

---

# Natürliche Fichtenwälder im Klimawandel – Hochgradig gefährdete Ökosysteme

Stefan Müller-Kroehling, Helge Walentowski, Heinz Bußler und Christian Kölling

**Schlüsselwörter:** Boreo-montaner und subalpiner Nadelwald, Biodiversität, Klimawandel, Laufkäfer, xylobionte Käfer, Naturschutz

---

**Zusammenfassung:** Natürliche Fichtenwälder sind in Deutschland außerhalb des Hochgebirges ein seltener, auf Höhenlagen oberhalb der Buchenstufe und kleinflächige Sonderstandorte wie z. B. hohlraumreiche Block-Ansammlungen mit Kaltluftströmen oder lokalklimatisch kühlfeuchte, spätfrostgefährdete Moorwälder beschränkter Nadelwald. Auf derartigen, zur Anhäufung von organischem Material tendierenden Standorten ist die Konkurrenzkraft von Tanne und Buche stark eingeschränkt. Natürliche Fichtenwald-Vorkommen verfügen über eine charakteristische Flora und Fauna aus boreo-montan und alpin verbreiteten Arten, deren Vorkommen sie von Fichtenforsten in der Buchenstufe abhebt. Im Klimawandel gerät der Waldlebensraum Fichtenwald zunehmend unter Druck, wie Modellrechnungen zeigen. Diesen Prozess beschleunigen auf erheblicher Fläche noch massive Borkenkäfer-Kalamitäten, die von Fichtenforsten auch auf natürliche Fichtenwälder übergreifen. Die Fichte nimmt in Deutschland riesige Flächen ein. Selbst dort, wo sie von Natur aus weder als Baumart noch als Bestandsbildnerin vorkommt, ist sie oftmals heute die führende Baumart. Der Umbau dieser häufig aus fast reiner Fichte bestehenden Bestände in naturnähere Wälder ist wohl die zentrale Aufgabe des Waldbaus in Zeiten des Klimawandels. Angesichts der Omnipräsenz der Baumart wird jedoch gelegentlich übersehen, dass natürliche Fichtenwälder in Deutschland im Vergleich zu den Fichtenforsten eine relativ kleine Fläche einnehmen. Selbst viele Mittelgebirge wären von Natur aus fichtenfrei oder doch frei von natürlichen Fichtenwäldern. Diese sind ein bedeutungsvolles Schutzgut, um das es nicht zum Besten bestellt ist.

---

## Fichtenwald-Vorkommen in Europa

Die Gemeine Fichte (*Picea abies*) besitzt heute in der die Nordhalbkugel umspannenden borealen Nadelwaldzone (subpolare Taiga) in Eurasien ein riesiges Verbreitungsgebiet. In Europa werden vor allem zwei Sippen unterschieden, die Europäische Fichte (*P. abies* ssp. *abies*), die den Hauptteil des europäischen Areals von *P. abies* einnimmt und die Sibirische Fichte (*Picea abies* ssp. *obovata*), die ihre Hauptverbreitung in Sibirien hat, im Norden Europas jedoch westlich bis nach Schweden reicht (Lang 1994). Im breiten Überlappungsbereich beider Sippen gibt es Übergangsformen mit allen erdenklichen Merkmalsabstufungen. Das Areal der Europäischen Fichte strahlt von Osten her über den osthercynisch-karpatischen Gebirgsbogen (Matuszkiewicz 1984) und von den Ostalpen her bis in das alpennahe Alpenvorland nach Süddeutschland ein. Sie hatte die letzte Eiszeit in Mittelrussland, den Karpaten und am Südostrand der Alpen überdauert. In Mitteleuropa finden wir heute unter folgenden Bedingungen natürlicherweise fichtendominierte Wälder vor:

- In der subalpinen Höhenstufe, in der die Vegetationszeit für Buche und Tanne schon zu kurz ist, besetzt die Fichte waldbildend auch den „standörtlichen Mittelbereich“ in diversen Fichtenwald-Klimaxgesellschaften, die sich standörtlich (krautreiche auf Kalk, zwergstrauchreiche auf Silikat) oder pflanzengeografisch (Alpen/osthercynische Mittelgebirge) voneinander unterscheiden (Ewald 1998, 1999; Walentowski et al. 2006).
- Unterhalb der subalpinen Höhenstufe ist die Fichte als natürlich führende Baumart auf extreme Sonderstandorte beschränkt. Solche kleinflächigen ökologischen Nischen mit reliktschen Fichtenwald-Enklaven blieben dort erhalten, wo Buche und Tanne nicht Fuß fassen konnten. Zu nennen sind Fichtenwälder in Mooren sowie Fichten-Kalk- und Fichten-Silikatblockwälder mit mächtigen Tangel- oder Rohumus-Ansammlungen in kaltluftführenden Felsblock-Humus-Mosaiken.



Abbildung 1: Der Moosglöckchen-Fichtenwald (*Linnaeo borealis-Piceetum*, FFH-Lebensraumtyp 9010 – Western Taiga) ist als klimazonale Schlusswaldgesellschaft in der borealen Zone Fenno-Scandiaviens auf mittleren Standorten weit verbreitet. Das abgebildete Vorkommen in der nordborealen Zone nahe der nördlichen klimatischen (= polaren) Waldgrenze wird von *Picea abies* ssp. *obovata* dominiert, deren Hauptareal in der sibirischen Taiga liegt und westlich bis Nordostnorwegen reicht. Der Wuchs ist an den winterlichen Schneedruck angepasst, mit ausgeprägtem Individualcharakter, beachtlicher Kronenlänge sowie schmalen, spitzen Kronenformen („Säulenfichte“). (Fotos: H. Walentowski)

In klimatisch rauen Bergmischwäldern (tiefmontane, montane und hochmontane Höhenstufe) der Alpen (Ewald 2005), der alpenrandnahen Jungmoräne und der östlichen Mittelgebirge konnte die Fichte sich neben Buche und Tanne bis heute als natürliche Haupt- oder Nebenbaumart behaupten (Walentowski et al. 2001).



### Fichtenwald-Flora und -Lebensraumtypen

Die Fichtenwälder im engeren Sinne werden von der Fichte dominiert, dazu gesellen sich je nach pflanzengeografischen und standörtlichen Gegebenheiten sowie nach Waldentwicklungsphase auch Lärche, Zirbe (Alpen), Tanne, Kiefer, Birken-Arten und Vogelbeere. Die Arten der Bodenvegetation besitzen meist ebenso wie die Fichte ein boreal-eurasisches oder gar ein circumpolares „Taiga-Areal“. Darunter fallen z. B. eine Reihe von Wintergrünpflanzen der Gattungen *Monotropa*, *Orthilia*, *Pyrola* und *Moneses*, Bärlapp-Gewächse (*Huperzia selago*, *Lycopodium annotinum*), Beersträucher der Gattung *Vaccinium*, das Moosglöckchen (*Linnaea borealis*), der europäische Siebenstern (*Trientalis europaea*), Orchideen-Gewächse (*Corallorhiza trifida*, *Listera cordata*), der Wald-Wachtelweizen (*Melampyrum sylvaticum*) und zahlreiche Moosarten (z.B. *Barbilophozia*-Arten, *Bazzania trilobata*, *Hylocomium umbratum*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiothecium undulatum*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Sphagnum quinquefarium*, *S. girgensohnii*).



