

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 142 (1991)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Verjüngungsökologie Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe  
**Autor:** Ott, Ernst / Lüscher, Felix / Frehner, Monika  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766509>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Verjüngungsökologische Besonderheiten im Gebirgsfichtenwald im Vergleich zur Bergwaldstufe

Von Ernst Ott, Felix Lüscher, Monika Frehner, Peter Brang

FDK 231.3: 174.7 Picea: 181.6:(23)

### 1. Einleitung: Gebirgswaldverjüngung als zentrales Forschungsanliegen, Gebirgswaldbegriff

Seit rund 10 Jahren bearbeitet die Gebirgswaldbaugruppe der heutigen ETH-Waldbauprofessur hauptsächlich verjüngungsökologische Fragen im Bereich des subalpinen Fichtenwaldes. Unsere bisherigen Untersuchungsergebnisse konnten in den folgenden Beiträgen gemäss dem Literaturverzeichnis publiziert werden: *H. Imbeck/E. Ott*, 1987 (32), *E. Ott*, 1989 (52), *M. Frehner*, 1989 (21) und *F. Lüscher*, 1990 (42). Diese Untersuchungen umfassen die folgenden Waldgesellschaften: Alpendostflur mit Fichte EK<sup>1</sup> 60 (17) bei Davos, Torfmoos-Fichtenwald mit Landschilf EK 57 im ozeanisch-kontinentalen Übergangsbereich des Vorderrheintales bei Sedrun, Perlgras-Fichtenwald EK 54 sowie Lärchen-Fichtenwald EK 58 im kontinentalen Unterengadin bei Ramosch. Im Unterengadin konnte Felix Lüscher die massgebenden Umwelteinwirkungen für die Höhenentwicklung der Fichten-Naturverjüngung sowohl montan wie subalpin in vergleichbarer Weise untersuchen. Diese für den kontinentalen Klimabereich besonders aufschlussreichen Untersuchungen gaben den Anstoss zur vorliegenden Präsentation unserer bisherigen verjüngungsökologischen Forschungsarbeiten. Dabei sind wir uns wohl bewusst, dass wir lediglich vereinzelte Mosaiksteinchen beisteuern können. In Verbindung mit den zahlreichen neueren Beiträgen aus dem benachbarten Ausland ergibt sich indessen doch schon ein ganz ansehnliches «puzzle». Glücklicherweise hat sich inzwischen auch ein reger internationaler Gedanken- und Erfahrungsaustausch angebahnt, namentlich im Rahmen der IUFRO-Arbeitsgruppe für Gebirgswaldbau. Wir organisieren regelmässig gemeinsame Waldbegehungen und diskutieren unsere Forschungsobjekte vor Ort. Insgesamt verfügen wir somit heute über recht günstige Vorausset-

<sup>1</sup> EK = *Ellenberg/Klötzli*, 1972.

zungen zum dringend erforderlichen Ausbau der wissenschaftlichen Basis für einen möglichst schemafreien, differenzierten Gebirgswaldbau. Der Verjüngungsproblematik kommt dabei eine eigentliche Schlüsselstellung zu, in unlösbarer Verkettung mit den schon seit langem waldbedrohenden Wildschaden-Überbelastungen. Die Voraussetzungen für die Bewältigung dieser Aufgabe in der Praxis müssen dringendst entscheidend verbessert werden. Sollte die längst notwendige Förderung der Gebirgswaldverjüngung weiterhin vernachlässigt werden, droht vielen Schutzwäldern schon in 30 bis 100 Jahren das Risiko von Überalterung, Stabilitätsverlust und zunehmender Katastrophenanfälligkeit. Denn nirgends so sehr wie im Gebirgswald können sich destabilisierende Waldentwicklungen zunächst während längerer Zeit unmerklich-schleichend anbahnen, so dass es für die notwendige Katastrophenvorbeugung waldbaulich schon zu spät sein kann, wenn die Gefährdung endlich für jedermann offensichtlich wird. Schliesslich ist die Intensivierung namentlich einer kleinflächig-plenterförmigen Verjüngung auch die wichtigste Waldbaumassnahme im Hinblick auf die neuartigen Walderkrankungen und die drohende Klimaveränderung. Ausser solchen vorbeugenden Massnahmen stehen wir sonst als Waldbauer diesen unheimlichen Bedrohungen im Gebirgswald weitgehend machtlos gegenüber.

### *Gebirgswaldbegriff*

Im Hinblick auf unsere verjüngungsökologische Betrachtung muss zunächst auch der oft missverständliche Begriff «Gebirgswald» präzisiert werden. Theoretisch ist der Gebirgswald in unserem Sinne identisch mit der subalpinen Stufe (40). In der konkreten Umsetzung kann sich dieser Begriff indessen als recht unscharf erweisen, was aber in der Natur der Sache liegt. Eindeutig klare, schematische Abgrenzungsversuche beispielsweise mittels regionaler Meereshöhen-Abstufungen sind ökologisch fragwürdig, abgesehen davon, dass die Subalpin- und Montanstufe im Wald oft innerhalb breiter Kontinuumsbereiche miteinander verzahnt sind. Grob verallgemeinernd kann die Grenze zwischen Berg- und Gebirgswald in unserem Land zwischen etwa 1200 m und 1600 m ü. M. situiert werden, je nach der regionalen sowie lokalen Klimagunst. Die niedrigsten Grenzlagen finden sich im ozeanischen Klimabereich (zum Beispiel Jura) und die höchstgelegenen in den eindeutig kontinentalen zentralalpinen Tälern (zum Beispiel Engadin). Dank des Zusammenwirkens der Massenerhebung mit der Abschirmung gegen die ausgleichenden und feuchten Meereswinde wird kontinental das Wärmeangebot namentlich für die Zeitabschnitte der Assimilationstätigkeit ganz entscheidend erhöht.

