöhtem Lichtangebot auf. Daher wird nicht die Vielfalt im Vergleich zu den störungsanfälligen reinen Fichtenbeständen erreicht.

Neben den 4 ha Untersuchungsflächen im NWR Krebswiese-Langerjergen, die der Optimalphase der Waldentwicklung mit geschlossenem Kronendach zugeordnet werden, haben sich jedoch auch kleinflächig Zerfallsphasen mit einer höheren Vielfalt an Bodenpflanzen eingestellt.

## Floristische Besonderheiten

Die Bodenvegetation in allen Untersuchungsflächen wird von häufigen Waldbodenpflanzen und Ruderalarten bestimmt. Floristische Besonderheiten wurden nicht gefunden. Als Auffälligkeiten können der epiphytische Wuchs von Farnen an der Douglasienrinde bis in 10 Meter Stammhöhe vermerkt werden (Abb. 4).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine intensive Bewirtschaftung, die durch Störungen begleitet wird, zu einer deutlichen Erhöhung der Artenvielfalt in der Bodenvegetation führt. Diese zusätzlichen Arten sind aus naturschutzfachlicher Sicht jedoch nicht von Bedeutung. Geschlossene und gestufte Waldbestände führen im Untersuchungsgebiet zu einer überwiegend artenarmen Bodenvegetation.



*Abb. 4: Epiphytischer Farnwuchs in der Rinde von Douglasie*

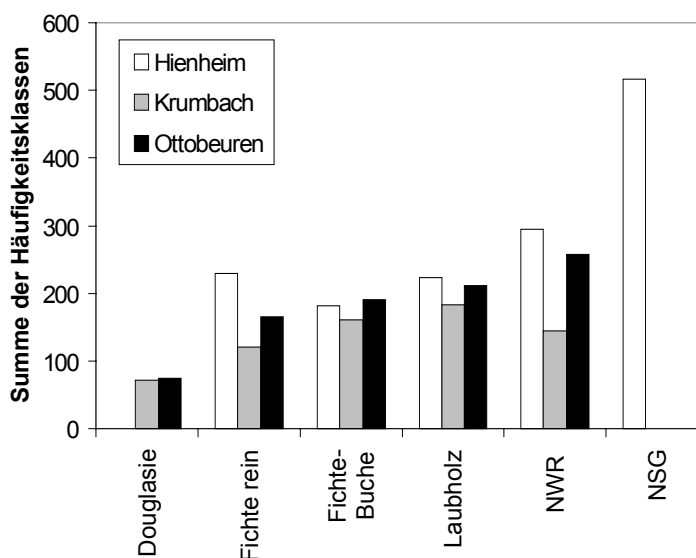
## Schutzstrategien für Waldpilze

von HANS UTSCHICK<sup>4</sup>

Im Bereich der Forstämter Krumbach und Ottobeuren wurden in zehn Testbeständen (je zwei Naturwaldreservate, Laubwaldbestände, Fichten-Buchenbestände, Fichten-Reinbestände und Douglasienbestände) 1999/2000 durch W. Helfer und Mitarbeiter in sechs zeitnormierten Flächenstichproben 429 Pilzarten in 3.307 Nachweisen erfasst und bezüglich Häufigkeit (Kategorie), Gefährdung, Naturnäheindikation, Ökotyp (Gilde) und Mikrohabitatverteilung (Partnerbaumart, Wuchssubstrat, Position, bei Totholz: Zersetzungsgrad etc.) charakterisiert. Für 1997 liegen vergleichbare Studien aus der Buchenwaldlandschaft der Fränkischen Alb im Hienheimer Forst vor (278 Arten mit 969 Nachweisen in drei Begehungen; HELFER 1997). Ziel dieser Untersuchungen ist es, Strategien zum Schutz von Waldpilzzönosen im Rahmen der Waldbewirtschaftung zu entwickeln (AMMER et al. 2002).

### Ergebnisse

Abbildung 1 vergleicht den Pilzreichtum (Summe der Häufigkeitskategorien in August-, September-, Oktoberzählungen) für alle untersuchten Waldbestände in vom Witterungsverlauf her vergleichbaren Pilzjahren (Hienheim 1997, Schwaben 1999). Zu beachten ist, dass die Werte in den Hienheimer Flächen (außer NSG und Fichte) infolge von statistischen Effekten als Folge der dort größeren Testbestände leicht überhöht sind. Die



**Abb. 1:** Pilzreichtum in Beständen unterschiedlicher Naturnähe (Summe der Häufigkeitskategorien pro Pilzart über alle Zählungen) vom Douglasienforst bis zum NSG (Ludwigshain)

Pilzdichten steigen in allen drei Gebieten vom Douglasienbestand bis zum NWR/NSG an. Lediglich das NWR Seeben (Krumbach, Eichenbestand mit dichtem Seegrasfilz) und der

<sup>4</sup> Dr. HANS UTSCHICK ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM in Freising.

Hienheimer Fichtenbestand (intensive Besiedlung des kleinflächigen Bestandes aus der umgebenden Buchenwaldlandschaft) weichen von diesem Muster ab.

In guten Pilzjahren mit feuchtwarmerem Spätsommer und Herbst weisen allerdings Mischbestände die höchsten Pilzdichten und auch Artenzahlen auf (Abb. 2). In schlechten Pilzjahren scheinen hier dagegen, ganz im Gegensatz zum reinen Laubwald, bei vielen Arten die Habitatqualitäten für eine Fruktifikation nicht mehr auszureichen.

Von hohen Laubholzanteilen profitieren vor allem Holzpilze (Abb. 3), besonders im feuchtkühlen Ottobeuren. Bodenpilze sind eher in Misch- und Nadelholzbeständen häufiger. Dominant werden diese Mykorrhiza-Pilze und Bodensaprophyten aber erst in verlichteten Fichten- und Douglasienwäldern (sturm- und käfergeschädigte Bestände in Krumbach). Von den übrigen Pilzgilden sind Schlauchpilze eher für Laubwald, Zapfen- und Moosbesiedler sowie Pilz- und Insektenparasiten für Nadelwald typisch.

Bei den naturschutzfachlich besonders wertvollen Arten (Naturnähezeiger, Rote-Liste-Arten etc.) ist in Mittelschwaben das geringe Vorkommen an gefährdeten Arten auffällig (Abb. 4). Die meisten dieser häufig an Laub- oder Totholz gebundenen Arten fanden sich zudem nur in Einzelexemplaren. Viele Ar-

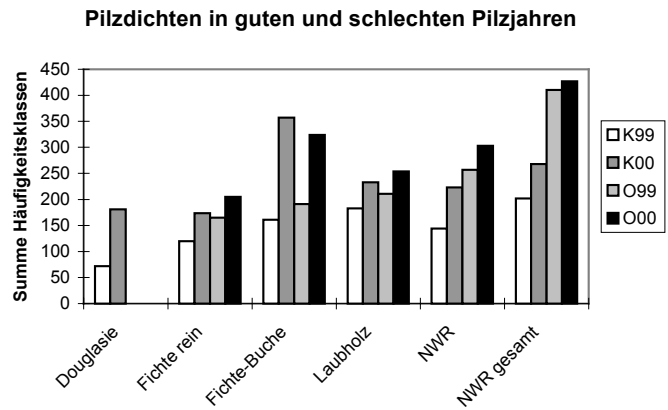


Abb. 2: Pilzdichten in Jahren mit ungünstigem (1999) bzw. günstigem (2000) Witterungsverlauf in verschiedenen Waldkategorien zweier mittelschwäbischer Waldgebiete (K = Krumbach, O = Ottobeuren)

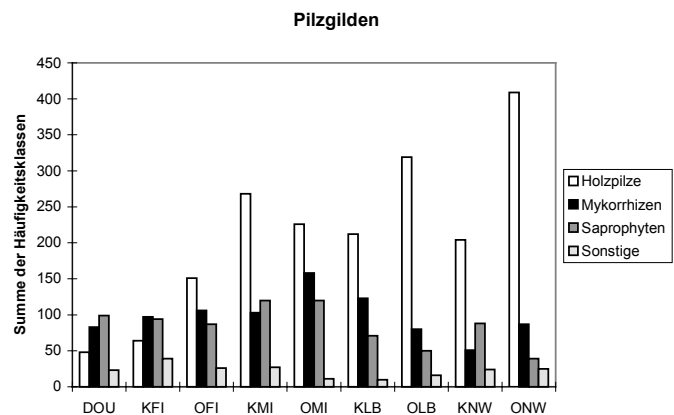


Abb. 3: Pilzgilden-Abundanzen im Naturnähegradienten vom Douglasienforst (DOU) über Fichten-, Misch- und Laubholzbestände (FI; MI; LB) bis zum Naturwaldreservat (NW; K = Krumbach, O = Ottobeuren)

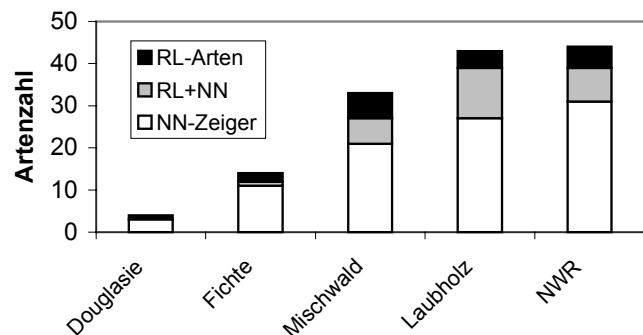


Abb. 4: Naturnäheindikation (NN = Naturnähezeiger) und Gefährdung/Seltenheit (RL = Rote Liste) der Pilzzönosen in verschiedenen Waldkategorien Mittelschwabens

ten scheinen aufgrund der intensiven Fichtenwaldwirtschaft, und eventuell auch infolge der damit verbundenen Bodenversauerung, aus der Region verschwunden zu sein oder dort zumindest nicht mehr zu fruktifizieren. Im bewirtschafteten Laubwald waren dabei mehr gefährdete Arten nachzuweisen als in den homogeneren Naturwaldreservaten, die aber dafür mehr ungefährdete Naturnähezeiger beherbergten.

Aus der Verteilung von naturschutzfachlich wertvollen Arten im Wald-Naturnähegradienten lassen sich Ziel- und Leitarten des Pilzartenschutzes ableiten. Treten diese im Wirtschaftswald auf, sind gewisse waldökologische Qualitäten vorhanden. Tabelle 1 stellt die in Mittelschwaben und Hienheim vorgefundenen Zielarten vor. Eine Auswahl davon zeigt Abbildung 5.

<b>Tab. 1: Leit- und Zielarten für den Pilzartenschutz in zwei bayerischen Waldregionen</b>	Rote Liste BRD	Rote Liste Bayern	Naturnäheindikation	Pilzgilde
<b>Mittelschwaben</b>				
Hütchenträger ( <i>Phleogena faginea</i> (Fr. : Fr.) Link)	2	3	stark	Holzpilz
Kleinsporige Kohlenbeere ( <i>Camarops microspora</i> (P. Karst.) Shear)	3	3	stark	Holzpilz
Biberzähling ( <i>Lentinellus castoreus</i> (Fr.) Konrad u. Maubl.)	R	4	stark	Holzpilz
Buchenrötling ( <i>Entoloma placidum</i> (Fr. : Fr.) Noordel.)	3	2	schwach	Holzpilz
Dornige Wachskruste ( <i>Eichleriella deglubens</i> (Berk. u. Broome) D.A. Reid)	2	-	schwach	Holzpilz
Bitterer Helmling ( <i>Mycena erubescens</i> Höhn.)	3	2	schwach	Holzpilz
Samtiger Pfifferling ( <i>Cantharellus friesii</i> Quél.)	2	3	schwach	Mykorrhiza
Runzeliger Wasserkopf ( <i>Cortinarius fulvescens</i> Fr. ss. J. Favre)	2	4	schwach	Mykorrhiza
<b>Hienheim</b>				
Mosaik-Schichtpilz ( <i>Xylobolus frustulatus</i> (Pers. : Fr.) Boidin)	2	3	stark	Holzpilz
Kurzstieler Holzbecherling ( <i>Peziza micropus</i> Pers. : Fr.)	-	3	stark	Holzpilz
Ästiger Stachelbart ( <i>Hericium coralloides</i> (Scop. : Fr.) Gray em. Fr., Hallen)	2	3	stark	Holzpilz
Flockenschneidiger Dachpilz ( <i>Pluteus umbrosus</i> (Pers.: Fr.) P. Kumm.)	-	3	stark	Holzpilz

## Folgerungen für die Waldbewirtschaftung

Aufgrund dieser und weiterer Befunde ergeben sich im mykologischen Bereich folgende Konsequenzen für Naturschutz und Forstpraxis:

- In Buchen- und Fichtenwaldlandschaften unterscheiden sich Pilzlebensräume in ihrer Qualität deutlich. So erreichen in den Hienheimer Laubwäldern die Bestände seltener und naturnaher Arten (häufig Holz- und Schleimpilze) erheblich höhere Dichten. In laubholzreichen Gebieten sind kleinere Fichten-Reinbestände unproblematisch, da diese unter dem dort herrschenden hohen Populationsdruck von den Laubholzpilzen mit besiedelt werden, wie dies auch bei suboptimalen Substraten (etwa liegendes Schwachtotholz) geschieht. Außerdem ist in solchen Landschaften die Fähigkeit, schlechte Pilzjahre abzufuffern, deutlich größer, und die Entwicklung von Fruchtkörpern setzt meist früher ein und verteilt sich gleichmäßiger über die ganze Pilzsaison.

- In von Nadelwald dominierten Gebieten wie Mittelschwaben ist für einen effektiven Schutz reichhaltiger Pilzzönosen die Anlage eines dichten Netzes von nicht oder nur extensiv bewirtschafteten Laubwaldbeständen erforderlich, die in Mischbestände ausstrahlen sollen. Große Schutzgebiete sind dagegen nicht erforderlich. Sehr starke Naturnähezeiger finden sich fast nur in Reservaten mit einer über viele Jahrzehnte ungestörten Entwicklung.



*Abb. 5: Hütchenträger (oben rechts), Kohlenbeere (unten links), Buchenrötling (oben links), Samtiger Pfifferling (unten rechts) – zählen in Mittelschwaben zu den Pilzarten, die Forstpraxis und Naturschutz als Zeiger für anspruchsvollen Waldbau auch im naturschutzfachlichen Bereich dienen können (vgl. Tab. 1; Fotos: WOLFGANG HELFER)*

- Für Pilzzönosen vorteilhaft ist, vor allem die Buchenanteile in den Beständen zu erhöhen, auch wenn Weich- und E-dellaubhölzer noch stärker bevorzugte Substrate bieten. „Pilzresistente“ Eichen-Reinbestände auf größerer Fläche sollten vermieden werden.
- Der Anbau von Douglasien-Reinbeständen oder Douglasien-Fichtenbeständen lässt allenfalls artenarme und triviale Pilzzönosen zu. Gegen eine Einmischung der Douglasie in Buchenbestände ist dagegen aus mykologischer Sicht nichts einzuwenden.
- Bei Endnutzungs- bzw. Durchforstungsmaßnahmen in Altbeständen sollten grundsätzlich einzelne, ältere Buchen oder kleine, reife Buchengruppen belassen werden, vor allem in Laubholz- und Mischbeständen. In Fichten-Reinbeständen trägt diese Maßnahme zur Erhaltung eines Pilzarten-Grundstocks bei.
- Der Umbau von Nadelholz-Reinbeständen in Mischbestände führt besonders in luftfeuchten Lagen und bei größerer Standortvielfalt zu reichhaltigen Pilzzönosen, was aber nur in guten Pilzjahren zur Wirkung kommt. Naturnähezeiger werden erst bei Umbau in Laubwaldbestände häufig.
- Bei Entfernungen von nur 30 km und Höhenunterschieden von nur 100 m sind in allen Vergleichsbeständen die Pilzzönosen im luftfeuchteren und kühleren Ottobeuren reichhaltiger als in Krumbach. In Ottobeuren unterstreichen auch seltene, fichtenspezifische Arten die Rolle der Fichte als Element der potenziell natürlichen Vegetation. Wegen dieser deutlichen Gebietsunterschiede sind Leit- und Zielartensysteme nur regional sinnvoll und sollten vor allem gefährdete Holzpilze mit starker Naturnäheindikation enthalten.

## Zersetzer und ihre Leistung: Buche - Fichte - Douglasie

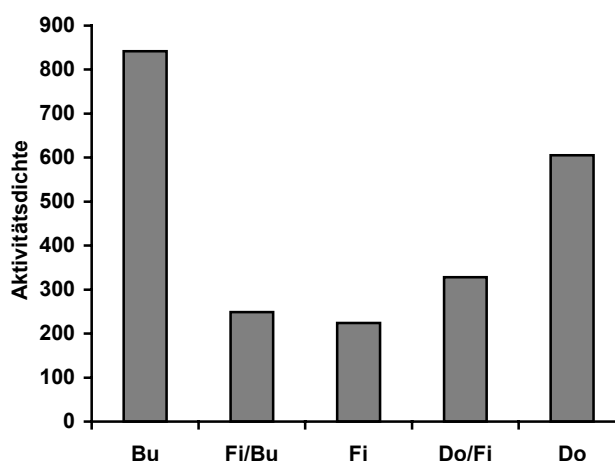
von KERSTIN ENGEL<sup>5</sup>

Der Streuzersetzung kommt eine Schlüsselrolle im Stoffkreislauf von Waldökosystemen zu. Schon ein Blick in benachbarte Fichten- und Buchenbestände zeigt, dass die Zersetzung von Fichten- und Buchenstreu sehr unterschiedlich verläuft, da in Fichtenforsten Moder oder Rohhumus vorherrschen, in Buchenbeständen hingegen die Humusform eher in Richtung Mull tendiert. Gegenstand der Untersuchung waren verschiedene Zersetzergruppen sowie Versuche zum Streuabbau mit verschiedenen Streuarten und in unterschiedlichen Beständen. Dabei ging es nicht nur um den Vergleich von Buche und Fichte, sondern auch um die Stellung der von der Staatsforstverwaltung angestrebten Mischbestände mit 70 % Fichte und 30 % Buche sowie um die Bedeutung der Douglasie als fremdländische Baumart.

Die Organismen, die an der Zersetzung beteiligt sind, kann man gemäß ihrer Größe in drei Gruppen einteilen: Die Makrofauna umfasst größere Tiere wie Asseln, Doppelfüßer (Diplopoden) und Regenwürmer, die Mesofauna Springschwänze (Collembolen), Milben und Nematoden, während die Mikrofauna und -flora, die für die Mineralisierung der Streu wichtig ist, Bakterien, Pilze und Einzeller umfasst.

### Asseln und Doppelfüßer als große Zersetzer

Als wichtige Gruppen der saprophagen Makrofauna wurden Asseln und Doppelfüßer mit Bodenfallen untersucht. Sie zeigen eine signifikante Präferenz für Buchenbestände (Abb. 1). Mischbestände mit 30 % Buche und 70 % Fichte unterscheiden sich nur sehr geringfügig von reinen Fichtenforsten. Bei der Douglasie steigen die Aktivitätsdichten der Makrosaprophagen vom Fichten- über den Douglasien-Fichten- (50:50) zum reinen Douglasienbestand an, erreichen jedoch nicht



**Abb. 1:** Aktivitätsdichte der Doppelfüßer (*Diplopoda*) und Asseln (*Isopoda*) entlang des Naturnähegradienten im Forstamt Krumbach 1999

---

<sup>5</sup> Dr. KERSTIN ENGEL ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM in Freising.

dieselbe Höhe wie in Buchenwäldern. Im Vergleich zur Fichte wirkt sich aber die Douglasie positiv auf die Dichte dieser Tiergruppen aus.

### Springschwänze als mittlere Zersetzer

Collembolen (Springschwänze) sind typische Vertreter der Mesofauna. Sie wurden mit Bodenproben erfasst. Collembolen zeigen eine leichte, nicht signifikante Präferenz für fichtendominierte Bestände (Abb. 2). Unter Douglasie sind die Aktivitätsdichten durchschnittlich.

Dies zeigt, dass Buchen-, Fichten- und Douglasienbestände über durchaus unterschiedliche Zersetzerzönosen verfügen: Buchenbestände zeichnen sich durch eine individuenreiche Makrofauna aus, Fichtenforste werden stärker von der Mesofauna dominiert, während Douglasienbestände hinsichtlich der Individuenzahlen von Zersetzern eine Mittelstellung einnehmen.

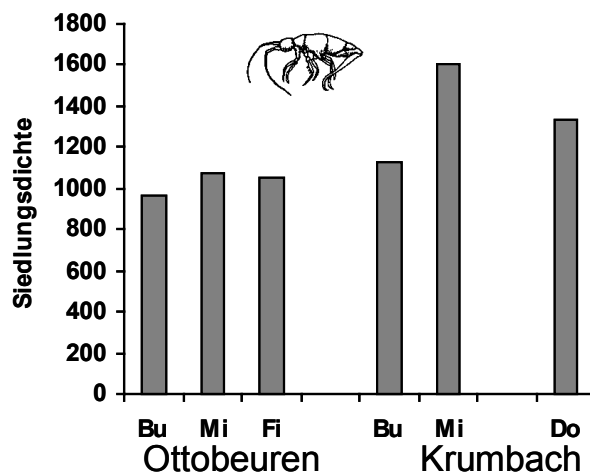


Abb. 2: Siedlungsdichte der Collembolen in Otto beuren und Krumbach 2000. Durch das Sturmtief „Lothar“ fielen der Krumbacher Fichtenbestand und der Douglasien-Fichtenbestand 2000 aus

### Wie wirken sich die unterschiedlichen Zersetzerzönosen auf den Streuabbau aus?

Hierzu wurden Streubeutelversuche durchgeführt. Dabei wird eine definierte Menge Streu in für die Fauna zugänglichen Beuteln oder Containern im Wald exponiert und nach einem definierten Zeitraum die Streuabbaurate durch Rückwaage ermittelt. Es kamen zwei verschiedene Streucontainer-Typen zum Einsatz: Die Großcontainer hatten eine Maschenweite von 5 mm und waren damit für die gesamte Zersetzerfauna zugänglich. Die Minicontainer schlossen hingegen mit einer Maschenweite von 2 mm Makrosaprophage aus, waren also nur für die Meso- und Mikrofauna zugänglich (Abb. 3). Insgesamt waren 255 Container mit zehn verschiedenen Streuarten von Dezember 2000 bis September 2001 exponiert.

