

# Waldforschung aktuell

## Kurzfassungen der Vorträge zum

### 12. Statusseminar des Kuratoriums für forstliche Forschung

**8.30**                    **Tagungsbüro** (vor dem Hörsaal)  
Entgegennahme der Tagungsgebühr  
Ausgabe der Tagungsunterlagen

**9.30**                    **Begrüßung und Einführung**  
Ministerialrat Günter Biermayer,  
Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten

---

**09:45 – 12:10**        **Klima und Witterung**  
Moderation: prof. Dr. Andreas Rothe, FH Weihenstephan

**09:45**                    **Klimaextreme und Witterungsstressfaktoren jetzt und in der Zukunft – eine Abschätzung für Bayern**  
Prof. Dr. Annette Menzel, Dr. Nicole Estrella TUM, (Projekt M27)

**10:05**                    **Auswirkungen milder Winter auf den Wasserhaushalt von Wäldern**  
Dr. Stephan Raspe, LWF, Dr. Karl-Heinz Häberle, TUM,  
Dr. Lothar Zimmermann, LWF

**10:25**                    **Diskussion**

---

**10:45**                    **Kaffeepause**

---

**11:10**                    **CO<sub>2</sub>-Bilanzen**  
Dr. Bernhard Felbermeier, TUM (Projekt ST184),  
Christoph Schulz, LWF (Projekt ST 166)

**11:30**                    **Neue hochaufgelöste Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortinformationssystems**  
Dr. Lothar Zimmermann / Christoph Schulz, LWF (Projekt ST192)

**11:50**                    **Diskussion**

---

**12:10 – 13:30**        **Mittagspause**  
Gelegenheit zum Imbiss in der Cafeteria oder der Mensa

---

## Waldforschung aktuell

### Kurzfassungen der Vorträge zum

## 12. Statusseminar des Kuratoriums für forstliche Forschung

- 13:30 – 16:00**      **Waldschutz und Waldbau**  
Moderation: Prof. Dr. Volker Zahner, FH Weihenstephan
- 13:30**              **Vorstellung des Imagefilmes über das Zentrum  
Wald-Forst-Holz Weihenstephan**
- 13:40**              **Entwicklung einer Methode zur Überwachung des  
Eichenprozessionsspinner**  
PD Dr. Gabriela Lobinger, LWF (Projekt ST204)
- 14:00**              **Der Einfluss einer Schwammspinnerbekämpfung mit dem  
Häutungshemmer Dimilin auf Waldlebensgemeinschaften**  
MSc Fiona Schönfeld (Projekt ST 159)
- 14:20**              **Diskussion**
- 
- 14:40**              **Kaffeepause**
- 
- 15:00**              **Untersuchungen zur Populationsstruktur und dem Ausbreitungs-  
verhalten des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) in Wirtschafts-  
wäldern anhand molekulargenetischer Methoden**  
MSc Bernhard Stöckle, Dr. Ralph Kühn, TUM (Projekt ST183)
- 15:20**              **Untersuchung der Wirksamkeit waldbaulicher Eingriffe in  
Fichtenreinbeständen der Bergmischwaldstufe zur Sicherung  
der Schutzfunktion in den bayerischen Alpen**  
Sebastian Höllnerl, Prof. Dr. Reinhard Mosandl, TUM (Projekt E40)
- 15:40**              **Abschluss-Diskussion**
- 16:00**              **Schlusswort und Ende der Veranstaltung**

## Inhaltsverzeichnis

<b>KLIMA UND WITTERUNG</b>	<b>3</b>
<b>Klimaextreme und Witterungsstressfaktoren jetzt und in der Zukunft- eine Abschätzung für Bayern (M27)</b>	<b>3</b>
<b>KLIMA UND WITTERUNG</b>	<b>6</b>
<b>Auswirkungen milder Winter auf den Wasserhaushalt von Wäldern</b>	<b>6</b>
Milde Winter hinterlassen Spuren im Boden	6
Hohe Transpiration von Nadelbäumen	7
Auch Buchen können im Winter transpirieren	7
Milder Winter vor Trockensommer wäre für den Wald katastrophal	7
Literatur	8
<b>CO<sub>2</sub>-Bilanzen</b>	<b>10</b>
Kyoto und Forstwirtschaft	10
Bodensrespiration	11
<b>KLIMA UND WITTERUNG</b>	<b>12</b>
<b>Neue hochaufgelöste Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortsinformationssystem</b>	<b>12</b>
Ausgangssituation und Zielstellung	12
Methodik	13
Ergebnisse und Diskussion	13
Ausblick	14
Literatur	16
<b>WALDSCHUTZ UND WALDBAU</b>	<b>17</b>
<b>Entwicklung einer Methode zur Überwachung des Eichenprozessionsspinners</b>	<b>17</b>
Gegenmaßnahmen zur Eindämmung des Eichenprozessionsspinners – herkömmliche Prognosemethoden	17
Voruntersuchungen zur Pheromonprognose des Eichenprozessionsspinners	18
Ergebnisse und Fazit	19
Literatur	20
<b>WALDSCHUTZ UND WALDBAU</b>	<b>21</b>
<b>Der Einfluss einer Schwammspinnerbekämpfung mit dem Häutungshemmer Dimilin auf die Waldlebensgemeinschaft (Projekt ST159)</b>	<b>21</b>
Avizönose	21

Insektenzönose	21
Schlussfolgerungen	22
Literatur	23
<b>WALDSCHUTZ UND WALDBAU</b>	<b>25</b>
<b>Untersuchungen zur Populationsstruktur und dem Ausbreitungsverhalten des Buchdruckers (<i>Ips typographus</i> L.) in Wirtschaftswäldern anhand molekular-genetischer Methoden</b>	<b>25</b>
Zusammenfassung	25
Herangehensweise	25
Ergebnisse und Diskussion	26
Literatur	27
<b>WALDSCHUTZ UND WALDBAU</b>	<b>28</b>
<b>Untersuchung der Wirksamkeit waldbaulicher Eingriffe in Fichtenreinbeständen der Bergmischwaldstufe zur Sicherung der Schutzfunktion in den Bayerischen Alpen</b>	<b>28</b>
Material und Methoden	28
Ergebnisse und Diskussion	29
Literatur	30

## Klima und Witterung

### **Klimaextreme und Witterungsstressfaktoren jetzt und in der Zukunft- eine Abschätzung für Bayern (M27)**

Prof. Annette Menzel / Dr. Nicole Estrella, TU München, Fachgebiet für Ökoklimatologie

Der im Jahr 2007 veröffentlichte, vierte Sachstandsbericht des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (AR4, IPCC 2007) folgert, dass es nun mehr sehr wahrscheinlich ist, dass der Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte auf den menschlich verstärkten Treibhauseffekt zurückzuführen ist. Im vergangenen Jahrhundert war die globale Mitteltemperatur bereits um 0.76 °C angestiegen, die Niederschlagsmuster hatten sich vielfach deutlich verändert. Je nach Emissionsszenario und verwendetem Klimamodell ergeben sich verschiedene Prognosen der erwarteten Klimaveränderungen, die im Bereich von rund 2 bis 5 °C Anstieg der globalen Mitteltemperatur für Ende des 21. Jahrhunderts liegen.

Diese Klimaveränderungen werden auch Bayern betreffen. Um im Rahmen der Klimafolgenforschung Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft abschätzen bzw. planen zu können, müssen zunächst die potentiellen Veränderungen wichtiger meteorologischer Parameter in einem sogenannten „Downscaling“-Prozess von der räumlichen Auflösung globaler Klimamodelle (>110 km) auf die regionale Ebene Bayerns gebracht werden. Dabei spielt es eine besondere Rolle, dass Wald nicht nur auf Veränderungen klimatischer Mittelwerte reagieren wird, sondern gerade Extremwerte im Wetter- und Witterungsgeschehen, wie Sturm, Spätfrost oder Dürre, zu verringerter Produktivität, Schädigungen oder Absterben führen können. Zu einer Vergrößerung der Gefährdung kommt es, wenn verschiedene Extremereignisse gleichzeitig (wie beispielsweise Folgen von warmen UND trockenen Sommern) oder eng aufeinanderfolgend auftreten (Sturm – Borkenkäfer). Da sich, wie verschiedene Klimaszenarien gezeigt haben, nicht nur Mittelwerte einzelner meteorologischer Parameter verschieben werden, sondern sich auch die Variabilität bzw. Streuung erhöhen wird, wird insgesamt die Häufigkeit von Extremereignissen in der Zukunft zunehmen.

Im Projekt M27 wurde deshalb anhand ausgesuchter, regionalisierter Klimaszenarien für Bayern die Häufigkeit des Eintretens ausgesuchter potentieller Witterungsstressfaktoren jetzt und Mitte diesen Jahrhunderts in einer Klima- und Extremwertstatistik bearbeitet. Es wurden dabei überwiegend Daten verwendet, die im Projekt KLIWA mittels statistischem Downscaling aus der globalen Klimasimulation eines transienten Laufs des ECHAM4-OPYC3 B2 Szenarios gewonnen wurden, daneben auch REMO-Daten aus dem Downscaling Projekt des MPI / UBA (Parameter winterliche Schneemenge, Monatsmittel der Bodenfeuchte und Monatsmittel der Tagesmaxima der Windgeschwindigkeit). Im KLIWA Datensatz wird der Zeitraum 1971-2000 als Referenzzeitraum, die Dekaden 2021-2030, 2031-2040 und 2041-2050 als Prognosezeitraum verwendet. Insgesamt wurden im Projekt M27 die Veränderungen jeweils an 29 bayerischen Klimastationen berechnet.

Die Analyse von meteorologischen Parametern aus diesen regionalisierten Klimaszenarien für Bayern zeigt ein differenziertes Bild für die verschiedenen Witterungsstressfaktoren. So könnte es an einigen Klimastationen zu einer starken Zunahme von Witterungsstressfaktoren kommen, an anderen sinkt laut Prognosen das Risiko für einzelne dieser Faktoren.

Im Anhang des Projektberichts sind die Veränderungen der ausgewählten potentiellen Witterungsstressfaktoren (Spätfrost mit Tagesminimum der Temperatur  $<-2^{\circ}\text{C}$ ,  $<-5^{\circ}\text{C}$ , Frühfrost mit Tagesminimum der Temperatur  $<-2^{\circ}\text{C}$ ,  $<-5^{\circ}\text{C}$ , Frostschock im Frühjahr mit Tagesamplitude  $<15\text{ K}$  und Tagesminimum der Temperatur  $<-3^{\circ}\text{C}$ , Tagesamplitude der Lufttemperatur  $<15^{\circ}\text{C}$  im Frühjahr, Hitzestress mit Tagesmaximum der Lufttemperatur  $>33^{\circ}\text{C}$ ,  $>30^{\circ}\text{C}$ , warm-trockene Monate und Tagesmittel der Windgeschwindigkeit) an allen untersuchten Klimastationen graphisch dargestellt.

Wie erwartet, steigt beispielsweise die Anzahl der Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur über  $33^{\circ}\text{C}$  liegt (Hitzestress), an, die Spätfrostgefahr geht an vielen Standorten zurück.

Besondere Aussagekraft kommen den sogenannten Thermopluviogrammen zu, in denen die Veränderung der Temperatur und des Niederschlags kombiniert dargestellt werden (siehe Abbildung).

