



Abb. 1: Schadbild einer chlorotischen Fichte eine Vegetationsperiode nach dem Verpflanzen (links), einer nach der Verlagerung von Nährelementen im unteren Kronenbereich verbraunten und vergilbten Fichte (Mitte) und einer 17-jährigen (!) Fichte mit extremen Wuchsstöckungen im „Hungerstadium“ (rechts) auf ehemals beweideten, südexponierten Schutzwaldsanierungsflächen im Hauptdolomit

## Alpenökologie – Bayerische Kalkalpen

# Verjüngung der Fichte im naturnahen Bergmischwald und auf Schutzwald-Sanierungsflächen

Von Roland Baier und Axel Göttlein, Freising

Die Fichte hat für die Schutzfunktion im bayerischen Alpenraum eine hohe Bedeutung. Dort ist sie in naturnahen Wäldern, selbst auf flachgründigen Standorten, mit 30 bis 60 % am Bestandaufbau beteiligt [12]. Die Verbreitung der Fichte wurde zudem seit der intensiven Nutzung des Urwaldes ab dem 15. Jahrhundert gezielt gefördert [23, 26]. Andererseits führten unpflegliche Wirtschaftsweisen in Wäldern auf Grenzstandorten zu einer deutlichen Verschlechterung von Standortseigenschaften, die sich bei heutigen Schutzwald-Sanierungsflächen nachteilig auf die Vitalität der Fichte und damit auf ihre Verjüngung auswirkt.

### Problemstellung

Seit Ende der 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts werden im Rahmen der Schutzwaldsanierung mit großen Anstrengungen deutlich gestörte Wälder der bayerischen Alpen vor allem durch künstliche Verjüngung wieder hergestellt. Während

für die technischen Maßnahmen gegen Schneebewegungen eine Reihe von Empfehlungen vorliegen [25] und auch die schädlichen Folgen hoher Schalenwildbestände auf die Waldverjüngung vielfach belegt sind [1, 21], wurde ökophysiologische Faktoren wie z.B. dem Ernährungszustand und der Mykorrhizierung, bei der Verjüngung dieser schwierigen Schutzwaldstandorte bisher nicht nachgegangen.

Die Fichte bietet aufgrund ihrer wintergrünen Krone einen hervorragenden Schutz gegen die Lawinenbildung und ist daher eine unentbehrliche Baumart des „idealen“ Schutzwaldes [4]. Daher ist die Fichte bisher mit einem Bestockungsanteil

von etwa 30 % als Hauptbaumart in der Verjüngung von Schutzwaldsanierungsflächen vorgesehen. Obwohl der Verbiss an der Fichte geringer ist als bei anderen Baumarten [14], ergaben Kontrollinventuren auf Sanierungsflächen extreme Wuchsstöckungen bei den jungen gepflanzten Fichten. Neben den minimalen Höhenzuwächsen von z.T. nur wenigen Millimetern pro Jahr zeigen diese Bäume Chlorosen, ihre Nadeln bleiben klein und die Benadelung ist nur schütter (Abb. 1; rechts). Dieses Phänomen geht regelmäßig mit einem starken Mangel an Stickstoff, Phosphor, Mangan und z.T. auch mit Kalium einher [5].

### Vorüberlegungen

Heute ist belegt, dass die geringe Vitalität von Altfichten in den Bayerischen und Tiroler Kalkalpen, gekennzeichnet durch unzureichenden Ernährungszustand und hohe Kronenverlichtungsgrade, auf ungünstige chemisch-physikalische Bodeneigenschaften wie hohe pH-Werte, Ionen-Antagonismen und geringe Wasserspeicherkapazität zurückzuführen ist [13, 16]. Zusätzlich zeigten vegetationskundliche Arbeiten, dass die Baumarten-

FR Dr. R. Baier ist von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft als wissenschaftlicher Assistent an das Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt der TU München abgeordnet. Prof. Dr. Dr. A. Göttlein ist der Leiter dieses Fachgebietes. Das Projekt „B63 Wachstum und Ernährung der Fichte auf Schutzwaldstandorten“ wurde dankenswerterweise vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten finanziert.