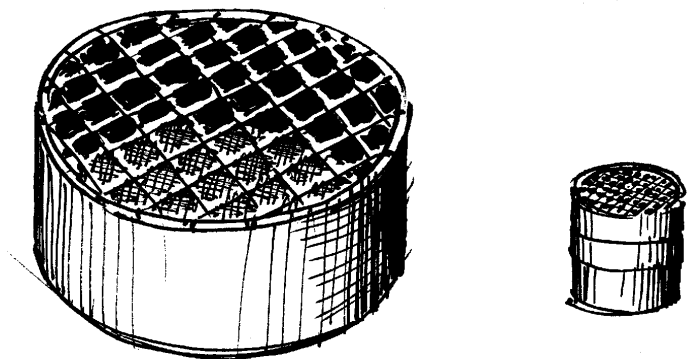
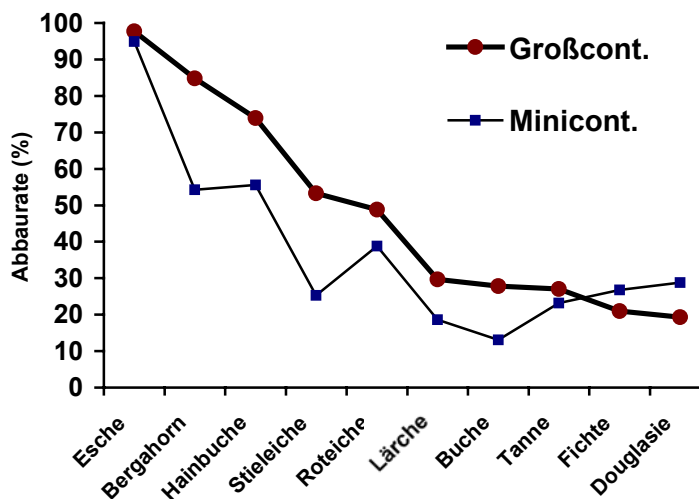


Abb. 3: Großcontainer (links) und Minicontainer (rechts)

Zunächst zur Abbaubarkeit verschiedener Streuarten (Abb. 4): Im ersten Jahr nach dem Laubfall wurde die Streu der zehn untersuchten Baumarten sehr unterschiedlich abgebaut. Die Abbauraten reichten von 19 bis

fast 100 % (Großcontainer). Es lassen sich drei Gruppen feststellen: Die Streu von Esche, Bergahorn und Hainbuche wird sehr gut abgebaut, die von Stieleiche und Roteiche mäßig gut, während die Streu von Nadelhölzern und Buche schwer zersetzlich ist. Dies



bedeutet zum einen, dass Buchenstreu ähnlich schwer abbaubar ist wie Nadelstreu und dass Douglasie im ersten Jahr keineswegs so gut abgebaut wird, wie man dies bisher angenommen hatte (WITTICH 1948, OTTO 1987).

Schließt man die Makrofauna aus, so verläuft der Streuabbau deutlich schlechter (Minicontainer). Nur bei den immergrünen Nadelhölzern Douglasie, Fichte und Tanne ist kein Einfluss der Makrofauna zu erkennen, da sich hier die Abbauraten kaum von denen der Großcontainer unterscheiden.

### Abbauleistung verschiedener Streuarten

Wenn die Makrosaprophagen so stark an der Zersetzung beteiligt sind, stellt sich die Frage, ob makrofaunareiche Laubholzbestände generell leistungsfähiger bei der Streuzersetzung sind als Nadelholzbestände. Hierzu wurde die Abbauleistung verschiedener Streuarten in einem Buchen- und einem Fichtenbestand verglichen (Abb. 5). Bergahorn- und Buchenstreu, die von der Makrofauna gut angenommen werden, wurden im Buchenbestand

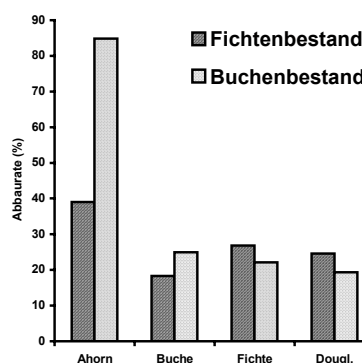


Abb. 5: Vergleich der Abbauraten verschiedener Streuarten in einem Buchen- und einem Fichtenbestand

besser abgebaut als im Fichtenforst (Bergahorn sign.). Fichten- und Douglasienstreu, bei der die Makrosaprophagen keine große Rolle spielen, wurden hingegen im Fichtenbestand besser abgebaut (Fichte sign.), da hier offensichtlich die Zersetzerfauna besser an diese Streuarten angepasst ist.

### Einfluss des Standortes auf die Streuqualität

Die Streu hat offensichtlich einen starken Einfluss auf die Zersetzerzönosen und auf die Humusform. Inwieweit aber hat der Standort Einfluss auf die Streuqualität? Unterscheidet sich die Streu von unterschiedlichen Standorten in ihrer chemischen Zusammensetzung? Hierzu wurde die Streu von Fichte, Buche und Eiche auf zwei bzw. drei Standorten mit unterschiedlicher Basenversorgung gesammelt. Bei Fichte und Eiche ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem pH-Wert des Standorts und dem Calciumgehalt der Streu festzustellen, nicht jedoch bei der Buche (Abb. 6).

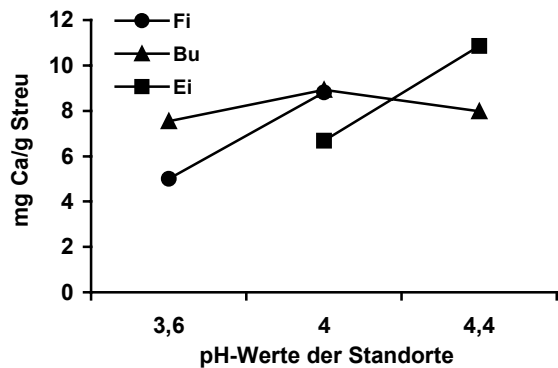


Abb. 6: Calcium-Gehalt von Fichten-, Buchen- und Eichenstreu unterschiedlicher Herkunft

Hat Streu mit unterschiedlichem Calciumgehalt auch eine unterschiedliche Attraktivität für Zersetzer? Hierzu wurde die Abbaubarkeit der analysierten Streuarten untersucht (Abb. 7). Bei Eiche ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt und der Attraktivität für Zersetzer

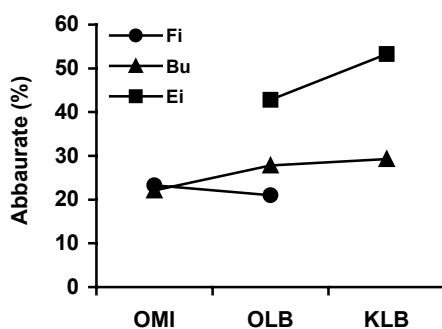


Abb. 7: Abbauraten von Fichten-, Buchen- und Eichenstreu unterschiedlicher Herkunft

zu erkennen, bei Buchenstreu sind die Abbauraten gemäß den unbedeutenden Unterschieden im Calciumgehalt nur gering. Bei Fichte wirkt sich ein höherer Calciumgehalt sogar negativ auf den Abbau aus. Während Makrosaprophage wie Asseln und Diplopoden Calcium für den Aufbau ihres Panzers benötigen, scheint die Mesofauna, die am Abbau von Fichtennadeln wesentlich beteiligt ist, dieses Nährelement nicht zu benötigen.

Dennoch ist der Abbau von Fichtenstreu in Fichtenreinbeständen unbefriedigend, da es zu einer zunehmenden Bodenversauerung und Humusakkumulation kommt. Diesem Phänomen kann durch die Einbringung von Laubbäumen entgegen gewirkt werden, da deren Wurzeln tiefere, basenreichere Bodenschichten erreichen und über den Streufall das Calcium in die oberen Bodenschichten einbringen. Durch diese Basenpumpwirkung kann die Bodenversauerung gebremst werden.

## Baumartenspezifität von Spinnen

von KERSTIN ENGEL<sup>6</sup>

Der Stamm von Waldbäumen ist für viele Tiere die Verbindungsstraße zwischen Boden und Kronenraum. An ihm konzentrieren sich die Vertikalwanderungen zahlreicher Waldarthropoden. Insbesondere viele Pflanzenfresser wie Rüsselkäfer oder Schmetterlingsraupen verbringen den Winter oder einen Teil ihrer Entwicklung im Waldboden, um dann über den Stamm in den Kronenraum zu gelangen. Entsprechend des großen Angebotes an Beutetieren haben sich im Stammbereich auch zahlreiche Räuber etabliert, die als „Schleuse“ die Dichten der Pflanzenfresser regulieren. Große Bedeutung kommt den Spinnen (*Araneae*) zu, die zahlreich im Stammbereich auftreten und einen entsprechend starken Einfluss ausüben dürften.

Da viele Spinnenarten für den Bau ihrer Netze entsprechende Strukturen benötigen, stellt sich die Frage ob und inwieweit sich die Spinnenzönosen von Baumarten mit sehr unterschiedlicher Rindenstruktur unterscheiden. Die vier untersuchten Baumarten waren Buche mit einer sehr glatten Rinde, Fichte mit schuppiger Borke, Eiche mit einer grobrissigen Borkenstruktur und die Douglasie, deren Borke eine starke Skulpturierung aufweist. Die Spinnenfauna wurde mit insgesamt 60 Stammeklektoren untersucht, von denen 22 an Fichten, je 16 an Buchen und Douglasien und sechs an Eichen installiert waren.

### Aktivitätsdichten

Die Aktivitätsdichten unterlagen starken Schwankungen, insbesondere bei Douglasie und Eiche (Abb. 1). Die Artenzahlen waren bei Buche und Fichte sehr ähnlich, bei Douglasie deutlich geringer. An Eiche schwankten sie stark. In der Regel sind die Artenzahlen eng mit den Individuenzahlen korreliert, d. h. wo viele Spinnen gefangen werden, werden auch viele Arten gefunden. Bei Douglasie und Fichte sind allerdings im Jahr 2000 trotz hoher Aktivitätsdichten die Artenzahlen relativ gering. Die Erhö-

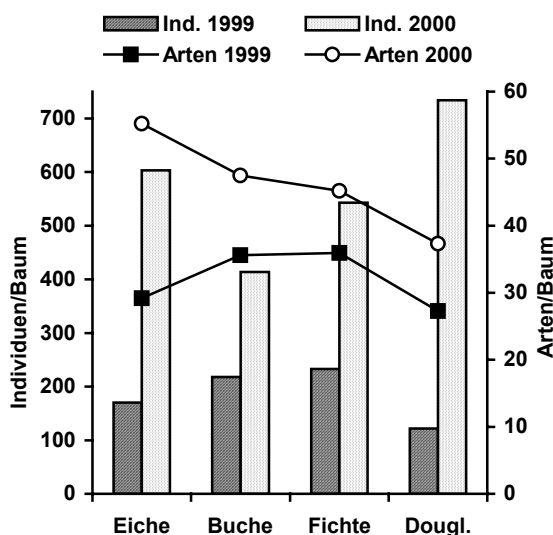


Abb. 1: Mittlere Artenzahlen und Aktivitätsdichten der Spinnen im Stammbereich verschiedener Baumarten

<sup>6</sup> Dr. KERSTIN ENGEL ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM in Freising.

hung der Aktivitätsdichten ist bei diesen beiden Baumarten nicht mit einer entsprechenden Erhöhung der Artendiversität verknüpft.

### **Vorliebe für Baumarten**

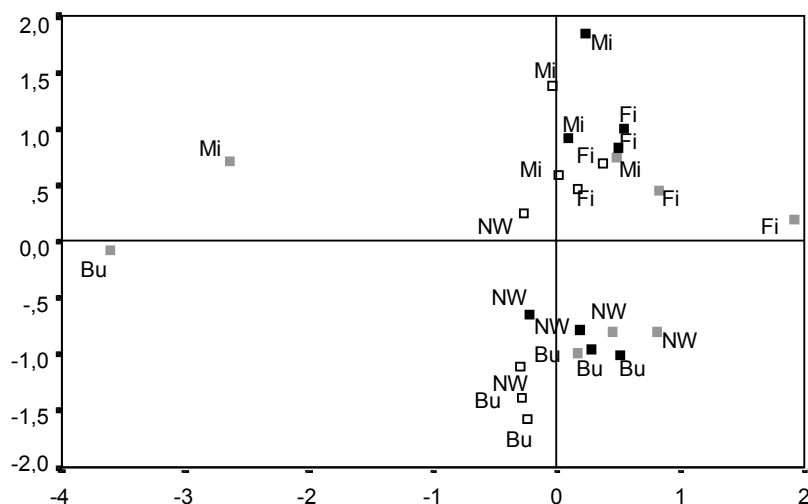
Betrachtet man das Präferenzverhalten stammbesuchender Spinnen für bestimmte Baumarten, so wird deutlich, dass die Eiche von großer Bedeutung ist, da sie von drei Arten bevorzugt wird. Auch allgemeine Laubholzarten, die sowohl auf Eiche als auch auf Buche vorkommen, waren mit fünf Arten relativ stark vertreten. Die Buche wurde nur von *Drapetisca socialis* präferiert, die in früheren Untersuchungen aber Fichte bevorzugte (ENGEL 1999). Auf Nadelholz konnten immerhin noch vier typische Arten festgestellt werden. *Hahnia pusilla* war die einzige Spinne, die Fichte bevorzugte. Zu dieser Art gibt es allerdings widersprüchliche Daten aus früheren Untersuchungen des Lehrstuhls (ENGEL 1999). Zwei Arten kamen verstärkt auf Douglasie vor, wobei *Cryphoeca silvicola* offensichtlich an Rindenstrukturen gebunden ist, da die Abundanzen von der Douglasie über Eiche und Fichte zur Buche hin abnehmen (Abb. 2).

#### **Abb. 2: Präferenzverhalten stammbesuchender Webspinnen bzgl. der Baumarten 1999/2000**

Die untersuchten Baumarten standen in sehr unterschiedlichen Beständen: In Laubholzbeständen, in Fichten-Buchen-Mischbeständen (70:30) und in reinen Fichtenforsten. Daher konnte sich möglicherweise nicht überall eine baumartentypische Fauna entwickeln. Was aber ist entscheidender: Der Bestand oder die Baumart? Hierzu gibt die Ähnlichkeitsanalyse in Abbildung 3 eine Ant-

wort. In den vier Bestandestypen Naturwaldreservat (buchendominiert), Buchenbestand, Fichten-Buchen-Mischbestand und Fichtenforst wurden jeweils zwei Buchen, zwei Fichten und zwei Douglasien befangen. Aus der Ähnlichkeitsanalyse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1) Der Bestand bestimmt in erster Linie die Spinnenzönose, wobei sich Mischbestände mit



**Abb. 3:** Ähnlichkeit der Fangbäume anhand der Dominanzstruktur der Spinnenzönosen in Ottobeuren 2000; NW = Naturwaldreservat (buchendominiert), Bu = Buchenbestand, Mi = Fi-Bu-Mischbestand, Fi = Fichtenreinbestand; weiß = Buche, grau = Douglasie, schwarz = Fichte

70 % Fichte und 30 % Buche kaum von Fichtenreinbeständen unterscheiden (Trennung der buchen- und fichtendominierten Bestände).

2) Buchen und Nadelhölzer haben unterschiedliche Zönosen (Trennung der Baumarten innerhalb der Bestandsgruppen).

3) Die Spinnenzönose auf Douglasie unterscheidet sich kaum von der auf Fichte; allerdings treten „Ausreisser“ mit insgesamt stark abweichenden Zönosen auf, die auf eine Labilität der Tiergemeinschaften an dieser Baumart hinweisen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass jede Baumart eine eigene Spinnenzönose aufweist. Dabei besitzen Laubbäume, insbesondere die Eiche, eine höhere Spinnendiversität als Nadelbäume. Da in erster Linie der Gesamtbestand die Zönosen bestimmt, müssen für den Erhalt einer reichen Spinnenfauna Laubholzbestände erhalten und gefördert werden.

## Im Kronenraum ist alles anders

### - Unterschiede in den Faunenstrukturen zwischen bodennahen Straten und Baumkronen -

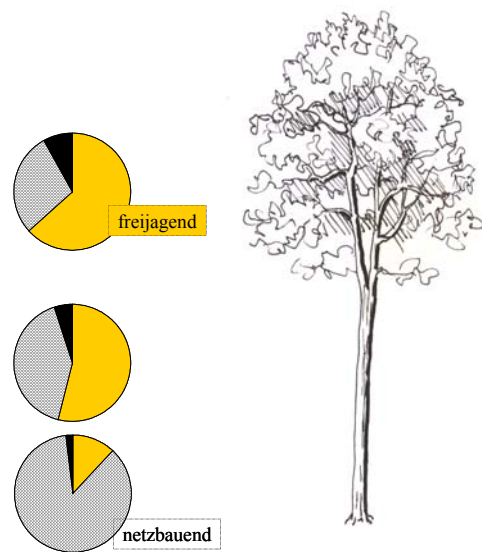
von ULRICH SIMON<sup>7</sup>

Die Baumkronen unserer Wälder machen ein Drittel bis über die Hälfte des oberirdischen Waldvolumens aus. Das Wissen über die Lebensgemeinschaften von Tieren (und auch Pflanzen) in diesem enormen Habitat ist aber bemerkenswert gering (siehe z. B. KRATOCHWIL u. SCHWABE 2001). Erst etwa in den letzten zehn Jahren verstärkte sich das Interesse von Ökologen an den Vorgängen in der Kronenregion einheimischer Wälder (GUTBERLET 1996, 1997; SIMON 1993, 1995; SCHUBERT 1998). Auch im forstlichen Bereich wurde die Bedeutung baumlebender Arthropoden für das Ökosystem Wald und seine Funktion erkannt (AMMER u. SCHUBERT 1999).

Zunächst sollen einige Beispiele belegen, dass es sich für das tiefere Verständnis der ökologischen Vorgänge im Wald tatsächlich lohnt, den Kronenraum auf seine Lebensgemeinschaften hin zu untersuchen, und nicht nur, wie bisher, faunistische Untersuchungen der baumlebenden Tiere auf die unteren Schichten des Waldes zu beschränken.

### Spinnen

Die Spinnengemeinschaften in verschiedenen Schichten des Waldes unterscheiden sich drastisch. Eine Untersuchung der bodenlebenden, stambewohnenden und kronenbewohnenden Spinnen in Wäldern des Hienheimer Forstes zeigte, dass jedes Stratum eine eigene Zusammensetzung der Spinnen aufweist (SCHUBERT 1998). Besonders interessant im Hinblick auf die Funktion der Spinnen in Wäldern (VITÉ 1953) sind die gänzlich verschiedenen Strategien des Beuteerwerbs zwischen Boden und Baumkrone (Abb. 1). Am Boden kommen überwiegend netzbauende Arten vor; dies sind meist kleinere Formen



**Abb. 1:** Anteile der Beuteerwerbstypen „netzbauend“ und „freijagend“ an der Zahl der Spinnen am Boden, im Stamm- und im Kronenraum (Daten aus dem Hienheimer Forst, SCHUBERT 1998)

<sup>7</sup> Dr. ULRICH SIMON war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM und arbeitet jetzt an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

aus der Familie der Baldachinspinnen (*Linyphiidae*). Im Kronenraum ist die überwiegende Strategie der freijagende Beuteerwerb; dies sind im Schnitt größere Arten aus den Familien Laufspinnen (*Philodromidae*) und Krabbenspinnen (*Thomisidae*), aber auch Sackspinnen (*Clubionidae*) spielen eine nicht unerhebliche Rolle. Im Stammbereich sind beide funktionale Gruppen fast ausgeglichen vertreten.

## Käfer

Im Forschungsprojekt in Mittelschwaben konnte anhand der Käfer ebenfalls eine starke Schichtung der Fauna festgestellt werden. Im Jahr 1999 wurden mit Flugfallen (BASSET et al. 1997; SCHUBERT 1998) im unteren Stammraum und im Kronenraum 383 Käferarten gesammelt. Rund 47 % wurden exklusiv im Stammraum erbeutet, hingegen 19 % exklusiv in den Kronen (Abb. 2). Ließe man die Untersuchung des Kronenraumes weg, reduzierte man die Menge der in den untersuchten Wäldern gefundenen Käferarten um immerhin ein Fünftel! Ein Drittel der Arten war in beiden Schichten des Waldes zu finden.