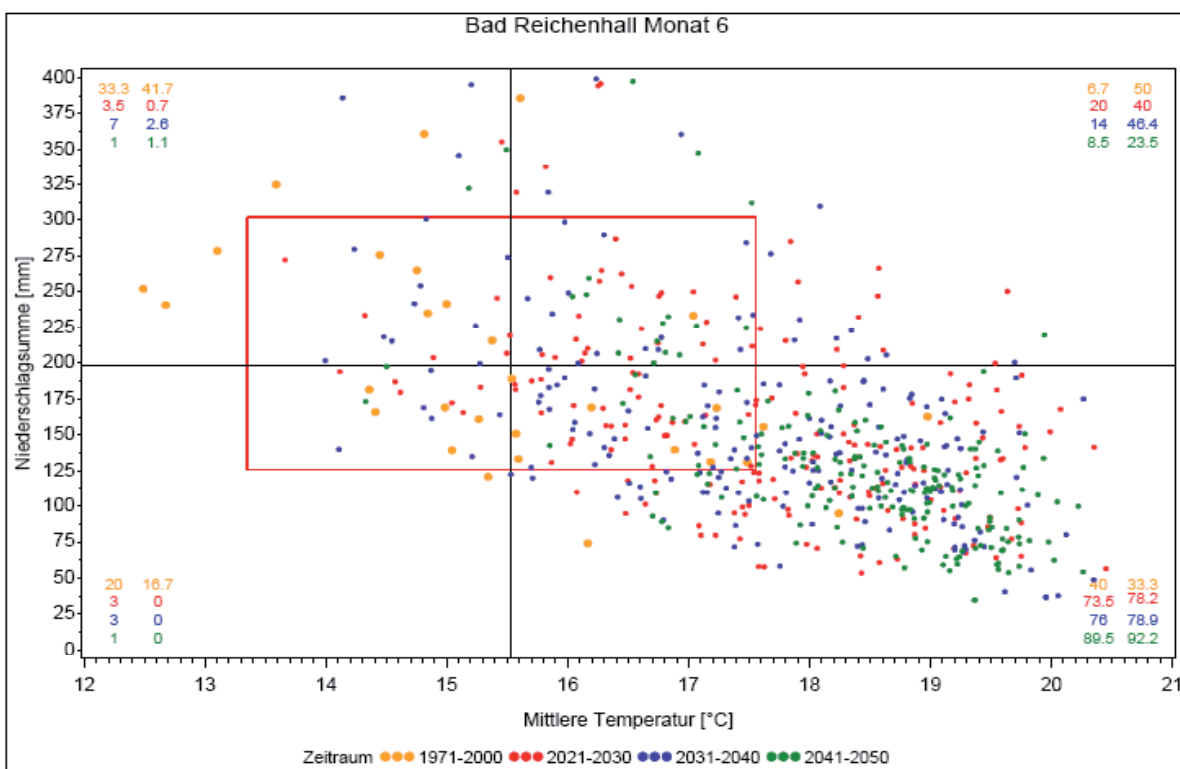


Abb. 1 Thermopluviogramm der Klimastation Bad Reichenhall für Juni mit Monatsmitteln der Temperatur und Monatssummen des Niederschlags. Das rote Rechteck gibt jeweils die 10 bzw. 90 % Perzentilgrenzen für den Zeitraum 1971-2000 an. Der Quadrant I (links oben) steht für kalt-feuchte Juniwitterung, der Quadrant III (rechts unten) dagegen für warm-trockene Witterung. Die Zahlen in den Quadranten geben auf der linken Seite den Prozentsatz der gesamten Ereignisse des Zeitraumes im jeweiligen Quadranten an, auf der rechten Seite ist der prozentuale Anteil des Zeitraumes des entsprechenden Quadranten, der außerhalb des roten Rechtecks, aufgelistet.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Monate während der Vegetationsperiode wärmer und trockener werden im Vergleich zum Zeitraum zwischen 1971-2000, steigt für die meisten Stationen über die untersuchten Dekaden an. Vor allem der Juni, Juli und August wird in der prognostizierten Dekade zwischen 2021-2030 bzw. 2031-2040 wesentlich öfter unterdurchschnittlich trocken und überdurchschnittlich warm werden. Nur in den Monaten Mai und September wird es an einigen Stationen seltener zu unterdurchschnittlicher Trockenheit und überdurchschnittlicher Wärme kommen, zusätzlich zeigt sich in Bamberg und Hofheim im April eine etwas geringere Eintrittshäufigkeit für warm-trockene Witterung. Während der letzten untersuchten Dekade zwischen 2041-2050 wird das Risiko von warm-trockenen Monaten insgesamt stark zunehmen.

Zukünftige Maxima der Windgeschwindigkeit lassen sich nur mit geringerer Zuverlässigkeit regional abschätzen, die Auswertung der Daten zeigt demnach auch kein einheitliches Muster in Bayern für den untersuchten Zeitraum.

Insgesamt ist damit zu rechnen, dass viele Gebiete Bayerns gerade während der Vegetationsperiode wesentlich weniger pflanzenverfügbares Wasser aufweisen werden als bisher und so wird vor allem Trockenstress den Bäumen in Bayern in Zukunft zu schaffen machen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Auswertung weiterer Emissions- und Klimaszenarien neuer Modellläufe, der Einbeziehung von Ergebnissen anderen Downscaling-Techniken sowie in der Betrachtung weiterer relevanter Witterungsstressparameter.

## Klima und Witterung

### Auswirkungen milder Winter auf den Wasserhaushalt von Wäldern

Dr. Stephan Raspe<sup>1</sup>, Dr. Karl-Heinz Häberle<sup>2</sup>, Ursula Metzger<sup>2</sup>, Rosemarie Weigt<sup>2</sup>,  
 Dr. Lothar Zimmermann<sup>1</sup> und Winfried Grimmeisen<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> LWF, SG 2.2 Klima und Wasserschutz, <sup>2</sup> TUM, Lehrstuhl für Ökophysiologie der Pflanzen

Das Klima ändert sich und auch die Winter scheinen milder zu werden. Bei steigenden Temperaturen und längeren niederschlagsfreien Perioden nimmt aber auch das Verdunstungspotential in den Wintermonaten zu. Ob die Waldbäume unter diesen Umständen mehr Wasser verbrauchen, welche Unterschiede es zwischen den Baumarten gibt und wie sich das auf den Wasserhaushalt der Wälder insgesamt auswirkt, wurde anhand der Daten von den 22 bayerischen Waldklimastationen (WKS) und des SFB 607 im Kranzberger Forst bei Freising untersucht.

### Milde Winter hinterlassen Spuren im Boden

Die letzten beiden Winterhalbjahre waren durch außergewöhnlich hohe Temperaturen gekennzeichnet. Von November 2006 bis April 2007 lagen die Monatsdurchschnittstemperaturen auf den WKS durchweg 2 bis 4 Kelvin über dem langjährigen Mittel (Zimmermann und Raspe, 2007a und b). Und auch der Januar, Februar und März 2008 waren deutlich wärmer als normal (Zimmermann und Raspe, 2008). Gleichzeitig fiel in einigen Monaten (November, Dezember 2006; April 2007 sowie Januar und Februar 2008) weniger Niederschlag als üblich. Deutlich reagierte auch der Bodenwasservorrat, der auf 5 WKS mittels TDR-Technik gemessen wird, auf diese ungewöhnliche Winterwitterung (Grimmeisen und Raspe, 2007a und b; sowie 2008). Vor allem im April 2007 gingen die Bodenwasservorräte in Fichtenbeständen sehr stark zurück und erreichten bereits Werte wie im Juni des Trockensommers 2003. Unter Laubwald nahmen die Bodenwassergehalte dagegen deutlich weniger ab.

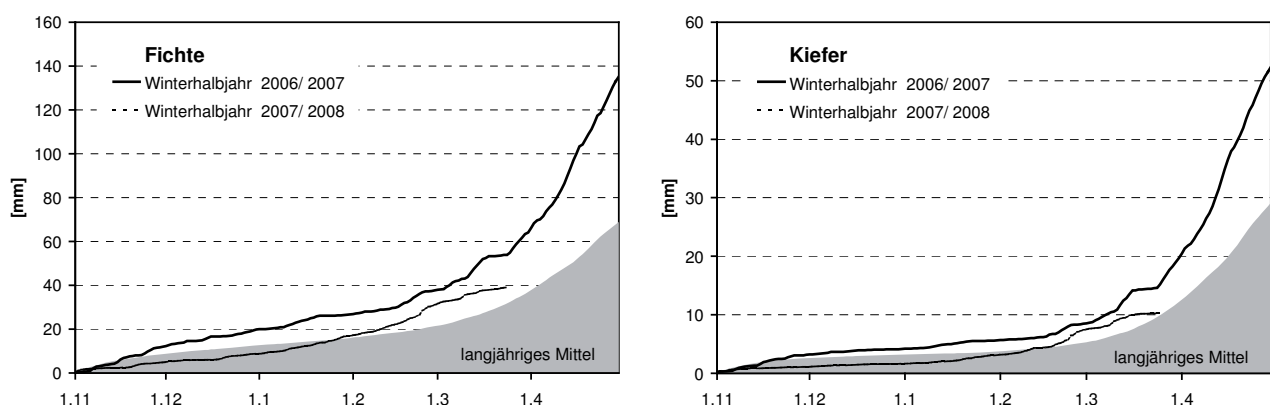


Abb. 1: Mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 berechnete mittlere Transpiration für Fichten- (links, n = 8) und Kiefernstandorte (rechts n = 4) in Bayern während der Winterhalbjahre 2006/07 und 2007/08 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 – 1990)



## Hohe Transpiration von Nadelbäumen

Ursache für die unterschiedlichen Reaktionsmuster der Bodenfeuchte auf die milde Winterwitterung dürfte vor allem das baumartenspezifische Transpirationsvermögen während der Wintermonate sein. Fichten und Kiefern sind das ganze Jahr über belaubt und können daher auch im Winter bei entsprechender Witterung transpirieren. Dementsprechend weisen Modellierungen mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 (Hammel und Kennel, 2001) auch hohe Transpirationsraten für diese beiden Baumarten in den letzten beiden Winterhalbjahren auf (Abb.1).

## Auch Buchen können im Winter transpirieren

Bei Laubbäumen geht das Modell davon aus, dass im laubfreien Zustand keine Transpiration stattfindet. Wasserpotentialmessungen im Kronenbereich von 70 jährigen Fichten und Buchen im Kranzberger Forst lassen daran jedoch Zweifel aufkommen. Von September 2006 bis Mai 2007 weisen beide Baumarten in 25 m Kronenhöhe kurz vor Sonnenaufgang („pre dawn“) Zweig-Wasserpotentiale um  $-4$  bar auf (Abb. 2 links). Das sind deutlich niedrigere Potentiale als sie bei optimaler Wasserversorgung zu erwarten wären ( $-2,5$  bar). Offensichtlich waren die Bäume in der Nacht nicht in der Lage, das am Tage verdunstete Wasser vollständig aus dem Boden wieder aufzunehmen und damit den Potentialausgleich herzustellen. Unterschiede zwischen Fichte und Buche sind hier nicht zu erkennen. Das Mittagspotential weist dagegen signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten auf (Abb. 2 rechts). Bei Fichten wurden mit bis zu  $-14$  bar deutlich niedrigere Wasserpotentiale gemessen als bei den Buchen. Aber auch bei den Buchen waren die Wasserpotentiale im Februar, März und April mittags wesentlich geringer als in den Morgenstunden, was auf eine gewisse Transpiration im laubfreien Zustand hindeutet.