Abbildung 2: Der nordische Fichten-Moorwald (*Rubus chamaemoro-Piceetum*, FFH-Lebensraumtyp 91D0\*, Subtyp 44.A4 – Mire spruce woods) wächst als azonaler Waldtyp in Fenno-Scandinavien in anmoorigen Geländemulden oder im Lagg offener Aapamoore. Die Mortalität der Fichte bzw. der Totholzanteil im Fichten-Moorwald-Ökosystem ist natürlicherweise hoch. Auf den ärmeren Moorstandorten ist die Wüchsigkeit der Fichte gering. In reicheren Geländemulden findet man dagegen Vorkommen mit 200–310 Festmetern lebendem und 70–110 Festmetern totem Holz pro Hektar (Siitonen und Saaristo 1999), die einen spezifischen Lebensraum für die xylobionte Käferart *Pytho kolwensis* (FFH-Anhang-Art) darstellen. Dieser Käfer ist in Fenno-Scandinavien extrem gefährdet und hat auf Grund der forstwirtschaftlichen Nutzung dieser Wälder drastische Arealverluste erlitten. (Fotos: H. Walentowski)

Daneben enthalten die Fichtenwälder Mitteleuropas und der Alpen osthercynisch-karpatische und ostpräalpine Florenelemente, die in der borealen Nadelwaldzone fehlen. Zu nennen sind das Wollige Reitgras (*Calamagrostis villosa*), Berg-Trodelblume (*Soldanella montana*), Grüner Alpenlattich (*Homogyne alpina*) und Hainsimsen-Gewächse (*Luzula luzulina*, *L. sylvatica* ssp. *sieberi*). Einige unserer vertrauten Fichtenwaldarten sind nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz in Fenno-Scandinavien weitestgehend auf die ozeanischen Fjell-Birkenwälder begrenzt, z.B. die Farne *Blechnum spicant* und *Thelypteris limbosperma*,

die Wald-Hainsimse (*Luzula sylvatica*) und das Moos *Rhytidiadelphus loreus* (Dierssen 1996). Damit zeigen die Fichtenwälder der osthercynischen Mittelgebirge (*Calamagrostis villosae-Piceetum*) und der Alpen (z.B. zwergstrauchreiches *Homogyne alpinae-Piceetum*, krautreiches *Adenostylo glabrae-Piceetum*) – trotz vielen Gemeinsamkeiten – eigenständige Artenkombinationen, die von den borealen Fichtenwäldern (z.B. zwergstrauchreiches *Linnaeo borealis-Piceetum*, krautreiches *Melico nutantis-Piceetum*) abweichen. Dies ist auch bei den Fichtenwäldern auf Sonderstandorten der Fall, z.B. unterscheidet sich der boreale Fichten-Moorwald (*Rubus chamaemoro-Piceetum*) trotz einer erstaunlich großen Anzahl verbindender Arten wegen einiger arktisch-nordisch-kontinentaler Taiga-Arten von dem präalpiden Fichten-Moorwald (*Bazzanio trilobatae-Piceetum*).

Damit zeigt sich einmal mehr, dass die Vorkommen in allen standörtlichen und in allen biogeografisch bedingten Abwandlungen in einem günstigen Zustand erhalten werden müssen, wenn man die biologische Vielfalt der Fichtenwälder schützen möchte. Im Interpretation Manual of European Habitats (EU Kommission 2007) werden die Fichtenwälder der osthercynischen

Mittelgebirge und der Alpen als eigener Lebensraumtyp 9410 („Acidophilous *Picea* forests of the montane to alpine levels (*Vaccinio-Piceetea*)“) gefasst, die in demselben Landschaftsräum vorkommenden (ost-)präalpiden Fichten-Moorwälder fallen als eigener Subtyp (91 D4\*) in den Lebensraumtyp (91D0\*). Die zwergstrauchreichen Fichtenwälder der borealen Zone gehören zum LRT 9010 („Western Taiga“), die krautreichen in den Typ 9050 („Fennoscandian herb-rich forests with *Picea abies*“). Der nordische Fichten-Moorwald wird als eigener Subtyp (44.A4 – Mire spruce woods) in den Lebensraumtyp LRT 91D0\* gestellt.

Die von boreal-montan und ostpräalpid verbreiteten Arten geprägten natürlichen Fichtenwald- und Fichtenmoorwald-Vorkommen in Deutschland gelten gegenüber Klimaerwärmung, verlängerten Vegetationszeiten, Austrocknung und Eutrophierung als wenig resilient.

### Natürliche Fichtenwälder im Klimawandel: Fallstudie Bayerischer Wald

Auf die starke Bindung der Baumart Fichte an Gebirgslagen und Kälte allgemein hat schon Plinius d. Ä. 77 v. Chr. in seiner Naturgeschichte hingewiesen: „*Picea montes amat atque frigora*“ („Die Fichte liebt die Berge und die Kälte“). Es deutet einiges darauf hin, dass sowohl die natürliche als auch künstliche Verbreitung der Fichte in der Kälteperiode der „Kleinen Eiszeit“ gefördert wurde (Kölling et al. 2009a).

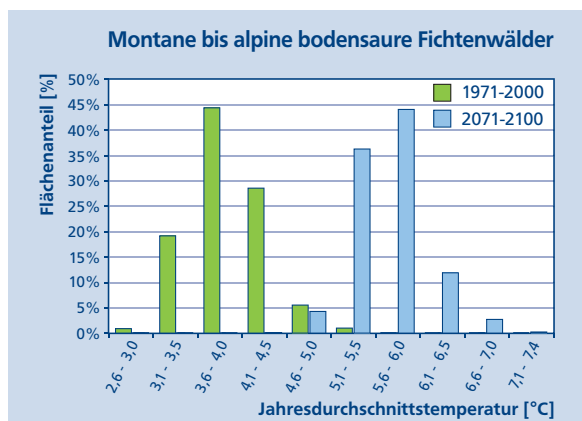


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Jahresdurchschnittstemperaturen innerhalb der als LRT 9410 kartierten Flächen der FFH-Gebiete 6844-371, 6946-301 und 7248-302 für die Periode 1971–2000 (grüne Säulen) und 2071–2100 (blaue Säulen)

Die starken Temperaturanstiege nach dem Ende dieser Periode zwischen 1900 und 1950 und zuletzt nach 1990 verschlechterten die Lebensbedingungen für die Baumart Fichte vor allem in den Randbereichen ihrer ökologischen Nische stark (Kölling et al. 2009b).

Der Bayerische Wald verfügt über die größten Vorkommen natürlicher Fichtenwälder Bayerns außerhalb der Alpen. In seinen Hochlagen bilden auf etwa 6.000 Hektar natürliche Fichtenwälder eine eigene klimatisch bedingte Höhenstufe. Als für die FFH-Gebiete 6844-371 „Großer und Kleiner Arber mit Arberseen“, 6946-301 „Nationalpark Bayerischer Wald“, 7248-302 „Hochwald und Urwald am Dreisessel“ jüngst die Lebensraumtypen nach FFH kartiert wurden (FFH-Kartiererteam Niederbayern 2005, 2008, 2009, unveröffentlicht; Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald 2008), ergab sich in diesen Gebieten für den entsprechenden Lebensraumtyp 9410 „Montane bis subalpine bodensaure Fichtenwälder“ eine Gesamtfläche von über 5.500 Hektar. Damit sind bis auf wenige Randflächen und das kleine Gebiet um den Osser die natürlichen Fichtenwälder der Hochlagen des Bayerischen Waldes vollständig kartiert.

Die räumliche Verbreitung dieses charakteristischen Lebensraumtyps ist streng an die Länge der Vegetationsperiode, wie sie sich in der Jahresdurchschnittstemperatur ausdrückt, gebunden. Unterhalb einer Jahresdurchschnittstemperatur von etwa 4 °C (entsprechend einer Seehöhe von 1.150 bis 1.200 Metern ü.NN) sind Buche, Weißtanne und Bergahorn nicht mehr am Aufbau der Baumschicht beteiligt, Fichte und wenig Eberesche bleiben übrig. Die Krautschicht bauen Dominanzbestände aus Wolligem Reitgras (*Calamagrostis villosa*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Alpen-Frauenfarn (*Athyrium distentifolium*) und Wald-Hainsimse (*Luzula sylvatica*) auf. Daneben kommen zahlreiche Moosarten vor. Abbildung 3a zeigt die Verteilung der Jahrestemperatur (Periode 1971 bis 2000 nach Zimmermann et al. 2007) in den als Lebensraumtyp 9410 kartierten Flächen. Wie die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 3 ausweist, liegt der Schwerpunkt der Verbreitung mit 95 Prozent unter 4,5 °C, über zwei Drittel der Vorkommen weisen sogar Jahresdurchschnittstemperaturen unter 4,0 °C auf. Wärmere Vorkommen des Lebensraumtyps stocken vorwiegend auf edaphischen und lokalklimatischen Sonderstandorten wie Moorbildungen oder Blockhalden.