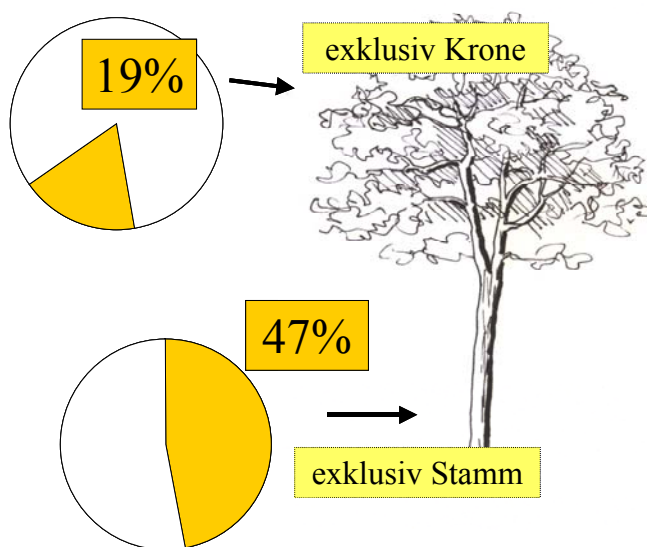


Abb. 2: Anteile exklusiv im Kronenraum bzw. exklusiv im Stammraum gefundener Käferarten in mittelschwäbischen Wäldern

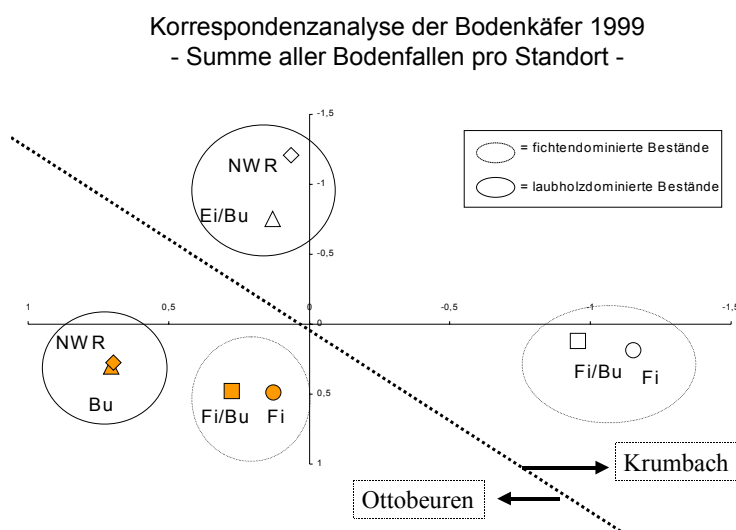
## Lebensgemeinschaften und Naturnähe

Ein zweiter Aspekt sowohl des bereits abgeschlossenen Projektes im Hienheimer Forst (Laubwaldgebiet) als auch des laufenden Projektes in Mittelschwaben (Nadelwaldgebiet) ist die Reaktion der Tierwelt auf die Naturnähe von Waldbeständen. Die Lebensgemeinschaften der Käfer wurde unter anderem mit Hilfe der Korrespondenzanalyse ausgewertet. Deren Resultat ist eine graphische Darstellung von Datenpunkten; im Koordinatensystem näher zusammen liegende Datenpunkte bezeichnen größere Ähnlichkeiten, weiter entferntere geringere (BLASIUS 2001). Der Vorteil dieser Methode ist, dass man den gesamten Datensatz einer einzigen Analyse unterziehen kann, und nicht einzelne Arten herausgreift und einer mehr oder weniger geglückten Einschätzung und Gewichtung unterziehen muss. Die Schichtung der Lebensgemeinschaften in Wäldern, wie sie in den beiden vorhergehenden Beispielen deutlich geworden ist, legt eine getrennte Analyse der Käferdaten nach Waldstraten nahe. In die nachfolgende Analyse gehen einer-

seits Bodenfallenfänge der epigäisch aktiven Käfer ein. Weiterhin werden die Fänge der Käfer im Kronenraum in den untersuchten Beständen analysiert. Untersuchungen an Käfern in Baumkronen ergeben mit den verwendeten Fallen sehr gute Ergebnisse (BASSET et al. 1997; SCHUBERT 1998).

## Käfer der Bodenoberfläche

Die Käfer der Bodenoberfläche wurden für das Jahr 1999 ausgewertet. In einer Korrespondenzanalyse (Abb. 3) werden zunächst die beiden Untersuchungsgebiete Ottobeuren und Krumbach entlang der senkrechten Achse getrennt gruppiert (gestrichelte Linie). Diese Gruppierung ergibt sich aus der geographischen Lage der beiden Gebiete. Krumbach liegt etwa 35 km Luftlinie weiter nördlich und etwa 150 Höhenmeter tiefer als Ottobeuren. Die daraus resultierenden klimatischen



**Abb. 3:** Korrespondenzanalyse der Bodenkäferfänge (Summe aller Bodenfallen pro Bestand,  $n = 8$ ) des Fangjahres 1999 in Mittelschwaben, Standorte Krumbach und Ottobeuren; Fi = fichtendominierter Bestand; Fi/Bu = Fichte ca. 70 %, Buche ca. 30 %; Bu = buchendominiertes Laubholz; NWR = Naturwaldreservat

Unterschiede machen sich offensichtlich auch in den Käfergemeinschaften bemerkbar. Bedeutend interessanter ist aber die Reaktion der Käfer auf die Waldbestandstypen. Die Käfer der Bodenoberfläche bilden offensichtlich besonders den Bestandescharakter ab. In nadelbaumdominierten Beständen (Fi und Fi/Bu) sind offensichtlich ganz andere Käfergemeinschaften vorhanden als in Laubwaldbeständen (Ei/Bu bzw. Bu und NWR); in der Korrespondenzanalyse beider Standorte ist eine relativ breite Lücke entlang der waagrechten Achse zwischen beiden Bestandespaaren zu erkennen. Das Einbringen von Buchen in Fichtenbestände wirkt sich nur wenig auf die Käfergemeinschaft der Bodenoberfläche aus. Ganz offensichtlich dominieren die Fichten mit ihrer Deckung und Nadelstreu die Verhältnisse der Bodenoberfläche. Die bodenlebenden Käfer in den Naturwaldreservaten unterscheiden sich nur wenig zum benachbarten bewirtschafteten Laubwaldbestand.

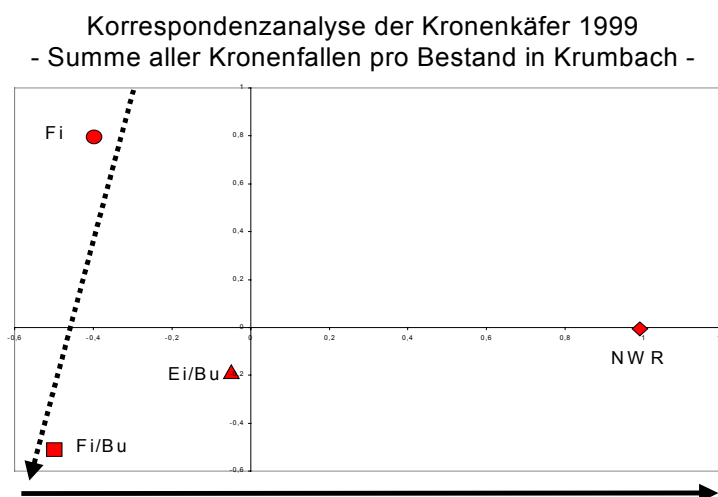
## Käfer des Kronenraumes

Die Käfer des Kronenraumes werden von der Bestandesstruktur beeinflusst (Abb. 4). In einer Korrespondenzanalyse werden die fichtengeprägten Bestände entlang der waagrechten Achse eher auf der linken Seite gruppiert (Abb. 4). Die Datenpunkte beider fichtendominierten Bestände liegen aber sehr viel weiter auseinander als bei den Bodenkäfern. Während sich das Einbringen von größeren Buchengruppen in der Struktur der Käfergemeinschaften der Bodenoberfläche nicht oder nur wenig niederschlägt (Abb. 3), reagieren die Käfergemeinschaften des Kronenraumes darauf. Die senkrechte Achse des Analyse-

Koordinatensystems repräsentiert diesen Unterschied zwischen der Fauna von stärker laubholzbeeinflussten Beständen

(unten) und stark von Fichten beeinflussten Beständen (oben). Der Datenpunkt des Fi/Bu-Bestandes liegt bezüglich dieser senkrechten Achse in der Gruppe der Laubwaldbestände (gestrichelter Pfeil). Auf den einzeln stehenden Buchen im fichtendominierten Bestand (Fi) wird also eine buchentypische Käferfauna durch die umstehenden Fichten unterdrückt; sie bringen für eine Veränderung der Struktur der Käferfauna in Richtung Laubwald fast nichts. Das Einbringen größerer Gruppen von Buchen, wie sie im Krumbacher Mischbestand vorhanden sind, macht sich, wenn auch nicht im gesamten Wald, so doch auf der Ebene der Kronenfauna bemerkbar.

Der bewirtschaftete Laubholzbestand und das Naturwaldreservat in Krumbach sind in ihrer faunistischen Ausstattung recht verschieden. Das NWR wird sehr weit entfernt von allen anderen Datenpunkten ganz am rechten Ende der waagrechten Achse platziert; die Lebensgemeinschaften der Kronenkäfer sind offensichtlich in den genutzten Laubwäldern einmal sehr verschieden von denen der fichtendominierten Bestände, zum zweiten zu den Käfergemeinschaften in den Naturwaldreservaten. Es steckt also auch hier, im Vergleich zur Analyse der Bodenkäfer, noch zusätzliche Information in den Daten der Kronenkäfer.



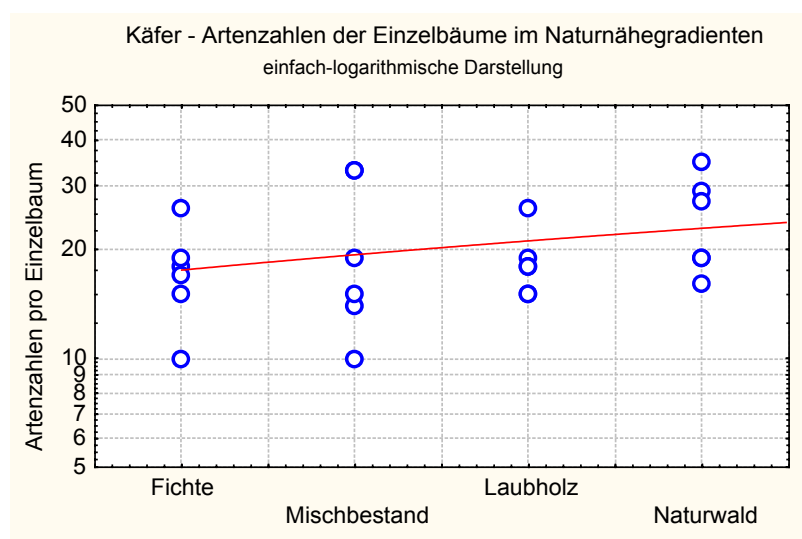
**Abb. 4:** Korrespondenzanalyse der Kronenkäferfänge des Jahres 1999, Summe aller Fallen ( $n = 9$ ) pro Bestand; Abkürzungen siehe Abbildung 3, Erläuterungen im Text

Ein Faktor, der sich grundlegend unterscheidet, ist die Akkumulation von Totholz, und ganz speziell stehendes bzw. Kronentotholz in den Naturwaldreservaten. Die waagrechte Achse (Pfeil in Abb. 4) kann, über die reine Zunahme an Laubholz hinaus, sehr gut mit der Zunahme an Totholz im Bestand in Zusammenhang gebracht werden. Die Anteile an stehendem und Kronen-Totholz in den genutzten Wäldern zu erhöhen würde die Struktur der Käfergemeinschaft sehr wahrscheinlich noch stärker in Richtung der Naturwaldreservate und damit in eine „naturnähere“ Situation verändern.

Die Ergebnisse der Korrespondenzanalyse, die vielleicht etwas schwer vorstellbar sind, können auch durch eine etwas leichter nachvollziehbare Darstellung unterstützt werden: Die Artenzahlen der Käfer, ebenfalls beispielhaft für Buchenkronen des Jahres 1999 dargestellt, erhöhen sich entlang des gedachten Gradienten und sind im Naturwaldreservat am höchsten (Abb. 5).

Im fichtendominierten Mittelschwaben wirken sich im Vergleich mit Hienheim ähnliche Faktoren auch ähnlich auf die Fauna aus. Die Daten aus Mittelschwaben ergeben aber auch, dass die Fichtendominanz sich nicht besonders positiv auf die Käferfauna auswirkt. Es fehlen, auch in den sonst artenreichen und mit naturschutzfachlich wertvollen Arten versehenen Alteichenbeständen, eben diese wertvollen Arten (ZELLER 2000; siehe auch SIMON et al. i.d.B.).

Nimmt man all diese Ergebnisse zusammen, so weisen sie vor allem auf Folgendes hin: Im Kronenraum ist vieles anders als in den bodennahen Straten. Die Lebensgemeinschaften in den Baumkronen erweitern das Bild eines Waldes deutlich. Während die Tiergemeinschaften im bodennahen Bereich stark von den Standortqualitäten geprägt werden, spiegelt die Fauna der Baumkronen den Einfluss der Baumarten und deren Mischung sowie des Alters der Bäume (Totholz in der Krone) wider.



**Abb. 5:** Artenzahlen der Käfer in Buchenkronen in den untersuchten Beständen in Ottobeuren und Krumbach; Fänge des Jahres 1999 (logarithmische Darstellung)

## Artenvielfalt und Genetik von Käfern in Eichenkronen

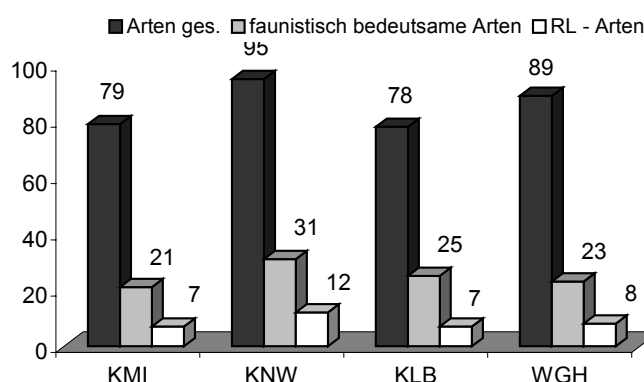
von UTE SIMON, AXEL GRUPPE, THORSTEN ZELLER,  
RALPH KÜHN, KAREN LIEPOLD und ULRICH SIMON<sup>8</sup>

Die Fauna auf Eichen, vor allem auf alten und totholzreichen, gilt als vergleichsweise artenreich und aus Sicht des Naturschutzes als besonders wertvoll (AMMER 1991, AMMER u. SCHUBERT 1999). In einem Projekt des Kuratoriums der LWF im Hienheimer Forst wurde die Fauna in Eichenkronen in einer Laubwaldumgebung untersucht (SCHUBERT 1998). In Eichenkronen des Naturwaldreservates Platte und des sehr alten Naturschutzgebietes Ludwigshain wurde eine Fülle von Käferarten nachgewiesen. Innerhalb dieser Arten gab es eine ganze Reihe Rote-Liste-Arten, die an hohe Totholzvorräte gebunden sind und daher in weniger totholzreichen Wirtschaftswäldern nicht gefunden werden (SCHUBERT 1998).

Im derzeit laufenden Projekt „Mittelschwaben“ werden ebenfalls Laubholzbestände mit einem relativ hohen Eichenanteil untersucht. Hier sind die Laubholzflächen, im Gegensatz zum Hienheimer Forst, als Habitatinseln (4 bis 8 ha Größe) in eine von Fichten dominierte Waldlandschaft eingestreut. Im Revier Ettenbeuren (Forstamt Krumbach) wurden in vier Beständen unterschiedlicher Struktur auf jeweils drei Eichen Fallen in den Kronen installiert. Zusätzlich wurden noch fünf Eichen, die weitgehend isoliert standen, untersucht. Die Leerung der Fallen erfolgte 1999 monatlich von Mai bis Oktober. Die Proben wurden in Ethanol überführt, im Labor sortiert und die Käfer bestimmt (*Curculionidae* und *Elateridae*: U. Simon, T. Zeller; übrige Familien: F. Köhler).

### Auswertung der Fallenfänge

Die Gesamtartenzahlen der gefundenen Käfer der untersuchten Bestände unterschieden sich nur geringfügig. Auch hinsichtlich der Rote-Liste-Arten und der faunistisch bedeutsamen Arten sind die Flächen ähnlich (Abb. 1). Auch die Gesamtartenzahlen in den einzelnen Baumkronen waren zwischen den Beständen nicht



**Abb. 1:** Anzahl der Käferarten in Eichenkronen mittelschwäbischer Naturwaldreservate (KNW, NWR Seeben) und Wirtschaftswälder (KMI, KLB, WGH); RL: Rote-Liste

<sup>8</sup> Dr. UTE SIMON und Dr. ULRICH SIMON waren wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM, THORSTEN ZELLER fertigte dort seine Diplomarbeit. Dr. AXEL GRUPPE und KAREN LIEPOLD, Lehrstuhl für Angewandte Zoologie; Dr. RALPH KÜHN, Wildbiologie und Wildtiermanagement Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TUM

signifikant verschieden voneinander. Im Naturwaldreservat Seeben (KNW) fanden sich die meisten Arten, in den bewirtschafteten Waldbeständen (KMI, KLB, WGH) waren etwas weniger Arten zu finden. In den Kronen der Hienheimer Eichen waren die Artenzahlen ähnlich hoch. Im Vergleich der beiden Standorte fehlen jedoch in Krumbach die Fülle der Rote-Liste-Arten und die große Anzahl an faunistisch bedeutsamen Arten. Anders als im Hienheimer Forst konnten keine Neu- oder Wiederfunde für Bayern festgestellt werden.

Aus den genannten Ergebnissen der faunistischen Erfassung in den Eichenkronen in Krumbach und in Hienheim lassen sich folgende Kernaussagen treffen:

- Die Gesamtartenzahlen der Käfer in Eichenkronen in Hienheim und Mittelschwaben sind nicht signifikant unterschiedlich.
- Inmitten der fichtendominierten Waldlandschaft (Mittelschwaben) fehlen aber die „Spitzen“ der bedeutsamen Arten im Vergleich zu Eichen in laubholzdominierten Beständen (Hienheimer Forst).
- Die ähnlichen Artenzahlen in den Krumbacher Beständen legen aus faunistischer Sicht die Vermutung nahe, dass diese Eichenbestände nahe genug zusammenliegen um einen Austausch der eichenspezifischen Fauna zu gewährleisten.
- Auf der Ebene der Waldlandschaft sind die Eichenbestände in Mittelschwaben isoliert.

### **Populationsgenetische Untersuchungen**

Neben der faunistischen Diversität ist für die naturschutzfachliche Diskussion die Frage nach der Überlebensfähigkeit einer Tierpopulation in einer Habitatinsel von großer Bedeutung. Das Überleben einer Art in einer Habitatinsel ist immer dann gefährdet, wenn kein Austausch zu anderen Populationen besteht bzw. wenn die Population klein ist. Diese Überlegungen führten zu der Forderung von Seiten des Naturschutzes, Habitate oder Schutzgebiete zu vernetzen (JEDICKE 1990). Wie eine sinnvolle Vernetzung allerdings aussieht, ist von Tierart zu Tierart verschieden; flugfähige Insekten sind in der Lage, ungeeignete Flächen zwischen geeigneten Habitatinseln zu überwinden (etwa einen Fluss oder eine asphaltierte Straße), was weniger mobilen Arten nahezu unmöglich ist. So konnte gezeigt werden, dass Populationen des Kleinen Scheckenfalters (*Melitaea didyma*) im Raum Hammelburg, deren Habitate durch Bergrücken getrennt sind, weitgehend isoliert sind, obwohl aus Freilandfunden bekannt ist, dass einzelne Tiere weitere Strecken zurücklegen können (VEITH et al. 1999). Auch zwischen Populationen des Buchdruckers (*Ips typographus*), die am Fuß bzw. in Gipfelnähe eines Berghanges leben, findet nur ein sehr geringer Genfluss statt, obwohl die Käfer physisch in der Lage wären, diese Entfernungen im Flug zu überwinden (GRUPPE 1997).

Wenn auf einer Habitatinsel (z. B. eine Laubbaumgruppe in ausgedehnten Fichtenforsten oder in der Feldflur) eine Insektenart gefunden wird, stellt sich die Frage, wie diese Art dorthin gekommen ist. Zwei Möglichkeiten sind denkbar:

1. Die Art ist so mobil, dass sie aus einem anderen Gebiet zugewandert ist. In diesem Fall wird die Baumgruppe vielleicht nicht ständig besiedelt, aber es ist jederzeit mit einer erneuten Zuwanderung zu rechnen.
2. Es kann sich um ein Reliktvorkommen handeln, das bei der Veränderung der Bestockung der ursprünglich zusammenhängenden Waldfläche übrig geblieben ist und das jetzt keinen Austausch zu anderen Vorkommen mehr hat. Mit dem Aussterben der isolierten Restpopulation muss gerechnet werden und eine erneute Besiedlung ist nicht anzunehmen

Um diese Fragestellung beantworten zu können, sollte im Forschungsprojekt „Mittelschwaben“ u. a. untersucht werden, ob

- ein genetischer Austausch zwischen Populationen auf inselartig eingestreuten Eichenbeständen eines Standortes stattfindet,
- die genetische Distanz mit der räumlichen Distanz der Populationen zunimmt und
- in welchem Umfang Wanderungen zwischen den Populationen erfolgt sind.