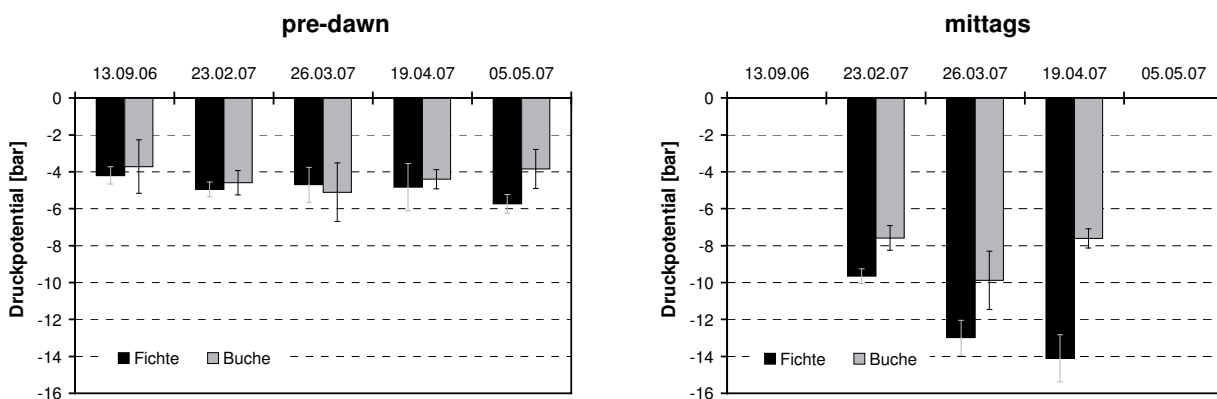


Abb. 2: Wasserpotential von Fichten- und Buchenzweigen in 25 m Kronenhöhe im Kranzberger Forst von September 2006 bis Mai 2007 vor Sonnenaufgang („pre dawn“) sowie um 12 Uhr mittags

## Milder Winter vor Trockensommer wäre für den Wald katastrophal

Glücklicherweise folgte auf den milden Winter 2006/07 ein relativ feuchter Sommer, so dass die Wachstumsbedingungen 2007 insgesamt sehr gut waren (Raspe und

Zimmermann, 2008). Was jedoch passieren würde, wenn auf einen extrem milden Winter ein Trockensommer wie im Jahr 2003 folgen würde, kann mittels Wasserhaushaltsmodellierung simuliert werden. Schon zu Beginn der forstlichen Vegetationszeit im Mai wäre dann der Bodenwasserspeicher weitgehend leer und die Bäume stünden praktisch die gesamte Vegetationszeit unter starkem Trockenstress (Abb. 3). Noch dramatischer sähe die Situation aus, wenn im Herbst vor dem milden Winter die Wasserspeicher der Böden nicht bereits wieder aufgefüllt worden wären. Eine solche Situation lag z.B. im Winter 2006/07 vor. Wäre also dem April 2007 ein Rekordsommer wie im Jahr 2003 gefolgt, hätte dies sicherlich katastrophale Auswirkungen vor allem auf die Nadelholzbestände gehabt.

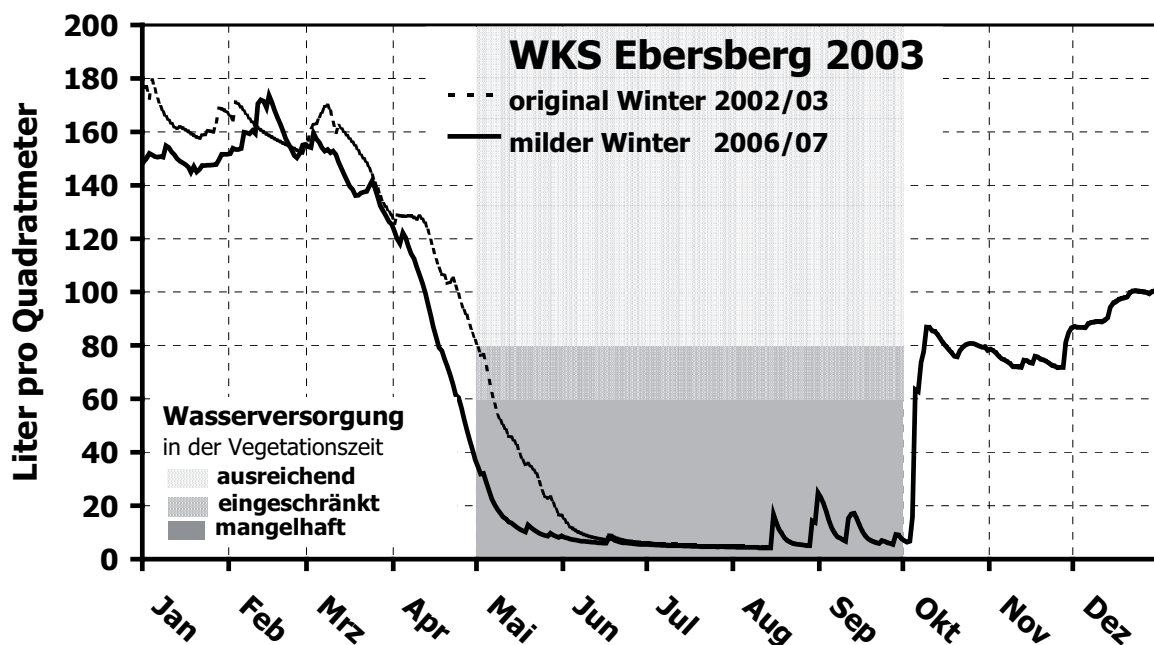


Abb. 2: Mit dem Wasserhaushaltsmodell LWF-Brook90 berechneter pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat an der Waldklimastation Ebersberg im Jahr 2003 nach original Winter 2002/03 (gestrichelte Linie) und im Vergleich nach einem milden Winter wie 2006/07

## Literatur

1. Grimmeisen, W.; Raspe, S. (2007a): Brachte dieser Winter genügend Wasser für unsere Waldböden? LWFaktuell 58, 44-45.
2. Grimmeisen, W.; Raspe, S. (2007b): Mairegen bringt Segen für den Waldboden. LWFaktuell 59, 42-43.
3. Grimmeisen, W.; Raspe, S. (2008): Milder Winter trocknet Waldböden nicht aus. LWFaktuell 64, 46-47.
4. Hammel, K.; Kennel, M. (2001): Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Forstliche Forschungsberichte, München, 185, 135 S.

5. Raspe, S.; Zimmermann, L. (2008): Ein Jahr mit gutem Zuwachs. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft 15, 56.
6. Zimmermann, L.; Raspe, S. (2007a): Ungewöhnlich milder Winter sorgte für frühen Vegetationsstart und hohe Verdunstung! LWFaktuell 58, 42-43.
7. Zimmermann, L.; Raspe, S. (2007b): Ein April wie ein Sommer und ein Mai, der ins Wasser fiel! LWFaktuell 59, 40-41.
8. Zimmermann, L.; Raspe, S. (2008): Zweiter milder Winter in Folge. LWFaktuell 64, 44-45.

## Klima und Witterung

### CO<sub>2</sub>-Bilanzen

#### Kyoto und Forstwirtschaft

Bernhard Felbermeier und Michael Weber, TU München, Lehrstuhl für Waldbau

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes CarbonPro<sup>1</sup> wurden im mittel- und südosteuropäischen Raum forstliche Managementkonzepte für Kyoto-Protokoll konforme Kohlenstoffbilanzen von Agrar- und Forstressourcen und deren Steuerung untersucht. Im Anschluss daran wurden die Ergebnisse mit Waldbesitzern sowie forstlichen Fachleuten aus Wissenschaft und Forschung diskutiert und zu Empfehlungen für politische Entscheidungsträger zusammengefasst.

Grundlage der Untersuchungen war die Einrichtung eines transnationalen Netzwerkes repräsentativer Untersuchungsgebiete in den Partnerregionen Friuli Venezia Giulia (Italien), Veneto (Italien), Ungarn, Bayern, Slowenien, Österreich, Thessaloniki, Kroatien und Bosnien-Herzegowina.

Für das tertiäre Hügelland in Bayern wurden beispielhaft Kohlenstoffbilanzen für folgende forstliche Waldbehandlungsoptionen berechnet:

- Business as usual: Fichtenbetrieb, mäßige Niederdurchforstung, Umtriebszeit 100 Jahre
- Intensivierung: Fichtenbetrieb, Z-Baum Durchforstung, Umtriebszeit 80 Jahre
- Extensivierung: Fichtenbetrieb, schwache Niederdurchforstung, Umtriebszeit 120 Jahre
- Buche: Buchenbetrieb, mäßige Niederdurchforstung, Umtriebszeit 130 Jahre.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Intensivierung der Fichtenbewirtschaftung führt zu einer Stabilisierung der Bestände und damit geringeren Schadholzanfällen. Allerdings wird durch die kürzere Umtriebszeit bei geringeren Bestockungsgraden der Kohlenstoffvorrat deutlich abgesenkt, was den gegenwärtigen Zielen von Kyoto – der Erhöhung von Kohlenstoffvorräten in den Ökosystemen – zuwider läuft.
- Die Extensivierung erhöht hingegen im Sinne von Kyoto die Kohlenstoffvorräte kurzfristig, bringt aber mittelfristig einen deutlich höheren Anfall an Schadholz, so dass der Vorratsgewinn mittelfristig weitgehend neutralisiert wird und sich zusätzlich erhebliche Nachteile für die forstliche Planung sowie den wirtschaftlichen Erfolg der Forstbetriebe ergeben.
- Die Forstwirtschaft mit Buche erzielt einen vergleichbaren Anstieg des Kohlenstoffvorrates wie die Option Extensivierung, wobei auf Grund der unter gegebenem Klima geringeren Gefährdung der Buche durch natürliche Risiken keine

<sup>1</sup> CarbonPro wurde im Rahmen des Projektes ST 184 „Managementkonzepte für Kyoto-Protokoll konforme Kohlenstoffbilanzen von Agrar- und Forstressourcen und ihre Steuerung“ von der Bayerischen Staatsforstverwaltung zu 50 % kofinanziert.

wesentlichen Schadholzanfälle zu erwarten sind und somit die Beteiligung der Buche eine Option zur nachhaltigen Steigerung der Kohlenstoffvorräte bietet.

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Workshops „Kyoto und Forstwirtschaft“ am Lehrstuhl für Waldbau der TU München Vertretern der forstlichen Praxis präsentiert und gemeinsam diskutiert. Dabei wurde insbesondere deutlich, dass allein Kyoto-konforme Kohlenstoffbilanzen die Klimaschutzleistungen des Waldes nur unzureichend dokumentieren, da das Kyoto-Protokoll ausschließlich auf die Steigerung der Kohlenstoffvorräte in den Waldökosystemen abzielt. Daher sollten in Zukunft die positiven Effekte der Material- und Energiesubstitution durch eine nachhaltige Holzproduktion bei der Berechnung von CO<sub>2</sub>-Bilanzen Berücksichtigung finden. Ebenso muss die Beschreibung managementbedingter Änderungen des Bodenkohlenstoffvorrates in den CO<sub>2</sub>-Bilanzen verbessert werden.

## **Bodensrespiration<sup>2</sup>**

Christoph Schulz, LWF, SG 2.2 Klima und Wasserschutz

Für ein Demonstrationsvorhaben im Rahmen der Forest-Focus-Verordnung der EU wurden die Messung der Bodenrespiration im Wald mit mobilen Infrarot-Meßgeräten und die Umsetzung im forstlichen Umweltmonitoring untersucht. Das angewendete Verfahren mit einer wöchentlichen Messung der CO<sub>2</sub>-Anreicherung in neun Messkammern stellt eine praxistaugliche Möglichkeit dar, um den wichtigen Fluss der Bodenrespiration dauerhaft zu messen. Mit einfachen Methoden können neben der Gesamtrespiration auch die autotrophe Respiration der Wurzeln und die Respiration der Streuauflage abgeschätzt werden.