Abb. 2: Reste naturnaher Bergmischwälder auf flachgründigen Hauptdolomitstandorten



verschiebungen vom Fichten-Tannen-Buchen-Bergmischwald zu kiefernbetonten Sekundärwäldern auf den nährstoffarmen Dolomitstandorten vielfach die Folge früherer, devastierender Eingriffe sind wie z.B. ehemalige Rodungen oder Kahlschläge mit anschließender Beweidung [12, 17]. Eine bekannte Folge dieser früheren Nutzungen und der damit verbundenen Bodenfreilegung ist der innerhalb kurzer Zeit ablaufende Humusschwund [11].

Dagegen wird die Bildung mächtiger organischer Auflagen in den Bayerischen Alpen vom Zerkleinerungsgrad des anstehenden Gesteins gesteuert. Vor allem in Wäldern auf flachgründigen Karbonatstandorten mit einem Mosaik aus anstehendem Fels und groben Hangschuttdecken entstehen hohe Vorräte an Auflagehumus [8]: ohne Mineralboden entwickeln sich mächtiger „Tangelhumus“ bzw. O/C-Böden, auf dem Hangschutt v.a. Moder-Rendzinen. Da unter diesen Bedingungen die (Mineral-)Bodenentwicklung gering und die Humusvorräte hoch sind, wird sich hier auch der Humusschwund deutlicher auf die Waldvegetation auswirken als auf tiefgründigen Standorten [8, 15].

Heutige Problemstandorte für Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Kalkalpen sind südexponierte, steile, flachgründige und durch ehemalige Beweidung, Rodung und Kahlschläge überprägte, lichte bis fast unbestockte Sekundärwälder in der Bergmischwald-Höhenstufe. Demzufolge ist davon auszugehen, dass sich die Änderungen von Standorteigenschaften infolge früherer Eingriffe und deren Auswirkungen auf die Vitalität der Fichtenverjüngung auf den heutigen Sanierungsflächen in extremer Ausprägung zeigen. Nachfolgend werden daher

Zur Untersuchung: In dem folgenden Übersichtsbeitrag werden die wichtigsten Ergebnisse einer Studie zu den ökophysiologischen Gründen einer bisher gescheiterten künstlichen Verjüngung der Fichte auf Mull-Rendzina-Standorten im Hauptdolomitgebiet der Bayerischen Alpen dargestellt [6]. Die Untersuchung beinhaltet den Vergleich von naturnahen Bergmischwäldern mit typischen Schutzwaldsanierungsflächen (stark verlichtete, ehemals beweidete Wälder) hinsichtlich Veränderungen von Standorteigenschaften, aber auch im Hinblick auf direkte physiologische Auswirkungen auf die Fichtenverjüngung.