Montane bis alpine bodensaure Fichtenwälder FFH-LRT 9410

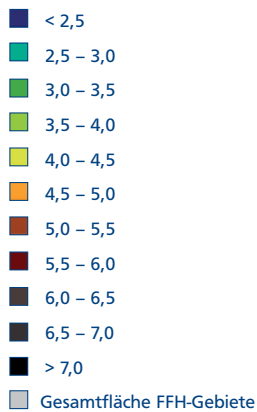


Abbildung 4a: Jahresdurchschnittstemperaturen auf der 2008 kartierten Fläche des LRT 9410 der FFH-Gebiete 6844-371, 6946-301 und 7248-302 in der Periode 1971–2100 (Quelle: Bayerische Vermessungsverwaltung)

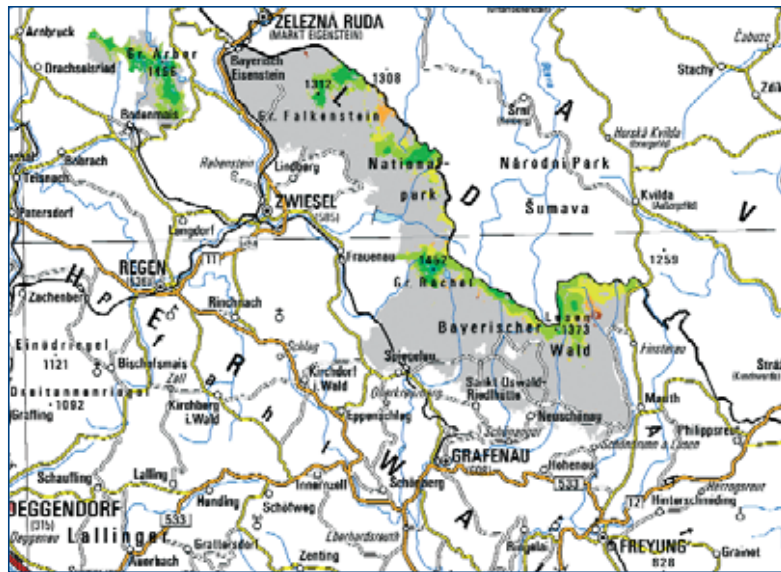
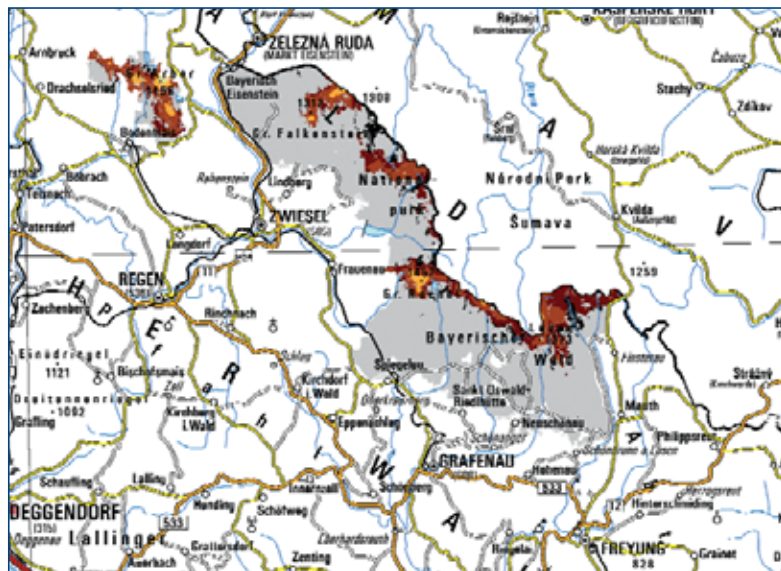


Abbildung 4b: Jahresdurchschnittstemperaturen auf der 2008 kartierten Fläche des LRT 9410 der FFH-Gebiete 6844-371, 6946-301 und 7248-302 in der Periode 2071–2100 nach der WETTREG-Regionalisierung (Szenario B1) (Quelle: Bayerische Vermessungsverwaltung)



Flächenbilanz 2100 – 2000

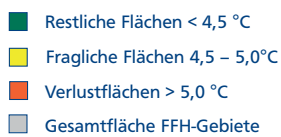
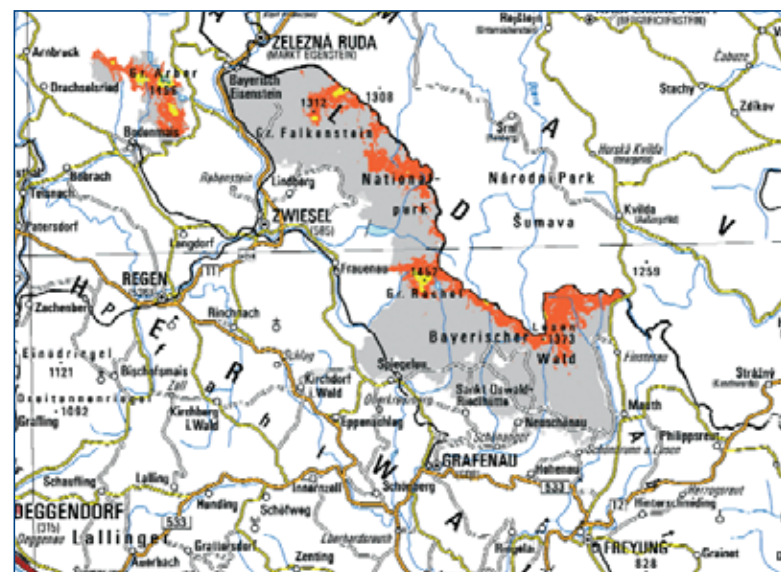


Abbildung 5: Modellerte Flächenveränderungen des LRT 9410 der FFH-Gebiete 6844-371, 6946-301 und 7248-302 zwischen den Jahren 2000 und 2100 (Quelle: Bayerische Vermessungsverwaltung)





*Abbildung 6: Waldregeneration im Hochlagenfichtenwald nach Borkenkäfermassenvermehrung am Spitzberg (1.233 m ü.NN) im Nationalpark Bayerischer Wald (Foto: C. Kölling)*

Es überrascht nicht, dass der Klimawandel eine hochgradig an Kälte angepasste Lebensgemeinschaft wie der natürliche Fichtenwald in den Hochlagen des Bayerischen Waldes stark in Bedrängnis bringt. In Abbildung 4b sind für die Fläche des kartierten Lebensraumtyps 9410 die in der Periode 2071 bis 2100 herrschenden Jahresdurchschnittstemperaturen unter Verwendung der ausgewiesenen Änderungsbeträge (Anomalien) der Periode 2071 bis 2100 nach der WETTREG-Regionalisierung (Szenario B1, Spekat et al. 2007) dargestellt. Selbst bei dem vergleichsweise „milden“ Szenario B1, das für Bayern mit einer mittleren Temperaturerhöhung von „nur“ 1,8 °C verbunden ist, gerät die Hälfte der Fläche des Lebensraumtyps in ein neues, bis heute im Areal des Lebensraums kaum beobachtetes wärmeres Klima über 5,5 °C (Abbildungen 5 und 4b). Nur noch in den allerhöchsten Gipfellagen verbleiben Refugien mit Jahresdurchschnittstemperaturen unter 5 °C. Die derzeitige Fläche von 5.551 Hektar schmilzt dabei auf 360 Hektar, das entspricht einer Verminderung um über 90 Prozent. Darüber hinaus kommt es zu einer deutlichen

Fragmentierung des Lebensraumes in disjunkte und teilweise äußerst kleine Teilflächen, die häufig viele Kilometer auseinanderliegen.

Nicht nur in den Fichtenforsten außerhalb des natürlichen Fichtenareals, auch in den natürlichen Fichtenwäldern der Hochlagen der Mittel- und Hochgebirge wird der Klimawandel also massive Folgen zeigen. Zwar verzüngen sich die Hochlagen-Fichtenwälder nach den verheerenden Borkenkäferschäden der letzten Jahre wieder mit Fichten und zeigen ein hohes Regenerationspotential (Abbildung 6). Es ist jedoch nur eine Frage der Zeit, dass wärmeliebendere Baumarten wie Rotbuche, Bergahorn und Weißtanne die Flächen des Lebensraumtyps erobern und nachhaltig verändern werden. Anders als in vielen Regionen des Flach- und Hügellandes und der niedrigeren Mittelgebirge steht hier, bei Temperaturen auch künftig unter 7 °C, die Fichte nicht per se, als Baumart, am Rande ihrer Möglichkeiten. Sie wird auch im sich nach und nach etablierenden neuen Bergmischwald der Hochlagen weiterhin eine Rolle spielen, wenngleich die Störungen auf Grund von Borkenkäferbefall an Häufigkeit und Intensität eher zunehmen dürften. Der von Kälte geprägte Hochlagenfichtenwald wird aber stark an Fläche verlieren und in vielen Mittelgebirgen bis auf sehr wenige

Restflächen auf kältegeprägten Extremstandorten wie „Kaltluft-erzeugenden Blockhalden“ (Molenda 1996) oder dem Rand von Hochmooren verloren gehen.