Die an sechs Level-II Flächen ermittelten Zeitreihen zeigen die räumlichen und zeitlichen Schwankungen der CO<sub>2</sub>-Flüsse. Einzelflüsse schwankten zwischen 2 und 350 Milligramm Kohlenstoff pro Quadratmeter und Stunde (mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Die durchschnittlichen Flüsse lagen zwischen 47 und 86 mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> aus denen sich jährliche Flüsse von 0,4 bis 0,75 kg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> abschätzen lassen. Für den Hektar ergeben sich jährliche Flüsse zwischen 6 und 8,7 Tonnen CO<sub>2</sub>-Kohlenstoff.

Die Investitionskosten für Messgeräte und Messeinrichtungen an einer Station liegen bei 4500,- Euro. Bei Abschreibung über fünf Jahre und Personalkosten von 10,- Euro pro Stunde liegen die Gesamtkosten bei ca. 2300,- Euro pro Station und Jahr. Wenn das IC-Messgerät an mehreren Standorten eingesetzt wird, verringern sich die Kosten entsprechend.

---

<sup>2</sup> Projekt ST 166 „Messung der Bodenrespiration mit einem mobilen Infrarot-Gasanalyser und Erfassung von Streuabbauraten (EU-Teilfinanziertes Projekt Forest Focus C2)“

## Klima und Witterung

### Neue hochaufgelöste Klimakarten für die Wälder Bayerns als Bestandteil eines forstlichen Standortinformationssystem

Dr. Lothar Zimmermann<sup>1</sup>, Dr. Thomas Rötzer<sup>2</sup>, Dr. Uwe Hera<sup>3</sup> & Christoph Schulz<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>LWF, SG 2.2 Klima u. Wasserschutz, <sup>2</sup>TUM, LS Waldwachstumkunde, <sup>3</sup>geoKlim

Das Klima ist neben dem Boden der entscheidende forstliche Standortfaktor. Zur klimatischen Charakterisierung von Waldstandorten wurde bisher der Bayerische Klimaatlas (Enders et al. 1996) herangezogen. Einige Karten wurden nun unter Nutzung neu vorliegender Information (Digitales Höhenmodell DGM25 der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung, Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes aus dem Zeitraum 1971-2000) aktualisiert. Angesichts des Klimawandels ist eine möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Standortseigenschaften nötig, um die Empfindlichkeit der Standorte für zukünftige Veränderungen abzuschätzen und Anpassungsschwerpunkte hinsichtlich Baumarteneignung zu definieren. Diese höher aufgelösten und aktuelleren Klimakarten sind ferner ein wichtiger Baustein um auch die Wasserhaushaltsansprüche in der forstlichen Standortkartierung zu einem objektivierten und modellbasierten Verfahren (Schultze et al. 2005) zu verbessern.

### Ausgangssituation und Zielstellung

Die Karten des Bayerischen Klimaatlas (Enders et al. 1996) bzw. des Umwelt- und Agrarklimatologischen Atlas von Bayern (Rötzer et al. 1997) arbeiten mit mittleren Klimadaten aus den Zeiträumen 1951 bis 1980 (Temperatur) bzw. 1961 bis 1990 (Niederschlag) und mit einer räumlichen Auflösung von 400 m x 400 m. Die Werte liegen klassiert mit relativ weiten Klassengrenzen vor. Diese Art der Darstellung lässt eine Verwendung des Atlas nur auf der größten Maßstabsebene zu (kleiner als 1: 200 000). Die Verwendung von 1 °C-Klassen bei der Jahresmitteltemperatur führt beispielsweise dazu, dass 63 % der Landesfläche Bayerns in die Klasse 7-8 °C fallen. Innerhalb dieser Klasse konnte bislang nicht weiter differenziert werden. Die räumliche Auflösung mit einem Raster von 400 x 400 m führt auf niedrigeren Maßstabsebenen zu einer unbefriedigenden Darstellung des Geländeform und aller daraus abgeleiteten klimatischen Parameter oder aggregierten Größen wie Klimatypen (bspw. Kölling 2006). Weiterer Nachteil der Klimaatlanten ist ihre mangelnde Aktualität. Es fehlen zwei warme Dekaden (1981-1990 und 1991-2000), in denen sich der Klimawandel möglicherweise bereits abzeichnet. Angesichts des Klimawandels ist eine möglichst genaue Kenntnis der aktuellen Standortseigenschaften nötig, um die Empfindlichkeit der Standorte für zukünftigen Veränderungen abzuschätzen und Anpassungsschwerpunkte zu definieren (Kölling und Ammer 2006).

Durch die Verwendung des mittlerweile von der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung flächendeckend erarbeiteten digitalen Höhenmodells DGM 25 und aktualisierter Witterungsdaten des Deutschen Wetterdienst konnten nun deutlich verbesserte Klimakarten erstellt werden, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

- eine Auflösung von 50 m x 50 m,
- aktualisierte Klimawerte für den Zeitraum von 1971 bis 2000
- unklassierte (kontinuierliche) Werte

Folgende acht für die Wald- und Forstwirtschaft wichtigen Klimagrößen wurden ausgewählt: Jahresmitteltemperatur, Monatsmitteltemperatur Januar und Juli, Temperatur Vegetationsperiode, Dauer der Vegetationszeit, Jahresniederschlagssumme, Niederschlag Vegetationsperiode, Häufigkeit von Trockenperioden.

## Methodik

Als Datenmaterial stellte der Projektpartner DWD insgesamt Zeitreihen von 213 Klimastationen und 1079 Niederschlagsstationen bereit. Nach Prüfung auf eine möglichst lückenlose Zeitreihe konnten für die Temperatur rund 120 Klimastationen sowie für den Niederschlag rund 790 Stationen für die Regionalisierung verwendet werden. Als Geofaktoren für die Regionalisierung wurden neben den Parametern „Geographische Breite und Länge“ sowie „Höhe [m] über NN“ zusätzlich klein- und großräumige Luv- bzw. Lee-Indices für den Niederschlag sowie ein Bebauungsindex für die Temperatur in die Analyse einbezogen werden. Analog zur Methodik im Agrar- und Umweltklimatologischen Atlas Bayerns (Rötzer et al. 1997) bzw. im Klimaatlas von Bayern (Enders et al. 1996) sowie neueren Arbeiten (z.B. Mues 2000, Loibl und Schwarz 2001) wurden Luv-Lee-Indices aus dem von den Bayerischen Staatsforsten zur Verfügung gestellten digitalen Geländemodell DGM25 der Bayerischen Vermessungsverwaltung sowie ein Bebauungsindex aus der Landnutzungskartierung Corine Land Cover 2000 (CLC2000) abgeleitet. Die sich daran anschließende Regionalisierung der klimatischen Größen Temperatur und Niederschlag wurde dann mittels einer multiplen Regressionsanalyse durchgeführt werden. Ob die einzelnen Prädiktorvariablen einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der Zielvariablen leisteten wurde mit dem t-Test getestet. Ihr inhaltlicher Beitrag wurde über das Bestimmtheitsmaß quantifiziert. Weitere statistische Tests zur Ermittlung des Gewichts der einzelnen Prädiktoren ebenso wie auf Autokorrelation schlossen sich an. Die unerklärten Anteile der darzustellenden Parameter (Residuen) wurde mittels Kriging auf die Fläche interpoliert. Ergebnis waren rasterpunktgenaue Werte als absolute, stetig verteilte Ergebniswerte.

## Ergebnisse und Diskussion

Die statistischen Kennwerte der zu Grunde gelegten Modelle belegten, dass die Auswahl der berücksichtigten Prädiktoren und deren Gewichtung im Rahmen einer multiplen Regressionsanalyse ein hohes bis sehr hohes Maß an Übereinstimmung mit den Messdaten ergibt. Zur Validierung wurden kürzere Zeitreihen von Stationen (je nach Klimagröße 20-40) verwendet, die deshalb nicht in die Regressionsanalyse eingeflossen waren, aber Bayern sowohl von Flächen- wie Höhenverteilung abdeckten. Die Validierung der Niederschlagsparameter zeigte ein hohes Bestimmtheitsmaß von 95 bzw. 93 % bei einem mittleren absoluten Fehler von 62 bzw. 44 mm. Deutlich geringer fallen die Ergebnisse beim Trockenheitsindex aus. Hier liegen die Bestimmtheitsmaße bei 67 und 69 %, was einen Korrelationskoeffizienten von 0,82 bzw. 0,83 ergibt. Bei der Temperatur werden Bestimmtheitsmaße zwischen 63 % (Januartemperatur) und 93 % (Julitemperatur) erzielt. Dies geht einher mit Korrelationskoeffizienten zwischen 0,79 (Januartemperatur) und 0,97 (Julitemperatur) und mittleren absoluten Fehlern zwischen 0,3 °C (Jahrestemperatur und Temperatur in der Vegetationszeit) und 0,5 °C (Julitemperatur). Die Dauer der Vegetationszeit zeigt bei einem Bestimmtheitsmaß von 90 % einen Korrelationskoeffizienten von 0,95 und einen mittleren absoluten Fehler von 4,8 Tagen.

Zusammengefasst zeigt die Validierung der einzelnen Parameter ein zufrieden stellendes Ergebnis, wenn auch bei einzelnen Parametern – wie zum Beispiel bei der Januartemperatur oder bei den Trockenheitsindices – noch Forschungs- und Entwicklungsarbeit besteht.

Auch der Vergleich mit den derzeitigen 22 Waldklimastationen und ihren retrospektiv mit umliegenden Wetterstationen verlängerten Zeitreihen 1971-2000 für den Jahresniederschlag (Abb. 1) zeigte ein Bestimmtheitsmaß von  $r^2=0,78$ . Die alpine WKS Berchtesgaden zeigte als einzige Station eine sehr hohe Abweichung, so dass wenn diese Station nicht berücksichtigt wurde, sich das Bestimmtheitsmaß auf  $r^2=0,94$  verbessert mit einer mittleren absoluten Abweichung von 64 mm. Der Niederschlagsmessfehler ist an dieser Station besonders im Winter als hoch einzuschätzen.

Auch Vergleiche an ausgewählten Regionen zwischen Klimaatlas von Bayern und den neuen Klimakarten zeigten vergleichbare Muster. Einschränkend bleibt zu vermerken, dass durch die verwendeten Prädiktoren nur makoklimatische Einflüsse beschreiben werden können. Mikroklimatische Einflüsse wie Geländeneigung oder Einflüsse unterschiedlicher Landnutzung auf den lokalen Wärmehaushalt sind nicht berücksichtigt. Allerdings dürfte es schwierig sein für ganz Bayern solche Werte abzuleiten. Je nach Fragestellung ist zu prüfen, ob eine pixelgenaue Betrachtung oder eine gewichtete Aggregation mehrerer Rasterzellen sinnvoll ist.

## **Ausblick**

Die Karten wurden auf Basis von Jahreswerten der Temperatur und des Niederschlags entwickelt. Eine Modellierung der Kennwerte dieses Projekts auf Basis der Monatsdaten würde es erlauben, synoptische Situationen wie etwa Inversionslagen oder die Anströmrichtung advektiver Niederschläge im Jahresverlauf auf Basis der Wetterlagenstatistik genauer einzugrenzen. Damit könnten eventuell auch die Karten der Jahreswerte verbessert werden. Die im Verfahren erarbeiteten Regionalisierungsmethoden können darüber hinaus künftig auch für die Regionalisierung regionaler Klimaszenarien verwendet werden, um die Auswirkungen der aktuell deutlicher werdenden Klimaänderung für den Wald regional höher aufgelöst abschätzen zu können. Darüber hinaus stellt diese Klimaregionalisierung eine wichtige Datengrundlage für weitere forstliche Fragestellungen wie bspw. im Waldschutz dar.