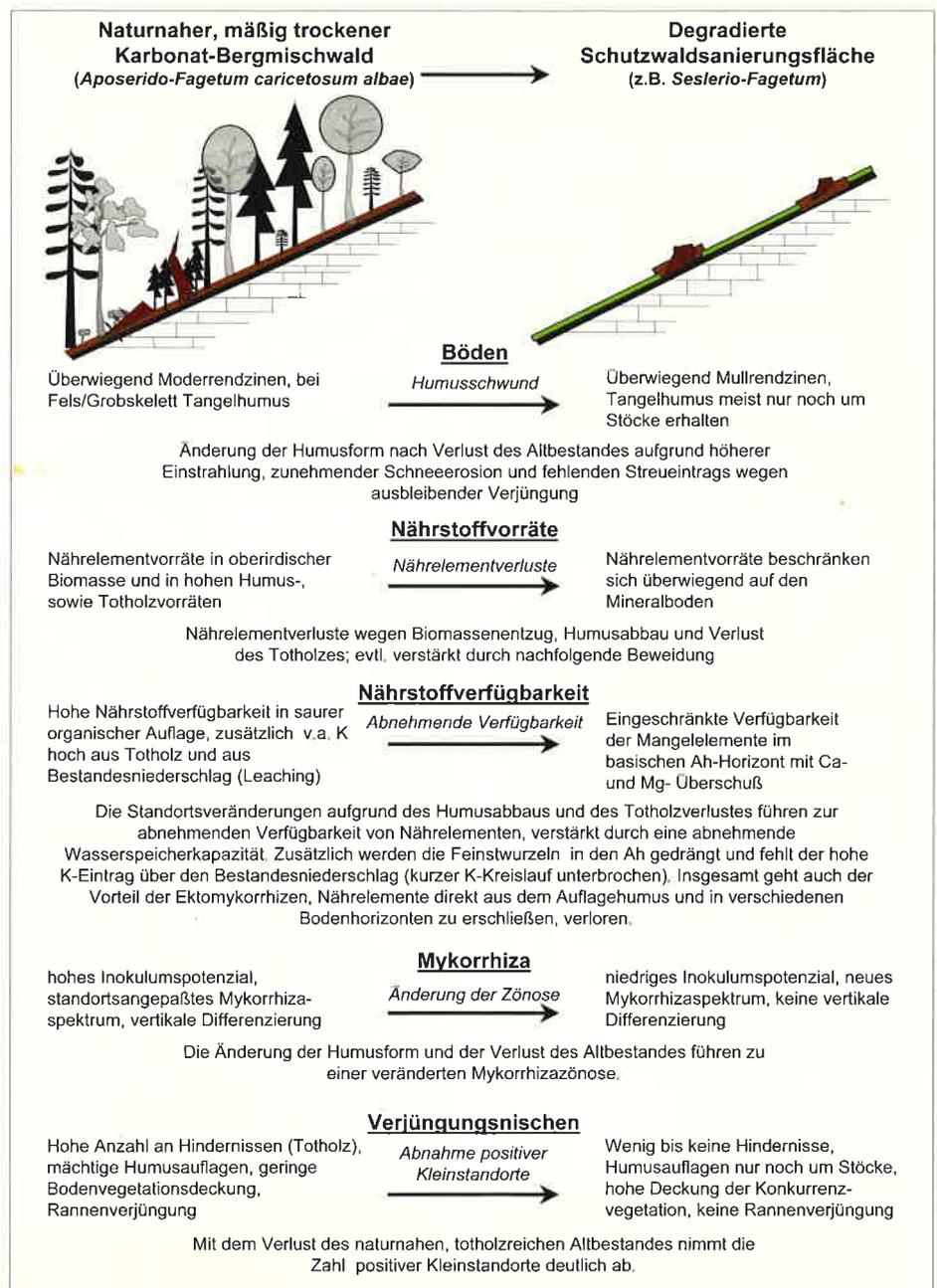


Abb. 3: Mögliche Veränderungen von bedeutenden Einflussgrößen und deren Ursachen beim Übergang vom naturnahen Bergmischwald zur degradierten Schutzwaldsanierungsfläche

in einer Zusammenschau (Abb. 3) die Ausgangszustände von Boden, Nährstoffvorräten und -verfügbarkeit, Mykorrhizierung und Verjüngungsnischen dargestellt und ausgewählte Prozesse beim Übergang vom naturnahen Bergmischwald zur degradierten Schutzwaldsanierungsfläche erläutert.

## Verjüngung im naturnahen Bergmischwald

Natürliche Störungen wie z.B. Windwurf oder Borkenkäferbefall führen in gemischten und gestuften Fichten-Tannen-Buchen-Wäldern meist nur zu kleineren Lücken. Keine nennenswerte Beeinträchtigung durch das Schalenwild vorausgesetzt, wird die Fichtenverjüngung in diesen Bestandesöffnungen gefördert durch:

- ein höheres Strahlungsangebot [2],
- stehendes und liegendes Totholz oder Wurzellager, die Schneeabhebungen verhindern [19],
- die günstigen Ernährungsbedingungen im mächtigen Auflagehumus [7],
- die geringere Deckung der Konkurrenzvegetation,
- damit insgesamt durch eine größere Anzahl an Verjüngungsnischen [10].