Für diesen Forschungsansatz wurde die **Rüsselkäferart** *Curculio glandium* ausgewählt, deren Larven sich in Eicheln entwickeln. Für die genetischen Untersuchungen wurden an sieben Standorten im Raum Krumbach und Ottobeuren im Herbst 2000 Eicheln gesammelt. Die darin befindlichen Larven schlüpften im Labor, wo sie regelmäßig abgesammelt und bis zur Untersuchung bei  $-20^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt wurden.

Mit drei verschiedenen Methoden werden Merkmale des Erbmaterials oder der Enzymausstattung sichtbar gemacht. Durch den Vergleich der Ausprägung dieser Merkmale in verschiedenen Populationen kann beurteilt werden, ob

1. ein Faunenaustausch wirklich gegeben ist,
2. ob er die Variabilität des Genpools gewährleisten kann,
3. in welchem Umfang er zu einer Mischung des Genpools beiträgt und
4. ob es eine Korrelation zwischen der genetischen und der räumlichen Distanz der *Curculio*-Populationen gibt.

Die erzielten Ergebnisse können auf andere mobile Arten übertragen werden, denen es möglich ist, ähnliche oder größere Distanzen wie *Curculio* zu überwinden.

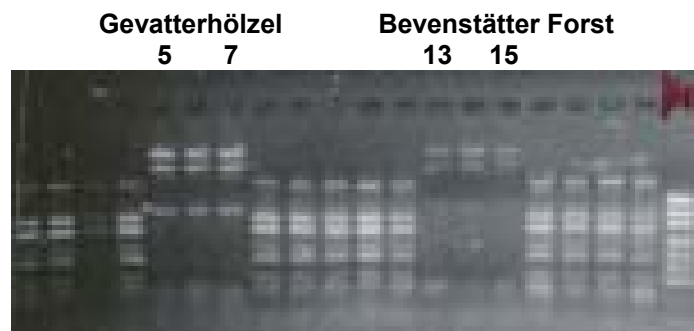
Für die Forstpraxis können Empfehlungen ausgesprochen werden, wie groß eine Eicheneinstreuung in einem Fichtenforst sein sollte und wie weit einzelne Gruppen voneinander entfernt sein dürfen, damit es noch zu einem Austausch zwischen Insektenpopulationen kommt.

### **Restriktionsfragment-Längenpolymorphismen (RFLP)**

Bei den RFLP handelt es sich um lokal auftretende Veränderungen der DNA, die in einem Agarsegel sichtbar gemacht werden. Sie sind das Ergebnis von Sequenzveränderungen. Diese Polymorphismen sind immer dann zu verzeichnen, wenn durch Veränderungen eine Erkennungsstelle für die Restriktionsendonuklease fehlt und dies zum Verschwinden einer Schnittstelle (d. h. einer Bande) führt. So entstehen charakteristische Muster anhand derer man die Populationen

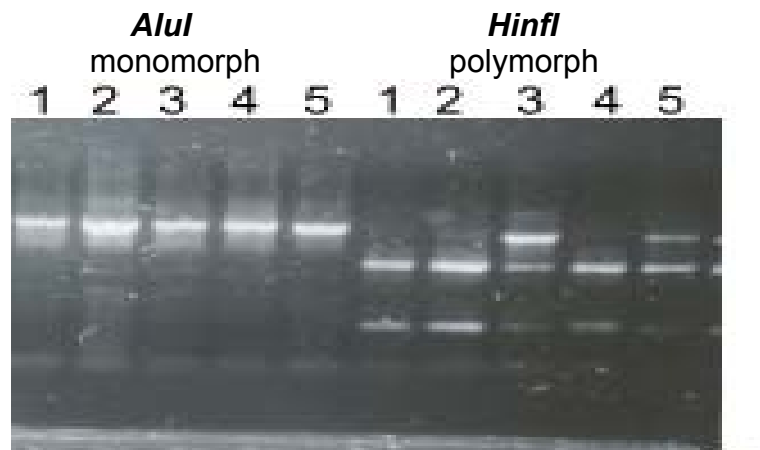
trennen kann. Für unsere Untersuchungen erfolgte die DNA-Extraktion nach dem Protokoll von SAMBROCK et al. (1989).

Bei den *Curculio*-Populationen der sieben Standorte wurden drei DNA Sequenzen auf der mitochondrialen (COI, COII, COI forw/COII rev) und zwei auf der nukleären Ebene (ITSI, ITSII) untersucht. Jede dieser Sequenzen wurde mit 21 Restriktionsenzymen geschnitten, wobei drei aussagekräftige Abschnitte gefunden wurden. Es entstanden unterschiedliche Bandenmuster, anhand derer die Populationen unterschieden werden können. In Abbildung 2 ist beispielhaft die COI/COII-Region, geschnitten mit den Enzymen MspI, AluI und RsaI, dargestellt. Die Proben 5 bis 7 (Gevatterhölzel) und 13 bis 15 (Bevenstätter Forst) unterscheiden sich von den Proben der übrigen Standorte.



**Abb. 2:** COI/COII Region geschnitten mit den Enzymen MspI, AluI und RsaI

Abbildung 3 zeigt die nukleäre Sequenz ITSII geschnitten mit den Enzymen AluI und HinfI. Bei AluI ergibt sich für die Tiere aus fünf unterschiedlichen Populationen keine Variation (monomorph). Demgegenüber entstehen mit HinfI unterschiedliche Bandenmuster (polymorph). Um eine Aussage über die genetische Variation innerhalb und zwischen unterschiedlichen Populationen machen zu können, werden von jeder Population 30 Individuen untersucht.



**Abb. 3:** ITSII Region geschnitten mit den Enzymen AluI und HinfI

### Entwicklung von Mikrosatelliten

Mikrosatelliten sind repetitive Tandem-Sequenzen (1-5 bp) auf der DNA mit einer Länge von bis zu 200 bp. In den letzten Jahren haben sie sich in der Populationsgenetik als aussagekräftige nukleäre Marker erwiesen. Bisher sind für Rüsselkäfer keine Mikrosatelliten bekannt. Aus diesem Grund mussten geeignete Marker entwickelt, d. h. auf dem Genom lokalisiert werden.

Dazu wurde die Methode von ESTOUP u. TURGEON (1996) und KÜHN (1998) verwendet. Es konnten bisher 17 positive Klone (=DNA-Sequenzen, die Mikrosatelliten enthalten können) gefunden

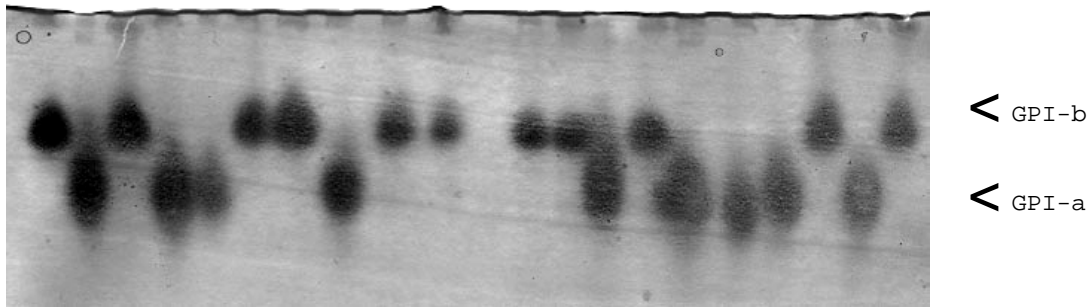
werden, die sequenziert wurden. Vier der positiven Klone wiesen die gleiche Sequenz auf (MS31, MS72, MS85, MS97). Zehn Klone konnten mit für sie spezifischen Primern in einer PCR vervielfältigt werden. Alle gefundenen Mikrosatelliten wurden mit drei Tieren aus jeder Population getestet (Acrylamidgelelektrophorese und Silbernitratfärbung), wobei sich vier als polymorph erwiesen. Diese wurden für die Analyse der Populationsstruktur und den Populationsvergleich verwendet. Hierzu wurden jeweils 30 Individuen von den sieben Standorten untersucht.

### ***Allozym-Untersuchungen***

Das Erbgut kodiert Informationen über die Zusammensetzung der Proteine in einem Lebewesen. Diese Proteine haben im Organismus meist die Funktion von Enzymen, das heißt, sie katalysieren Stoffwechselprozesse. Da im Erbgut natürlicherweise Mutationen auftreten, gibt es meist mehrere Enzyme, die, Allozyme genannt, eine bestimmte Funktion erfüllen. Allozym-Untersuchungen dienen so zur Analyse der genetischen Struktur von Populationen und lassen Aussagen zur Diversität, zur genetischen Isolation und zur Überlebensfähigkeit von Arten oder Populationen zu.

Zur Untersuchung der Allozym-Muster bedient man sich meist der Stärke-Gel-Elektrophorese (MURPHY et al. 1990). Man erhält so charakteristische Bandenmuster für einzelne Tiere und kann Aussagen über die Frequenz der Allozyme in einer Population machen. Besteht zwischen zwei Populationen intensiver Austausch, so unterscheiden sich die Allozymfrequenzen zwischen diesen Populationen nicht. Findet jedoch kein Austausch statt oder ist dieser stark eingeschränkt, so unterscheiden sich die Frequenzen und man kann aus der Größe der Unterschiede auf die Dauer der Trennung und die Zahl der Tiere schließen, die in jeder Generation zuwandern. Da sich die Allozyme verschiedener Tier- und Pflanzenarten in ihrer Struktur und damit in ihrem Verhalten im Elektrophoresegele unterscheiden, muss zu Beginn einer jeden Untersuchung die Technik für die zu untersuchende Art optimiert werden. Dies wurde für Larven des Eichenrüsslers *Curculio glandium* getan. In Vorversuchen wurde die Trennung von 48 Enzymsystemen unter 12 verschiedenen Trennbedingungen getestet. Dabei ergaben sich bei 16 Enzymsystemen auswertbare Bandenmuster.

Abbildung 4 zeigt Allozyme der Glucose-6-Phosphat-Isomerase (GPI) von 20 einzelnen Larven des Eichenrüsslers aus Krumbach. Deutlich zu erkennen sind zwei unterschiedliche Isozymbanden. Solche Bandenmuster entstehen bei jedem der untersuchten 16 Enzymsysteme. Über ihre Summe lassen sich einzelne Populationen charakterisieren und genetisch differenzieren.



**Abb. 4:** Allozyme der Glucose-6-Phosphat-Isomerase (GPI) von 20 einzelnen Larven des Eichenrüsslers *Curculio glandium* aus Krumbach

### Ausblick

Mit den oben geschilderten Verfahren sind die Grundlagen geschaffen worden, um die genetische Diversität eines typischen Eichenbewohners, stellvertretend für viele andere Organismen, beurteilen zu können.

Zur Zeit werden verschiedene Populationen des Eichenrüsslers *Curculio glandium* von den sieben Standorten aus Mittelschwaben und zusätzlich aus dem Raum Freising untersucht. Um eine statistisch abgesicherte Aussage treffen zu können, werden von jeder Population mindestens 120 Tiere analysiert.

Das Überleben von auf Eichen spezialisierten Arten ist in der mittelschwäbischen Fichtenwandschaft nur gewährleistet, wenn ausreichende genetische Variabilität vorhanden und Austausch zwischen Populationen möglich ist. Hinweise auf die Überlebensfähigkeit von Populationen in Waldkomplexen können vor allem aus populationsgenetischen Untersuchungen abgeleitet werden.

## Fremdländische Baumarten – Fremdkörper oder Chance in unseren Wäldern?

von MARTIN GOSSNER<sup>9</sup>

Unter den neophytischen Baumarten gibt es eine Reihe sehr schnellwüchsiger Arten, die deshalb von großem ökonomischen Interesse sind. So ist z. B. die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) beim Einzelbaumwachstum auf den nährstoffreichen Lößstandorten Mittelschwabens der Fichte überlegen (KÖLBEL i.d.B.). Es stellt sich jedoch die Frage, inwiefern der Anbau dieser Baumarten auch mit naturschutzfachlichen Zielsetzungen vereinbart werden kann, wie beispielsweise dem Erhalt einer hohen faunistischen Diversität in unseren Wäldern (siehe z. B. BÜRGER-ARNDT 2000; KAISER u. PURPS 1991). Für eine Beurteilung fehlte bisher noch die nötige Datengrundlage, vor allem zur Fauna der Baumkronen, die in Bezug auf die spezialisierten Pflanzenfresser gerade für diese Fragestellung eine entscheidende Rolle spielt. Deshalb werden im Rahmen des Verbundprojektes „Mittelschwaben“ die Kronen-Arthropoden-Gemeinschaften der beiden neophytischen Baumarten Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) und Amerikanische Roteiche (*Quercus rubra*) untersucht. Um eine Einordnung der Ergebnisse zu ermöglichen geschieht dies im Vergleich zu den beiden einheimischen Baumarten Fichte (*Picea abies*) und Stieleiche (*Quercus robur*).

Allgemein wird angenommen, dass Neophyten sogenannte „ökologische Wüsten“ darstellen, also von der einheimischen Fauna nicht genutzt werden, oder aber zumindest eine artenarme Fauna aufweisen, da sich eine angepasste Fauna noch nicht vollständig entwickeln konnte (ASHBOURNE u. PUTMAN 1987). Dies hätte zur Folge, dass vor allem die spezialisierten Arten fehlen (für krautige Pflanzen siehe z. B. KLIPFEL u. TSCHARNTKE 1997; FRENZEL u. BRANDL 1997; FRENZEL et al. 2000; SCHMITZ 1995).

### Untersuchungsgebiete

Die Fauna von Stieleiche und Roteiche wurde sowohl in Reinbeständen (FEI, FRE; Forstamt Freising) als auch in einem Mischbestand (KLB; Forstamt Krumbach) beprobt. Fichte und Douglasie wurden in drei Bestandstypen untersucht: Douglasienbestand in Fichtenumgebung, Fichtenmischbestand und Laubholzmischbestand (Mittelschwaben).

In jedem Bestandestyp wurden jeweils sechs Bäume der zu vergleichenden Baumarten mit Hilfe von Kronen-Luftklektoren befangen. Die Fallen blieben über die Vegetationsperiode von März bis November fängig und wurden monatlich geleert. Es werden die Ergebnisse des Jahres 2000 vorgestellt.

---

<sup>9</sup> MARTIN GOSSNER ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz in der TUM in Freising.

## Ergebnisse Roteiche

### *Individuen- und Artenzahlen*

Die Fangdaten der Roteiche zeigen, dass der Kronenraum zwar keine so genannte „ökologische Wüste“ darstellt, die Fangzahlen jedoch deutlich unter denen der Stieleiche liegen (Tab. 1). Dies gilt sowohl für die Gesamtanzahl gefangener Arthropoden als auch für die Käfer, bei denen die alleinige Betrachtung der an Laubholz gebundenen Arten diese Unterschiede noch verstärkt. Auch die Ergebnisse bei den Wanzen zeigen in dieselbe Richtung. Mit Ausnahme der Wanzen ist der Unterschied dabei beim Vergleich der Reinbestände deutlicher, was eine ausgleichende Wirkung des Mischlaubholzes zeigt.

**Tab. 1:** Anzahl gefangener Individuen auf Stieleiche und Roteiche im Reinbestand und in Mischung mit Buche (Mischbestand); bei signifikanten Unterschieden zwischen den Baumarten ist der höhere Wert hervorgehoben

INDIVIDUEN	Reinbestand		Mischbestand	
	Stieleiche	Roteiche	Stieleiche	Roteiche
<b>Arthropoden gesamt</b>	24916	9289	19133	16255
davon <b>Käfer</b>	<b>1564</b>	858	1221	1174
davon Laubholz-Arten	<b>884</b>	155	411	262
davon <b>Wanzen</b>	<b>507</b>	407	347	213

Aber nicht nur die Aktivitätsdichte, auch der Artenreichtum ist auf der Roteiche deutlich niedriger als auf der Stieleiche (Tab. 2). Dies gilt sowohl für die Käfer als auch für die Wanzen.

**Tab. 2:** Anzahl gefangener Arten auf Stieleiche und Roteiche im Reinbestand und in Mischung mit Buche (Mischbestand); bei signifikanten Unterschieden zwischen den Baumarten ist der höhere Wert hervorgehoben

ARTEN	Reinbestand		Mischbestand	
	Stieleiche	Roteiche	Stieleiche	Roteiche
<b>Käfer gesamt</b>	<b>177</b>	146	169	142
davon Laubholz-Arten	<b>65</b>	49	<b>75</b>	59
<b>Wanzen</b>	<b>39</b>	24	<b>30</b>	13

### Nahrungsgilden und Spezialisten-Generalisten

Eine Analyse der Nahrungsgildenstruktur der Käfergemeinschaften zeigt, dass die Unterschiede hauptsächlich auf die Pflanzenfresser zurückzuführen sind (Tab. 3). Die Anzahl gefangener Individuen als auch Arten unterscheidet sich bei allen anderen Nahrungsgilden nicht signifikant zwischen den Baumarten. Der Übersicht wegen sind in Tabelle 3 nur die Individuenzahlen zweier Gilden (Pflanzenfresser, Fleischfresser) dargestellt

**Tab. 3:** Anzahl gefangener Individuen der Pflanzen- und Fleischfresser auf Stieleiche und Roteiche; bei signifikanten Unterschieden zwischen den Baumarten ist der höhere Wert hervorgehoben

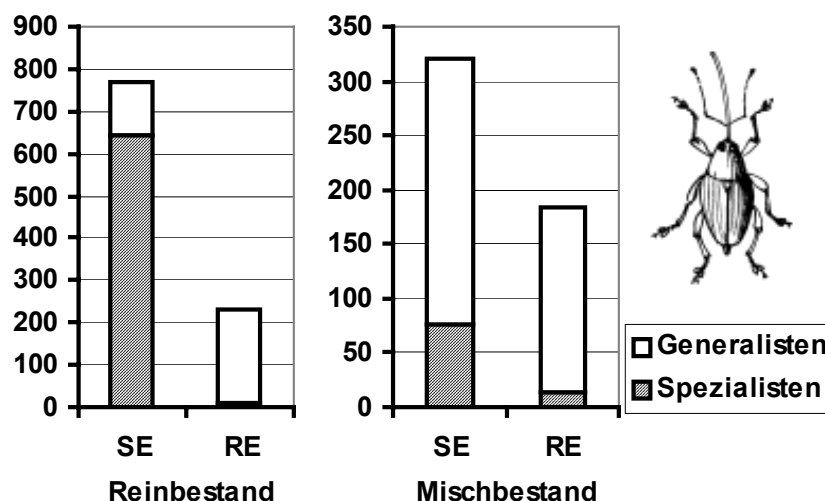
NAHRUNGSGILDE	Reinbestand		Mischbestand	
	Stieleiche	Roteiche	Stieleiche	Roteiche
Pflanzenfresser	<b>769</b>	229	<b>321</b>	184
Fleischfresser	512	404	343	264

Eine genauere Analyse der Pflanzenfresser macht deutlich, dass die Eichenspezialisten auf der Roteiche fast völlig fehlen, während die Generalisten auf beiden Baumarten häufig sind (Abb. 1).

Beigemischte Buchen

wirken vermutlich als Katalysator für die Generalisten und verwischen die Unterschiede.

Somit bestätigen sich bei der Roteiche im Prinzip die Erwartungen (mit Ausnahme der „ökologischen Wüste“). Werfen wir jedoch einen Blick auf die Ergebnisse des Vergleichs von Douglasie mit Fichte so lassen sich ganz andere Auswirkungen aufzeigen.



**Abb. 1:** Eichenspezialisten bzw. -generalisten: Vergleich der Anzahl gefangener Käfer (Pflanzenfresser) auf Stieleiche (SE) und Roteiche (RE), die Unterschiede bei den Eichenspezialisten sind zwischen den beiden Baumarten hochsignifikant ( $p < 0,01$ ).

## Ergebnisse Douglasie

### Individuen und Artenzahlen

Bei der Douglasie handelt es sich um keine so genannte „ökologische Wüste“. Die Aktivitätsdichten der Arthropoden sind bei der Gesamtanzahl gefangener Arthropoden und bei den Wanzen sogar höher als auf der Fichte (Tab. 4). Auch bei diesem Vergleich zeigt sich die ausgleichende Wirkung des Mischlaubholzes.

**Tab. 4:** Anzahl gefangener Individuen auf Fichte und Douglasie in Beständen mit überwiegend Douglasie, Fichte und Laubholz; bei signifikanten Unterschieden zwischen den Baumarten ist der höhere Wert hervorgehoben.

INDIVIDUEN	Douglasienbestand		Fichtenbestand		Laubholzbestand	
	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie
Arthropoden gesamt	5187	<b>12667</b>	10999	<b>17567</b>	7463	11597
davon Käfer	558	642	450	510	709	669
davon Koniferen-Arten	72	74	79	62	68	68
davon Wanzen	74	<b>478</b>	59	<b>114</b>	60	98

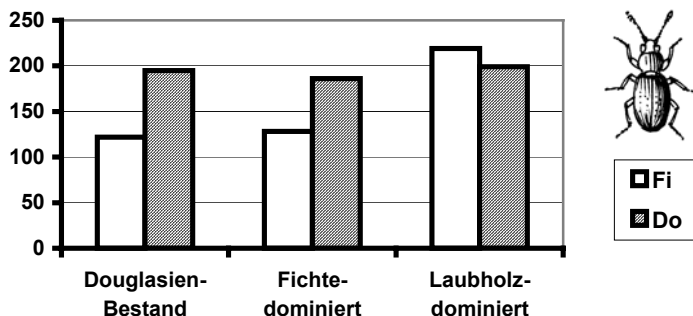
Bei den Artenzahlen lassen sich weder bei den Käfern noch bei den Wanzen signifikante Unterschiede zwischen Douglasie und Fichte feststellen (Tab. 5).