Die Situation in den drei kartierten FFH-Gebieten ist repräsentativ für den gesamten Bayerischen Wald und vergleichbare Mittelgebirge, sie wiederholt sich mit gewissen Abwandlungen auch in einem Hochgebirge wie den Bayerischen Alpen. Zwar sind dort die Gipfelhöhen der Berge um einiges größer, dennoch sind der Höhenwanderung der Fichtenwälder deutliche Grenzen gesetzt. Entweder befinden sich oberhalb der Vorkommen natürlicher Fichtenwälder unbesiedelbare Felszonen, oder verjüngungsfeindliche Latschenfelder schließen an, die erst nach und nach erobert werden müssen. Häufig sind auch almwirtschaftlich genutzte Flächen benachbart, die die Ausbreitung der Fichtenwälder unmöglich machen. Bezogen auf die Landesfläche Bayerns kann man die montanen bis subalpinen Fichtenwälder als hochgradig gefährdeten Lebensraum betrachten. Adäquate Schutzkonzepte sind kaum denkbar, allenfalls könnte man an Verjüngungsprogramme in Latschenfeldern oder an den Ankauf von Almflächen denken. Es kommt daher auch in dieser Frage alles darauf an, mit einer wirksamen Klimaschutzpolitik den unvermeidlichen Temperaturanstieg auf ein erträgliches Maß zu beschränken.

### **„Warm erwischt“: Auswirkungen auf die Fauna**

Der Rückgang natürlicher Fichtenwälder wird sich natürlich auch massiv auf die ursprüngliche Fauna dieses Lebensraumes auswirken. Mit den bodenbewohnenden Laufkäfern und den Tothholzkäfern stellen wir exemplarisch zwei gut erforschte Gruppen dar, die an die Standortbedingungen und Habitattradition ursprünglicher Fichtenwälder angepasster Arten verfügen. Zahlreiche weitere Arten, beispielsweise aus den Gruppen der Spinnen und Weberknechte und den Kurzflüglern, wären hier ebenfalls zu nennen und sind im Grundsatz in ähnlicher Weise betroffen.

### **Die Laufkäferfauna natürlicher Fichtenwälder**

Die Laufkäfer (*Carabidae*) sind eine besonders artenreiche, gut analysierte und eng an ihre Habitate angepasste Gruppe von Käfern, ohne dabei direkt an bestimmte Wirtspflanzen gebunden zu sein. Sie eignen sich daher besonders gut zur Charakterisierung von Lebensräumen und können wegen ihrer engen Bindung an die prägenden Standortbedingungen der Lebensräume dabei stellvertretend auch für die anderen Gruppen der Bodenfauna stehen.

Ursprüngliche Fichtenwälder Deutschlands waren bisher nicht Gegenstand systematischer laufkäferkundlicher Erhebungen, wahrscheinlich wegen der vermeintlichen Häufigkeit dieses Bestockungstyps, den die weite Verbreitung von Fichtenforsten vortäuscht. Dennoch lassen sich aus verschiedenen Arbeiten aus Bayern (Liepold 2003; Förster 1986, 1987; Otte 1989; Fischer-Leipold, unveröffentlicht; Müller-Kroehling, unveröffentlicht), Baden-Württemberg (Horion 1951, 1954; Lamparski 1988; Rausch 1993a,b; Trautner et al. 1998) und Mitteldeutschland (Rabeler 1967; Kleinsteuber 1969; Nüßler 1977) deutliche Grundzüge einer subalpinen Fichtenfauna der deutschen Mittelgebirge ableiten. Eigene Daten zum Thema stammen u.a. aus Hochlagen-Fichtenwäldern am Plöckenstein (NWR Markscheide) und dem Arber sowie aus Aufichtenwäldern des Bayerischen Waldes und hoch gelegenen Fichtenwäldern im Fichtelgebirge und Erzgebirge.

Natürliche Fichtenwälder sind die Heimat vorwiegend montaner sowie eines erheblichen Anteils boreomontan und boreoalpin verbreiteter, kältepräferenter Laufkäfer-Arten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die charakteristischen Arten als jenen Arten, die regelmäßig in subalpinen Fichtenwäldern anzutreffen sind. Berücksichtigt sind nur Arten, die in mindestens einem deutschen Mittelgebirge vorkommen, d.h. nicht jene mit auf die Alpen beschränkter Verbreitung. Sofern in den Alpen eine andere Unterart verbreitet ist, beziehen sich die Angaben in der Tabelle auf die Unterart der deutschen Mittelgebirge. Die Tabelle soll auf Grund ihrer nach den einzelnen Mittelgebirgen differenzierten Darstellung auch als Referenz für vergleichende Untersuchungen in Fichtenwäldern dienen.

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass die Bewohner natürlicher Fichtenwälder mehreren Habitaten entstammen, darunter Arten der Blockstandorte und der Hochlagen-Moore. Beides sind kältegeprägte Extremstandorte. Hinzu kommen einige kälteadaptierte, azidophile Nadelstreubewohner, die auch in tieferen Lagen leben.

### Heimat Blockhalde und Blockfichtenwald

Einige der Arten können außerhalb der Alpen nur in den höchsten Lagen jener Mittelgebirge auftreten, die die subalpine Stufe erreichen, wie Bayerischer Wald, Harz und Schwarzwald, oder über kaltluftgeprägte Blockhalden als dauerkalten Refugialstandort (Molenda 1996) verfügen. In dieser Gruppe wären vor allem *Leistus piceus* und *Nebria castanea* zu nennen. Beide sind flugunfähig und deshalb ausgesprochen ausbreitungsschwach. Alle Arten dieser Gruppe finden sich regelmäßig auch in den kaltluftgeprägten Blockhalden. In diesem Habitat ist eines der Herkunftshabitats einer originären, streng an Fichtenwälder angepassten Fauna zu vermuten.

Auch der Alpine Zartlaufkäfer *Trechus alpicola* gehört in diese Gruppe, verdient auf Grund seiner extremen Spezialisierung aber besondere Erwähnung. Diese Art ist ein Bewohner der oft winzigen Kondenswasser-Vermoorungen am Fuß der kaltluftherzeugenden Halden und kommt außerhalb der Alpen nur im Bayerischen Wald vor. Neben dem Vorkommen in vermoorten, natürlichen Hochlagenwäldern und Blockhalden tritt er auch noch in den klimatisch ähnlichen Aufichtenwäldern der Tallagen auf, jenen ebenfalls von ihrem hohen Maß an Kälte geprägten, natürlichen Fichtenwäldern (Priehäuber 1952). *Trechus alpicola* vermittelt daher zwischen beiden ursprünglichen Fichtenwaldtypen, jenen auf Blockstandorten und jenen auf Mooren.

### Heimat Fichten-Moorwald

Schon Rabeler (1967) sah in Fichten-Hochlagen-Moorwäldern ein mögliches Ursprungshabitat einer originären Fichtenwaldfauna, also von Arten, die nicht auch in hochmontanen Laubwäldern vorgekommen sein können.

Gerade einige der borealpinen Arten sind relativ eng an dieses Habitat angepasste Bewohner natürlicher Fichten-Hochlagenmoore, wie der Grubenhalsläufer *Patrobus assimilis* (Müller-Kroehling 2007) und der Fichten-Moorrandwälder wie *Trechus splendens*.