Die konkrete, praktische Zuordnung zur montanen, subalpinen oder intermediären Stufe ist nicht selten eine weitgehend subjektive Beurteilungs-

frage, analog der Notengebung in der Schule. Mit Hilfe deutlich kennzeichnender Klassierungsmerkmale lässt sich der Beurteilungsvorgang indessen so gut wie möglich transparent und nachvollziehbar gestalten bzw. objektivieren. In diesem Sinne versuchen wir, den typischen Gebirgsfichtenwald gegenüber dem Bergwald (auf Klimax-Standorten) durch die folgende *Kombination* physiognomischer Besonderheiten abzugrenzen:

1. Lockeres bis lückiges Kronendach, tief herabreichende Baumkronen der Einzelbäume oder der äusseren Ummantelung von Baumkollektiven, deutliche Dominanz der Bürsten- und Plattenfichten gegenüber den Kammfichten.
2. Anspruchsvollere Straucharten wie Haselnuss oder Weisslerle fehlen oder sind nicht mehr üppig entwickelt.
3. Artenärmere Bodenvegetation, jedoch häufig üppige, konkurrenzkräftige Dominanz einzelner Arten wie Heidelbeere, wolliges Reitgras, Drüsengriffel (Alpendost), Farne, Alpenrosen usw.
4. Deutlich verlangsamter Abbau der Nadelstreu und verzögerte Mineralisierung der organischen Auflagen, mit zunehmender Meereshöhe ausgeprägtere Podsolierung, von podsolierter Braunerde bis zum typischen Podsol.
5. Deutlich ausgeprägtes Mikro-Standortsmosaik infolge stärkerer ökologischer Auswirkung des Kleinreliefs und der unterschiedlichen obersten Bodenhorizonte.
6. Wegen der teilweisen Verjüngungsfeindlichkeit im Mikro-Standortsmosaik kommt die Naturverjüngung deutlich spärlicher und unregelmässiger auf, rotten- bis truppförmig und hauptsächlich im Bereich von Bestandeslücken. Anfänglich oft jahrzehntelang auffällig gehemmtes Höhenwachstum, namentlich bei der Fichte, auch bei hohem Lichtgenuss. Oft gravierende Verjüngungsschwierigkeiten, da die Verjüngungsgunst nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich begrenzt ist (zum Beispiel bei lückenloser Vegetationsausbreitung).
7. Unregelmässige, «klumpige» Verteilung der Bäume in allen Entwicklungsstufen; anstelle eines  $\pm$  regelmässigen Gerüsts konkurrenzkräftiger Einzelbäume finden sich vermehrt Kleinkollektive mit deutlichen Gemeinschaftsbeziehungen zwischen den Einzelindividuen.

Massgebend ist die Mehrheit der Kriterien, einzelne Merkmale können immer wieder aus dem Rahmen fallen, zum Beispiel rascher Streuabbau bzw. klassische Braunerden in subalpinen Hochstauden-Fichtenwäldern. Selbstverständlich sind auch anthropogen bedingte Besonderheiten gebührend zu berücksichtigen, zum Beispiel Waldweide oder in der Montanstufe Wildschaden-Überbelastungen mit den entsprechenden Verjüngungsschwierigkeiten. In den höheren Lagen sind unsere subalpinen Fichtenwälder meistens problemlos als solche erkennbar. Die mehr oder weniger ausgedehnten Übergangsbereiche von der Montan- zur Subalpinstufe sollten als das bezeichnet werden, was sie sind: Übergangsbereiche!



## 2. Erstaunliche Vorwegnahme neuzeitlicher Waldbauerkenntnisse durch unsere beobachtungsbefähigten «Altvorderen»

Leider erst vor kurzem entdeckten wir ganz zufällig eine Publikation von *Arnold Engler* (18) aus dem Jahre 1900, in welcher ebenfalls die hier dargestellten Verjüngungsfragen im Vordergrund standen. A. Engler lehrte von 1897 bis 1923 als Waldbauprofessor an unserer ETH. Von unserer «modernen» Forschung erneut erwiesene verjüngungsökologische Grundprinzipien [*Mosandl* und *El Kateb* (49), *Imbeck/Ott* (32)] wurden schon von Engler in unüberbietbarer Klarheit formuliert. Sie wurden dann jedoch in «späteren Zeiten» manchenorts offensichtlich nicht mehr beachtet, und irgendwann griff man anscheinend ganz einfach nicht mehr auf den «alten» Engler zurück. Bezeugt wird diese unerfreuliche Feststellung durch zahlreiche fragwürdige Löcherhiebe und Kleinkahlschläge im Bergmischwald (*Mosandl*, 48) sowie andererseits durch viele sanierungsbedürftige, vollständig «verunkrautete» Gebirgsfichtenwälder, die wegen zu starker, schirmschlagartig-diffuser Kronenauflichtung extrem verjüngungsschwierig geworden sind (3, 7, 40, 44, 69–72). Die folgenden, nun fast 100jährigen Zitate Englers (18) könnten grossenteils den Schlussfolgerungen heutiger Forschungsarbeiten über dieselbe Problematik entnommen sein.

«1. *Das Weisstannen- und Laubholzgebiet*  
(Hügelland, Vorberge und tiefere und mittlere Lagen des Jura).