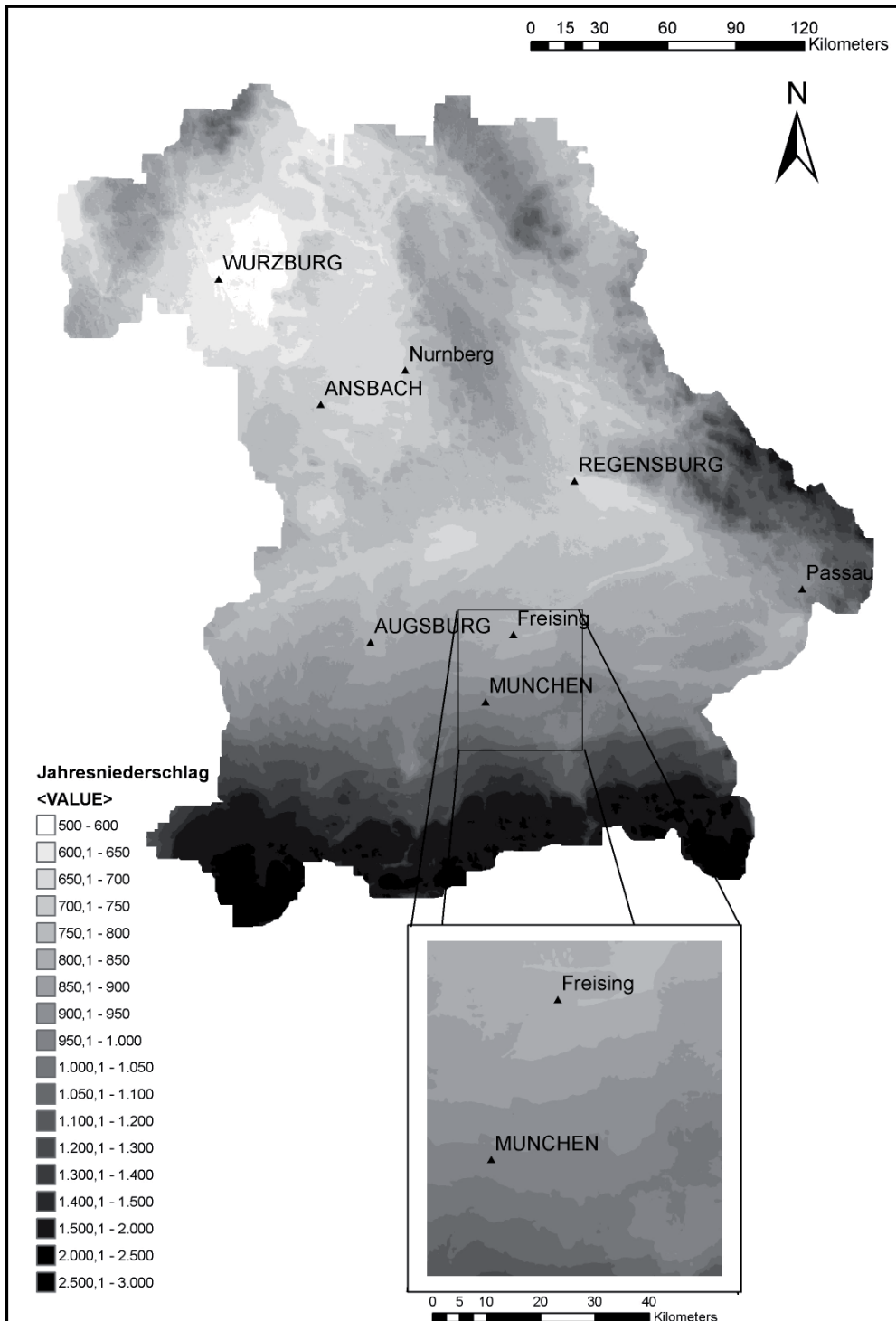


Abb. 1: Jahresniederschlag 1971-2000 für Bayern, regionalisiert auf 50\*50 m<sup>2</sup>-Raster, mit Ausschnitt Raum Freising-München.

## Literatur

1. Enders, G. et al. (Hrsg.) (1996): Klimaatlas von Bayern / Bayerischer Klimaforschungsverbund, BayFORKLIM. München, 48 Seiten, 57 Bl.
2. Kölling, C. (2006) Waldbau im Klimawandel - eine Herausforderung für die Forstliche Standortserkundung. Forstinfo 3, 1 - 4 .
3. Loibl, W., Schwarz L. (2001): Regionalisierung von Niederschlagsdaten mit Hilfe von neuronalen Netzen - Möglichkeiten und Grenzen der Generierung österreichweiter Karten. DACH-Tagung Wien.
4. Mues, V. (2000): GIS-gestützte Regionalisierung von Klima und Depositionsdaten in Niedersachsen: Dissertation an der Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie.
5. Rötzer, T., Häckel, H. und R. Würländer (1997): Agrar- und Umweltklimatologischer Atlas von Bayern. CD-ROM, Selbstverlag Deutscher Wetterdienst, Freising.
6. Schultze, B., Kölling, C., Dittmar, C., Rötzer, T., und Elling, W. (2005) Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushalts von Waldböden in Bayern: Modellierung – Regression – Regionalisierung. Forstarchiv 76, 155 – 163.

## Waldschutz und Waldbau

### Entwicklung einer Methode zur Überwachung des Eichenprozessionsspinners

Dr. Gabriela Lobinger, LWF

Seit Ende der 1990er Jahre tritt der Eichenprozessionsspinner in Bayerns Wäldern zunehmend auch als Schädling in Erscheinung. Von ursprünglich auf Mittel- und Unterfranken beschränkten Brennpunkten dehnte sich seitdem sein Verbreitungsgebiet deutlich aus und umfasst derzeit nicht nur den gesamten mittel- und unterfränkischen Raum, sondern auch Teile Oberfrankens und Schwabens. Zudem hat sich die Populationsdichte des Eichenprozessionsspinners in den letzten Jahren auf einem deutlich höheren Niveau etabliert. Dieses bisher wenig beachtete Forstinsekt stellt die betroffenen Regionen vor große Herausforderungen, da es in zweierlei Hinsicht Probleme bereitet:

- der Eichenprozessionsspinner verursacht vor allem an Waldrändern, in lichten Eichenmittelwäldern bereits flächige teils massive Fraßschäden. Auf der fränkischen Platte mussten seit 2001 aufgrund von Kahlfraß auf ca. 600 ha Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden
- von den Raupen und Gespinnstnestern geht eine erhebliche Gesundheitsgefährdung aus (Lamy, 1990). Diese macht in den betroffenen Beständen die notwendigen Bewirtschaftungsmaßnahmen schwierig oder gar unmöglich, schränkt die Erholungsfunktion des Waldes stark ein und stellt auch erhebliche Beeinträchtigungen für die Nutzung angrenzender landwirtschaftlicher Flächen und für Anwohner siedlungsnaher Wälder dar.

Da es sich hier um ein wärmeliebendes Insekt handelt, ist zu befürchten, daß der Eichenprozessionsspinner im Zuge der Klimaänderung sein Verbreitungsgebiet noch ausweitet und zu einem dauerhaften Problem werden kann. Hinzu kommt, dass dieses Insekt in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt ist. Ein Ausbau der fachlichen Kompetenz ist hier also dringend erforderlich, um gezielte Gegenmaßnahmen zu treffen.

### Gegenmaßnahmen zur Eindämmung des Eichenprozessionsspinners – herkömmliche Prognosemethoden

Zur Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners in Wäldern hat sich die Ausbringung von Häutungshemmern aus der Luft sehr gut bewährt (Skatulla, Lobinger, 2006). Die Probleme liegen aber bereits im Vorfeld der eigentlichen Maßnahme, nämlich bei der Einschätzung der Bekämpfungsnotwendigkeit und der Abgrenzung zu behandelnder Flächen.

Bislang gibt es keine standardisierten Prognosen, die geeignet sind, zuverlässige Aussagen über die räumliche Ausbreitung und die Entwicklung der Populationsdichte in den Beobachtungsgebieten zu treffen. Auch liegen noch keine Erfahrungen über die Schadwirkung des Eichenprozessionsspinners unter verschiedenen Rahmenbedingungen im Hinblick auf eine tatsächliche Bestandesgefährdung vor. Eine Bekämpfung mit Insektiziden sollte jedoch nur erfolgen, wenn im Rahmen einer Schädlingsprognose die Notwendigkeit des Eingriffs festgestellt wurde.

Bisher wurden folgende Prognoseschritte durchgeführt:

- Erfassung der auftretenden Fraßschäden und Darstellung in Befallskarten (Fraßkartierung)
- In den Gebieten mit starkem Licht- bis Kahlfraß wird in den Wintermonaten der Besatz mit Eigelegen in den Eichenkronen untersucht und so die potenziellen Kahlfraßflächen für die kommende Vegetationsperiode abgegrenzt. Die Gelege werden im Labor hinsichtlich der Schlupfrate und möglicher Parasitierung untersucht.

Diese Methoden sind sehr aufwändig mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet. Bei der Fraßkartierung werden nur Teilgebiete erfasst; auch geht daraus nicht hervor, ob der Fraß allein auf den Eichenprozessionsspinner zurückzuführen ist, oder andere Arten der komplexen Eichenfraßgesellschaft maßgeblich beteiligt sind. Die Eigelegeprognose kann aufgrund des Arbeitsaufwandes (Baumfällungen, Beprobung, Transport zur LWF, Untersuchung der Zweigproben im Labor) nur in sehr begrenztem Umfang eingesetzt werden. Der Stichprobenumfang/Fläche muss dabei relativ hoch sein, da die inhomogene Eiablage innerhalb der Eichenkrone und zwischen verschiedenen Bäumen zu sehr starken Streuungen der Ergebnisse führen. In Anbetracht der Tatsache, dass sich die Eichenprozessionsspinnerproblematik eher noch ausweiten wird, müssen andere zuverlässige und praktikable Prognosemethoden entwickelt werden.

### **Voruntersuchungen zur Pheromonprognose des Eichenprozessionsspinners**

Bester Ansatzpunkt für eine Prognose ist – aufgrund der Biologie dieser Schmetterlingsart - die Überwachung des Falterfluges mit Hilfe von Pheromonfallen. Dieses Verfahren ist für andere forstliche Großschädlinge wie den Schwammspinner und den Nonnenspinner bereits routinemäßig eingeführt und ermöglicht einen zuverlässigen Informationsstand über die Dichteentwicklung in riesigen Verbreitungsgebieten bei relativ geringem Aufwand.

Die Entwicklung einer solchen Methode erfordert intensive Untersuchungen an den verschiedenen Entwicklungsstadien des Schadinsektes. Im Falle des Eichenprozessionsspinners müssen zunächst Korrelationen zwischen der Eiablagedichte, dem Besatz mit Raupennestern und der Falteraktivität hergestellt werden. Kommt man so zu einer zuverlässigen Einschätzung der Populationsdichte anhand der Falteranflüge an Pheromonfallen, so müssen diese in Beziehung zu den damit verbundenen Schadbildern im Wald gesetzt werden mit dem Ziel, einen Schwellenwert (kritische Dichte) für die Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen zu definieren.

Die Vorgehensweise in den Voruntersuchungen 2008 gestaltete sich folgendermaßen:  
In Unterfranken wurden 3 Versuchsfelder mit unterschiedlicher Fraßintensität und Raupenbesatzdichte ausgewählt. Die Untersuchungen starteten mit Beginn des Falterfluges Anfang Juli. Da bisher keinerlei erfolgreiche Versuchsansätze mit Pheromonfallen bei Eichenprozessionsspinnerfaltern existierten, war es notwendig:

1. durch Test unterschiedlicher im Handel angebotener Pheromone ein Köderpräparat mit ausreichender und zuverlässiger Lockwirkung zu ermitteln
2. einen an das Flugverhalten des Falters angepassten Fallentyp zu finden oder selbst zu entwickeln.