Zusätzlich günstig ist die standortstypische und an die einzelnen Bodenhorizonte angepasste Mykorrhizierung und die ungestörte Wurzelentwicklung der Naturverjüngung [9]. Bei optimalen Zer-

setzungsbedingungen aufgrund des günstigen Bestandesinnenklimas bildet stärkeres Moderholz ein gutes Wachstumssubstrat für die so genannte Rannenverjüngung und einen zusätzlichen Speicher für leicht verfügbares Kalium [7]. Außerdem ist Totholz ein wichtiger Puffer für Nährlemente bei Störungen, da aus ihm die Nährstoffe nicht so schnell verloren gehen wie aus der organischen Auflage [20]. Querliegendes Totholz vermindert zudem einen Verlust an organischer Substanz durch Schnee-Erosion der frischen Streu. Die hohen Humusvorräte verbessern die Wasserspeicherkapazität und der Oberflächenabfluss ist in den strukturreichen Beständen nur gering [3].

In der Summe sind damit naturnahe Bergmischwälder selbst auf flachgründigen Standorten, z.B. der mäßig trockene Karbonat-Bergmischwald *Aposerido-Fagetum caricetosum albae*, [12]) sehr günstig für die Fichtenverjüngung, was auch deren hohen Mischungsanteil erklärt. So konnten bisher ungenutzte Reste von naturnahen, gestuften, über 200-jährigen Fichten-Tannen-Buchen-Altbeständen auch auf flachgründigen, südexponierten Rendzinen aus Hauptdolomit bis heute ihre Vitalität und volle Schutzfunktion bewahren (Abb. 2). Diese alten Bergmischwälder stammen jedoch noch aus einer Zeit, in der niedrige Schalenwildichten herrschten.

Im Gegensatz zu ihrer ursprünglichen Fähigkeit, natürliche Umweltextreme ab-

zuwenden oder auszugleichen, sind diese Bergmischwälder auf Grenzstandorten jedoch sehr empfindlich gegenüber durch den Menschen bedingten Störungen der natürlichen Dynamik. Eine bedeutende Störgröße war früher die länger anhaltende Unterbrechung der Waldbestockung durch Kahlschläge mit nachfolgender Beweidung. Heute ist es die Verhinderung der natürlichen Verjüngung in Bergmischwäldern durch zu hohe Schalenwildbestände bei gleichzeitig zunehmender Verlichtung des Altbestandes. Während nach Kahlschlägen Veränderungen relativ rasch ablaufen, bedeutet das Ausbleiben der Verjüngung eine schleichende, oft nicht wahrgenommene Verschlechterung. In Folge setzt in diesen Wäldern eine unerwünschte Dynamik mit sich selbst verstärkenden Prozessen ein: Mit der rasch zunehmenden Deckung der Konkurrenzvegetation steigt die Gefahr von Gleitschneevorgängen, Moderholz und Streu werden aus der Fläche ausgetragen und die bedeutenden Humusvorräte sinken ab.