Die Hauptholzarten sollen in diesem Gebiete sein: die *Weisstanne*, *Fichte* und *Buche*, von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung sind noch: *Esche*, *Eiche*, *Ahorn*, *Föhre* und *Lärche*.

Die häufigste Bestandesform ist der gleichalterige Hochwald und soll es auch bleiben, seltener tritt uns die Femelschlag- und Plenterform entgegen.

Die Behandlung der Bestände richtet sich etwa nach folgenden Prinzipien:

Die regelmässige, vom mittlern Bestandesalter an stärker werdende Durchforstung erhält den Boden in gutem Zustande, macht den Bestand kräftig und widerstandsfähig und bereitet somit die Bäume für die Fruktifikation und auf den spätern Lichtstand vor. *Die von Jugend auf erfolgende regelmässige Durchforstung ist daher die beste Vorbereitung der Bestände für die natürliche Verjüngung.* Diese Erkenntnis ist nicht neu; schon E. André<sup>2</sup> sagt: «Wer seine Waldungen richtig durchforstet, hat vom Sturme nichts zu fürchten und kann eine Besamung haben, wann und wie man nur will.» . . . »

«Wesentlich ist, dass der Übergang vom strengen Schlusse zur Lichtstellung sich allmählich und nicht sprungweise vollziehe und dass der Kronenschirm erst nach erfolgter Besamung eine stärkere, andauernde Unterbrechung erfahre.

<sup>2</sup> André, E. Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen, 1832, S. 431.

Bei Dunkelhaltung der Schläge wird man in der Regel nicht nur ein Samenjahr, sondern mehrere benutzen. Wer dagegen in einem Samenjahr plötzlich den Schluss so stark unterbricht, dass an ein Zusammenwachsen der Kronen nicht mehr zu denken ist, setzt gleichsam alles auf eine Karte; schlägt die Besamung nicht an, so ist es mit der Naturverjüngung aus. Wer langsam und sorgfältig lichtet, ist bezüglich der Etatserfüllung vom Eintritt der Samenjahre so gut wie unabhängig und seine Bestände befinden sich stets in einer Verfassung, welche die Ausnutzung derselben nach Wunsch gestattet. . .»

Die natürliche Verjüngung ist überhaupt nicht als ein kühnes Experiment, das man gegen das Ende der Umtriebszeit mit dem Bestande vornimmt, aufzufassen, *sondern sie ist eine natürliche Lebenserscheinung des wohlgepflegten, mannbaren Bestandes wie des Urwaldes. . .»* (S. 302–304)

«Wenn wir den Jungwüchsen durch successive Lichtung des Mutterbestandes nur soviel Licht zuführen, als sie notwendig brauchen und mit stärkern Eingriffen zuwarten bis der Jungwuchs in der Hauptsache den Boden überschirmt, so haben wir von Unkraut wenig zu fürchten.

Ich gelange daher wieder zum Schlusse, *dass die Verjüngungsschläge so lange dunkel zu halten sind, bis sich die Verjüngung in der Hauptsache eingestellt hat. . .»* (S. 274)

## «2. Das Fichtengebiet

(Mittlere und höhere Waldzone der Alpen und die Hochlagen des Jura).

. . .Wie schon bemerkt, nimmt das «Lichtbedürfnis» der Jungwüchse mit der Meereshöhe zu; es ist daher in höher gelegenen Waldungen dafür zu sorgen, dass in den Verjüngungsschlägen direktes Sonnenlicht den Boden trifft, ohne dass dabei die wohlthätige Wirkung des Seitenschutzes und der Überschirmung verloren geht und der Bestandesschluss auf grossen Flächen gleichmässig unterbrochen wird. Dieser Anforderung lässt sich entsprechen, indem man die Bestände dem östlichen, südöstlichen oder südlichen Seitenlichte öffnet und auf *schmalen Saumschlägen unter Schirm* verjüngt. Aufästungen leisten dabei sehr gute Dienste. . .»

(Engler hatte hier offensichtlich ozeanisch getönte Klimabereiche mit hohen jährlichen Niederschlägen vor Augen!)

«Empfohlen wird namentlich von Broilliard<sup>3</sup> auch die *Durchlöcherung der gehörig vorbereiteten Bestände mittelst Aushieb von 2–3 nebeneinander stehenden Stämmen*. Diese Schlagmethode hat jedenfalls viel für sich, weil die Sonnenstrahlen durch die Lücken unter die geschlossenen Bestandespartien einfallen können und weil der Wind auf so kleinen Lücken bekanntlich überträgt; sie ist aber ja nicht zu verwechseln mit den eigentlichen Löcherhieben oder den Koulissenschlägen, die unter diesem oder jenem Namen immer wieder in der Litteratur auftauchen und, wie die Erfahrung lehrt, stets zweifelhafte Resultate geben. . .» (S. 305–306)

<sup>3</sup> Broilliard. Essai sur la reproduction naturelle de l'épicéa. Revue des eaux et forêts, 1897, S. 97.

«Soviel aber ist ganz gewiss, dass mit höherer geographischer Breite und mit der Meereshöhe das sog. *Lichtbedürfnis* der Pflanzen zunimmt; die Wärme nämlich, die der Luft mangelt, muss der Pflanze durch direkte Insolation gespendet werden. . . (S. 300)

Leider werden diese heute wissenschaftlich zweifelsfrei belegten Empfehlungen Englers immer noch keineswegs überall in die Tat umgesetzt. Zur Entlastung der Forstleute muss indessen nachdrücklich die schon jahrzehntelang andauernde waldbedrohende Wildschaden-Überbelastung in fast all unseren Berg- und Gebirgswäldern beklagt werden, weil zuerst und vor allem dadurch die Naturverjüngung sehr erschwert und vielenorts vollständig verunmöglicht wird (5, 6, 11, 12, 15, 44, 49, 51)!