*Patrobus assimilis* ist eine in Nordeuropa weit verbreitete Art, die in Mitteleuropa sehr eng an Hochlagenmoore gebunden ist und vor allem in Fichten-Moorwäldern der Hochlagen gefunden wurde, z.B. im Bayerischen Wald (Müller-Kroehling 2007). Klein (1965) fand diese Art bevorzugt in „Sterbehorsten“, also in Übergangsbereichen zwischen Fichtenwald und offenem Moor mit Fichten-Moorkrüppelwald. Dies deckt sich exakt mit den Verhältnissen der drei Fundorte im Bayerischen Wald. Gegenüber dem offenen Moor sind hier der Strahlungs- und Temperaturgang weniger extrem und dennoch ausreichend Licht und Feuchtigkeit vorhanden (Klein 1965).

Kleinsteuber (1969) fand *Trechus splendens* dominant im Fichtenmoorwald des Erzgebirges. Albrecht (2002) führt ihn für die Fichtenmoore des Thüringer Waldes in hoher Stetigkeit auf, wenn auch zum Teil nicht mehr rezent nachzuweisen, sondern nur in früheren Aufnahmen. Im Bayerischen Wald und Fichtelgebirge erreicht dieses Eiszeitrelikt (Pawłowski, mündliche Mitteilung) im Fichten-Moorwald hohe Stetigkeiten.



Art	Arealtyp	Schutzver-antwortung-	RL D	Alpen	Bayerischer Wald	Fichtelgebirge
<b>Arten der Blockfichtenwälder</b>						
<i>Nebria castanea</i> (in endemischen Unterarten)	sumavica: hercyn. (Böhmerwald) boschi: Schwarzwald	E!! rz	R	X	X (N.c. sumavica)	–
<i>Leistus piceus</i>	Eur. (Alp-Karp-Balk.)	[rz]	- [3]	X	X	X (verschollen)
<b>Montane Waldarten</b>						
<i>Carabus sylvestris</i> (Unterart <i>sylvestris</i> ; in Alpen <i>haberfelneri</i> )	Eur. (Alp.-hercyn- Karp.)	re	–	X	X	X
<i>Carabus linnei</i>	Alp-hercyn-Karp.	rz	–	X	X	X
<i>Carabus auronitens</i>	Eur. - (mit Schwer- punkt in ME)	[re]	–	X	X	X
<i>Carabus violaceus</i> (s.str.)	Eur	[re]	–	X	X	X
<i>Carabus glabratus</i>	Eur (NO-Eur)		- [3]	X	X	X
<i>Pterostichus pumilio</i>	Eur	[re]	–	X	X	–
<i>Pterostichus unctulatus</i>	Alp-bohem-Karp.	rz	–	X	X	–
<b>Azidophile Nadelstreu- bewohner</b>						
<i>Calathus micropterus</i>	Euras.	–	V	X	X	X
<i>Notiophilus biguttatus</i>	Euras.	–	–	X	X	X
<b>Fichtenmoorwaldbewohner</b>						
<i>Trechus splendens</i>	O-Alp-Karp.	rz	-	X	X	X
<i>Trechus alpicola</i>	O-Alp-bohem.	rz	R	X	X	–
<i>Patrobus assimilis</i>	Euras.	–	2 [1]	X	X	–
<i>Pterostichus diligens</i>	Euras.	–	D	X	X	X
<i>Pterostichus rhaeticus</i>	Eur.	[re]	–	X	X	X
<b>Artensumme</b>				<b>16</b>	<b>16</b>	<b>11</b>

Tabelle 1: Charakteristische Laufkäfer der subalpinen Hochlagen-Fichtenwälder (Eur. = Europa, Euras = Eurasien; Alp. = Alpen; Karp. = Karpaten; Balk. = Balkan; hercyn. = hercynische Mittelgebirge; bohem. = Böhmisches Massiv; RL Deutschland nach Trautner et al. (1997); Entwurf der Neufassung (Müller-Motzfeld et al., in Vorbereitung.) in eckigen Klammern, sofern abwei-

chend; Raumbedeutsamkeit und Schutzverantwortung nach Müller-Motzfeld et al. 2004, ergänzt (Werte in eckigen Klammern, da in der Bezugsarbeit nur Arten mit Gefährdungseinstufung behandelt wurden): re = raumbedeutsam auf europäischer Ebene, rz = raumbedeutsam auf mitteleuropäischer Ebene, E = Endemit, ! = hohe Schutzverantwortung, !! = sehr hohe Schutzverantwortung

Erzgebirge	Thüringer Wald	Harz	Schwarzwald	Weitere Mittelgebirge und Regionen	Habitat, Bemerkungen
–	–	–	X (N.c. boschi)	Odenwald (Blocknalden)	auch in Blockhalden und alpin unter Steinen
X	X	X	X	Rhön, Taunus, Sauerland u. a.	auch in Blockhalden und alpin unter Steinen
X	X	X		auch im Frankenwald u. a.	nur montan; nicht auf Blockfichtenwälder beschränkt; dringt regelmäßig auch in Blockhalden ein
X	X	X	–	auch im Frankenwald u. a.	nur montan; Angaben für den Harz nach PETRY (1914) nur irrtümlich, nach HORION (1941) hingegen belegt; heute dort offenbar verschollen
X	X	X	X	in Norddeutschland auch im Flach- und Hügelland	in tieferen Lagen vor allem in Laub- und Mischwäldern
X	X	X	X	Verschiedene	
X	X	X	X	in Norddeutschland auch im Flach- und Hügelland	
–	–	–	X	Spessart, Rhön, Pfälzer Wald	nicht auf Blockfichtenwälder beschränkt; dringt regelmäßig auch in Blockhalden ein
–	–	–	–	auch im Voralpenraum einschließlich Baden-Württemberg	S. TRAUTNER (1992)
X	X	X	X	in Norddeutschland auch im Flach- und Hügelland	
X	X	X	X	weit verbreitete Art	auch in Fichtenforsten und anderen Waldtypen, nicht montan
X	X	–	–	–	
–	–	–	–	–	auch in Blockhalden (Kondenswassermoore am Haldenfuß)
X	–	X	–	auch in Kesselmooren Norddeutschlands	Hochlagen-Moorwälder
X	X	X	X	verbreitet (in fast allen Mooren)	vor allem in Mooren verbreitet
X	X	X	X	verbreitet (in fast allen Mooren)	vor allem in Mooren verbreitet
<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		

## Hochmontane Arten

Manche der charakteristischen Fichtenwaldbewohner wie der Großlaufkäfer *Carabus sylvestris* kommen jedoch nicht bloß oberhalb der Laubwaldzone in der subalpinen Nadelwaldzone oder ihr vergleichbar kalten Sonderstandorten vor, sondern auch in der (hoch)montanen Stufe. Nur auf Sonderstandorten wie in kühlen Schluchten und in Mooren steigen sie in noch tiefere Lagen hinab. *Carabus sylvestris* findet sich im ostbayerischen Grenzgebirge nur in Wäldern über 600 Meter ü. NN., tiefer nur in azonalen Wäldern wie Moorwäldern und Schluchtwäldern. Diese Art ist daher neben dem Bayerischen Wald auch im Fichtelgebirge oder dem Thüringer Wald zu finden (Abbildung 7), also nicht ganz so eng auf die höchsten Mittelgebirgszüge beschränkt. Immerhin weist sie aber im niedrigeren Oberpfälzer Wald eine auffällige Verbreitungslücke auf. Regelmäßig wird auch diese Art mitten in Blockhalden gefunden (beispielsweise im Steinwald).

Ganz offenbar ist diese Art jedoch nicht auf natürliche Fichtenwälder beschränkt, sondern es gelang ihr zumindest in den Hochlagen, auch auf Fichtenforste als Ersatzgesellschaften montaner Buchenwälder überzuwechseln. Nur so ist ihr Vorkommen beispielsweise im Frankenwald zu erklären, einem Mittelgebirge, in dem es bestenfalls sehr kleinflächig natürliche Fichtenwälder gab (Türk 1993).

Von 918 Exemplaren auf 61 Probeflächen mit Nachweis von *Carabus sylvestris* im ostbayerischen Grenzgebirge wurden 71 Prozent in montanen und höher gelegenen Nadelwäldern, 22 Prozent in Mooren einschließlich Moorwald sowie drei Prozent in Latschenfeldern und Blockhalden nachgewiesen. Nur circa 3,5 Prozent fanden sich in Laubwäldern, überwiegend auf den kältegeprägten Waldstandorten des Mitterteicher Basaltgebietes.