## Verjüngung auf degradierten Schutzwald-Sanierungsflächen

Mit dem Humusschwund, der Abnahme des Totholzes, zusätzlich durch den Verlust der ursprünglichen Mykorrhizagemeinschaften (Zönosen) infolge des Ausfalls von Altbäumen [18] bzw. wegen der Änderung der Humusform [9] und der dann insgesamt verminderten Nährelementverfügbarkeit [6] ist eine Entwicklung zu einer neuen Vegetationseinheit verbunden (Abb. 3). Auch Rannenverjüngung stellt sich auf dem noch verbliebenen oder durch Absterben der Restbestockung neu hinzukommenden Totholz kaum mehr ein, weil dieses unter den neuen Klimabedingungen der Freifläche nicht mehr optimal zersetzt wird [22] bzw. durch Schneeabhebungen verloren geht. Wegen der geringen Zahl von Verjüngungsnischen, des bodenchemisch ungünstigen Milieus der Mull-Rendzinen und evtl. auch wegen ihrer geringeren Wasser-Speicherkapazität ist eine natürliche Wiederbewaldung durch die Fichte nicht mehr möglich. Noch schwieriger gestalten sich die Bedingungen für die auf Sanierungsflächen künstlich eingebrachten Container-Fichten aus Tieflagenanzucht. Diese wurden aufgrund der bisherigen Fehleinschätzung des „Pioniercharakters“ der Fichte [24] auf einem Großteil der Mull-Rendzinastandorte im Hauptdolomitgebiet gepflanzt. Für diese Verjüngungspflanzen ergeben sich folgende Konsequenzen: Nach optimaler Ernährung und Anzucht in einem sauren Substrat wird die Fichte in den basischen Mineralboden der Mull-Rendzinen mit nur geringer Nährelementverfügbarkeit ver-

### Literaturhinweise:

[1] AMMER, C. (1996): Impact of Ungulates on Structure and Dynamics of Natural Regeneration of Mixed Mountain Forests in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management* 88, S. 43-53. [2] AMMER, C. (1996): Konkurrenz um Licht – zur Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald. *Forstliche Forschungsberichte München* 158, 198 S. [3] AMMER, U.; BREITSAMETER, J.; ZANDER, J. (1995): Contribution of Mountain Forests Towards the Prevention of Surface Runoff and Soil-Erosion. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 114 (4-5), S. 232-249. [4] AMMER U.; SCHUSTER, E. (1990): Zustand und Gefährdung des Bergwaldes. Ergebnisse eines Rundgesprächs. Hamburg, Berlin: Paul Parey, 123 S. [5] BAIER, R. (2004): Ernährungszustand und mögliche Anpassungsmechanismen der Fichte (*Picea abies* L. [Karst.]) auf Dolomitstandorten der Bayerischen Kalkalpen – Ergebnisse eines Düngerversuches an jungen Schutzwaldsanierungspflanzen. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 155 (9), S. 378-391. [6] BAIER, R. (2006): Wurzelentwicklung, Ernährung, Mykorrhizierung und „positive Kleinstandorte“ der Fichtenverjüngung (*Picea abies* [L.] Karst.) auf Schutzwaldstandorten der Bayerischen Kalkalpen. Dissertation TU München, Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt, 250 S. [7] BAIER R.; ETTL R.; HAHN C.; GÖTTLEIN, A. (2006): Early Development and Nutrition of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Seedlings on Different Seedbeds of the Bavarian Limestone Alps – a Bioassay. *Annals of Forest Science*, im Druck. [8] BAIER, R.; GÖTTLEIN, A. (2004): Böden der Kalkalpen – Entstehung, Eigenschaften und Bedeutung für die forstliche Praxis. *AFZ-DerWald* Nr. 9, S. 481-483. [9] BAIER R.; INGENHAAG J.; BLASCHKE H.; GÖTTLEIN A.; AGERER, R. (2006): Vertical Distribution of an Ectomycorrhizal Community in Upper Soil Horizons of a Young Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Stand of the Bavarian Limestone Alps. *Mycorrhiza*, DOI: 10.1007/s00572-006-0035-z. [10] BAIER R.; MEYER J.; GÖTTLEIN, A. (2005): Regeneration Niches of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Saplings in Small Canopy Gaps in Mixed Mountain Forests of the Bavarian Limestone Alps. *Eur. J. For. Res.*, DOI: 10.1007/s10342-005-0091-5. [11] BOCHTER R.; NEUERBURG W.; ZECH, W. (1981): Humus und Humusschwund im Gebirge. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 102, S. 735-820. [12] EWALD, J. (1997): Die Bergmischwälder der Bayerischen Alpen – Soziologie, Standortbindung und