### **3. Berg- und Gebirgswaldverjüngung heute, unser aktueller Kenntnisstand aufgrund wissenschaftlicher Belege sowie plausibler Beobachtungen und Erfahrungen**

Anstelle der oft etwas umständlich-detaillierten wissenschaftlichen Erörterungen möchten wir ausnahmsweise einmal den Versuch wagen, die wichtigsten Gesichtspunkte der Berg- und Gebirgswaldverjüngung in möglichst kurz zusammenfassender, prägnanter und einprägsamer Form hervorzuheben (*Tabellen 1 bis 4*). Dabei ist jedoch zu bedenken, dass eine dermassen schematisch verkürzte Wissensvermittlung zu einer entsprechend technokratisch-rezeptartigen Umsetzung verleiten könnte: Die sattem bekannte Gefahr der «*terrible simplification*». Dieser Gefahr versuchen wir sowohl durch die Betitelung wie durch einen unmissverständlichen – für viele vielleicht sogar beleidigenden – warnenden Hinweis (\*) vorzubeugen. Wir möchten mit dieser maximal komprimierten und schlagartig übersichtlichen Darstellungsweise namentlich dem von chronischer Zeitnot bedrängten Praktiker entgegenkommen. Es ist ein erster Versuch, und so sind wir denn auch für konstruktive Verbesserungsvorschläge sehr dankbar.

In den *Tabellen 1 bis 4* unterscheiden wir konsequent zwischen der Ansamungs- und Anwuchsphase einerseits und der Aufwuchsphase andererseits, in Anlehnung an *Kuoch* (37): Die Ansamungs- und Anwuchsphase stimmt mit dem von *Kuoch* definierten Begriff der Bodenverjüngung überein (*Tabelle 5*).

Als Aufwuchs bezeichnen wir die der Bodenverjüngung nachfolgende Entwicklungsstufe: Die etablierten, sich über die Vegetationsschicht erhebenden Bäumchenkollektive oder Bäumchen bis zu einer Höhe, welche die örtlich übliche Schneedecke deutlich überragt, das heisst bis zur Entwicklungsstufe der *schutzfähigen* Verjüngung nach Mayer (44).

Zum Aufwuchs zählen in Anlehnung an *Burschel* und *Huss* (13) auch Pflanzungen, sobald sie Fuss gefasst, also den Pflanzungsschock überwunden haben.

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf den Inhalt der *Tabellen 1* bis 4:

Selbstverständlich können wir im Rahmen dieses Aufsatzes nicht umfassend und detailliert auf die extrem verkürzt zusammengefassten wissenschaftlichen Fakten eingehen. Diese sind indessen im Bedarfsfall jederzeit anhand der zitierten Literaturbelege oder – am besten! – aufgrund eigenständiger Waldbeobachtungen überprüfbar und nachvollziehbar. Leider erlaubt die tabellarische Darstellung bloss eine auf Einzelfaktoren bezogene, allzu eindimensionale und reduktionistische Betrachtungsweise. Die im Walde notwendige Betrachtungsweise in komplexen Zusammenhängen wollen wir nachfolgend wenigstens anhand einiger Beispiele anzudeuten versuchen.

### *Waldbauliche Zielvorstellungen und Fragen der optimalen Milieugestaltung für den Nachwuchs*

Massgebend für unsere Gestaltung der Verjüngungsverfahren ist zuerst und vor allem auch deren Ausrichtung auf ein klares waldbauliches Fernziel. Über diese langfristige waldbauliche Zielvorstellung für die Berg- und Gebirgswälder im Verbreitungsgebiet der Fichte herrscht in unserem Lande breite Übereinstimmung, zumindest auf der ideellen Ebene: Berg- bzw. Gebirgsplechterwälder (3, 7, 21, 35, 38, 40, 42, 52, 63, 69–72)! Infolgedessen sind wir in besonderem Masse an kleinflächig-differenzierten Verjüngungsverfahren interessiert. Hiemit haben wir es nun aber stets mit sehr anspruchsvollen Optimierungsaufgaben zu tun, namentlich in kontinentalen und subalpinen Lagen, wo die Verjüngung in Form optimal dimensionierter Kronendachöffnungen eingeleitet und sukzessive gefördert werden muss. Die damit oft unvermeidlich gekoppelten Stabilitätsgefährdungen für die Altbestände können wohl kaum sorgfältig genug beobachtet und respektiert werden (3, 7, 42, 52, 72)!

In der subalpinen Stufe verlangt oft schon der Keimungsvorgang ein Minimum an Sonneneinstrahlung (32). Der speziell störungsanfällige Keimungsprozess benötigt zunächst zwar «bloss» ausreichend Wärme und Feuchtigkeit (13, 14), womit subalpin jedoch oft gegensätzliche Anforderungen in optimalem Ausgleich erfüllt werden sollten, weil die unerlässliche Sonneneinstrahlung im Übermass die Wasserversorgung gefährden kann (7, 19, 32, 69). Nach *Mork* (47) war beispielsweise für einen befriedigenden Keimungserfolg skandinavischer Fichtensamen eine Durchschnittstemperatur von über 12 °C erforderlich. In Jahren mit aussergewöhnlich kalter Juni-Juli-Witterung könnte demnach in höheren schattigen Lagen der subalpinen Stufe auf vollständig unbesonnenen Kleinstandorten allein schon der Keimungserfolg gefährdet sein (32).