**Tab. 5:** Anzahl gefangener Arten auf Fichte und Douglasie, es lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Baumarten feststellen.

ARTEN	Douglasienbestand		Fichtenbestand		Laubholzbestand	
	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie
Käfer	78	84	65	79	76	98
davon Koniferen-Arten	30	29	29	25	28	32
Wanzen	13	18	13	14	16	15

### Nahrungsgilden sowie Spezialisten und Generalisten

Während sich die reinen Artenzahlen zwischen Fichte und Douglasie kaum unterscheiden, lässt sich ein deutlicher Unterschied in der Zusammensetzung der Nahrungsgilden erkennen. So ist die Anzahl an Schimmelpilzfressern auf der Douglasie deutlich höher als auf der Fichte (Abb. 2). Bei den anderen Nahrungsgilden zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Baumarten. Unter dem Einfluss des Laubholzes gleicht sich die Zusammensetzung auf den beiden Baumarten im laubholzdominierten Bestandstyp an.



**Abb. 2:** Schimmelpilzfresser: Vergleich der Anzahl gefangener Käfer zwischen Fichte (weiß) und Douglasie (schraffiert), die Unterschiede sind nur im Douglasienbestand und im fichtendominierten Bestand signifikant ( $p < 0,05$ ).

Pflanzenfresser machen weder bei Spezialisten noch bei Generalisten deutliche Unterschiede zwischen Douglasie und Fichte (Tab. 6).

**Tab. 6:** Koniferenspezialisten und Generalisten, Anzahl gefangener Individuen auf Fichte und Douglasie. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Baumarten feststellen.

ARTEN	Douglasienbestand		Fichtenbestand		Laubholzbestand	
	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie	Fichte	Douglasie
<b>Koniferen-Spezialisten</b>	46	38	41	38	20	19
<b>Generalisten</b>	127	111	75	73	185	206

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Auswirkungen des Anbaus von Neophyten auf die Fauna bei verschiedenen Baumarten sehr unterschiedlich sein können. Dies macht eine differenzierte Betrachtung notwendig. Die **Roteiche** spielt aufgrund der schlechteren Holzeigenschaften und einem damit verbundenen geringeren Marktwert gegenüber der Stieleiche (NAKE u. WAGENFÜHR 1991; STRATMANN u. WARTH 1987) in der Waldbauplanung ohnehin keine entscheidende Rolle. Auf Grundlage dieser Ergebnisse ist die Roteiche aber auch aus faunistisch-ökologischer Sicht für die forstliche Praxis nicht zu empfehlen. Die **Douglasie** hingegen ist aus waldbaulicher Sicht höchst interessant (siehe z. B. HALDENWANG et al. 2001; LÜPKE 2001; OTTO 1993). Aus faunistisch-ökologischer Sicht scheint eine angemessene Einmischung der Douglasie auf Grundlage dieser Ergebnisse durchaus vertretbar.

## **Douglasienbestände entziehen überwinternden Vogelarten die Nahrungsgrundlage**

von MARTIN GOSSNER und HANS UTSCHICK<sup>10</sup>

In Nadelwäldern stellen Fichten sowohl im Sommer als auch im Winter eine wichtige Nahrungsquelle für zahlreiche insektivore Vogelarten dar. Aufgrund hoher Arthropodendichten (v. a. Spinnen) sind Fichtenkronen besonders während der nahrungsknappen Wintermonate für Vögel von großer Bedeutung (GUNNARSSON 1983, 1985, 1995, 1996; HAGVAR u. HAGVAR 1975; JANS-SON u. BRÖMSEN 1981).

Inwieweit sich der Anbau von fremdländischen Baumarten wie der Douglasie auf die Vogelfauna auswirkt, wurde bisher kaum untersucht. Bei den wenigen verfügbaren Erhebungen fällt die Beurteilung sehr widersprüchlich aus. So wird sowohl von deutlich geringeren (MÜLLER et al. 1994; AMMER et al. 2002) wie auch von höheren Vogeldichten (NICK 1987) in Douglasienbeständen berichtet (siehe auch BÜRGER-ARNDT 2000; SCHERZINGER 1996). Eine geringere Vogeldichte in Neophyten-Reinbeständen wird meist auf eine geringere Arthropodendichte als potenzielle Nahrungsquelle zurückgeführt (MÜLLER et al. 1994; KOLB 1996). Mit Ausnahme der Arbeit von KOLB (1996), der die Raupenkotmengen bestimmte, beschränkten sich zumindest die Arthropodenuntersuchungen aber auf den Stammraum. Der Winteraspekt wurde nicht berücksichtigt.

Ziel unserer Untersuchung ist es, die Bedeutung von Douglasienbeständen für die Vogelfauna stratenübergreifend einzuordnen. Dabei werden sowohl der Sommeraspekt als auch der Winteraspekt analysiert. Es wird versucht, auftretende Muster durch Unterschiede in der Nahrungsverfügbarkeit von Arthropoden zu erklären.

### **Methodik**

Die Vogelfauna wurde 1999/2000 in zehn Testbeständen (je zwei Naturwaldreservate, Laubholzbestände, Fichten-Buchenbestände, Fichten-Reinbestände, ein Fichten-Douglasienbestand und ein Douglasienreinbestand) im Bereich der Forstämter Krumbach und Ottobeuren und im Privatwald des Fürsten Esterhazy bei Edelstetten erfasst. Dabei wurde neben der Aufnahme von Aktivitätsdichten auch die Stratennutzung an verschiedenen Baumarten untersucht. Die Aufnahme fand sowohl im Sommer als auch im Winter statt.

Die Arthropodenfauna wurde durch Klopfproben im oberen Kronendrittel von zwei Fichten und zwei Douglasien aufgenommen. Dabei wurden jeweils zehn Äste pro Baum beprobt. Hier werden

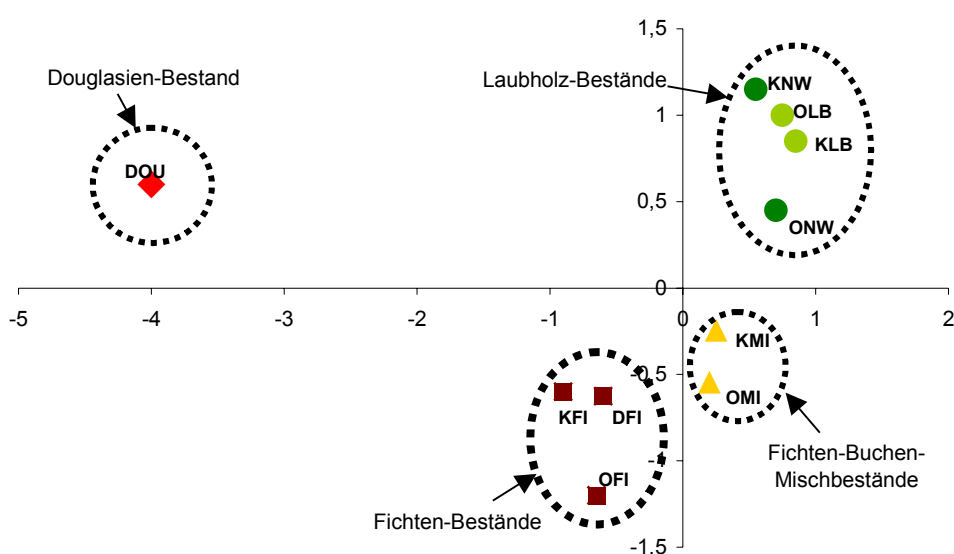
---

<sup>10</sup> MARTIN GOSSNER und Dr. HANS UTSCHICK sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM in Freising.

zunächst die Ergebnisse aus den Monaten Januar und Juni 2001 für den Douglasienreinbestand vorgestellt. In dieser ersten Auswertung werden nur die Spinnen betrachtet.

## Aktivitätsdichten von Vögeln

Zwar unterscheiden sich die Aktivitätsdichten der Vogelzönosen in Douglasienbeständen von denen der anderen Untersuchungsbestände auch im Sommer. Zu einer deutlichen Gruppierung nach „Bestandstypen“ kommt es aber vor allem im Winter. So werden bei einer multidimensionalen Skalierung Laubholzbestände, Mischbestände und Fichtenbestände jeweils zusammen gruppiert. Der Douglasienbestand liegt weit abseits (Abb. 1).



**Abb. 1:** Multidimensionale Skalierung der Vogelaktivität in verschiedenen Waldbeständen (Naturwaldreservate: KNW, ONW; Laubholzbestände: KLB, OLB; Fichtenbestände: KFI, OFI, DFI; Fichten-Buchen-Mischbestände: KMI, OMI, Douglasienbestand: DOU), je näher die Punkte zueinander liegen, desto ähnlicher sind die Vogelzönosen der Bestände.

## Stratennutzung durch Vögel

Im Sommer werden sowohl der Stammraum als auch die Krone von Fichten und Douglasien genutzt, wobei die Aktivitätsdichten in der Douglasienkrone geringer sind (Abb. 2). Im Winter hingegen ist die Douglasienkrone vogelfrei, die Vogelaktivitäten (v. a. Kleiber) beschränken sich auf den Stammraum. Bei der Fichte werden sowohl Stamm als auch Kronenraum intensiv genutzt (Abb. 2). Die verschiedenen Bereiche der Fichtenkrone werden in ähnlicher Weise genutzt wie im Sommer.

## Arthropodendichte - oberes Kronendrittel

Arthropoden zeigen im Sommer sowohl auf der Fichte als auch auf der Douglasie hohe Dichten, wobei z. B. die Spinnendichte auf der Fichte höher ist als auf der Douglasie. Das Nahrungsangebot für insektivore Vögel ist in den Kronen beider Baumarten groß. Im Winter gehen die Arthropodendichten, v. a. der Spinnen (als wichtige Nahrungsquelle für Vögel im Winter) auf der Douglasie gegen Null, während die Kronen der Fichten noch in vergleichsweise hohem Maß genutzt werden (Abb. 3). Somit fehlt den Vögeln im Winter auf Douglasien die Nahrungsgrundlage.

## Konsequenzen

Die Auswirkungen des von Seiten der Forstwirtschaft geförderten Anbaus von Douglasien muss aus faunistisch-ökologischer Sicht sehr differenziert betrachtet werden. Während die Auswirkungen auf die Kronen-Arthropodenfauna im Sommer eher subtil sind (GOBNER u. AMMER 2001; GOBNER u. SIMON 2002; GOBNER i.d.B.), scheinen die Konsequenzen im Winter drastisch zu sein.

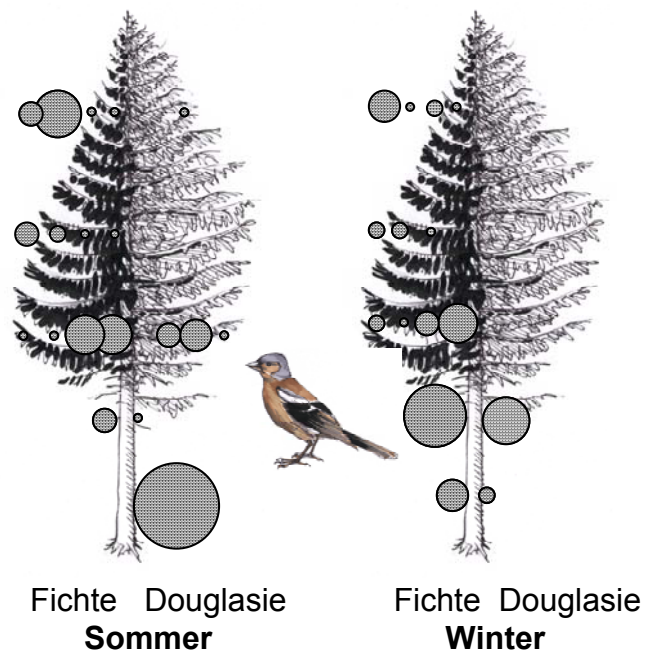


Abb. 2: Stratennutzung (Stammabschnitte, Innen- und Außenkronen) an Fichte und Douglasie durch Vögel (Sommer- und Winteraspekt), die Größe der Kreise ist ein Maß für die Intensität der Aktivitäten.

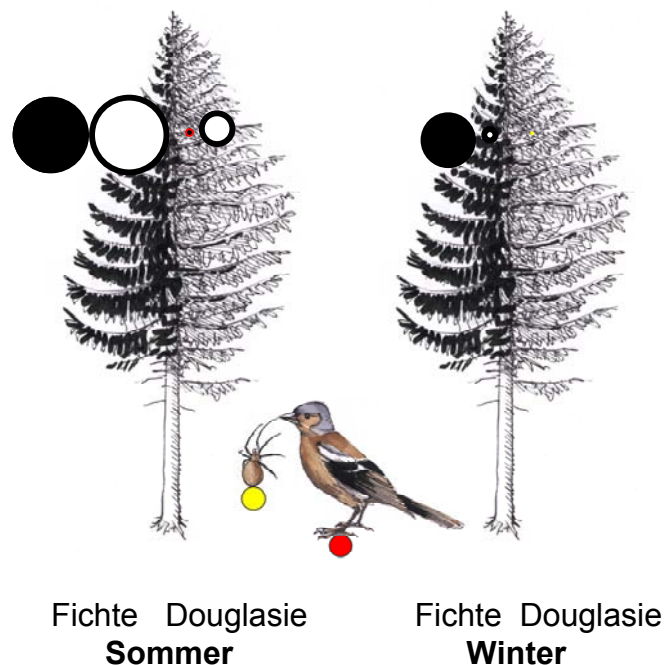


Abb. 3: Vogelaktivitäten (dunkel) und Spinnendichte (hell) im oberen Kronendrittel von Fichte und Douglasie, die Größe der Kreise ist ein Maß für die Intensität der Vogel-Aktivitäten (dunkel) bzw. Spinnendichten (hell).

Fichtenkronen weisen im Winter hohe Arthropodendichten (v. a. Spinnen) auf und bieten somit für überwinternde Vogelarten eine wichtige Nahrungsquelle (GUNNARSSON 1983, 1985, 1995, 1996; HAGVAR u. HAGVAR 1975; JANSSON u. BRÖMSEN 1981). Nach diesen vorläufigen Ergebnissen sind Douglasienkronen in dieser Jahreszeit jedoch kein Nahrungsspender. Es ist zu befürchten, dass ein hoher Anteil von Douglasien in unseren Wirtschaftswäldern die Nahrungssuche für überwinternde Vögel extrem erschweren würde. Aus faunistisch-ökologischer und integrierter Sicht (z. B. Vögel als Schädlingsantagonisten) wäre dies nicht vertretbar. Überregionale und intensiviertere Studien sind dringend erforderlich, um eine Übertragbarkeit dieser Ergebnisse zu testen.

## **Vögel, Schnecken, Pilze - Ergebnisse für Naturschutz-Lobbyisten**

von HANS UTSCHICK<sup>11</sup>

Vögel, Schnecken und Pilze sehen einen Wald aufgrund stark unterschiedlicher Lebensweisen und Mobilitätsmuster aus sehr verschiedenen Blickwinkeln, und ihre Freunde im Naturschutz auch. Dies wurde in Mittelschwaben entlang eines Naturnähegradienten vom Douglasienbestand über Fichten-, Misch- und Laubwald bis zum Naturwaldreservat auf Bestandsniveau vergleichend analysiert (AMMER et al. 2002), durch Untersuchungen auf unterschiedlichen Waldsystemebenen (Waldlandschaft, Bestand, Teilfläche, Einzelbaum, Stratum etc.) ergänzt und mit Ergebnissen aus einem Vorläuferprojekt in der Fränkischen Alb bei Hienheim (AMMER u. DETSCH 1999; DETSCH 1999) verschnitten.

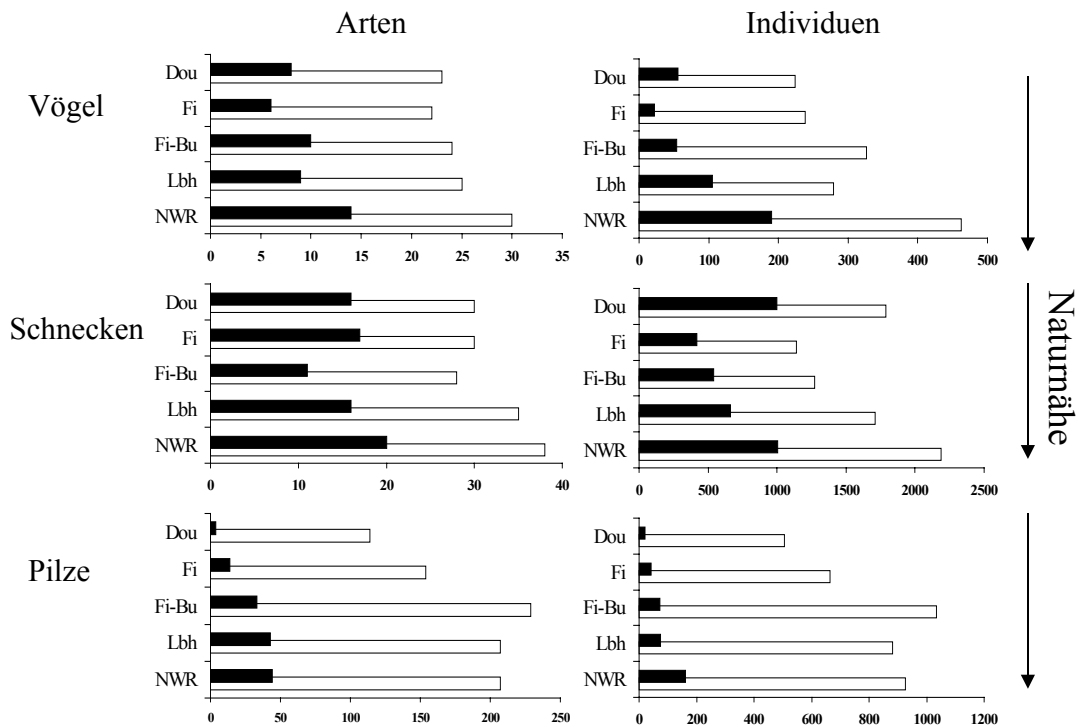
Ziel der Studien ist es, für diese naturschutzfachlichen Zielgruppen über Vergleiche der wertbestimmenden Zönoseparameter wie Biodiversität, Naturnäheindikation, Seltenheit, Gefährdung, Flächenanspruch, Habitatverbund etc. Naturschutzstrategien abzuleiten, die Naturschutz und Forstpraxis einen optimalen Schutz der drei Gruppen ermöglichen, und dies auf verschiedenen Planungsebenen wie Raumordnung von Waldfunktionen, Baumartenwahl in der Forsteinrichtung oder waldbauliche Behandlung von Einzelbeständen.

### **Biodiversität, Naturnäheindikation und Gefährdung**

Vergleicht man die Biodiversität der Zielgruppen im obigen Naturnähegradienten zunächst anhand der Artenzahlen (Abb. 1), so steigt in Mittelschwaben der Artenreichtum bei den Vögeln und Schnecken vom Neophytenbestand bis zum Naturwaldreservat an, wobei bei den Schnecken schon bewirtschaftete Laubwälder, bei den Vögeln erst Reservate relativ artenreich sind. Bei den Pilzen unterscheiden sich Naturwaldreservate kaum von bewirtschafteten Laubwäldern, während Mischwälder besonders artenreich zu sein scheinen. Nimmt man die Abundanzverteilungen (Individuensummen) hinzu (Abb. 1), so ändert sich bei den Pilzen gegenüber dem Artenreichtum wenig, während Schnecken mit zunehmender Naturnähe (Fichtenbestand bis Naturwaldreservat) deutlich häufiger werden und Vögel erst in Naturwaldreservaten wirklich hohe Dichten aufbauen. Bei besonders vorteilhaften Standortseigenschaften besiedeln allerdings Schnecken auch Douglasienwälder in vergleichsweise hohen Zahlen. Bei den Pilzen ist darauf hinzuweisen, dass in den Mischbeständen die Dichten wie auch die Artenzahlen in ungünstigen Pilzjahren stark absinken, in Laubwäldern dagegen nicht (UTSCHICK i.d.B.).

---

<sup>11</sup> Dr. HANS UTSCHICK ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TUM in Freising.