Demnach sind nicht die Habitatstrukturen für das Vorkommen dieser Art entscheidend, sondern eine ausreichende Kältesumme. Als Zeiger der Ursprünglichkeit von Fichtenbestockungen kann sie nicht fungieren, wohl aber als charakteristische Art natürlicher und naturnaher Fichtenwälder als ihrem Vorzugshabitat gelten.

Andere Arten wie *Carabus auronitens* sind in tieferen Lagen eher Bewohner von Laubwäldern, die Fichtenforste meiden, kommen in hoher Stetigkeit aber auch in natürlichen subalpinen Fichtenwäldern vor. Dieser höhenbedingte Habitatwechsel könnte mit der gegenüber naturfernen Forsten höheren Dichte und Vielfalt an Nahrungstieren in naturnahen Wäldern jedweder Höhenlage zusammenhängen.

## Ausbreitungsgeschichte

Alle in der Tabelle 1 genannten charakteristischen Laufkäfer-Arten sind flugunfähig und daher relativ ausbreitungsschwach. Sicher spielt daher auch die Ausbreitungsgeschichte von Fichtenwäldern, aber auch die der in ihnen lebenden Arten eine Rolle für ihr heutiges Verbreitungsbild. Der Streubewohner *Pterostichus unctulatus* bewohnt zwar bevorzugt alpine Lagen (Trautner 1992), kommt jedoch nur in den Alpen und im Bayerischen Wald vor. Wie der eng verwandte *Pterostichus pumilio*, der jedoch auch montane Buchenwälder besiedelt, scheint er dabei Fichtenwälder zu bevorzugen. Im Voralpenraum dringt er allerdings auch in tiefere Lagen wie den Ebersberger Forst (Nachweis im Fichtenforst der Waldklimastation Ebersberg) vor, ist also keine Zeigerart für ursprüngliche Fichtenwälder. Die Mittelgebirge in der Mitte Deutschlands vermochte diese Art nicht zu besiedeln, denn wie die meisten Bewohner von Hochlagenwäldern ist er ausgesprochen ausbreitungsschwach und flugunfähig. Nur wenige Arten dieses Habitatyps sind Pioniere wie die boreoalpine *Amara nigricornis*, die auch den Zusammenbruch nach großflächigem Borkenkäferfraß oder Brand als Lebensraum nutzen können (Lundberg 1984). Auch diese Art tritt wiederum in dauerkalten Talmooren auf, da hier ihr „Kältebedürfnis“ erfüllt ist.

Insgesamt gesehen setzt sich die spezialisierte Laufkäferfauna der Fichten-Hochlagenwälder auffallend aus ausbreitungsschwachen Kältespezialisten zusammen. Das kann als Anpassung an stabile Habitate gedeutet werden. Die hochspezialisierten Arten entstammen den Fichten-Moorwäldern und Fichten-Blockwäldern sowie Blockhalden.

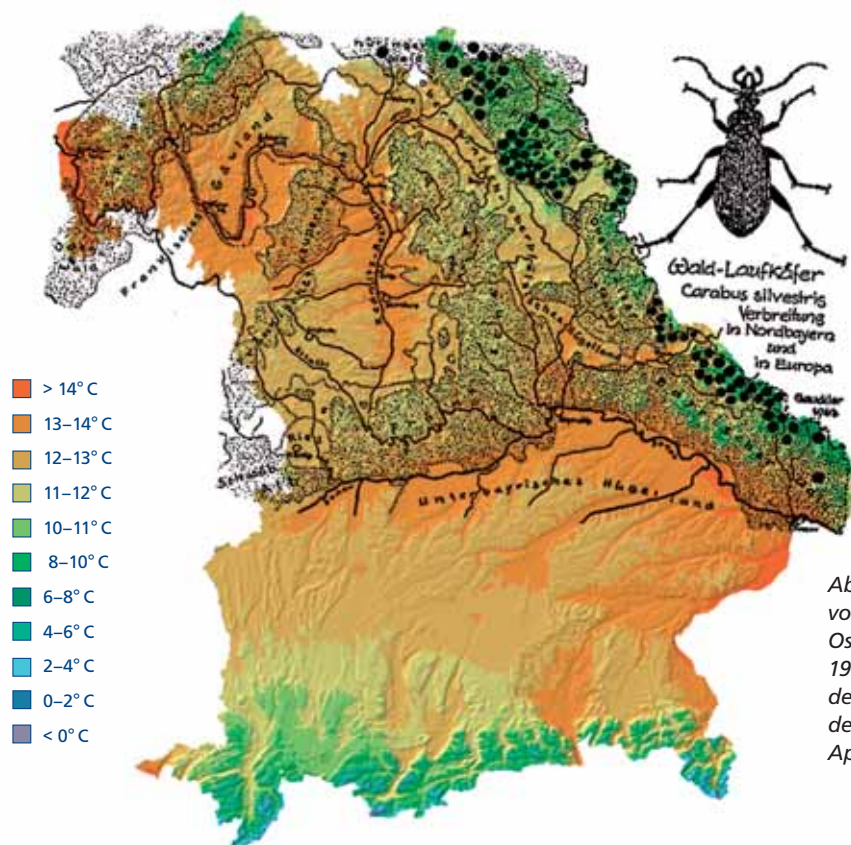


Abbildung 7: Verbreitung von *Carabus sylvestris* in Ostbayern (aus Gauckler 1963), verschnitten mit dem täglichen Maximum der Lufttemperatur im April (BayFORKLIM)

Viele der Arten haben weltweit gesehen ein kleines Areal, unsere Schutzverantwortung für sie ist hoch. Von den 17 Arten sind 12 europäisch verbreitet, davon die Hälfte sogar auf Alpen, Hercynische Gebirge und Karpatenraum beschränkt. Nur fünf der Arten sind eurasiatisch oder holarktisch verbreitet. Mit *Patrobis assimilis* ist eine der Arten deutschlandweit „stark gefährdet“ (Neufassung: „vom Aussterben bedroht“), sechs weitere stehen auf der Vorwarnliste.

Schlüsselfaktoren für ihr Überleben sind der Erhalt jener Faktoren, die kühl-feuchte Lebensbedingungen gewährleisten wie etwa eine nicht großflächig entfernte Baumschicht, viel bodenbürtiges Totholz als Versteck- und Jagdplätze sowie ein intakter Wasserhaushalt.

#### Fichtenforste = sekundäre Fichtenwälder?

Die Laufkäfer-Fauna unserer natürlichen Fichtenwälder weist nur sehr geringe Gemeinsamkeiten mit der Fauna von Fichtenforsten (z.B. Geiler 1974; Baguette und Gerard 1993; Elek et al. 2001) auf. Wegen ihrer versauernden Nadelstreu mit Ausbildung einer trockenen Moder-Auflage, ihrer Strukturarmut, des sehr schattigen Be-

standsklimas sowie der hohen Interzeptionsverluste des Niederschlages und ihrer Armut an Totholz sind Fichtenforste ein deutlich anderer Lebensraum. Fichtenforste im Laubwaldgebiet haben daher eine Waldfauna, die in ihrer Artausstattung mehr Gemeinsamkeiten mit der ursprünglichen (Buchen)-Fauna aufweist, jedoch unter Verlust von Laubwaldspezialisten und ohne das Hinzutreten kältepräferenter Nadelwaldspezialisten.

#### Einzigartige mitteleuropäische Fichtenwälder

Die Fichtenwälder der Hoch- und Mittelgebirge Osteuropas (Hurka 1958; Holdhaus und Deubel 1910) sind Heimat einer in manchen Grundzügen ähnlichen Laufkäfer-Fauna, jedoch kommen dort einige Karpaten-Endemiten wie *Nebria carpatica* und *Trechus striatulus* hinzu, bei uns heimische Endemiten wie *Nebria castanea* und *Trechus alpicola* aber fehlen. Diese Artengemeinschaft ist also nur den mitteleuropäischen Fichtenwäldern eigen.