*Tabelle 1.* Schematische Beobachtungs-Orientierungshilfe\*) für Mischwald- und Fichtennaturverjüngung: Zusammenstellung der wichtigsten verjüngungsökologischen Einflussfaktoren gemäss wissenschaftlichen Untersuchungen sowie Beobachtungen (B).

## **Ansamungs- und Anwuchsphase MONTAN-Stufe**

\*) bitte keine technokratisch-rezeptartige Umsetzung

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)	
ozeanisch	kontinental
<p><b>1. Entscheidend-begrenzende bzw. Minimumfaktoren</b></p> <p>Lichtmangel, Lichtdosierung (genereller Minimum- und Steuerungsfaktor)</p> <p>Vegetationskonkurrenz (Kräuter, Gräser, dicke Moosteppiche)</p> <p><b>Wildverbiss</b></p> <p><b>Waldweide</b></p> <p><b>2. Erschwerend-begrenzende Faktoren:</b></p> <p>Wasserversorgung</p> <p><b>Samenjahre</b></p> <p><b>3. Uebrig Einflussfaktoren</b></p>	<p>Kleine, nicht zu stark besonnte Lücken (69). Fallbeispiel Schattenhang Ramosch (42): Aus-hieb von Kleinkollektiven, z.B. 2-5 Bäume bei Begünstigung durch Exposition und/oder Topo-graphie; bis 6-8 Bäume im ungliederten stei-len Schattenhang</p> <p>Plenterung: Wie ozeanisch-intermediär, aber kleinflächig-stufiges Nebeneinander statt Ueber-einander (7, 69).</p> <p>Analog wie ozeanisch-intermediär, Gefährdung wesentlich geringer (7, 69).</p> <p>Plenterung: Wie ozeanisch-intermediär, aber kleinflächig-stufiges Nebeneinander statt Ueber-einander (7, 69).</p> <p>Analog wie ozeanisch-intermediär, Gefährdung wesentlich geringer (7, 69).</p> <p>Samenabschwemmung bei Starkregen (67),</p> <p>Heute meistens gravierendster, anthropo-zoogener Minimumfaktor! (3, 7, 11, 41, 44, 58) (53).</p> <p>Keine Rindviehweide-Ueberbelastung, Ausschluss von Ziegen und Schafen (3, 7, 11, 41, 44, 58) (53).</p> <p>Während Keimung keine Bodenaustrocknung, relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich über 50 - 60% (14, 25, 50, 53, 54).</p> <p>Mässig frische Kleinstandorte ideal, zu feucht wie zu trocken ungün-stig. Für Keimungserfolg muss Wasserversorgung auch in Trocken-perioden gewährleistet sein (14, 44, 50, 53, 69).</p> <p>Berücksichtigung der seltenen wirksamen Samenjahre bei Buche (Mast) (B) (7, 19).</p> <p>Samenvertilger, Insekten, Schnecken, Keimlingspilze, allelopathische Einwirkungen usw. (2, 12, 44, 49, 67). Waldbaulich nicht oder nur teilweise beeinflussbar, stark zyklen- und witterungsabhängig.</p>



*Tabelle 2.* Schematische Beobachtungs-Orientierungshilfe\*) für Mischwald- und Fichtennaturverjüngung: Zusammenstellung der wichtigsten verjüngungsökologischen Einflussfaktoren gemäss wissenschaftlichen Untersuchungen sowie Beobachtungen (B).

## Aufwuchsphase MONTAN-Stufe

(gilt auch für angewachsene etablierte Pflanzungen)

\*) bitte keine technokratisch-rezeptartige Umsetzung

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)				
	ozeanisch	intermediär	kontinental	
1. Entscheidend-begrenzende bzw. Minimumfaktoren Lichtmangel, Lichtdosierung (genereller Minimum- und Steuerungsfaktor)	Sobald sich genügend Naturverjüngungspflanzen etabliert haben, wesentlich stärkere Auflichtung. Im Bergmischwald leisten sämtliche Baumarten ihre höchsten Zuwächse auf Freiflächen, inkl. Tanne und Buche. Genau so wichtig ist jedoch der Befund, dass auch unter lich-tem Schirm noch beachtliche Zuwächse erzielt werden können (12) (Frostschutz, Mischungsregelung, Erziehung usw.). Stärke und Schnelligkeit der Kronendach-Auflichtung steuern die Mischungsregelung zwischen lichtbedürftigen und schattenertragenden Baumarten (12, 43, 44); Fichte lichtbedürftiger als Buche und Tanne (12). Fallbeispiel Bayer. Bergmischwald (12): Bezüglich etablierter Pflanzen sind Ueberschirmungsgrade von 40 % und mehr immer nachteilig für Ueberlebensrate. Allfällige Stabilitätsgefährdung der Altbestände gebührend beachten! Plenterung: "Automatische", individuell differenzierte Lichtstellung (35, 44, 63, 71). Kein erheblicher Mortalitätsverbiss (5, 6, 11, 12, 15, 24, 40, 44, 48, 49, 59, 60, 73)! Heute meistens gravierendster, anthropo-zoogener Minimumfaktor! Keine Rindviehweide-Ueberbelastung, Ausschluss von Ziegen und Schafen (3, 7, 11, 41, 44, 58) (53). Wo Fichte heimisch ist, dürfte Wasserversorgung nur ausnahmsweise limitierend wirken: Nicht zu feucht bis nass (Waldgesellschaften EK 46, EK 49, EK 56) (17, 35).		Genügende Erhöhung des Lichtgenusses innerhalb nicht zu stark besonnener Kronendachöffnungen; Aushieb von Kleinkollektiven (7, 69). Fallbeispiel Schattenhang Ramosch (42): Aushieb von 2 - 5 Bäumen bei Begünstigung durch Exposition und/oder Topographie; bis 6 - 8 Bäume im ungegliederten Schattenhang; keine übermässige Besonnung.	
Wildverbiss			Plenterung: Wie ozeanisch-intermediär, aber stufiges Nebeneinander (7, 69).	
Waldweide				
2. Erschwerend-begrenzende Faktoren: Wasserversorgung			Nicht zu trocken: Keine Fichtenkronen-Ueberschirmung (Lärchen günstig) (7, 19, 20, 42, 44, 53, 69). Keine übermässige Besonnung (19, 42, 53). Morgensonne günstiger als Nachmittags-sonne (B) (7, 19).	
Vegetationskonkurrenz		Anfangs lockere Vegetation, bis Krönchen teilweise Vegetation überragen. Bodenvegetation kann später die Aufwuchsphase sogar auch begünstigen (7, 13). Vermeidung überreifer Räumungshiebe.		
3. Uebrigere Einflussfaktoren		Insekten, Pilzkrankheiten usw.: Waldbaulich nicht oder nur teilweise beeinflussbar, stark zyklen- und witterungsabhängig.		