**Abb. 1:** Arten- und Individuenreichtum (weiß) sowie Naturschutzpotentiale (schwarz; Naturnähezeiger und seltene/gefährdete Arten) in mittelschwäbischen Waldbeständen unterschiedlicher Naturnähe (je 2 Douglasien-, Fichten-, Fichten-Buchen-, Laubholzbestände und Naturwaldreservate)

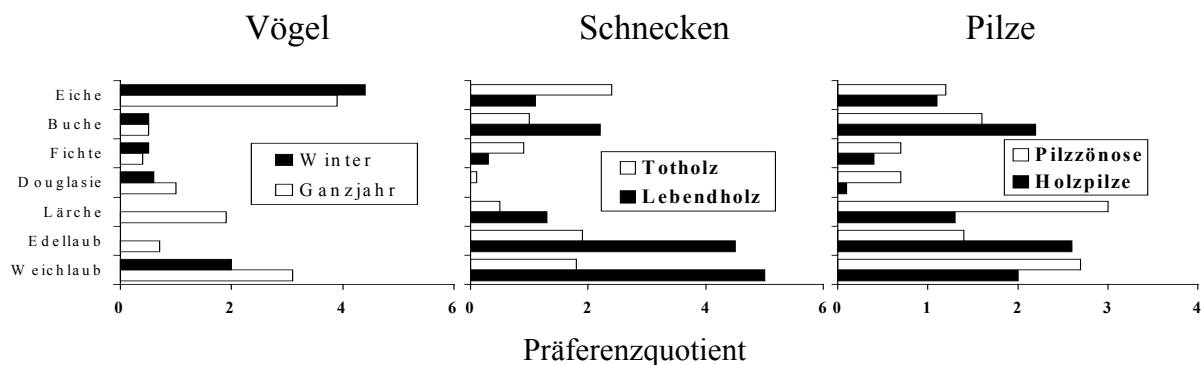
Entscheidender als Artenreichtum und Abundanz ist aber der Anteil naturschutzfachlich besonders wertvoller Arten, die meist nach ihrer Indikation für naturnahe Wälder (Naturnähezeiger) sowie ihren Gefährdungspotentialen (regionale Seltenheit, Rote Listen etc.) definiert werden (Naturschutzpotentiale; vgl. Abb. 1). Beim Artenreichtum ähnelt das Verteilungsmuster im Naturnähegradienten bei den wertvollen Arten in allen Gruppen stark dem des Gesamtartenspektrums. Dies ist darauf zurückzuführen, dass schon viele anspruchsvolle, auf naturnahe Habitate angewiesene Tierarten aus der mittelschwäbischen Fichtenwaldlandschaft verschwunden sind. Die scheinbar stark unterschiedlichen Naturschutzpotentiale in den drei Gruppen dürfen allerdings nicht direkt gegeneinander verrechnet werden, da diese je nach Sensibilität der wertsetzenden Expertenlobby sehr unterschiedlich ausfallen (vgl. z. B. Beurteilung der Naturnäheindikation in HELFER 1997 oder Anteile gefährdeter Arten in Roten Listen in FALKNER 1990). Innerhalb des Wald-Naturnähegradienten verändern sich aber diese Wertsetzungen nicht.

Nimmt man auch bezüglich der Naturschutzpotentiale den Reichtum an Individuen hinzu (Abb. 1), so bleibt nur bei den Schnecken das Verhältnis zwischen naturschutzfachlich wertvollen und insgesamt nachgewiesenen Arten erhalten, während bei den Vögeln die Bedeutung reiner Laubwaldbestände jetzt erheblich deutlicher aufscheint und bei den Pilzen ebenfalls die zentrale Bedeutung von Reservatsflächen massiv betont wird.

Wenn die unterschiedlichen Flächenansprüche dieser drei verschiedenen mobilen Gruppen mit berücksichtigt werden, dann müsste man nach den Ergebnissen in Abbildung 1 für Vögel in der mittelschwäbischen Fichtenwaldlandschaft große, möglichst reine Laubwaldbestände mit vielen starken Bäumen und Totholz anstreben, wie sie für Naturwaldreservate typisch sind. Für Pilzfreunde wären dagegen schon kleinteilig organisierte, reife Mischwälder interessant. Die Schneckenansprüche liegen bei starker Laubwaldorientierung irgendwo dazwischen.

## Baumartenpräferenzen

Eine weitere interessante Frage ist, welche Baumarten die drei Gruppen bevorzugen. In Abbildung 2 werden daher die Präferenzen für Eiche, Buche, Fichte, Douglasie, Lärche, Edellaub- und Weichlaubholz verglichen. Wirtschaftlich relevant sind derzeit in Mittelschwaben vor allem die ersten drei Baumarten.



**Abb. 2:** Baumartenpräferenzen von Vögeln, Schnecken und Pilzen in Mittelschwaben bei unterschiedlichen saison-, straten- oder gildenspezifischen Aspekten. Der Präferenzquotient vergleicht die relative Häufigkeit der Zielgruppen an den verschiedenen Baumarten (Vogelnachweise aus Fouragieranalysen, Schneckenzahlen aus Baumabsammlungen, Partner- oder Wirtsbaumarten aus Fundortanalysen von Pilzen) mit der relativen Häufigkeit dieser Baumarten in den Testbeständen.

Ganzjährig gesehen ist bei den Vögeln die Eiche der klar bevorzugte Baum, gefolgt vom Weichlaubholz. Schnecken bevorzugen bei lebenden Bäumen eindeutig Edel- und Weichlaubholz. In aus diesen Baumarten gebildeten Wäldern sind zwar schon aufgrund der dafür typischen Standorte (feucht, basisch, humusreich) reichhaltige Schneckenzönosen zu erwarten (vgl. z. B. RÜETSCHI 1999). In Mittelschwaben wurde jedoch nur auf Normalstandorten stockendes, in Eichen-, Buchen- oder Fichtenwäldern eingemischtes Edel- und Weichlaubholz untersucht, so dass diese Präferenzen wohl allgemein gelten. Von den forstlich in Mittelschwaben relevanten Baumarten wird von den Schnecken nur die Buche bevorzugt (lebender Fellersatz). Auch für Holzpilze, einer naturschutzfachlich besonders wichtigen Pilzgilde, ist neben Weich- und Edellaubhölzern die Buche besonders attraktiv.

Nimmt man bei diesen Gruppen weitere Aspekte hinzu, z. B. bei den Vögeln den Winteraspekt, so wird die Eiche in dieser kritischen Jahreszeit für Waldvögel noch wichtiger. Bei Schnecken ist diese Baumart aufgrund ihrer langen Verrottungszeiten vor allem im Totholzaspekt (starke, liegende Stämme) beliebt. Für ganze Pilzzönosen, also unter Hinzunahme auch der Bodenpilze, scheinen vor allem Weichlaubholz bzw. für eher ubiquitäre Arten auch einzeln eingestreute Lärchen sehr attraktiv zu sein. Allen Gruppen in allen Aspekten gemeinsam ist eine sehr geringe Präferenz für Fichte und Douglasie.

Berücksichtigt man, dass in Mittelschwaben außerhalb der Flusstäler und Bachauen Edel- und Weichlaubholz aus forstwirtschaftlichen Gründen allenfalls als Beimischung von Bedeutung sein dürfte, dann werden Vogelfreunde vor allem hohe Eichen- und Pilzfreunde hohe Buchenanteile fordern, und die Schneckenfreunde wissen nur, dass sie keine Fichten und Douglasien wollen.

### Konsequenzen für die Waldbehandlung

Was bedeutet dies nun für die Ableitung naturschutzfachlicher Strategien? Hierzu ist zunächst darauf hinzuweisen, dass sich der Grundkonflikt zwischen den Lobbies der drei Zielgruppen auf mehreren Ebenen auswirkt (Abb. 3): auf der Ebene von Waldlandschaften wie etwa bei der Konzipierung von Kernflächensets des Naturschutzes (Reservatssysteme mit bewirtschafteten, großen, totholzreichen Laubholzbeständen als Brücken, Trittsteine etc.), auf Einzelbestandsniveau




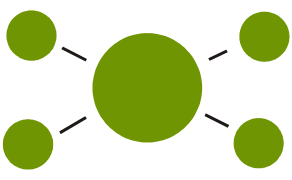
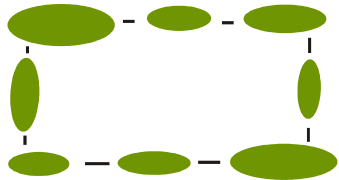
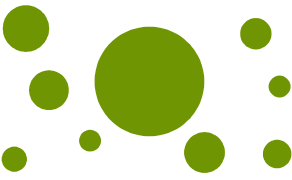
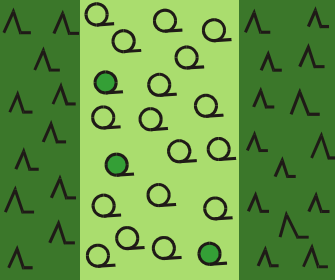
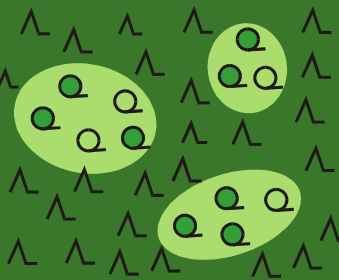
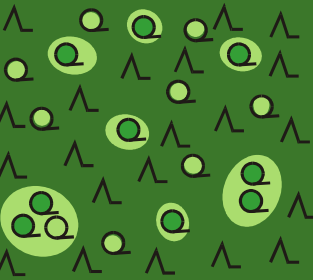
Zielgruppe	Vögel 	Schnecken 	Pilze 
Waldlandschaft:			
Einzelbestand:	<b>Vor allem Eiche</b> (Hainbuche, Schwarzerle) <b>Reinbestände</b>	<b>Vor allem Buche/Eiche</b> ( Ahorn, Esche, Erle, Birke) <b>große Laubholzgruppen</b>	<b>Vor allem Buche</b> ( Ahorn, Esche, Erle, Birke) <b>variable Laubholzgruppen</b>
Waldbestandsaufbau (Baumarten, Mischung)			

Abb. 3: Naturschutzstrategien für verschiedene Waldbewohnergruppen

(z. B. bei waldbaulichen Zielsetzungen, Maßnahmen usw.) und auf der Ebene von Baumart und Stratum (Baumartenwahl, Anforderungen an Totholzqualitäten etc.).

Bei Vögeln ist in Mittelschwaben eine Naturschutzstrategie besonders zielführend, die möglichst große, in die Fichtenwälder eingebettete, reine Laubholzbestände vorsieht, die mit Naturwaldreservaten als Zentrum netzförmig miteinander verbunden sind (Abb. 3). Vor allem eine Begründung eichenreicher Bestände, z. B. auf sturmwurfgefährdeten Pseudogleystandorten, würde dem sehr entgegenkommen.

Bei Schnecken wirken sich dagegen meist schon große Laubholzgruppen positiv aus, wobei solche Bestände der geringen Mobilität von Schnecken wegen relativ intensiv ketten- oder ringförmig mit laubholzreicheren Beständen und Naturwaldreservaten verbunden werden müssen (auch z. B. über Waldränder). Dafür können die Einzelflächen erheblich kleiner sein als bei den Vögeln.

Bei Pilzen bringen dann auch Einzelmischungen von Nadelbaumarten vor allem mit Buche naturschutzfachlichen Gewinn, wobei variable Mischungsstrukturen am vorteilhaftesten sind. Für den Naturschutz besonders wichtige Arten sind aber auch hier nur in reservatsähnlichen Flächen zu sichern, die wegen der starken regionalen Spezifizierung von Pilzzönosen schrotschussartig über die Waldlandschaft verteilt werden sollten. Gebietssysteme dieser Art skizziert z. B. das Referenzflächenmodell der FSC-Zertifizierung, was aber nicht bedeutet, dass dieses Modell einer vergleichbaren, dynamischen Forsteinrichtungsplanung mit ihren erheblich flexibleren Lösungen überlegen ist.

Konflikte zwischen den verschiedenen „Artenschutzparteien“ sind damit vorprogrammiert, und die arme Forstwirtschaft steht dazwischen. Damit sich Vogel-, Schnecken- und Pilzlobbies unter Einbeziehung von Pflanzen-, Insekten- oder sonstigen Freunden arrangieren können, ohne dass dabei die Waldökonomie unter die Räder kommt, ist eine anspruchsvolle, regionsspezifische, integrative Planung angesagt. Für die mittelschwäbische Fichtenwaldlandschaft skizziert AMMER (i.d.B.) Ansätze hierzu.

**Vergleichende waldökologische Untersuchungen in  
Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern  
unterschiedlicher Naturnähe in Mittelschwaben  
- Schlussfolgerungen für die forstliche Praxis -**

von ULRICH AMMER<sup>12</sup>

Aus den vorstehenden Berichten dieses Heftes, die nur einen kleinen Ausschnitt aus der Fülle der im Rahmen der waldökologischen Forschungen gesammelten Erkenntnisse darstellen, wird einmal mehr deutlich, wie komplex das Ökosystem Wald ist und wie schwierig, um nicht zu sagen gefährlich, einfache Formeln und Verallgemeinerungen sein können. Allein die unterschiedlichen Verhältnisse am Waldboden, im Stammraum und in der Krone, dem „oberen lichten Waldrand“, müssen Anlass zur Bescheidenheit sein, wenn generelle Aussagen verlangt werden. Und doch muss die Forstpraxis tagtäglich Entscheidungen treffen, die die Quadratur des Kreises aller ökonomischen, ökologischen und gesellschaftspolitischen Anforderungen und Wünsche leisten soll.

In dieser Situation ist es wenig hilfreich, unter Hinweis auf die große Vielfalt, die unterschiedlichen Anforderungen der faunistischen Artengruppen (soweit wir sie überhaupt kennen) und ihre mögliche Reaktion auf forstwirtschaftliche Eingriffe auf verallgemeinernde Aussagen überhaupt zu verzichten. Von daher nehme ich den Mut, einige Empfehlungen zu formulieren, die Entscheidungshilfen für das Bemühen sein können, ökonomische Ziele mit einem hohen Maß an naturschutzfachlicher Orientierung zu verbinden.

Da ist zunächst die Forderung, dass Wald – wie alle anderen Ressourcen – in erster Linie genutzt werden soll, nachhaltig versteht sich. Dies ist schon deswegen notwendig, weil über eine Nutzung unserer Wälder (von der zur Verfügungstellung des nachwachsenden Rohstoffes Holz abgesehen) eine klimarelevante Einsparung von CO<sub>2</sub> erreichbar ist, die in Bayern nach BURSCHEL u. WEBER (2001) immerhin in der Größenordnung von rund einem Sechstel der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen liegt.

Diese Verpflichtung einer nachhaltigen Holzproduktion gilt insbesondere für ein Gebiet wie Mitteleuropa, das weltweit mit über die besten Wachstumsbedingungen für Waldbäume verfügt. Die Frage ist, ob diese Nutzung so gestaltet werden kann, dass neben der Gesunderhaltung des Bodens auch das walddtypische Arteninventar in hoher Vielfalt erhalten bzw. gefördert werden kann. Das wäre Nachhaltigkeit im umfassenden Sinne.

---

<sup>12</sup> Prof. Dr. ULRICH AMMER leitete den Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz in Freising.

Dafür gibt es einige Grundüberlegungen:

- will man Holz erzeugen, dann macht es Sinn, die Produktion dort zu forcieren – was häufig höhere Nadelholzanteile nahelegt – wo gut gepufferte, nährstoffreiche Standorte und ausreichende Niederschläge dies begünstigen und
- auf anderen, extrem schwachen oder empfindlichen Standorten **besonders naturnah** (im Sinne der PNV), bodenverbessernd (mit Baumarten wie Eiche, Esche, Bergahorn) oder in Ausnahmefällen auch gar nicht zu wirtschaften.

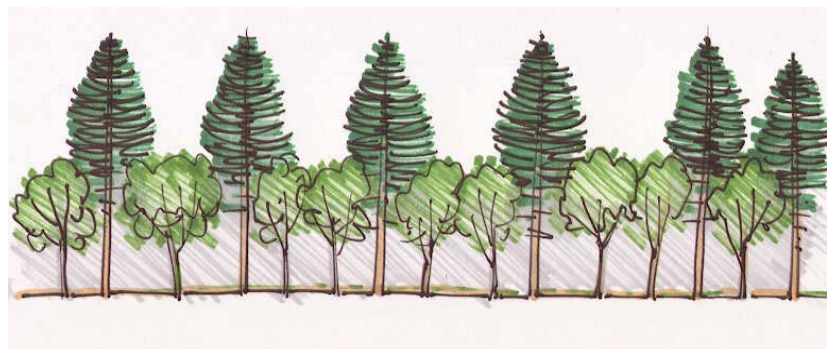
Denn:

- marginale oder Sonderstandorte sind von Natur aus relativ selten und beherbergen zumeist ein typisches und wegen ihrer Seltenheit wertvolles Arteninventar;
- demgegenüber sind hochproduktive Standorte meist elastischer; auf ihnen können Einseitigkeiten in der Baumartenwahl durch waldbauliche Maßnahmen (Vertikalstruktur, Überhälter) abgeschwächt und Artenvielfalt durch Beimischung von Baumarten (wie Eiche, Lärche, Linde) gefördert werden.

Dies schließt nicht aus, dass es im Bereich „mittlerer Standorte“ auch Bestandestypen gibt, die - wie z. B. reine Buchenwälder – relativ artenarm, gleichwohl aber naturnah sind. Diese sind mittlerweile relativ selten und deshalb im Sinne der FFH-Richtlinie schutzwürdig geworden. Eine naturnahe bzw. naturgemäße, auf die Baumart Buche abgestellte Wirtschaftsweise wird diesen Standorten am besten gerecht.

Im Zusammenhang mit der Produktivität wird immer wieder die Frage gestellt, ob es unter Artenschutz-Aspekten vertretbar sei, auf entsprechenden Standorten auch die leistungsstarke **Douglasie** in die waldbaulichen Überlegungen einzubeziehen. Auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse in Mittelschwaben, nach denen die Douglasie hinsichtlich Arten- und Individuenzahlen nicht schlechter abschneidet als die Fichte, bestehen dagegen keine Bedenken; jedenfalls dann, wenn dies mit Blick auf generelle Risiken beim Anbau von Fremdländern (Schädlinge, Einseitigkeiten in der Artenzusammensetzung) in bemessenem Umfang (bis max. 10 % der regionalen Baumartenverteilung) geschieht. Vor allem in Laubholz(Buchen)-grundbestände eingebracht (Abb. 1) – wofür es in

Bayern sehr schöne Beispiele gibt -, lässt sich die hohe Massen- und Wertleistung der Douglasie mit einem befriedigenden Maß an ökologischer Leistungsfähigkeit verbinden. Dies gilt so nicht für die Gastbaumart **Roteiche**. Sie ist – glücklicherweise – ökonomisch weniger



**Abb. 1:** Auf geeigneten Standorten kann der Anbau der Douglasie, vor allem wenn sie in einen Grundbestand aus Buche eingebracht wird, auch aus der Sicht der Artenvielfalt vertreten werden.

interessant. Unabhängig davon muss sie als eine Baumart eingestuft werden, deren Anbau einen dramatischen Verlust der Arten- und Individuenzahlen – jedenfalls im Vergleich zur einheimischen Eiche – nach sich zieht. Dies trifft insbesondere für Reinbestände zu.

Der schon von KARL GAYER (1886) engagiert vertretene **Mischwaldgedanke** hat nichts an Aktualität verloren. Im Gegenteil: zu den forstwirtschaftlich-waldbaulichen Vorteilen kommen naturschutzfachliche hinzu: fast durchweg weisen Mischbestände höhere Arten- und Individuenzahlen auf als Reinbestände. Im Zusammenhang mit der Mischung sind vor allem drei Fragen wichtig:

- welche Baumarten sollen beigemischt werden?
- in welchem Umfang (Flächenanteile) und
- in welcher Form
  - einzeln
  - gruppen/horstweise oder
  - bestandsweise

soll die Mischung erfolgen?

Natürlich richtet sich die **Baumartenwahl** in erster Linie nach dem Standort und nach dem Wirtschaftsziel. Daraus ergibt sich, wie nahe man an der PNV bleiben kann. Je weiter man sich davon entfernen muss, um so wichtiger wird es sein, Mischbaumarten zu beteiligen, die gesamtökologisch viele Vorteile bieten wie zum Beispiel:

- die Eiche (Hainbuche),
- der Bergahorn und die Esche,
- die Buche,
- die Lärche,
- und die Weichlaubhölzer.

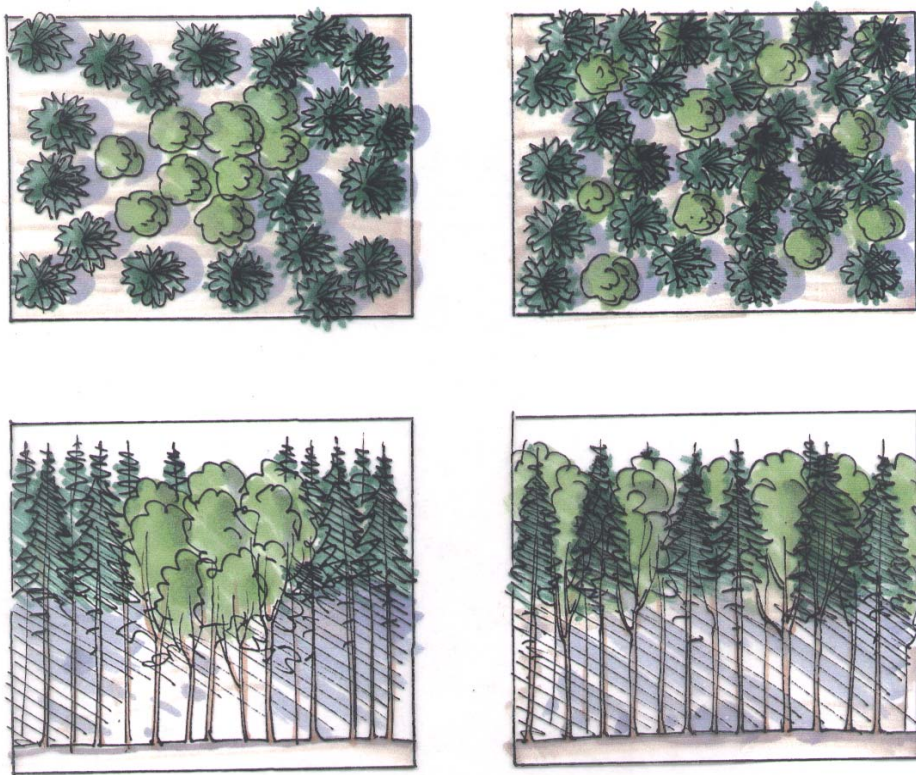
Für die **Eiche** ist ihr überragender Beitrag zur Biodiversität mehrfach nachgewiesen (z. B. AMMER u. SCHUBERT 1999; DETSCH 1999) und dies gilt offensichtlich selbst dann, wenn – wie in Mittelschwaben – Eichenbestände oder Eichengruppen bzw. Einzeleichen wenig oder gar nicht miteinander vernetzt sind (ZELLER 2000). Unabhängig davon konnte SIMON (i.d.B.) zeigen, wie wichtig Vernetzungsstrukturen für die Erhaltung der genetischen Vielfalt im Ökosystem Wald sind.