### 3. das Schwärmverhalten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Rahmenbedingungen zu untersuchen

Hierzu wurden in den Versuchsflächen Fallenreihen mit unterschiedlicher Beköderung (Präparat, Dispenseranzahl) und unterschiedlichen Fallentypen auf Augenhöhe und im Kronenbereich installiert.

Da die bisher angebotenen Pheromone keine oder nur geringe Fangleistung hatten, erfolgten als Kontrolle, ob generell Flugaktivität vorliegt, Lichtfänge.

Gleichzeitig wurden Daten über das Schwärmverhalten der Falter und die Einflussfaktoren auf die Aktivität gesammelt. Dies erfolgte mit Hilfe einer elektronischen Messstation, die zum einen Form einer Wetterstation die für den Falterflug relevanten Witterungsdaten erhebt (Temperaturen, Niederschläge), zum anderen mittels einer mit Spezielsensoren ausgerüsteten Fangeinrichtung die Anflüge jedes Falters an die Falle registriert und mit den jeweils herrschenden Witterungsdaten verknüpft. Auf diese Weise konnte das Anflugverhalten des Eichenprozessionsspinner über die gesamte Schwärmzeit erfasst werden. Eine mit Kamera ausgestattete Falle wurde im Kronenbereich angebracht und über Bildschirm das Anflugverhalten der Falter beobachtet. Diese Einblicke in das pheromongesteuerte Verhalten sind notwendig, um Fangzahlen richtig interpretieren zu können (McNeil, 1991).

#### **Ergebnisse und Fazit**

Die Untersuchungen gestalteten sich grundsätzlich schwierig, da der Falter nachtaktiv ist und hoch im Kronenraum schwärmt. Die untersuchten Kombinationen Lockstoff/ Falle/ Fallenhöhe ergaben folgende Resultate:

Die chemischen Eigenschaften der Pheromonkomponenten beim Eichenprozessionsspinner sind sehr komplex (Quero et al., 2003). Nur eines der getesteten Pheromonpräparate zeigte ausreichende Lockwirkung; allerdings erwies sich auch hier die Köderqualität als sehr ungleichmäßig. Dabei darf die Attraktivität des Lockstoffs auch nicht zu hoch sein, da sich sonst aufgrund massiven Falterzufluges aus dem weiteren Umkreis (bis mehrere Kilometer) die örtliche Populationsdichte nicht mehr abbilden lässt.

Die beste Fangleistung wurde mit einer selbstgebastelten „Behälterfalle“ erzielt. Die kommerziell erhältlichen Fallen werden dem Flugverhalten des Falters nicht gerecht oder haben keinen geeigneten Rückhalte Mechanismus. Die höchsten Anflüge erfolgten bei Fallenanbringung im Kronenbereich, allerdings mit sehr hoher Streuung der Ergebnisse. Der Vergleich der Fangzahlen innerhalb des Versuchsbestandes sowie zwischen verschiedenen Beständen mit unterschiedlicher Dichte zeigte nur tendentiell Korrelationen zwischen Falteranflügen und Populationsdichte auf. Die Streuungen zwischen Einzelfallen waren sehr hoch, was, wie schon erwähnt, in der Köderqualität begründet sein kann (Analysen hierzu sind beauftragt), möglicherweise aber auch mit der Konkurrenz der natürlichen Weibchen zusammenhängen kann, ein Sachverhalt, der die weiteren geplanten Untersuchungen sehr erschwert.

Mit Hilfe der elektronischen Messeinrichtungen konnte sowohl der typische Tagesverlauf der Schwärmaktivität aufgeklärt, als auch der Falterflug über die gesamte Schwärmzeit in Abhängigkeit von den herrschenden Witterungsbedingungen aufgezeichnet werden (Abb. 1, 2).

Die Flugzeit beginnt in den Abendstunden ab ca. 20.00 Uhr, also noch bei Tageslicht, Schwärmhöhepunkt liegt um Mitternacht, danach setzt sich geringer Schwärmflug bis ca. 3.00 Uhr morgens fort. Bei Regen findet keine Flugaktivität statt. Die im Untersuchungszeitraum herrschenden Temperaturbedingungen mit Nachttemperaturen zwischen 5 und 15 °C zeigten keinen merklichen Einfluss auf die Aktivität.

Die Ergebnisse zeigen deutlich die Probleme und Unsicherheitsfaktoren bei der Entwicklung einer pheromonbasierten Prognose auf. Es sind noch zahlreiche Untersuchungen notwendig, um hinreichende Sicherheit über die Zusammenhänge zwischen Falterflugzahlen und zu erwartende Schäden zu erhalten. Solche Versuche sind für Frühjahr/Sommer 2008 geplant. In den Beobachtungsflächen soll durch Aufnahme der Eiablage, anschließend durch Kontrolle der Raupenbesatzdichte und die entstehenden Fraßschäden sowie ab Juli durch eine Wiederholung der Pheromonversuche festgestellt werden, in wieweit sich bereits tragfähige Korrelationen aufzeigen lassen. Sind die Resultate positiv, müssen bei Einführung einer Pheromonprognose zumindest über einen bestimmten Zeitraum Gegenkontrollen durch die herkömmlichen Verfahren erfolgen. Unter Umständen kann sich auch erweisen, dass sich der Einsatz von Pheromonfallen im Falle des Eichenprozessionsspinners nicht für eine zuverlässige Überwachung und Prognose eignet.

Der Aufwand für diese umfangreichen Untersuchungen ist (wie sich auch bei früheren Entwicklungen wie Schwammspinner- und Nonnenspinnerprognose gezeigt hat) gerechtfertigt, da eine zuverlässige, großräumige durchführbare Prognose erhebliche ökonomische, ökologische und forstpolitische Vorteile hat. Aufgrund der Größe des Verbreitungsgebietes gerade beim Eichenprozessionsspinner ist es notwendig, möglichst frühzeitig Informationen über die zu erwartenden Schadgebiete zu erhalten, um notwendige Gegenmaßnahmen umfassend vorbereiten zu können. Je zuverlässiger die Prognose ist, desto genauer können die Bekämpfungsflächen räumlich eingegrenzt werden, wodurch nicht nur der Aufwand und die Kosten verringert werden, sondern vor allem das Ökosystem der artenreichen Eichenwälder weitestgehend geschont wird.

## Literatur

1. LAMY M. (1990): Contact dermatitis (crucism) produced by processionary caterpillars (Genus *Thaumetopoea*). J. Appl. Ent. 110, pp 425-437
2. McNEIL J.N. (1991): Behavioural ecology of pheromone mediated communication in moths and its importance in the use of pheromone traps. Ann. Rev. Ent. 36, pp 407-430
3. QUERO C., BAU J., GUERRERO A., BREUER M., DE LOOF A., KONTZOG H.G., CAMPS F. (2003): Sex pheromone of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea*. Identification and biological activity. J. Agric. Food Chem. 51 (10), pp 2987-2991
4. SKATULLA U., LOBINGER G. (2006): Erfahrungen mit der Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea* L., Lep., Thaumetopoeidae) in Wäldern und öffentlichem Grün. Jahrbuch der Baumpflege, 2006

## Waldschutz und Waldbau

### Der Einfluss einer Schwammspinnerbekämpfung mit dem Häutungshemmer Dimilin auf die Waldlebensgemeinschaft (Projekt ST159)

Fiona Schönfeld (M.Sc.), FH Weihenstephan, LWF

Im Rahmen des Projekts ST159 wurde in den Jahren 2004 und 2005 der Einfluss des Häutungshemmers Diflubenzuron/Dimilin auf Waldlebensgemeinschaften analysiert. Die Untersuchungsgebiete befanden sich in einem unterfränkischen Eichen-Hainbuchen-Wald im Wuchsgebiet Fränkische Platte. Die Waldfläche wurde aufgegliedert in Fläche D-04 (Applikation von 15 g/ha Dimilin 80WG im Mai 2004, 20 ha), Fläche D-05 (Applikation von 15 g/ha Dimilin 80WG im Mai 2005, 30 ha) und Fläche N (Nullfläche, stets insektizidfrei, 30 ha).

#### Avizönose

Die Reaktion der Avizönose wurde mittels quantitativer Rasterkartierung in Fläche D-05 und der Nullfläche N erfasst. Im Jahr 2004 – also vor der Dimilin-Applikation – unterschied sich die Vogellebensgemeinschaft in diesen beiden Flächen nicht signifikant voneinander. Nach dem Insektizid-Einsatz in Fläche D-05 2005 war die Dichte und die Diversität der Vögel insgesamt signifikant geringer als in der Nullfläche, innerhalb der Nahrungsgilden ging die Dichte der Insektenfresser signifikant zurück.

Die Zusammensetzung der Nestlingsnahrung von Singvögeln wurde im Jahr 2005 durch Infrarotkameras in je drei Nistkästen in den Flächen D-05 und N ermittelt. Nach der Dimilin-Behandlung nahm der Anteil der Raupen stetig ab. In der behandelten Fläche sank der Raupenanteil in der Nestlingsnahrung der Kohl- und Blaumeisen (*Parus major*, *P. caeruleus*) auf unter 50 %. Dagegen wurden in der Nullfläche noch zu etwa 80 % Lepidopteren-Larven verfüttert. Auch nach Dimilin-Einsätzen in anderen Untersuchungsgebieten wurde bei Waldvögeln ein Beutewechsel beobachtet (DeReede 1982, Cooper et al. 1990, Sample et al. 1993b). Raupen stellen einen der energiereichsten Bestandteile der Nestlingsnahrung dar. Nach einem Insektizideinsatz sind Vögel jedoch gezwungen, auf andere – energieärmere – Beutetiere auszuweichen. Diese reduzierte Energiezufuhr kann die Überlebensrate der Jungvögel verringern (Tinbergen & Boerlijst 1990). Für die Altvögel gestaltet sich die Jungenaufzucht energieaufwändiger, letztlich kann dadurch die zukünftige Reproduktionsleistung der Population reduziert werden (Martin 1987).

Der Bruterfolg von Singvögeln wurde 2005 in jeweils 30 (D-05) bzw. 29 (N) Nistkästen ermittelt. Die Erstbrut wurde hinsichtlich der Zahl flügger Jungvögel pro Kasten nicht messbar beeinflusst, Zweitbruten dagegen fanden in der behandelten Fläche kaum statt. Der Bruterfolg von Mittel- und Buntspechten (*Dendrocopos medius* und *D. major*) wurde in je drei bzw. zwei Höhlen mit Hilfe des Tree Top Peepers, einer kleinen Kamera auf Teleskopgestänge, untersucht. Die Bruten wurden nicht messbar beeinträchtigt.

#### Insektenzönose

Die Insektenzönose der Baumkrone wurde 2004 und 2005 in allen drei Teilflächen D-04, D-05 und N an jeweils zehn Eichen durch Einzelbaumbenebelung erfasst. Arborikole

xylobionte und phytophage Käfer (*Coleoptera*), Wanzen (*Hemiptera*) und Netzflügler (*Neuroptera*) wurden in beiden Jahren in der jeweils behandelten Fläche deutlich häufiger nachgewiesen als in den insektizidfreien Gebieten. Die phytophagen Käfer profitierten im Behandlungsjahr vermutlich von der größeren Blattmasse, die in den bekämpften „raupenfreien“ Gebieten zur Verfügung stand. Untersuchungen von Sample et al. (1993a), Lobinger & Skatulla (1998) und Rieske & Buss (2001) kamen ebenfalls zu dem Schluss, dass xylobionte Coleopteren zunächst gar nicht oder nur kurzfristig durch den Häutungshemmer beeinträchtigt werden. Wodurch die positive Reaktion bei den Wanzen und Netzflüglern ausgelöst wurde, konnte nicht geklärt werden; Bornholdt & Brenner (1996) machten bei Wanzen die gleiche Beobachtung.