Tabelle 3. Schematische Beobachtungs-Orientierungshilfe\*) für Fichtennaturverjüngung: Zusammenstellung der wichtigsten verjüngungsökologischen Einflussfaktoren gemäss wissenschaftlichen Untersuchungen sowie Beobachtungen (B).

### Ansamungs- und Anwuchsphase SUBALPIN-Stufe

\*) bitte keine technokratisch-rezeptartige Umsetzung

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. zu störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)		
ozeanisch	intermediär	kontinental
<p><b>1. Entscheidend-begrenzende bzw. Minimumfaktoren</b></p> <p>Wärmemangel = genereller Minimumfaktor</p>	<p>Direkte Sonneneinstrahlung (3, 4, 7, 10, 18, 27, 32, 34, 44, 47, 52, 54, 56, 69-72). Fallbeispiel Schattenhang (21, 32): Tägliche potentielle Sonneneinstrahlung 1 1/2 - 2 Std.; Aushieb gesamter Kleinkollektive, am Schattenhang nötigenfalls schräg zur Hangfallinie nach der Sonne ausgerichtet "Schlitze"; Dimensionierung mittels Sonnenkompass (bzw. Horizontoskop), nicht über 1/2 Baumhöhe breit! Abendsonne günstiger als Morgensonne (B) (7).</p> <p>Respektierung von "Nichtwaldstandorten", z.B. Windgassen usw. (B) (7).</p> <p><b>Gebirgsplenterung:</b> Individuell-differenzierte Ansamungs- und Anwuchsbegünstigung, kleinflächig-stufiges Nebeneinander statt Uebereinander (19, 27, 38, 44, 52, 69-72, 75).</p> <p><b>Allfällige Stabilitätsgefährdung der Altbestände strengstens beachten!</b></p> <p>(Kleinstandörtlich oft wichtigster Minimumfaktor, 24, 32); standörtlich nicht zu feucht bis nass, nicht zu späte Ausaperung, d.h. privilegierte Kleinstandorte, konvexe Reliefformen, Moderholz: Morsche, dickere Baumstämme, nicht zu hohe, die geschlossene Blattschicht aber überragende Baumstrünke (16, 23, 24, 29, 30, 32, 40, 44, 52, 55, 62). Grösse und Ausformung der Kronendachöffnungen auch hinsichtlich Schneeakkumulation optimieren, Vermeidung übermässiger Schneeablagerungen, schmale schlitzförmige Öffnungen, keine runden "Schneelöcher" (32, 52); Respektierung von Nichtwaldstandorten (7), z.B. Windgassen (B).</p>	<p>Direkte Sonneneinstrahlung (42), Fallbeispiel Schattenhang Ramosch (42): Aushieb gesamter Kleinkollektive 3 (- 10) Bäume je nach Begünstigung durch Exposition und/oder Topographie; in Form sonnenzugewandter Kleinschlitze; Morgensonne günstiger als Abendsonne (B) (7, 19).</p>
<p>Schneeschemmelpilz</p>		<p>Kontinental geringere Gefährdung</p>
<p>Vegetationskonkurrenz (Hochstauden, Farne, Heidelbeere, Reitgras usw.)</p>	<p>Vegetationsfrei bis lockere Vegetation, auch keine zu dicken Moosteppiche; (3, 7, 9, 10, 18, 26, 27, 29, 30, 32, 36, 40, 44, 52, 65, 69-71); Moderholz: Morsche, dickere Baumstämme, nicht zu hohe, die geschlossene Blattschicht aber überragende Baumstrünke; Vermeidung allmählicher gleichmässiger Auflichtung (3, 7, 18, 19, 27, 32, 39, 40, 44, 69, 71); Erhaltung des Kronenschlusses der Baumholz-Kleinkollektive (Rotten) bis zu deren Räumung zur Verjüngungseinleitung (vide 1. Abschnitt) (32, 44, 52, 69-71); anfangs evtl. pflegende Beseitigung übermässiger Vegetationskonkurrenz (z.B. Himbeeren) bei Baumstrünken; (18, 21).</p>	<p>Kontinental geringere Gefährdung (7, 19)</p>
	<p>Im Falle grossflächig lückenger, üppiger Vegetationsüberwucherung Bodenbearbeitung und/oder Pflanzung oft unerlässlich, stützpunktartige Kleinkollektive auf günstigsten Kleinstandorten (3, 7, 10, 32, 36, 39, 40, 44, 52, 62, 69-72).</p>	

Tabelle 3. Fortsetzung.