**Bergahorn und Esche** zeichnen sich vor allem durch ihre bodenverbessernde Wirkung u. a. als Folge ihrer günstigen Streu aus (vgl. auch HEITZ 1998; ENGEL u. AMMER 2001). Die **Lärche** ist als Lichtbaumart für viele licht- und wärmeliebenden Arten im Kronenbereich sehr hilfreich (SCHUBERT 1998) und die **Weichlaubhölzer** sind beliebte Höhlenbäume und tragen mit ihrem frühen Ausscheiden aus dem Bestandesleben zur Ansammlung leicht zersetzbaren Totholzes bei.

Für die **Flächenanteile der Mischbaumarten** und in Abhängigkeit davon **für die Mischungsform** lassen sich aus den von uns ermittelten faunistischen, vegetations- und waldkundlichen Daten in zwei großen Waldgebieten, dem Hienheimer Forst (überwiegend Laubholz) und dem mittelschwäbischen Raum um Ottobeuren, Krumbach und Biburg (mit überwiegend Nadelholz) mit aller Vorsicht folgende Feststellungen treffen:

Um in Nadelwäldern die Vorteile bzw. Wirkungen einer Laubholzbeimischung auch waldökologisch spürbar werden zu lassen, sind bei **Einzelmischung** relativ hohe Laubholzanteile (deutlich über 30 %, wahrscheinlich um 50 %) notwendig. Das bedeutet, dass es bei Bestockungszielen, die z. B. 70 Fichte, 30 Laubholz vorsehen, gesamtökologisch günstiger ist, das Laubholz auf **Gruppen, nicht unter 0,1 ha oder noch besser auf Horste von 0,2 bis 0,3 ha Größe**, zu beschränken (Abb. 2). Dies gilt, wie MATTHES (1998) nachgewiesen hat, auch für den Umbau reiner Fichtenbestände.

Eine andere gleichfalls effiziente Strategie kann sein, in großen Nadelwaldgebieten immer wieder auch **reine Laubwaldbestände** (von z. B. 2 bis 10 ha Größe) zu begründen bzw. zu erhalten, die als Spenderflächen Bedeutung haben und die z. B. über laubholzreiche Waldinnenränder, Alleen



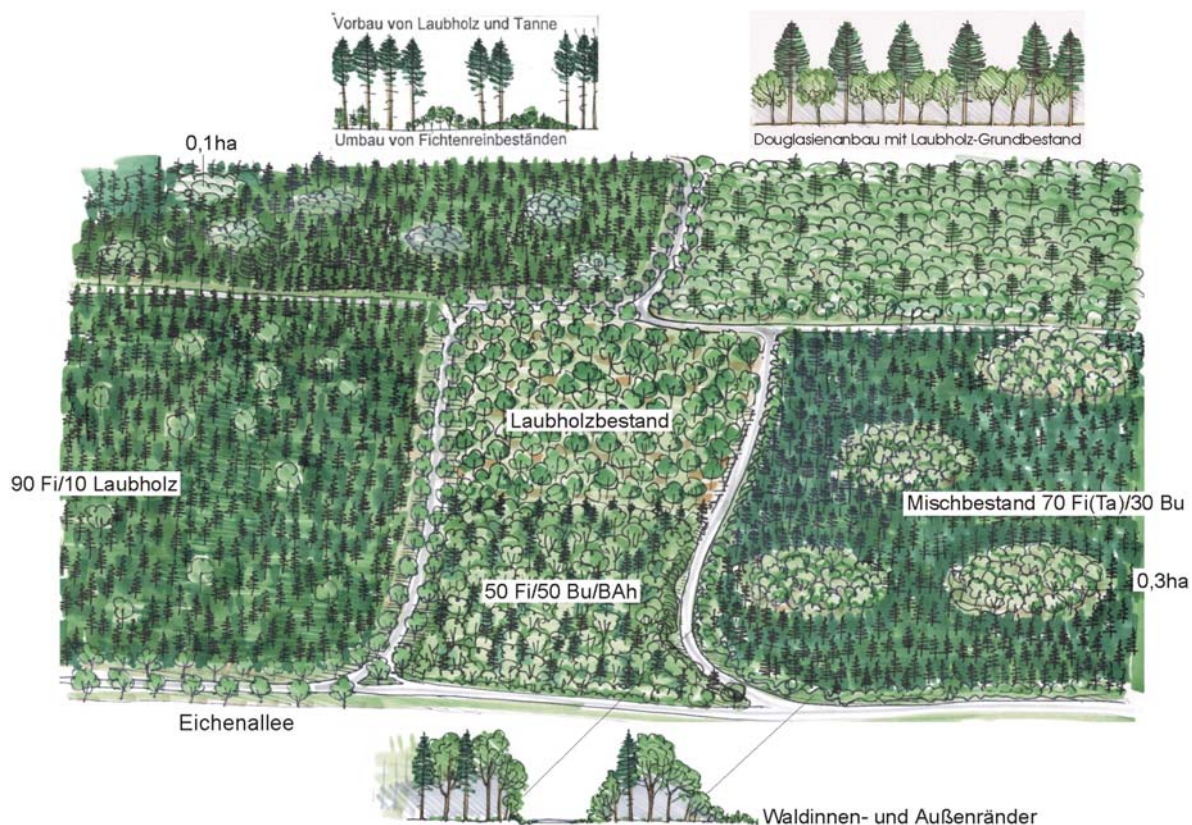
**Abb. 2:** Bei geringer Laubholzbeimischung ( $\leq 30\%$ ) ist in Nadelholzbeständen eine gruppen- bis truppweise Einbringung des Laubholzes für die Fauna günstiger als eine Einzelmischung.

oder Laubholzüberhälter vernetzt werden können. Dazwischen sind dann auf geeigneten Standorten – wie die avifaunistischen Aufnahmen belegen – durchaus auch einmal Nadelholzbestände mit geringen Mischungsanteilen, die ja keine ökologischen Wüsten darstellen, vertretbar.

Geht man davon aus, dass in Anpassung an die jeweiligen Standortverhältnisse alle Formen der Mischung wahrgenommen werden und dass dabei gesamtökologisch bzw. faunistisch bedeutsame Baumarten wie die Eiche, der Bergahorn, die Esche, die Buche oder die Weichlaubhölzer, letztere wenigstens zeitlich begrenzt, Beachtung finden und zu einem System verknüpft werden,

wie dies beispielhaft in Abbildung 3 dargestellt ist, dann kann auch in hochproduktiven, nadelholzreichen Gebieten ein beachtliches Maß an ökologischer Vielfalt erreicht werden.

Dennoch bleibt - zumindest im Blick auf Totholzspezialisten - ein gewisses Defizit, was u. a. deutlich wird, wenn Laubholzmischbestände mit ähnlich zusammengesetzten Naturwaldreservaten verglichen werden; und – wie wir aus den Kelheimer Untersuchungen wissen – diese Differenz nimmt mit der Dauer der Entlassung aus der Nutzung zu: die seit über 90 Jahren ungenutzte



**Abb. 3:** Entwurf eines Leitbildes für die Gestaltung der Mischung und der Bestandesstrukturen in nadelholzdominierten, hochproduktiven Wuchsräumen: im Zentrum reines Laubholz als Spender – und Auffangfläche; angrenzend unterschiedlich gemischte Nadelholzbestände, von der Einzelmischung (50 Nadelholz, 50 Laubholz) über trupp/horstweise eingebrachtes Laubholz, Fichtenumbau (mit Laubbaumgruppen von 0,1 ha Größe) bis zur Douglasie über Buche bzw. zu Fichtenbeständen mit nur geringer Laubholzbeimischung. Wichtig ist die Vernetzung der Bestände untereinander durch Waldaußen- und Waldinnenränder bzw. über Alleen, wobei die Eiche eine besondere Rolle spielen sollte.

Untersuchungsfläche „Ludwigshain“ weist bei **totholzabhängigen Arten** die höchste Diversität auf.

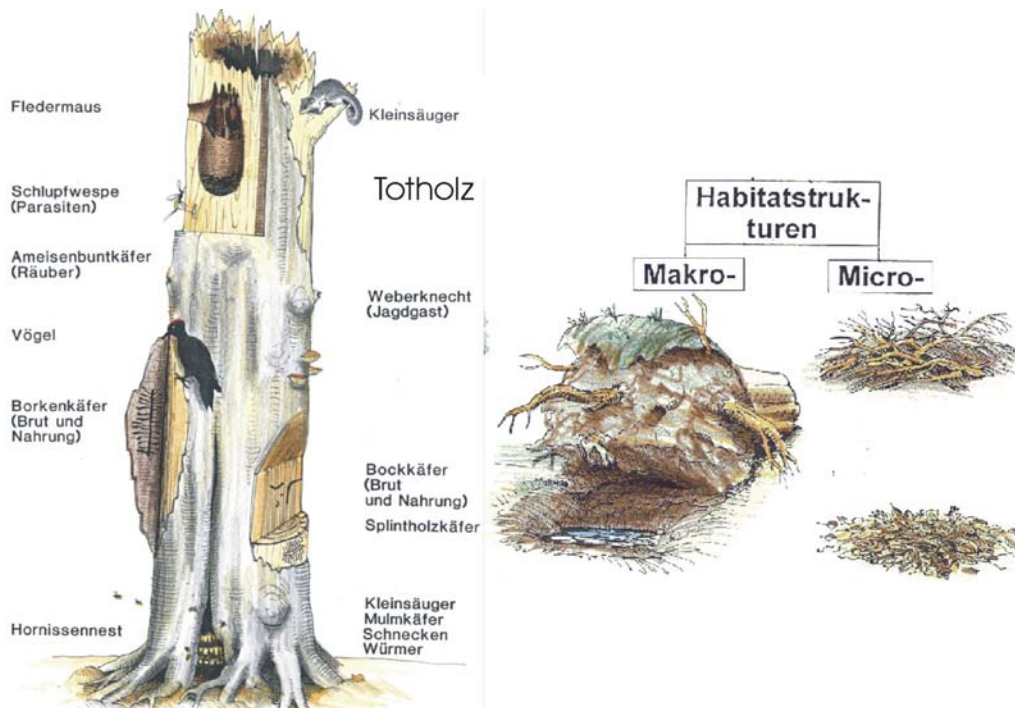
Daraus sind zweierlei Schlüsse zu ziehen:

1. Die im Gang befindliche allmähliche Anhebung des Totholzes auch im Wirtschaftswald bis zu einer Größenordnung von 10 bis 15 fm/ha wird zu zählbaren Erfolgen führen, wobei es vor allem um das Belassen von stärkerem und stehendem Totholz geht. In Ergän-

zung dazu ist einmal mehr auf die besondere Rolle von Requisiten wie aufgeklappten Wurzeltellern hinzuweisen, die mit ihrer Verzahnung von Totholz und Boden eine besondere Art von Habitatstruktur darstellen und bei denen nichts weiter nötig ist, als sie nach dem Abtrennen **nicht** zurückzuklappen (vgl. auch SCHULZ 1996 und Abb. 4).

Gleichwohl werden damit Verhältnisse, wie sie aus urwaldähnlichen Beständen mit Totholzvorräten von weit über 200 fm bekannt sind, nicht erreichbar sein; denn man kann nicht die Bestände nutzen und gleichzeitig die Hälfte des Vorrates verfaulen lassen!

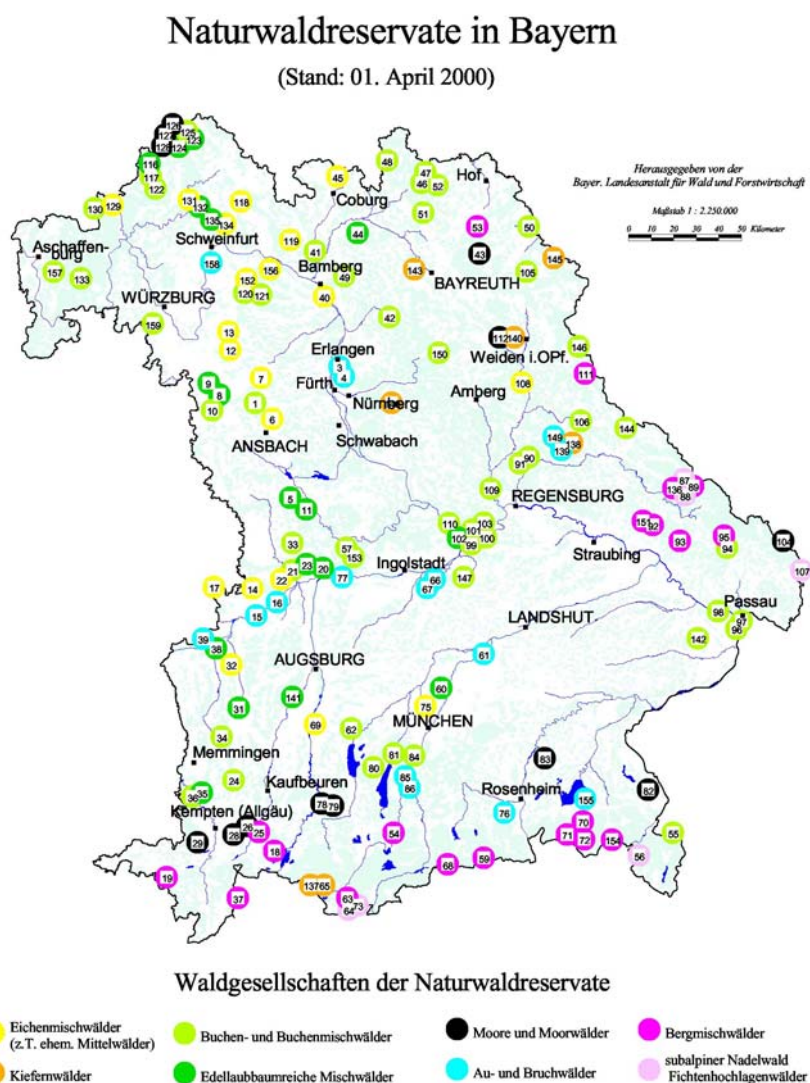
2. Es ist deshalb noch eine zweite strategische Komponente erforderlich, die in einem dichtbesiedelten Raum wie der Bundesrepublik Deutschland aus einer Kombination von wenigen vergleichsweise großflächigen Schutzgebieten (Wald-Nationalparke) und einer Vielzahl flächenmäßig begrenzter Totalreservate (Waldschutzgebiete, Naturwaldreservate) bestehen soll-



**Abb. 4:** Totholz (vor allem stark dimensioniertes) und Habitatstrukturen, wie z. B. aufgeklappte Wurzelteller, sind wichtige Voraussetzungen für ein möglichst hohes Maß an Naturnähe in Wirtschaftswäldern.

te. Dabei ist es der Bayerischen Staatsforstverwaltung in vorbildlicher Weise gelungen, bei der Ausweisung der Naturwaldreservate praktisch alle wichtigen Wuchsgebiete bzw. Standorte zu beteiligen und diese sowohl mit den typischen als auch mit den selteneren Waldgesellschaften zu verbinden (Abb. 5).

Die faunistischen, vegetations- und waldkundlichen Ergebnisse aus der über 15-jährigen Forschung in den Naturwaldreservaten Bayerns belegen eindrucksvoll ihre Bedeutung für den Natur-



**Abb. 5:** Verteilung und waldgesellschaftliche Ausrichtung der Naturwaldreservate in Bayern

schutz im Wald (es sei hier beispielhaft auf die Arbeiten von ALBRECHT (1990), RAUH (1993), KÖLBEL u. ALBRECHT (1996) und STRAUßBERGER (1999) verwiesen). Wenn es gelingen würde, im Rahmen der Weiterentwicklung dieser Totalreservate den Flächenumfang pro Reservat von derzeit unter 50 ha auf im Durchschnitt rund 100 ha zu erhöhen, dann würde damit ein weiterer wichtiger Beitrag zum Artenschutz und zur Einrichtung von Spenderflächen erreicht. Eingebettet in eine naturnahe Waldwirtschaft, wie wir sie für den mittelschwäbischen Raum zu skizzieren versucht haben, wäre dies eine forst- und naturschutzpolitische Lösung, die zurecht das Prädikat „zukunftsorientiert“ verdient.

## Zusammenfassung

Am 7.12.2001 fand in Freising ein Statusseminar der bayerischen Verbundprojekte im Förderschwerpunkt „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) statt. Im Vortragsblock „Waldbewohner als Weiser für die Naturnähe und Qualität der forstlichen Bewirtschaftung“ wurden hierzu neue Erkenntnisse aus einem Projekt der Lehrstuhls für Landnutzungsplanung und Naturschutz (Prof. em. Dr. Ulrich Ammer) und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) vorgestellt.

In diesem Projekt werden in unterschiedlich naturnahen Waldkategorien (reiner Fichtenwald, Fichten-Buchen-Mischbestand, reiner Laubwald, nutzungsfreie Formen wie Naturwaldreservate oder Schutzgebiete) Waldstruktur, Vegetation und Fauna in der mittelschwäbischen Fichtenwaldlandschaft vergleichend untersucht (1999 – 2002). Das Projekt schließt an vorhergehende Studien (1992 – 1998) in den Buchenwäldern der Fränkischen Alb bei Hienheim an. In Mittelschwaben wurden auch Douglasienbestände in die Analysen einbezogen. Ziel der Untersuchungen ist es, für Forstpraxis und Naturschutz Empfehlungen zu Forstplanungen und Waldbehandlungen zu entwickeln, die eine nachhaltige Optimierung von waldökologischen Qualitäten ohne unzumutbare ökonomische Opfer ermöglichen.

Hierzu werden zunächst die Testbestands- bzw. Analysensets vorgestellt und die in Mittelschwaben sehr hohen Wuchspotentiale, insbesondere von Fichte und Douglasie belegt. In der Bodenvegetation hängt der Artenreichtum stark vom Störregime ab, das infolge von Windwürfen und höherer Nutzungsintensität in nadelholzreichen Beständen deutlicher ausgeprägt ist als in Laubwäldern. Naturschutzfachlich wertvolle Pflanzenarten fehlten in den untersuchten Beständen weitgehend und traten allenfalls vereinzelt in den Laubholzbeständen auf. Für Waldpilze stellen schon Fichten-Buchen-Mischbestände zumindest in guten Pilzjahren recht attraktive Habitate dar. Aber auch hier sind bei den naturschutzfachlich besonders wertvollen Arten wirklich hohe Artenzahlen nur in totholzreichen Laubwäldern zu erwarten.

Bei den tierischen Zersetzergemeinschaften reagiert die Makrofauna (Asseln, Doppelfüßer) auf hohe Laubholz- und Douglasienanteile mit höheren Dichten, dies allerdings erst bei Laubholzbeimischungen von deutlich über 30 %. Springschwänze (Mesofauna) zeigen dagegen leichte Vorlieben für fichtenreiche Bestände. Hoher pH-Wert bzw. hoher Kalziumgehalt beschleunigen nur bei Laubstreu den Streuabbau in Waldbeständen.

Verlässt man den Boden und geht eine Etage höher in den Stammbereich hinein, so werden die Spinnenzönosen dieses Stratums vor allem vom Bestandstyp bestimmt (unterschiedliche Artengemeinschaften in Laub- bzw. Nadel-/Mischwald). Die Baumartenpräferenzen wechseln dagegen vermutlich witterungsabhängig zwischen grobrissigen Borkenstrukturen (Eiche, Douglasie) und strukturärmeren Oberflächen (Buche, Fichte).

Im Kronenraum ergeben sich weitere Differenzierungen. Während z. B. kleine, Netz bauende Spinnen in bodennahen Straten dominieren, sind dies im Kronenraum meist größere, frei jagende Arten. Auch etwa 20 % aller Käferarten eines Waldes besiedeln nur dieses für Forschungen schwer zugängliche Stratum. Für die Waldbewirtschaftung aus naturschutzfachlicher Sicht ist besonders interessant, dass im Kronenraum Käfergemeinschaften schon bei Laubholzbeimischungen von 30 % an typische Laubwaldzönosen erinnern, während die Käfergesellschaften im bodennahen Bereich noch stark unter Fichten- und Standorteinfluss stehen.

Habitatverbund-Qualitäten in Waldlandschaften werden anhand der Käferfauna von Eichenkronen analysiert; dies sowohl auf taxonomischem als auch genetischem Niveau. Faunistisch bedeutsame Arten verschwinden in Mittelschwaben aus Wäldern mit hohem Nadelholzanteil selbst dann, wenn sich zwischen den verbliebenen Eichenwaldinseln noch genetischer Austausch nachweisen lässt.

Am Beispiel der fremdländischen Baumarten Douglasie und Roteiche wird auch auf die Probleme eingegangen, die Neophyten mit ihren häufig reduzierten Faunenspektren mit sich bringen können. Im Gegensatz zur Roteiche scheint sich die Douglasie in Mischung mit Laubbäumen nicht wesentlich von der Fichte zu unterscheiden, jedenfalls was das Vorkommen der untersuchten Arthropodenzönosen betrifft. Im Winter ist für Vögel allerdings die nutzbare Arthropodenahrung (v. a. Spinnen) sehr stark reduziert.