Verbreitung. *Dissertationes Botanicae* 290, Berlin, Stuttgart: J. Cramer, 234 S. [13] EWALD, J. (2005): Ecological Background of Crown Condition, Growth and Nutritional Status of *Picea abies* (L.) Karst. in the Bavarian Alps. *Eur. J. For. Res.*, 124 (1), S. 9-18. [14] GAMPE, S. (1989): Über Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Alpen. *Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns* 44, 213 S. [15] GLATZEL, G. (1968): Probleme der Beurteilung der Ernährungssituation von Fichte auf Dolomitböden. *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 12, S. 14-18. [16] HAUPOLTER, M. (1997): Mineralstoffernährung und Baumvitalität auf Standorten sensibler Bergwaldökosysteme der nördlichen Kalkalpen Tirols. Universität für Bodenkultur, Wien, 155 S. [17] HOLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren nördlichen Kalkalpen. *Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege*, 192 S. [18] JONES, M. D.; DURALL, D. M.; CAIRNEY, J. W. G. (2003): Ectomycorrhizal Fungal Communities in Young Forest Stands Regenerating After Clearcut Logging. *New Phytologist* 157, S. 399-422. [19] KUPFFER-SCHMID, A. D.; BUGMANN, H. (2005): Effect of Microsites, Logs and Ungulate Browsing on *Picea abies* Regeneration in a Mountain Forest. *Forest Ecology and Management* 205 (1-3), S. 251-265. [20] LAIHO, R.; PRESCOTT, C. E. (2004): Decay and Nutrient Dynamics of Coarse Woody Debris in Northern Coniferous Forests: a Synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 34, S. 763-777. [21] LISS, B.-M. (1988): Versuche zur Waldweide – der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. *Forstliche Forschungsberichte München* 87, S. 160-165. [22] MAL, W. (1997): Naturverjüngung auf Moderholz – Ergebnisse einer Literaturstudie. *Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*, 55 S. [23] MEISTER, G. (1969): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88, S. 97-130. [24] MICHELS, H.-G. (1993): Die Stellung einiger Baum- und Straucharten in der Struktur und Dynamik der Vegetation im Bereich der hochmontanen und subalpinen Waldstufe der Bayerischen Kalkalpen. *Forstliche Forschungsberichte München* 135, 290 S. [25] SCHÖNENBERGER, W.; FREY, W. (1988): Untersuchungen zur Ökologie und Technik der Hochlagenaufforstung. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 139(9), S. 735-820. [26] ZIERHUT, M. (2003): Die Geschichte der Traunsteiner Salinenwälder. *Forstliche Forschungsberichte München* 194, 661 S.

pflanzt. Zusätzlich haben sich auf den Sanierungsflächen neue, unter den extremen Umweltbedingungen besonders konkurrenzkräftige Mykorrhizen eingestellt. Diese verdrängen innerhalb kürzester Zeit (Monate!) die wenigen „Pflanzgarten-Mykorrhizen“. Meist kommt an den Baum-schulzbäumen sogar nur ein einziger Mykorrhizotyp vor. Bodenbedingter Mangel an Nährelementen, zusätzlich verstärkt durch das Absterben der Pflanzgartenmykorrhizen und eine wahrscheinlich geringe Tendenz, in das basische Milieu der Ah-Horizonte auszuwurzeln, führen zu einem hohen, dauerhaft schädigenden Stress der gepflanzten Fichten. Die Bäume werden daher innerhalb eines Jahres nach dem Verpflanzen chlorotisch (Abb. 1; links). Wegen der ungenügenden Nachlieferung von Nährelementen aus dem Boden werden diese im Baum zum Großteil aus den erst gering ausgebildeten Speicherorganen (v.a. aus den alten Nadeln) in die jährlich neu gebildete Biomasse (v.a. in die neuen Nadeln) verlagert (Abb. 1; Mitte). Diese Umverteilung der Nährstoffe erfolgt bevorzugt vom