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)		
	ozeanisch	kontinental
<b>Wildverbiss</b>	Kein erheblicher Sämtlingsverbiss (8, 11, 15, 24, 40, 44, 52, 60)! Heute meistens gravierendster, anthropo-zoogener Minimumfaktor!	
<b>Waldweide</b>	Keine Rindviehweide-Ueberbelastung, Ausschluss von Ziegen und Schafen (3, 7, 11, 40, 41, 44, 58, 75) (53).	
<b>2. Erschwerend-begrenzende Faktoren:</b>	Während Keimung keine Bodenaustrocknung und relative Luftfeuchtigkeit durchschnittlich über 50 - 60 % (10, 14, 25, 32, 50, 53, 54).	
<b>Wasserversorgung</b>	? <-----	Teilweise keine Unterschlirmstellung (21, 32, 69-72). Günstige "Bodengare" (18, 69-73).
	? <-----	Keine Fichtenkronen-Ueberschirmung (7, 19, 42, 53, 69), keine übermässige Besonnung (19, 42, 53). Trockenheit kann entscheidend begrenzender Faktor sein (19, 53, 69), Morgensonne günstiger als Nachmittagssonne (B) (7, 19).
	? <-----	Bei Austrocknungsgefahr (Trockenperioden, Besonnung) keine zu dicke Nadelstreuauflage (über 2 - 3 cm) (22, 32, 40, 69-72) (ohne Austrocknungsgefahr Streuauflage günstig, (22, 40, 57, 65, 71) ).
	? <-----	Bei Austrocknungsgefahr keine zu dicke Moder- oder Rohhumusauflage (3, 9, 40, 50, 53, 54, 55, 69, 74).
<b>Samenjahre</b>	Bodenbearbeitung, Bernen (Kleinterrassen) bzw. Mineralerde-Freilegung bei zu starker Vegetationskonkurrenz und zu dicken Moder- oder Rohhumusauflagen meistens empfehlenswert, aber nicht Auswaschungshorizont freilegen! (3, 4, 9, 10, 13, 19, 44, 50, 54, 55, 74, 75).	
<b>3. Uebrigste Einflussfaktoren</b>	Günstige Konstellation der seltenen Samen- (Mast-) Jahre (5 - 15 J.) mit der nachfolgenden Witterung erforderlich, schubweise Gebirgswaldverjüngung, "Sternstunden" der Natur (10, 24, 27, 44). Samenvertilger, Insekten, Schnecken, Keimlingspilze, Barfrost, Fröste in Vegetationsperiode, Frostrocknis, allelopathische Einwirkungen usw. (44, 67): Waldbaulich nicht oder nur teilweise beeinflussbar, stark zyklen- und witterungsabhängig.	

(1, 2, ...) = Literaturbeleg gemäss Literaturverzeichnis

Tabelle 4. Schematische Beobachtungs-Orientierungshilfe\*) für Fichtennaturverjüngung: Zusammenstellung der wichtigsten verjüngungsökologischen Einflussfaktoren gemäss wissenschaftlichen Untersuchungen sowie Beobachtungen (B).

Aufwuchsphase SUBALPIN-Stufe  
(auch angewachsene, etablierte Pflanzungen)

\*) bitte keine technokratisch-rezeptartige Umsetzung

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)			
ozeanisch	intermediär	kontinental	
Direkte Sonneneinstrahlung (7, 10, 18)	Direkte Sonneneinstrahlung (3, 4, 7, 21, 27, 32, 34, 44, 56, 69-72, 75); Fallbeispiel Schattenhang (21, 32): potentiell täglich mindestens 1 1/2 - 2 Std. Sonne während Juni/Juli, mit zunehmender Besonnung zunehmendes Wachstum.	Direkte Sonneneinstrahlung (42, 44). Fallbeispiel Schattenhang Ramosch (42): Potentiell täglich mind. 1 1/2 - 2 1/2 Std. Sonne während Mai/Juni, mit zunehmender Besonnung zunehmendes Wachstum; Kronendachöffnungen von 3-10 Bäumen je nach Begünstigung durch Exposition und/oder Topographie, sonnenzugewandte Öffnungen (Kleinschlitz); Morgensonne günstiger als Abendsonne (B) (7, 19).	
1. Entscheidend-begrenzende bzw. Minimumfaktoren Wärmemangel = genereller Minimumfaktor	? <-----	Aushieb gesamter Kleinkollektive, bis am Schattenhang nötigenfalls schmale, schräg zur Hangfalllinie nach der Sonne ausgerichtete "Schlitze"; Dimensionierung mittels Sonnenkompass (bzw. Horizontoskop), nicht über 1/2 Baumhöhe breit (18, 21, 32, 69); Abendsonne günstiger als Morgensonne (B) (7). Respektierung von "Nichtwaldstandorten", z.B. Windgassen usw. (B) (7). Gebirgsplenterung: Individuell-differenzierte sonnenseitige Aufwuchsbegünstigung ("Lichtwuchsbetrieb"), optimale kleinflächige Sonneneinstrahlung wesentlich leichter manipulierbar als bei gleichförmiger Bestockung; kleinflächig-stufiges Nebeneinander statt Uebereinander (27, 33, 38, 40, 44, 52, 69-72, 75). Allfällige Stabilitätsgefährdung der Altbestände strengstens beachten! Kleinstandörtlich oft wichtigster Minimumfaktor (24, 32); standörtlich nicht zu feucht bis nass, relativ frühe Ausaperung, privilegierte Kleinstandorte, konvexe Reliefformen, Moderholz: Morsche, dickere Baumstämme, nicht zu hohe, die geschlossene Blattschicht aber überragende Baumstrünke; nicht zu späte Ausaperung (23, 24, 29, 30, 32, 44, 52, 62). *1 wie *1 nächster Abschnitt	
Schneeschildmispilz		Kontinental geringere Gefährdung	

Tabelle 4. Fortsetzung.