Ein geringeres Maß an Übereinstimmung besteht mit der Fauna natürlicher Fichtenwälder Nordeuropas, die während der Eiszeiten stark verarmte. Dort fehlen alpin und alpin-karpatisch verbreitete Arten, dafür kommen einige rein nördlich verbreitete Arten wie *Agonum mannerheimii* (Niemelä et al. 1997; Lindelöw 1990) hinzu. Obwohl die nordeuropäischen Fichtenwaldökosysteme im Gegensatz zu denen unserer Breiten von großmaßstäblichen Störungen wie Feuer und Windwurf geprägt sind, gibt es sogar dort auch einige Arten, die als ausbreitungsschwache Altwaldrelikte anzusehen sind (Hörnberg et al. 1998).

Im Klimawandel werden sich die hochspezialisierten Arten wahrscheinlich wieder in ihre Ausgangsbiotope, Blockhalde und Fichtenmoor, „zurückziehen“, wenn es dem Hochlagen-Fichtenwald zu heiß wird. Besonders die Bewohner der Hochlagen-Waldmoore dürften dabei einem erheblichen Aussterberisiko unterliegen, wenn ihre Habitate abrupt kahl werden.

### Xylobionte Käferarten an der Fichte

Die Kenntnis der xylobionten Käferarten an der Fichte reduziert sich meist auf Buchdrucker, Kupferstecher und Fichtenbock. Sie umfasst jedoch 300 bis 400 Arten (Palm 1959; Ammer 1991; Bense 2002). Nur sehr wenige Arten sind monophag an Fichte gebunden. Die meisten Fichtenbesiedler nutzen auch andere Nadelhölzer als Brutbaumarten. Auch einige Urwaldreliktarten und in Deutschland seltene Spezies mit boreomontaner Verbreitung gehören zu ihrem Artenspektrum. Populationen dieser Reliktarten sind streng an Gebiete mit natürlichen Fichtenvorkommen gebunden.

### „Brotbaum“ oder „Brutbaum“?

Der „Wettstreit“ zwischen Mensch und holzbesiedelnden Käferarten hat eine lange Tradition (Grove 2002). An der Fichte (*Picea abies*) sind in der West- und Zentralpaläarkt 39 verschiedene Borkenkäferarten nachgewiesen (Pfeffer 1995). An flächigen Gradationen sind in Deutschland nur zwei Arten entscheidend beteiligt: Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*). Der Buchdrucker ist in Eurasien der bedeutendste Schädling reifer Fichtenbeständen (Grodzki et al. 2004; Wermelinger 2004). Von 1950 bis 2000 betrug in Europa der „Käferholz“-Anfall zwei bis neun Millionen Festmeter, hauptsächlich verursacht vom Buchdrucker (Schelhaas et al. 2003). Die „Große

Borkenkäferkalamität in Südwestdeutschland von 1944 bis 1951“ (Wellenstein 1954) begann mit einer Massenvermehrung des Buchdruckers und wurde erst, als der Schlagabraum nicht mehr beseitigt werden konnte, vom Kupferstecher „unterstützt“. Dagegen begann die Kalamität in Nordbayern nach dem Trockenjahr 2003 mit einer Kupferstecherkalamität, auf die der Buchdrucker nachfolgte. Seit 2003 sind allein in Westmittelfranken trotz aller Eindämmungsversuche 4.500 Hektar Fichtenbestände verschwunden. Auch isolierte Bestände mit Fichte weitab geschlossener Waldflächen sind betroffen, die Massenvermehrung verläuft hier endogen. Entgegen verbreiteter Meinung befällt der Kupferstecher nicht nur schwaches Material. 2005 erreichte die Gradation der Art in Nordbayern ihren Höhepunkt. Dabei wurden stärkste Fichten ohne Beteiligung des Buchdruckers bis in den Erdstamm befallen.

### Die Rolle des Buchdruckers im natürlichen Fichtenareal

In der gesamten nördlichen Hemisphäre wird in Folge des Klimawandels eine Zunahme der Borkenkäfergradationen beobachtet (Schelhaas 2003). Im Bergmischwald mit Weißtanne und Rotbuche kommt es bei Borkenkäferbefall der Fichte nur zu einer periodischen Verschiebung der führenden Baumarten zugunsten von Tanne oder Rotbuche, der Bergmischwald als Lebensraum und die Existenz der Fichte ist nicht beeinträchtigt. Daneben entstehen „Lücken“ mit höherer Belichtung und Einstrahlung und nachfolgend einem höheren Blütenangebot, die in einem von Natur aus dynamischen System Schlüsselstrukturen für die Artenvielfalt sind (Müller et al. 2008). An standortsheimische Fichtenwälder gebunden sind der bisher wenig beachtete Nutzholzborkenkäfer *Xyloterus (Trypodendron) laeve* Eggers (Bußler und Schmidt 2008) und der Nordische Fichtenborkenkäfer *Dryocoetes hectographus* Rtt. Beide Arten sind im Bayerischen Wald und den Alpen verbreitet. Die Auslöser großer Massenvermehrungen sind im natürlichen Fichtenareal hauptsächlich Windwürfe, die in Gebirgs- und Mittelgebirgslagen schon immer regelmäßig und mit besonderer Intensität auftreten. Bei der Zersetzung von Totholz werden Calcium und Magnesium frei, der pH-Wert im Oberboden erhöht sich um bis zu einer Stufe (Müller et al. 2005a), die vorhandene Vorausverjüngung wird geschont, Schalenwild wird aus dem Verhau abgehalten, das Totholz speichert Wasser und dient als Keimbett nachgeborener Naturverjüngung. Nicht zuletzt ist Totholz der Stoff, an dem die Artenvielfalt der Wälder hängt. Beispielsweise

Taxon	Rezente Nachweise aus Deutschland
<i>Olisthaerus substriatus</i>	Karwendel-Fereinalm
<i>Ampedus tristis</i>	Vorderriß, Bad Tölz
<i>Peltis grossa</i>	Weißbachtal, Sylvenstein
<i>Calytis scabra</i>	Vorderriß, Sylvenstein
<i>Cryptolestes abietis</i>	Naturwaldreservat Wetterstein
<i>Corticeus suturalis</i>	Kreuth
<i>Bius thoracicus</i>	Nationalpark Berchtesgaden, Arber
<i>Tragosoma depsarium</i>	Vorderriß, Reit im Winkl

Tabelle 2: Urwaldreliktarten an Fichte mit boreomontaner Verbreitung

ist der Dreizehenspecht (*Picoides tridactylus*) zum Nahrungserwerb auf „Borkenkäferbäume“ angewiesen. Deshalb ist er an Wälder mit hohen Totholz mengen auf ganzer Fläche gebunden, zudem benötigt er Teilflächen mit einem Schwellenwert von 60 bis 70 Festmetern Totholz pro Hektar (Bütler und Schlaepfer 2004). Eine dauerhafte Besiedlung eines Gebietes ist nur möglich, wenn permanent neues „Käferholz“ entsteht. Im natürlichen Verbreitungsgebiet der Fichte ist die „Störung“ Bestandteil des dynamischen Ökosystems, der Buchdrucker ist in diesem System eine Schlüsselart, ob wir es wollen oder nicht.

### Nordische Fichtenwald-Spezialisten

Von 115 „Urwaldreliktarten“, die in Deutschland nachgewiesen sind (Müller et al. 2005b) sind 29 Arten mehr oder weniger eng an die Fichte gebunden. Ihre Vorkommen sind vor allem an autochthone Fichtenstandorte im Alpenraum und im Bayerischen Wald gekoppelt, aber auch im Schwarzwald und Harz sind einige Arten nachgewiesen. Im Fichtelgebirge wurde bisher nur eine Art nachgewiesen (*Xestobium austriacum* Rtt.). Dies lässt darauf schließen, dass natürliche Fichtenvorkommen hier von Natur aus kaum, allenfalls kleinflächig, in den Hochlagen von Schneeberg und Ochsenkopf vertreten waren. Zwölf der Urwaldreliktarten mit Bindung an die Fichte sind boreomontane Arten, deren Vorkommen nach der letzten Eiszeit in ein Nord- und ein SüdaREAL fragmentiert wurde und das großflächige Auslöschungszonen im Flachland kennzeichnen. Acht dieser Arten sind innerhalb Deutschlands nur aus Bayern nachgewiesen (Tabelle 2).