Kroneninneren nach außen und in die oberen Kronenbereiche und damit in die physiologisch wichtigsten Gewebe. Die an Nährelementen verarmten, älteren Nadeln fallen dann ab. Nach dem Verpflanzen auf die Sanierungsfläche sinkt daher der Zuwachs stetig ab. Nach drei bis vier Jahren setzen schließlich bei nur noch zwei oder drei Nadeljahrgängen (Abb. 1; rechts) die beschriebenen Wuchsstockungen ein. Mit nur noch geringen Zuwächsen, der Kleinnadeligkeit und dem damit insgesamt geringen Nährelementbedarf sichern sich diese kniehohen Pflanzen im „Hungerstadium“ dann für viele (bis zu 50!) Jahre das Überleben unter den extremen Umweltbedingungen. Aufgrund der bodenbedingten physiologischen Probleme besteht selbst im Schutz von Verbauungen (z.B. Dreibeinböcke) keine Möglichkeit der Erholung. Abgesehen von wenigen Kleinstandorten ist daher die Klimaxbaumart Fichte auf den flachgründigen, gering bis unbestockten Schutzwald-Sanierungsflächen im Hauptdolomitgebiet mit Mull-Rendzinen heute nicht mehr für die künstliche Verjüngung geeignet!

## Folgerungen

Längere waldfreie Phasen nach Kahlschlag oder Kalamitäten und die zunehmende Verlichtung in Altbeständen bei ausbleibender Verjüngung können auf armen Dolomitstandorten zu extremen Standortsveränderungen führen. Auf den heute degradierten Schutzwaldsanierungsflächen der Bayerischen Alpen sollten daher im Rahmen der Schutzwaldsanierung nur noch Pionierbaumarten wie z.B. Kiefer oder Lärche gepflanzt werden. Der mit der Pionierbestockung verbundene Auflagehumusaufbau ist dann die sukzessionssteuernde Größe, um wieder einen Klimawald unter Beteiligung der Fichte zu erreichen. Bei der zukünftigen Bewirtschaftung der Bergwälder müssen daher Fehlentwicklungen (z.B. unzureichende Bestockung von Kahlflecken, ungenügende Verjüngung in Altbeständen) vermieden werden. Ein wichtiger Schritt hierzu ist ein „Standortsbewusstsein“ in der Waldbewirtschaftung, insbesondere für labile, d.h. für Degradation anfällige Standorte.

## Für Förster, Waldbesitzer und...

### Seltene Waldbiotope

sind das Thema dieses faszinierenden und informativen Sonderheftes. Ein hoher Anteil aller Tier- und Pflanzenarten Deutschlands findet sich in ihrer natürlichen Vielfalt in diesen Lebensräumen. Aus diesem Grund stellt der Gesetzgeber diese Waldgebiete auch unter besonderen Schutz. 18 ausgewählte Biotop-Typen werden in dem Sonderheft mit erstklassigen Bildern und aufschlussreichen, verständlichen Texten präsentiert und laden zu einem Gedanken-Spaziergang durch Flora und Fauna ein. So wird das Sonderheft zu einem Erlebnis für alle Naturinteressierten und zur unentbehrlichen Informationsquelle für Förster und Waldbesitzer, um unbeabsichtigte Veränderungen an diesen Sonderstandorten zu verhindern.

Zu bestellen bei:

**AFZ**  
**DerWald**



Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH  
Postfach 40 05 80 · 80705 München  
Tel.: 089/1 2705-228 · Fax -586  
Email: tanja.kutzera@dlv.de · www.dlv-shop.de



Abonnentenpreis **5,70 €\***

Nichtabonnenten **7,- €\***

\* zzgl. € 2,30 Versandkosten,  
ab € 50,- Bestellwert versandkostenfrei

Geschäftsführer: Peter Kliemann, Bernd Kuhrmeier, Hans Müller  
Registergericht: Hannover HRB 59744