Im auf die Behandlung folgenden Jahr traten arborikole xylobionte und phytophage Käfer, Wanzen und Netzflügler jedoch nur noch in stark reduzierter Dichte auf.

Arborikole Ameisen (Formicidae) reagierten nicht messbar auf die Behandlung. Diverse Untersuchungen in anderen Gebieten kamen zum gleichen Ergebnis (Lischke 1993, Sample et al. 1993a, Butler et al. 1997).

Nachtaktive Schmetterlinge (Lepidoptera) wurden mit Lichtfallen gefangen. Die Gruppe insgesamt zeigte keine negative Reaktion auf das Insektizid, einzelne Arten und Artengruppen, deren Entwicklung genau im Zeitfenster der Diflubenzuron-Wirkung stattfindet, wurden jedoch stark reduziert. Neben den Zielarten Schwamm- und Prozessionsspinner ging auch die Zahl der Orthosien stark zurück. Zudem waren insbesondere Schmetterlinge der Roten Liste betroffen, einige verschwanden nach der Behandlung völlig aus dem Gebiet (z. B. *Dicycla oo*). In zahlreichen Untersuchungen, die sich den Auswirkungen von Dimilin-Behandlungen auf Nichtzielorganismen widmen, stellen Lepidopteren die Tiergruppe dar, die am stärksten durch Diflubenzuron geschädigt wird (z. B. Martinat et al. 1988, Hacker 1995, 1997, Zub et al. 1996, Butler et al. 1997, Schanowski 1999).

## Schlussfolgerungen

Dimilin besitzt eine phänologisch eng begrenzte Wirkung. Nach der Ausbringung werden vor allem diejenigen Arten geschädigt, die ungeschützt an der Vegetation fressen und ihre Larvalentwicklung noch nicht abgeschlossen haben. Eine Anreicherung von Diflubenzuron im Ökosystem kann nach dem derzeitigen Kenntnisstand ausgeschlossen werden. Dies ermöglicht die gezielte Bekämpfung von freifressenden Schmetterlingsraupen. Nichtzielarten, die in einem behandelten Gebiet häufig vorkommen, scheinen eine Dimilin-Applikation ohne nachweisbare bleibende Schäden zu überstehen. Bei einer einmaligen Behandlung und gleichzeitig niedriger Wirkstoffkonzentration lässt sich auch bei Nichtzielorganismen, deren Populationen beeinträchtigt wurden, zumindest mittelfristig eine Erholung erwarten. Die vorliegende Untersuchung zeigt aber auch ganz klar, dass eine flächige Bekämpfung die Gefahr birgt, seltene Arten zu vernichten, die ihre Larvalentwicklung im gleichen Zeitfenster vollziehen.

In der vorliegenden Arbeit war die insektizidfreie Nullfläche ein „ökologisches Fenster“, in das sich zumindest mobilere Arten hätten zurückziehen können. Da viele Wälder Unterfrankens relativ isoliert in der Agrarlandschaft liegen, sollte bei zukünftigen Schwammspinner-Bekämpfungsaktionen die bereits früher praktizierte Aussparung



kleineren Flächen erfolgen, die vielen Arten eine Ausweichmöglichkeit eröffnet und auch seltenen Insekten ein Überleben ermöglichen kann.

Zusammenfassend lässt sich als Ergebnis der Untersuchungen festhalten, dass Dimilin im Hinblick auf Wirkung und Nebenwirkungen von allen derzeit zugelassenen Mitteln zwar eines der „schonendsten“ ist. Dennoch stellt sich die Frage nach dem Ziel einer Insektizid-Anwendung im Forst. Raupenkahlfraß vernichtet nach heutigem Kenntnisstand niemals den kompletten Waldbestand, ein Teil der Bäume überlebt stets den Raupenbefall. Die Kalamität lässt neue Strukturen entstehen – was die Diversität eher fördert und daher nicht als ökologisches Problem, sondern oftmals als Bereicherung anzusehen ist. Die Entscheidung, eine Dimilin-Applikation durchzuführen, ist aus ökologischer Sicht stets sorgfältig abzuwägen und darf nicht leichtfertig gefällt werden. Dies gilt insbesondere für Wälder, die im Besitz der öffentlichen Hand stehen.

## Literatur

1. Bornholdt, G. & Brenner, U. (1996): Auswirkungen der Dimilin-Ausbringung auf die Käfer, Wanzen und Geradflügler von Eichenwäldern im Bereich der Forstämter Mörfelden-Walldorf und Lampertheim (Südhessen). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 322: 195-210.
2. Butler, L. (1998): Nontarget impact of gypsy moth insecticides. West Virginia University Extension Service: 1-4.
3. Cooper, R. J., Dodge, K. M., Martinat, P. J., Donahoe, S. B. & Whitmore, R. C. (1990): Effect of Diflubenzuron application on eastern deciduous forest birds. Journal of Wildlife Management 54: 486-493.
4. DeReede, R. H. (1982): A field study on the possible impact of the insecticide Diflubenzuron on insectivorous birds. Agro-Ecosystems 7: 327-342.
5. Hacker, H. (1995): Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Mainfranken in den Jahren 1993 und 1994 – Untersuchungen zur Wirkung von Raupenkahlfraß und Dimilin-Behandlung auf das Artenspektrum der Begleitfauna von Eichenwäldern (Lepidoptera). Bericht Naturforschende Gesellschaft Bamberg 69: 49-81.
6. Hacker, H. (1997): Massenvermehrung des Schwammspinners (*Lymantria dispar* L.) in Mainfranken in den Jahren 1992 bis 1994 – Untersuchungen zur Wirkung der Dimilin-Behandlung auf das Artenspektrum der Begleitfauna von Eichenwäldern; Beitrag II. Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik 2: 1-21.
7. Lischke, A. (1993): Auswirkungen eines Häutungshemmers und eines Bacillus thuringiensis-Präparates auf die Ameise *Leptothorax nylander* als Nicht-Zielorganismus. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 293: 190-202.
8. Lobinger, G. & Skatulla, U. (1998): Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Insektenbefall, Witterungsfaktoren und Eichenschäden in Unterfranken. Freising:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abschlussbericht zum Projekt V27. 174 S.

9. Martin, T. E. (1987): Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 453-487.
10. Martinat, P. J., Coffmann, C. C., Dodge, K., Cooper, R. J. & Whitmore, R. C. (1988): Effect of diflubenzuron on the canopy arthropod community in a central Appalachian forest. *Journal of Economic Entomology* 81: 261-267.
11. Rieske, L. K. & Buss, L. J. (2001): Effects of gypsy moth suppression tactics on litter- and ground-dwelling arthropods in the central hardwood forests of the Cumberland Plateau. *Forest Ecology and Management* 149: 181-195.
12. Sample, B. E., Butler, L. & Whitmore, R. C. (1993a): Effects of an operational application of Dimilin on non-target insects. *The Canadian Entomologist* 125: 173-179.
13. Sample, B. E., Cooper, R. J. & Whitmore, R. C. (1993b): Dietary shifts among songbirds from a Diflubenzuron-treated forest. *The Condor* 95: 616-624.
14. Schanowski, A. (1999): Auswirkungen des Einsatzes von Dimilin auf die Arthropodenfauna am Beispiel der Nachtfalter, Lauf- und Aaskäfer sowie Bodenkäfer. *Berichte Freiburger Forstl. Forschung* 13: 102-121.
15. Tinbergen, J. M. & Boerlijst, C. M. (1990): Nestling weight and survival in individual great tits (*Parus major*). *Journal of Animal Ecology* 59: 1113-1127.
16. Zub, P., Nässig, W. A. & Kristal, P. M. (1996): Lepidopterologische Begleituntersuchung zur Bekämpfung einer Gradation des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) mit *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*B.t.k.*) und dem Häutungshemmer Dimilin im Jahr 1994 im Staatsforst bei Lampertheim (Südhessen). *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* 322: 188-194.

## Waldschutz und Waldbau

### Untersuchungen zur Populationsstruktur und dem Ausbreitungsverhalten des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) in Wirtschaftswäldern anhand molekular-genetischer Methoden

Bernhard Stoeckle, M.Sc. und PD Dr. Ralph Kühn, AG Molekulare Zoologie, Lehrstuhl für Zoologie

#### Zusammenfassung

Um den Einfluss unterschiedlicher bestandesstruktureller und landschaftlicher Gegebenheiten (aufgelichtete und geschlossene Bestände, landwirtschaftliche Nutzflächen zwischen Beständen) auf das Dispersionsverhalten des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) zu untersuchen, wurden im Ebersberger Forst und in der Region Landau aus mehreren Borkenkäfer-Befallsherden Buchdrucker entnommen und mit sieben polymorphen Mikrosatelliten genotypisiert. Anhand des genetischen Verwandtschaftsgrades zwischen den Buchdrucker-Kollektiven der untersuchten Befallsherde konnte aufgezeigt werden, dass geschlossene Altlichtenbestände „Überflugbarrieren“ für Buchdrucker darstellen. Demgegenüber schränken sowohl landwirtschaftliche Nutzflächen als auch aufgelichtete Waldbestände den Dispersionsflug des Buchdruckers nicht ein.

#### Herangehensweise

Für diese Untersuchung wurden im Jahr 2006 aus mehreren Befallsherden im Ebersberger Forst und in der Region Landau Borkenkäferindividuen gewonnen. Zur Beantwortung der Fragestellung, in wie weit unterschiedliche bestandesstrukturelle Konstellationen „Überflugbarrieren“ darstellen, wurden die Probenahmen im Ebersberger Forst in acht verschiedenen Befallsherden an unterschiedlichen Waldstandorten vorgenommen. In Landau erfolgte eine Probenahme an vier verschiedenen Waldstandorten. Da in dieser Region häufig kleine Waldstücke durch landwirtschaftliche Nutzflächen voneinander getrennt sind, wurde die Probenahme so konzipiert, dass die landwirtschaftliche Struktur im Hinblick auf ihre Wirkung als Verbreitungsbarriere für den Borkenkäfer untersucht werden kann. Aus jedem Befallsherd wurden mehrere Bäume für die Probenahme herangezogen und aus verschiedenen Stammabschnitten jedes beprobten Baumes Käfer aus Brutsystemen für die molekulargenetischen Analysen entnommen.

Die DNA-Präparation erfolgte nach einer modifizierten Methode von HOGAN et al. (1986). Zur Genotypisierung der Käferindividuen wurden sieben polymorphe Mikrosatelliten verwendet. Für die Feststellung der genetischen Unterschiede zwischen den Buchdrucker-Kollektiven der Untersuchungsgebiete Landau und Ebersberg und zwischen den Befallsherden innerhalb eines Gebietes wurde der  $F_{ST}$ -Wert (WEIR und COCKERHAM, 1984), ein Parameter zur Abschätzung genetischer Unterschiede zwischen Populationen, im paarweisen Vergleich ermittelt. Des Weiteren wurden bildgebende Verfahren angewandt, um sowohl vorhandene genetische Barrieren als auch die genetische Struktur zu visualisieren.

## Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den beiden Buchdrucker-Kollektiven der Untersuchungsgebiete (Ebersberger Forst und Landau) wurde ein niedriger  $F_{ST}$ -Wert ermittelt. Somit besteht eine geringe genetische Differenzierung zwischen den Borkenkäfern aus Landau und Ebersberg. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit einer aktuellen Untersuchung von SALLÉ et al. (2007), in der mehrere europäische Buchdrucker-Populationen molekulargenetisch analysiert wurden. Die untersuchten Populationen wiesen ebenfalls einen hohen genetischen Verwandtschaftsgrad zueinander auf. Ursächlich dafür kann das effektive Dispersionsvermögen des Buchdruckers sein, das bereits in früheren Studien beschrieben worden ist (NILSSEN, 1984; FORSSE und SOLBRECK, 1985).