Alle genannten Arten sind flugfähig, kommen aber wegen einer anzunehmenden Bindung an klimatische Faktoren nur an wenigen isolierten Standorten mit autochthoner Fichte vor. Wie bei den Laufkäfern sind montane und weitere boreomontan verbreitete Arten ein Charakteristikum des xylobionten Gesamtspektrums ursprünglicher Fichtenwälder. Darunter befindet sich als Art der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Gestreifte Bergwaldbohrkäfer (*Stephanopachys substriatus*). Auch die Bockkäferfauna beherbergt etliche „sehr seltene und spezialisierte“ Arten wie *Semanotus undatus*, *Acmaeops septentrionis*, *Lepturobosca virens*, *Evodinus clathratus*, *Anastrangalia reyi*, *Judolia sexmaculata* und die „Handwerkerböcke“ *Monochamus sartor*, *M. sutor* und *M. saltuarius*. Auch zwei extrem seltene fennoscandinavische Schimmelkäferarten leben in autochthonen Fichtenwäldern Bayerns. *Corticaria interstitialis* wurde aus Lappland beschrieben und im Nationalpark Bayerischer Wald 2001 erstmals nachgewiesen. Ebenfalls im Nationalpark wurde *Corticaria obsoleta* im Jahr 2000 als neue Art für Deutschland entdeckt. Sie ist aus Schweden und Finnland beschrieben, holarktisch verbreitet und lebt in Nordamerika an *Picea engelmannii*. Aus Mitteleuropa war bisher nur ein Fund vom Alpenhauptkamm im Pustertal in Südtirol bekannt. Die insgesamt größere Ausbreitungsfähigkeit der xylobionten, in der Regel flugfähigen Käferarten erklärt die größere Übereinstimmung im Artinventar mit den nordischen Fichtenwäldern im Vergleich zu den Laufkäfern.

Alle Arten sind an hohe Einstrahlung und Sommertrockenheit angepasst. Auch in den lichten Nadelwäldern Nordeuropas liegt die Niederschlagsmenge oft nur bei 500 bis 600 Millimetern. Die Vertreter der „Tundrenfauna“ und „kühlen Steppenfauna“ benötigen jedoch kalte Winter, die außerhalb der Alpen nur in Mittelgebirgen oder extrazonalen, kalten Sonderstandorten wie Moorwäldern auftreten. Die prognostizierten milderen Winter im Zuge des Klimawandels gefährden vor allem die boreomontanen Reliktarten in den Alpen und in den Mittelgebirgen.

### **Diskussion und Schlussfolgerungen Schutzstrategien**

Fichtenwälder nehmen in den Gebirgen und Mittelgebirgen Mitteleuropas nur eine relativ geringe Fläche ein. In jenen Gebirgen, in denen in der nacheiszeitlichen Wärmephase ein Ausweichen der kälteadaptierten Fauna in größere Höhenlagen nicht möglich war, ist die eiszeitliche Fauna der subalpinen Fichtenwälder stark verarmt (Holdhaus und Deubel 1910; Petry 1914). Das gilt selbst für Gebirge mit so ausgedehnten subalpinen Flächen wie die Karpaten (Holdhaus und Deubel 1910) und zeigt, welchen Risiken sich unsere natürlichen Fichtenwälder im Klimawandel ausgesetzt sehen werden.

Auch wenn Absterben auf Grund von Borkenkäferbefall zur natürlichen Dynamik dieses Waldtyps gehört, können doch nicht automatisch alle Absterbeprozesse von Fichtenwäldern als natürliche Vorgänge bezeichnet werden.

Werden in ein Konzept des „Prozessschutzes“ im Fall von Fichtenwäldern auch nicht- und halb-natürliche, reine und noch dazu relativ gleichaltrige Fichtenbestockungen einbezogen, kann es, anders als in natürlichen Fichtenwäldern, zu massiven Massenvermehrungen von Fichtenborkenkäfern und flächenhaftem Absterben kommen, das unter diesen Umständen auch in natürliche Fichtenwälder übergreift (Abbildung 8).

Einige der charakteristischen Arten, vor allem die wärmeliebenden Totholzkäfer, werden von großflächigem Zerfall zumindest kurzfristig profitieren. Andere Arten, wie jene, die auf den Halbschatten des Überganges von Fichtenmoorwäldern zu Hochmooren angewiesen sind, hingegen nicht. Nur differenzierte Schutzstrategien werden auch in natürlichen Fichtenwäldern die natürliche Artenvielfalt erhalten helfen.

Fichtenwälder sind sensible Ökosysteme. Die Fichte hat im Konkurrenz- und Wirkungsgefüge des Ökosystems Wald ihre Schwächen. Als „dünnhäutige“ Baumart ist sie eine „leichte Beute“ für verschiedene Borkenkäfer-Arten, die zu Massenvermehrungen neigen. Die Fichten-Gespinstblattwespe setzt ihr örtlich zu, ebenso Schneebruch und Hallimasch. Ihre Verjüngung ist, anders als auch vielen Standorten im Flach- und Hügelland, trotz geringer Verbissgefährdung und Mäusefraßgefahr keineswegs ein Selbstläufer, denn gerade in ihrem natürlichen Areal ist sie sehr stark auf die Rannenverjüngung angewiesen und verjüngt sich bei fehlendem liegendem Starktotholz oftmals praktisch gar nicht.

### **Erfolgskontrolle und Forschung**

Der Schutz natürlicher Fichtenwälder ist ein Naturschutzthema, das stärker als bisher einer fachlichen Diskussion um die richtige Kombination aus Handlungsvarianten bedarf. Der prozentual in strengen Schutzgebietskategorien gesicherte Flächenanteil dieses Waldtyps ist schon deswegen kein fachlich geeignetes Maß für den Erfolg der Schutzbemühungen, da der Klimawandel und seine Folgen vor Schutzgebietsgrenzen nicht halt machen. Geeignete Indikatoren wären beispielsweise das durchschnittliche Alter der Bestände, die Verbundsituation ihres Areals, das Vorhandensein aller prägenden Standortbedingungen und Habitatrequisiten, das Vorkommen der charakteristischen Arten aus Fauna und Flora und auch die Prognose im Klimawandel. Die charakteristischen Arten zeigen als „Bioindikatoren“ stellvertretend für die ganze Artengemeinschaft alle genannten Faktoren auf.

Die LWF erforscht im Rahmen eines Projektes zusammen mit der TU München derzeit die Auswirkungen des Klimawandels auf die Waldlebensgemeinschaften anhand eines Höhengradienten im Bayerischen Wald, in den auch subalpine Fichtenwälder einbezogen sind.



Abbildung 8: Abgestorbener natürlicher Altbestand des Fichten-Hochlagenwaldes am Kleinen Arber (Foto: S. Müller-Kroehling)

## Literatur

Auf Anfrage bei den Verfassern

**Key words:** Boreo-montane and subalpine conifer forests, biodiversity, climatic change, ground beetles, xylobiontic beetles, nature conservation

---

**Summary:** Outside of the Alps, natural occurrences of spruce forests are rare in Germany. They are limited to harsh and cold areas at high elevations (with snowy winters, cool-humid summers and mean annual temperatures of 4°C or less) or to azonal sites (e.g., e.g. scree slopes and frost hollows that are favorable to the formation of cold air masses or bog-woodlands characterized by cold and damp microclimate with late frosts), where organic material has accumulated and beech and fir are strongly disadvantaged. Natural occurrences of spruce forests feature a cha-

racteristic relict fauna and flora of boreo-montane and alpine species that differs clearly from anthropogenic spruce forests. Computer climate models suggest that spruce forest ecosystems in Central Europe will be under increasing pressure from the consequences of global warming. This process will be accelerated by massive bark beetle infestations encroaching from widely planted commercial conifer forests into natural spruce forests. In the cultivated landscape of Germany, spruce was largely brought to dominance for economic purposes, mostly outside of its natural range (as a so-called apophyte). The transformation from unstable spruce stands and monocultures to siteadapted and natural mixed forests is a crucial task for today's silviculture. Considering the omnipresence of apophytic spruce, it should be kept in mind that natural spruce forests within the temperate deciduous forest region would naturally be restricted to small areas near the alpine timberline. Without human inference all uplands outside the hercynian mountain ranges, the prealpine foothills and the Alps would be free of spruce and spruce forests. In the face of climatic change, maintaining the biodiversity of relict spruce forests in Central Europe is a challenging task.

---