Zur Entwicklung von forstlichen Waldbehandlungsstrategien leiten vergleichende Studien an Vögeln, Schnecken und Pilzen über, für die sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Mobilität, Baumartenpräferenzen und Ansprüche an die Naturnähe ihrer Waldhabitate jeweils unterschiedliche Habitatverbundsysteme bzw. Waldstrukturen anbieten. Wie diese Artenschutz-Konflikte bei gleichzeitiger Beachtung angemessener ökonomischer Forderungen aufgelöst werden können wird dann im abschließenden Beitrag skizziert. Vorschläge für eine an den Standortqualitäten ausgerichtete, differenzierte Waldbehandlung (Baumartenwahl, Mischungsstrukturen) unter Berücksichtigung ausreichend großer Prozessschutzflächen bei funktionierendem Habitatverbund und ausgeglichenem Totholz-/Kleinstrukturenmanagement lassen ein forstliches Leitbild entstehen, das zukunftsorientiert sowohl forst- als auch naturschutzpolitische Aspekte optimiert.

## Summary

On December 7<sup>th</sup>, 2001, a status seminar of the Bavarian integrated projects within the support focus "Future-Oriented Silviculture" of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) took place in Freising.

In the subtopic "Forest-dwelling species as Indicators for Closeness to Nature and Quality of Silvicultural Management", new results from a project of the Chair of Land-Use Planning and Nature Conservation (Prof. em. Dr. Ulrich Ammer) and the Bavarian State Institute of Forestry (LWF) were presented.

In this project, forest structure, vegetation and fauna in Mid-Swabian spruce (*Picea abies*) stands of different, nature-close forest categories (pure spruce stand, mixed spruce-beech-stand, pure deciduous stands, unmanaged categories like nature forest reserves or protected areas) are investigated (1999-2002), linked to previous studies (1992-1998) in the beech forests of the Franconian "Alb" near Hienheim. Additionally in the "Mid-Swabian-project", also stands of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) were included in the setup. The development of recommendations for silvicultural practice and nature conservation with regard to forest planning and forest management that enable a sustainable optimisation of sylvo-ecological qualities without unreasonable ecological sacrifices is the subject of the studies.

Therefore, first of all the sets of test stands, resp. analyses are presented. The outstanding growth potentials of spruce and Douglas fir in Mid-Swabia are verified. The diversity of plant species strongly depends on the regime of interference, which in most cases is more pronounced in coniferous stands because of wind-throw and a higher frequency of harvesting than in deciduous stands. Species with high concern to nature conservation were missing to a great extent in the investigated stands and could only be found, if at all, in the deciduous stands. Even spruce-beech-mixed stands are reasonably attractive habitats for forest mushrooms, at least in years that are favourable for mushroom growth. But also in this case, regarding rare and endangered species substantial quantities of species can only be expected in deciduous forests, rich in dead wood (coarse woody debris).

Concerning the faunistic destruent species, the macro-fauna (*Isopoda*, *Diplopoda*) reacts with higher densities on high percentages of deciduous trees and Douglas fir, this however only at a proportion of deciduous trees that lies significantly above 30 %. Collembola (mesofauna) however show slight preferences for stands rich of spruce. High pH-values resp. high proportions of calcium speed up the mineralisation of litter in forest stands only in the case of deciduous litter.

Leaving the surface and entering the stem-region, the spider-coenosis of this stratum is mostly influenced by the stand type (varying species societies in deciduous resp. coniferous or mixed stands). The preferences of tree species change however, presumably because of the weather conditions, between species with rough bark (oak (*Quercus robur*), Douglas fir) and species of weaker bark (beech (*Fagus sylvatica*), spruce).

Inside the canopy, further distinctions could be found. Whereas small, net-building spiders dominate in strata close to the soil, mostly great, freely hunting species exist in the canopy. About 20 % of the beetle species of a forest live exclusively in this stratum, which can only be entered with difficulties for the sake of research.

For the silvicultural conclusions with regard to nature conservation it is interesting that beetle societies in canopies already resemble at typical deciduous stands coenoses beginning with a proportion of deciduous trees of 30 %, whereas the beetle societies close to the soil are still strongly influenced by the spruce stand and the soil itself.

To analyse quality of combined habitats in forested landscapes the beetle fauna in oak canopies is looked upon in both a taxonomic and a genetic level. Faunistically important species disappear in Mid-Swabia from forests with a high percentage of coniferous trees even if genetic exchange can be proved between the remaining islands of oak forests.

Using the example of Northern red oak (*Quercus rubra*) and Douglas fir, problems are discussed that might accompany neophytes with their often reduced pool of animal species. To the contrary of Northern red oak, Douglas fir mixed with deciduous trees seems not to vary decisively from spruce, at least with regard to the existence of the investigated arthropoda-coenosis. During winter however, the usable nourishment by arthropoda is strongly limited for birds.

Comparing studies with birds, snails and mushrooms lead to the development of silvicultural management strategies, for which specific systems of combined habitats resp. forest structures present themselves with regard to their different mobility, preferences of tree species and requirements on the nature-closeness of their forest habitats.

How these conflicts of species protection can be solved while respecting adequate economic demands at the same time is finally pointed out in the last article.

Propositions for a differentiated forest management (selection of tree species, mixture structures), oriented at the specific soil qualities with regard to sufficiently vast unmanaged forest areas at a mutually operating combination of habitats and a balanced management of dead timber resp. micro-structures lead to a silvicultural ideal that optimises as well forest-political as nature protection-political aspects in a future-oriented way.

Translation by RUDI SEITZ

Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der TU München

---

## Literaturverzeichnis

- ALBRECHT, L. (1990): Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Schriftenreihe des Bayer. Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Band 1, 221 S.
- AMMER, U. (1991): Konsequenzen aus den Ergebnissen der Totholzforschung für die forstliche Praxis. Forstwissenschaftliches Centralblatt 110, S. 149-157
- AMMER, U. u. DETSCH, R. (1999): Waldökologischer Vergleich von Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern. AFZ 54, S. 394-396
- AMMER, U. u. SCHUBERT, H. (1999): Arten-, Prozeß- und Ressourcenschutz vor dem Hintergrund faunistischer Untersuchungen im Kronenraum des Waldes. Forstwissenschaftliches Centralblatt 118, S. 70-87
- AMMER, U.; ENGEL, K.; GOBNER, M.; KÖLBEL, M.; LEITL, R.; SIMON, U. u. UTSCHICK, H. (2002): Vergleichende waldökologische Untersuchungen in Naturwaldreservaten (ungenutzten Wäldern) und Wirtschaftswäldern unterschiedlicher Naturnähe (unter Einbeziehung der Douglasie) in Mittelschwaben. Forschungsbericht. In Vorbereitung.
- ASHBOURNE, S. R. C. u. PUTMAN, R. J. (1987): Competition Resource Partitioning and Species Richness in the Phytophagous Insects of Red Oak and Aspen in Canada and the Uk. Acta Oecol Gen 8(1): 43-56.
- BASSET, Y.; SPRINGATE, N. D.; ABERLENC, H. P.; DELVARE, G. (1997): A review of methods for sampling arthropods in tree canopies. In: STORK, N. E.; ADIS, J.; DIDHAM, R. K. (eds.): Canopy Arthropods. Chapman u. Hall, London, 567 S.
- BLASIUS, J. (2001): Korrespondenzanalyse. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 377 S.
- BÜRGER-ARNDT, R. (2000): Kenntnisse zur Synökologie der Douglasie als Grundlage für eine naturschutzfachliche Einschätzung. Forst und Holz 55(22), S. 707-712
- BURSCHEL, P. u. WEBER, M. (2001): Wald – Forstwirtschaft - Holzindustrie: Zentrale Größen der Klimapolitik. Forstarchiv 72 (3), S. 75-85
- DETSCH, R. (1999): Der Beitrag von Wirtschaftswäldern zur Struktur- und Artenvielfalt. Ein Vergleich ausgewählter ökologischer Parameter aus Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern des Hienheimer Forstes (Kelheim, Niederbayern). Wissenschaft und Technik Verlag Berlin, 208 S.
- ENGEL, K. (1999): Analyse und Bewertung von Umbaumaßnahmen in Fichtenreinbeständen anhand ökologischer Gilden der Wirbellosen-Fauna. Wissenschaft und Technik Verlag, Berlin, 200 S.
- ENGEL, K. u. AMMER, U. (2001): Analyse und Bewertung von Umbaumaßnahmen in Fichtenreinbeständen anhand ökologischer Gilden der Wirbellosen-Fauna. Forstwissenschaftliches Centralblatt 120, S. 242-255
- FALKNER, G. (1990): Vorschlag für eine Neufassung der Roten Liste der in Bayern vorkommenden Mollusken (Weichtiere). Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz 97, S. 61 – 112
- FRENZEL, M. u. BRANDL, R. (1997): The structure of the phytophagous fauna on neophytic *Brassicaceae*. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 11: 891-894

- FRENZEL, M.; BRÄNDLE, M. et al. (2000): The colonization of alien plants by native phytophagous insects. Proceedings IAVS Symposium: 223-225
- GAYER, K. (1886): Der gemischte Wald – seine Begründung und Pflege insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Paul Parey Verlag Berlin, 168 S.
- GOßNER, M. u. U. AMMER (2001): Effects of two foreign tree species on tree-crown dwelling beetles in managed forests. The Functional Importance of Biodiversity. Parey, Basel
- GOßNER, M. u. U. SIMON (2001): The arthropod fauna and beetle diversity in the canopy of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) and spruce (*Picea abies*) - ecological impact of neophytic trees in forestry. BfN-Skripten 32: 29-30
- GOßNER, M. u. SIMON, U. (2002): Introduced Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) affects community structure of tree-crown dwelling beetles in a managed European forest. In: I. KOWARIK u. U. STARFINGER (Hrsg.): Biologische Invasionen. Herausforderungen zum Handeln? Neobiota 1 (im Druck).
- GRUPPE, A. (1997): Isoenzymatische Variation beim Buchdrucker *Ips typographus*. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 11, S. 659-662
- GUNNARSSON, B. (1983): Winter Mortality of Spruce Living Spiders Effect of Spider Interactions and Bird Predation. Oikos 40(2): 226-233
- GUNNARSSON, B. (1985): Interspecific Predation as a Mortality Factor Among Overwintering Spiders. Oecologia 65(4): 498-502
- GUNNARSSON, B. (1995): Arthropods and passerine birds in coniferous forest: The impact of acidification and needle-loss. Ecological Bulletins 44: 248-258
- GUNNARSSON, B. (1996): Bird predation and vegetation structure affecting spruce-living arthropods in a temperate forest. Journal of Animal Ecology 65: 389-397
- GUTBERLET, V. (1996): Untersuchungen zur Spinnentierzönose (*Arachnida: Araneida, Opilionida*) an Eichen (*Quercus robur*) unterschiedlich genutzter Waldstandorte im Staatswald Kottenforst bei Bonn unter Berücksichtigung der Kronenregion. Diplomarbeit Uni Bonn, Inst. f. Angewandte Zoologie, 193 S.
- GUTBERLET, V. (1997): Untersuchungen zur Spinnenzönose (*Araneae*) der Stamm- und Kronenregion von Eichen unterschiedlich genutzter Waldstandorte unter Verwendung des Ökotypensystems nach PLATEN. Arachnol. Mitt. 14, S. 16-27
- HAGVAR, E. B. u. HAGVAR, S. (1975): Studies on the invertebrate fauna on branches of spruce (*Picea abies*) during winter. Norw J Entomol 22(1): 23-30
- HALDENWANG, E.; SCHWARTZ, K.-P. et al. (2001): Schnellwachsende Baumarten in der waldbaulichen Praxis - dargestellt an Beispielen des Privatwaldes im Bereich der Landwirtschaftskammer Weser-Ems. Forst und Holz 56(3), S. 90-94
- HEITZ, R. (1998): Umbau von Fichtenreinbeständen in naturnahe Mischwälder – Auswirkungen auf den bodenchemischen Zustand und Bioelementhaushalt. Dissertation am Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortslehre, Forstwissenschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- HELFER, W. (1997): Bericht zu den mykologischen Untersuchungen 1997 im Hienheimer Forst. Unveröff. Gutachten, Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz, LMU München, 41 S.

- HENLE, K.; VOGEL, B.; KÖHLER, G. u. SETTELE, J. (1999): Erfassung und Analyse von Populationen bei Tieren. In: AMLER, K.; BAHL, A.; HENLE, K.; G. KAULE; POSCHLOD, P. u. SETTELE, J. (Hrsg.): Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 94-112
- JANSSON, C. u. BRÖMSEN, A. (1981): Winter decline of spiders and insects in spruce *Picea abies* and its relation to predation by birds. *Holarctic ecology* 4: 82-93
- JEDICKE, E. (1990): Biotopverbund: Grundlagen und Maßnahmen einer neuen Naturschutzstrategie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KAISER, T. u. PURPS, J. (1991): Der Anbau fremdländischer Baumarten aus der Sicht des Naturschutzes - diskutiert am Beispiel Douglasie. *Forst und Holz* 46(11), S. 304-305
- KLIPFEL, S. u. TSCHARNTKE, T. (1997): Die Besiedlung von Neophyten durch phytophage Insekten und ihre Gegenspieler. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 11, S. 735-738
- KOLB, H. (1996): Fortpflanzungsbiologie der Kohlmeise *Parus major* auf kleinen Flächen: Vergleich zwischen einheimischen und exotischen Baumbeständen. *J. f. Ornithologie* 137, S. 229-242
- KÖLBEL, M. (1996): Waldkundliche Untersuchungen im Naturwaldreservat Seeben. In: KÖLBEL, M. u. ALBRECHT, L. (Hrsg.): Beiträge zu Eichen-Naturwaldreservaten in Bayern. Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und des Lehrstuhls für Landnutzungsplanung und Naturschutz, Band 3. IHW-Verlag, S. 55-76
- KÖLBEL, M. u. ALBRECHT, L. (1996): Waldökologische Forschungen in ausgewählten bayerischen Eichen-Naturwaldreservaten. Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und des Lehrstuhls für Landnutzung und Naturschutz, Band 3, S. 5-10
- KRATOCHWIL, A. u. SCHWABE, A. (2001): Ökologie der Lebensgemeinschaften - Biozönologie. UTB Stuttgart, 756 S.
- KREUTZER, K. u. FOERST, K. (1978); Überarbeitung GULDER, H.-J. (2001): Forstliche Wuchsgebietsgliederung Bayerns. Karte herausgegeben von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising 2001
- KÜHN, R. (1998): Morphologische und genetische Differenzierung bayerischer Rotwildpopulationen. Hieronymus München
- LÜPKE, B. v. (2001): Steigerung waldbaulicher Vielfalt durch Anbau und Förderung schnellwachsender Baumarten am Beispiel von Europäischer Lärche, Strobe, Roteiche und Birke. *Forst und Holz* 56(3), S. 69-74
- MATTHES, U. (1998): Waldökologische Analyse und Bewertung von Umbaumaßnahmen im bayerischen Staatswald als Beitrag für eine naturnahe Forstwirtschaft. Herbert Utz Verlag Wissenschaft, Reihe Ökologie, München, 208 S.
- MICHIELS, H.-G. (1996): Standort und Vegetation ausgewählter Eichen-Naturwaldreservate in Bayern. In KÖLBEL, M. u. ALBRECHT, L. (Hrsg.): Beiträge zu Eichen-Naturwaldreservaten in Bayern. Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und des Lehrstuhls für Landnutzungsplanung und Naturschutz, Band 3, IHW-Verlag, S. 19-54
- MÜLLER, J., H. STOLLENMAIER, et al. (1994): Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Vogelwelt. *AFZ* 49(5), S. 237-239

- MURPHY, R.W.; SITES, J.W.; BUTH, D.G. u. HAUFLE, C.H. (1990): Proteins I: Isozyme electrophoresis. In: HILLIS, D.M. u. MORITZ, C. (eds): Molecular systematics. Sinauer, Sunderland. S. 45-126
- NAKE, R. u. WAGENFÜHR, R. (1991): Eigenschaften einheimischer und amerikanischer Weiß- und Roteichen und ihre Verwendung in der Furnierindustrie. Holz-Zentralblatt 117(50), S. 793-794
- NICK, H. (1987): Zur biologischen Bedeutung von Roteiche und Douglasie in einheimischen Wäldern. Vergleichende Vogel- und Arthropodenuntersuchungen im Freiburger Stadtwald, Diplomarbeit Freiburg, 143 S.
- OTTO, H.-J. (1987): Skizze eines optimalen Douglasienanbaus in Nordwestdeutschland. Forst- und Holzwirt 42, S. 515-522
- OTTO, H.-J. (1993): Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung - dargestellt am Beispiel der niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst und Holz 48(16), S. 454-456
- RAUH, J. (1993): Faunistisch-ökologische Bewertung von Naturwaldreservaten anhand repräsentativer Tiergruppen. Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und des Lehrstuhls für Landnutzungsplanung und Naturschutz, IHW-Verlag Eching; Band 2, 199 S.
- RÜETSCHI, J. (1999): Weichtiere in Schweizer Eschenwäldern. Umwelt-Materialien Nr. 102, BUWAL, Bern, 62 S.
- SAMBROOK J.; FRITSCH, C.R. u. MANIATAS T. (1989): Molecular cloning: A Laboratory Manual. 2edn. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York
- SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Verlag Eugen Ulmer, S. 54-55
- SCHMITZ, G. (1995): Neophyten und Fauna - Ein Vergleich neophytischer und indigener Impatiens-Arten. In: BÖCKER, R.; GEBHARDT, H.; KONOLD W. u. SCHMIDT-FISCHER, S. (Hrsg): Gebietsfremde Pflanzenarten: Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope; Kontrollmöglichkeiten und Management. ecomed, Landsberg, S. 195-207
- SCHUBERT, H. (1998): Untersuchungen zur Arthropodenfauna in Baumkronen – ein Vergleich von Natur- und Wirtschaftswäldern (*Araneae*, *Coleoptera*, *Heteroptera*, *Neuropteroidea*, Hienheimer Forst, Niederbayern). Wissenschaft und Technik Verlag Berlin, 155 S.
- SCHULZ, U. (1996): Vorkommen und Habitatanforderungen von Bodenmakroarthropoden in Natur- und Wirtschaftswäldern – ein Vergleich. Dissertation am Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz der Ludwig-Maximilians-Universität München, 166 S.
- SIMON, U. (1993): Spider and harvestmen fauna (Arachnida: *Araneae*, *Opiliones*) of pine trees (*Pinus sylvestris* L.) and its stratification. Boll. Acc. Gioenia Sci. nat. 26 (345), 323-334
- SIMON, U. (1995): Untersuchungen der Stratozönosen von Spinnen und Weberknechten (Arachn.: *Araneae*, *Opiliona*) an der Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.). Wissenschaft u. Technik Verlag, Berlin, 142 S. zugl. Diss, TU Berlin.
- STRATMANN, J. u. WARTH, H. (1987): Die Roteiche als Alternative zu Eiche oder Buche in Nordwestdeutschland. Allgemeine Forstzeitschrift 42(3), S. 40-41
- STRAUSSBERGER, R. (1999): Untersuchungen zur Entwicklung bayerischer Kiefern-Naturwaldreservate auf nährstoffarmen Standorten. Schriftenreihe „Naturwaldreservate in Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft und des Lehrstuhls für Landnutzungsplanung und Naturschutz, IHW-Verlag Eching, Band 4, 180 S.

- VEITH, M.; BAHL, A. u. SEITZ, A. (1999): Populationsgenetik im Naturschutz – Einsatzmöglichkeiten und Fallbeispiele. In: AMLER, K.; BAHL, A.; HENLE, K.; KAULE, G.; POSCHLOD, P. u. SETTELE, J.: Populationsbiologie in der Naturschutzpraxis. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 112-126
- VITÉ, J.-P. (1953): Untersuchungen über die ökologische und forstliche Bedeutung der Spinnen im Walde. Zeitschrift für angewandte Entomologie 34 (3), S. 313-334
- WALENTOWSKI, H.; GULDER, H.; KÖLLING, CH.; EWALD, J.; TÜRK, W. (2001): Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns. Berichte aus der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 32, Freising, 99 S.
- WITTICH, W. (1948): Die heutigen Grundlagen der Holzartenwahl. Hannover
- ZELLER, T. (2000): Isolierte Eichenbestände – Einschätzung ihres Wertes für einen Biotopverbund anhand der „Kronenkäfer“. Diplomarbeit TU München, Lehrbereich Angewandte Zoologie und Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz. 101 S.

## **Anschriftenverzeichnis der Autoren**

**Prof. em. Dr. Ulrich Ammer**                      Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München  
**Dr. Hans Utschick**                                Lehrstuhl für Landnutzungsplanung und Naturschutz  
    Am Hochanger 13  
**Dr. Kerstin Engel**                                85354 Freising  
**Martin Goßner**  
**Dr. Ute Simon**

---

**Markus Kölbl, Forstoberrat**                    Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
    Am Hochanger 11  
**Rudolf Leitl, Dipl.-Forstwirt**                85354 Freising  
**Dr. Ulrich Simon**

---

**Dr. Ralph Kühn**                                 Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München  
    Fachgebiet für Wildbiologie und Wildtiermanagement  
    Am Hochanger 13  
    85354 Freising

---

**Dr. Axel Gruppe**                                Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München  
    Lehrstuhl für Angewandte Zoologie  
**Karen Liepold**                                    Am Hochanger 13  
    85354 Freising