Die Ermittlung der paarweisen  $F_{ST}$ -Werte zwischen den acht im Ebersberger Forst untersuchten Befallsherden zeigte, dass keine Korrelation zwischen der genetischen Divergenz von Kollektiven und ihrer räumlichen Entfernung besteht. Dagegen konnte eine Korrelation zwischen dem Grad an Verwandtschaft und der Waldstruktur, die sich zwischen den Befallsherden befindet, festgestellt werden. Befallsherde, die durch aufgelichtete Strukturen (durchsetzt mit Freiflächen und Jungwuchs) voneinander getrennt sind, weisen eine geringe genetische Differenzierung auf und sind somit eng miteinander verwandt. Zudem geben die Ergebnisse starke Hinweise darauf, dass „Windverdriftung“ ein Faktor der Buchdruckersausbreitung in aufgelichteten Beständen darstellt. Ein Befallsherd, der von nahezu intakten Altfichtenbeständen umgeben ist, unterscheidet sich demgegenüber genetisch deutlich von allen übrigen beprobten Kollektiven im Ebersberger Forst. Die errechneten  $F_{ST}$ -Werte zwischen den vier Befallsherden der Region Landau, die durch kleine Waldstücke und/oder landwirtschaftlich genutzte Flächen voneinander getrennt sind, belegen einen hohen Genfluss zwischen den untersuchten Kollektiven in diesem Gebiet. Demnach stellen diese landschaftlichen Strukturen keine starke Verbreitungsbarriere für den Buchdrucker dar. Die Visualisierung der genetischen Barrieren als auch der genetischen Struktur steht im Einklang mit den errechneten  $F_{ST}$ -Werten. Demnach stellen landwirtschaftliche Strukturen und mit Freiflächen und Jungwuchs durchsetzte Waldbestände geringe oder keine genetischen Barrieren dar. Auch die Wirkung des Altfichtenbestands als Verbreitungsbarriere für den Buchdrucker wurde bestätigt.

Von Buchdrucker-Befallsherden in geschlossenen Altfichtenbeständen geht demnach eine geringere Gefahr für umliegende Bestände aus als von Käferlöchern, die in aufgelichteten Beständen auftreten. Der „uneingeschränkte Dispersionsflug“ in stark durch Kalamitäten beeinflussten Waldstrukturen könnte einerseits in dem unzureichenden Brutraumangebot im Umkreis der Befallsherde begründet sein. Andererseits ist ebenfalls ein Einfluss der veränderten Windverhältnisse in aufgelichteten Beständen auf den Dispersionsflug möglich, zumal die Ergebnisse starke Hinweise liefern, dass „Windverdriftung“ in diesen Waldbeständen ein Faktor der genetischen Strukturierung von Borkenkäferpopulationen darstellt.

## Literatur

1. FORSSE E und SOLBRECK C. 1985; Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **100**: 47–57
2. HOGAN BLM, CONSTANTINI F and LACEY E 1986; Manipulating the mouse embryo, section D. Cold spring harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbour, New York
3. NILSSEN AC 1984; Long-range aerial dispersal of bark beetles and bark weevils (Coleoptera, Scolytidae and Curculionidae) in northern Finland. *Annales Entomologici Fennici* **50**: 37–42
4. SALLÉ A, ARTHOFER W, LIEUTIER F, STAUFFER C and KERDELHUE C 2007; Phylogeography of a host-specific insect: genetic structure of *Ips typographus* in Europe does not reflect past fragmentation of its host. *Biological Journal of the Linnean Society* **90**: 239–246
5. WEIR BS and COCKERHAM CC 1984; Estimating F-statistics for the analysis of populations structure. *Evolution* **38**:1358-1370

## Waldschutz und Waldbau

### Untersuchung der Wirksamkeit waldbaulicher Eingriffe in Fichtenreinbeständen der Bergmischwaldstufe zur Sicherung der Schutzfunktion in den Bayerischen Alpen

Sebastian Höllerl, Prof. Dr. Reinhard Mosandl, Lehrstuhl für Waldbau, TUM

In der Bergmischwaldzone der Alpen gibt es sehr viele Fichtenreinbestände, die anthropogenen Ursprungs sind und die als sehr instabil gelten. Die Bestände werden als anfällig gegenüber Schneebruch, Windbruch und Windwurf eingestuft, da es sich in den meisten Fällen um einschichtige, unstrukturierte Bestände mit hohen h/d-Werten und geringen Kronenlängen handelt. Hinzu kommt, dass die Bestände in vielen Bereichen durch schälendes Rotwild vorgeschädigt sind. Außerdem wird im Zuge des Klimawandels die Vitalität der Fichten in einigen Bereichen des Bergmischwaldes zusätzlich geschwächt werden. Ein weiteres Problem ist, dass die Fichtenbestände oft nicht oder nur schwach durchforstet wurden. Aufgrund der dichten Überschildung fehlt deshalb in weiten Teilen eine Vorausverjüngung, die im Falle eines Schadereignisses für eine zügige Folgebestockung sorgen könnte. Diese Umstände sind vor allem deshalb als besonders kritisch einzustufen, weil viele dieser Bestände in Schutzwaldlagen stocken. Eine Auswertung von Inventurdaten der Bayerischen Staatsforstverwaltung im Jahr 2005 hat ergeben, dass es im Bayerischen Staatswald in dieser Zone ca. 30 000 ha solcher reiner Fichtenbestände gibt. Problematisch sind diese Bestände vor allem im Bereich des Schutzwaldes, wo die Resistenz und Elastizität der Waldbestockung eine große Bedeutung bei der Abfederung von Störungen haben.

#### Material und Methoden

Langfristig weist ein Wald die größte Stabilität auf und bietet die beste Schutzfunktion, wenn nicht nur der Altbestand resistent gegen Schnee, Sturm und Insekten ist, sondern wenn auch eine vorhandene Vorausverjüngung für schnelle Erneuerung nach Schadereignissen sorgt (Abb.1).

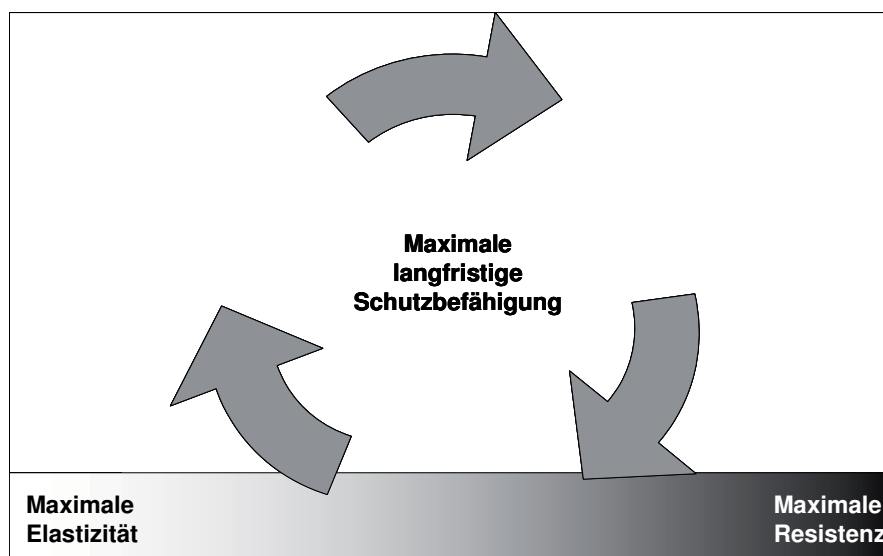


Abb. 1: Maximale Schutzfähigkeit im Spannungsfeld zwischen maximaler Resistenz und maximaler Elastizität.

Inwieweit die Fichtenbestände in der Bergmischwaldstufe diese Stabilitätsanforderungen erfüllen können, sollte in einer vom Kuratorium für forstliche Forschung geförderten Untersuchung des Lehrstuhls für Waldbau der TUM geklärt werden. Dabei wurde ein dreistufiger Ansatz gewählt: zunächst wurden forstliche Praktiker im Rahmen von Experteninterviews zur Situation und zu Handlungsoptionen in den Beständen befragt. Im zweiten Schritt wurde eine retrospektive Feldstudie an behandelten und unbehandelten Parzellen durchgeführt. Zuletzt wurden die getätigten Maßnahmen in reinen Fichtenbeständen einer finanziellen Beurteilung unterzogen. Der vorliegende Beitrag fasst die Ergebnisse der retrospektiven Feldstudie zusammen

In drei Altersstufen wurden waldbaulich behandelte und unbehandelte Fichtenreinbestände hinsichtlich verschiedener Parameter von Resistenz und Elastizität verglichen. Für diesen Vergleich standen im Bergmischwaldbereich keine langfristigen Versuchsflächen zur Verfügung. Eine Neuanlage kam aufgrund der zu erwartenden langen Reaktionszeiträume auch nicht in Frage. Deshalb wurde die Untersuchung retrospektiv angelegt und es wurden in verschiedenen Gebirgsforstämtern Flächenpaare gesucht, die sich *ceteris paribus* nur in der Behandlung unterscheiden.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse belegen, dass die waldbaulichen Maßnahmen zwar dazu geeignet waren, die Schlankheitsgrade der Bäume zu verringern und die Bekronungsprozente zu erhöhen, die Effekte aber begrenzt sind. Je früher die Maßnahmen ergriffen werden, desto intensiver sind die Reaktionen der Fichten. Je kontinuierlicher die Behandlung erfolgt, desto größer sind die Gesamteffekte. Behandelte Bestände weisen außerdem signifikant größere Anteile an sehr vitalen Fichten und deutlich kleinere Anteile an mäßig vitalen Fichten auf. Dies ist möglicherweise ein wichtiger Effekt im Hinblick auf den Klimawandel. Die gezielte Entnahme von geschälten Bäumen reduziert den Anteil dieser instabilen Bäume. Strukturverbesserungen sind in den Fichtenbeständen durch Eingriffe jedoch kaum zu erreichen, da die Struktur bereits verhältnismäßig divers ist. Für weiter reichende Strukturverbesserungen müssen die Bestände langfristig in Mischbestände umgewandelt werden.

Ein erster Schritt in Richtung Mischbestände kann durch die Eingriffe erreicht werden. Sie fördern das Ankommen von gemischter Verjüngung, obgleich Mischbaumarten im Altbestand spärlich vertreten sind. Die Elastizität der behandelten Bestände ist größer als die der unbehandelten, da hier die Dichte der Verjüngung größer ist und auch Pflanzen über einer Höhe von 20cm hinaus vorhanden sind. Nur auf wenigen Parzellen werden bei den größeren Pflanzen aber Dichtewerte erreicht, die als Minimum zur Erhaltung der Schutzfunktion für nötig erachtet werden. Deshalb werden Ergänzungspflanzungen für unumgänglich erachtet. Diese dienen auch dem Erhalt einer breiten genetischen Basis, die von den vereinzelt vorkommenden Mischbaumarten nicht gebildet werden kann. In jedem Fall müssen überhöhte Wildbestände so reduziert werden, dass Mischbaumarten eine Chance haben, aufzuwachsen.

## Literatur

1. Frehner, M., Wasser B., Schwitter R., 2005, Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemaßnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 564 S., Bern
2. Höllerl, S., 2006, Zur Wirksamkeit waldbaulicher Eingriffe in Fichtenreinbeständen der Bergmischwaldstufe - Vorläufige Ergebnisse, in: Ökologie der Waldverjüngung, Deutscher Verband Forstlicher Versuchsanstalten - Sektion Waldbau, Jahrestagung in Tharandt