Notwendige Bedingungen (begünstigende bzw. störende, also zu vermeidende Einflussfaktoren)		
	ozeanisch	kontinental
Schneemechanische Ueberbelastungen (Schneelast/Setzen/Kriechen/Gleiten)	Geschützte, privilegierte Kleinstandorte, Erhaltung und Förderung der Kleinkollektive bzw. Rotten, auch Ablegerbildung speziell in Kampfzone (23, 24, 31, 37, 40, 44, 46, 61, 62, 68), *1 Grösse und Ausformung der Kronendachöffnungen auch hinsichtlich Schnee-Akkumulation optimieren, Vermeidung übermässiger Schneeeablagerungen, schlitzförmige Öffnungen, nicht zu breit, keine kreisrunden "Schneelöcher" (32, 52); Respektierung von Nichtwaldstandorten, z.B. Windgassen usw. (B) (7); Bei lokal extremer biotischer und mechanischer Gefährdung des Fichtenaufwuchses durch extreme Schneehöhen ist Unterschildstellung (namentlich bei Pflanzungen) empfehlenswert bis sogar notwendig, evt. Regen-Luvseite: Schutz unter "Mutterbäumen", evt. mit sukzessiver Aufastung (7, 18). Kein erheblicher Mortalitätsverbiss (8, 11, 15, 24, 44, 51, 52, 60)! Heute meistens gravierendster, anthropo-zoogener Minimumfaktor! Keine Rindviehweide-Ueberbelastung, Ausschluss von Ziegen und Schafen (3, 7, 11, 40, 41, 44, 58, 75) (53). Lockere Vegetation, oder die Fichtenkrönnen überragen bereits teilweise die geschlossene Blattschicht der Vegetation. Namentlich Pflanzungen müssen anfangs oft geschützt werden; Förderung und Erhaltung von Rottenstrukturen (21, 29-31, 32, 44, 52, 62, 65); insgesamt überwiegen die ökologischen Vorteile der Bodenvegetation deren Verjüngungsschwierigkeit: Gravierende Probleme sind meistens anthropozoogen bedingt (52). Nicht zu feucht und nicht zu trocken (19, 24, 44, 53, 62). Lokal keine Unterschildstellung, speziell nicht im Regenschatten (69-72).	Kontinental geringere Gefährdung
Wildverbiss		
Waldweide		
Vegetationskonkurrenz (Hochstauden, Farne, Heidelbeere, Reitgras usw.)		
2. Erschwerend-begrenzende Faktoren: Wasserversorgung		Nicht zu trocken: Keine Fichtenkronen-Ueber-schirmung, Lärche dagegen günstig: keine über-mässige Besonnung (1, 7, 19, 42, 53, 69), Mor-gensonne günstiger als Nachmittags-sonne (B) (7, 19).
3. Uebrigere Einflussfaktoren	Spät- und Frühfröste, Frosttrocknis, Insekten-Pilzbefall usw.); waldbaulich nicht oder nur teilweise beeinflussbar, stark zyklen- und witterungsabhängig.	

(1, 2, ...) = Literaturbeleg gemäss Literaturverzeichnis



Tabelle 5. Definitionen der Ansamungs-, Anwuchs- und Aufwuchsphase.

Bezeichnung für		Definition	
Kollektiv (beieinanderstehende Bäumchen, die sich von der Umgebung strukturell abheben)		Einzelpflanze	
Boden- verjüngung	Aufwuchs	Reckling	Etabliertes, sich über die Vegetations- schicht erhebendes Bäumchen, bis zu einer Höhe, welche die örtlich übliche Schneedecke deutlich über- ragt.
	Anwuchs	Höckling	Fussfassende, in der Vegetations- schicht lebende Baumpflanze, älter als 3 Jahre, bis etwa 25 (bis 75) cm Höhe
	Ansamung (Anflug oder Aufschlag)	Sämling	1- bis 3jährige Jungpflanze
		Keimling	Jungpflanze bis zur voll entwickelten Epikotylknospe

*Kalhs* (34) und *Piussi* (56) empfehlen aufgrund ihrer verjüngungsökologischen Untersuchungen in  $\pm$  schattigen subalpinen Fichtenwäldern ein femelschlagartiges Vorgehen, mit Räumungshieben für die Verjüngungseinkleitung von 2 bis 6a (34) bzw. mindestens 8 bis 10a (56). Figala (19) praktizierte im ausgeprägt kontinentalen Pitztal (A) am Schattenhang montan sowie in der unteren subalpinen Stufe der Morgensonne zugewandte, weniger als eine halbe Baumlänge breite, sukzessive Saumhiebe im Femelschlagverfahren, mit sehr guten Verjüngungserfolgen! Damit entfernen wir uns nun allerdings von unserem Plenterwaldideal. Immerhin können wir diesen Erfahrungshinweisen entnehmen, dass etwas zu gross dimensionierte Kronendachöffnungen in der subalpinen Stufe wohl das kleinere Übel darstellen dürften als allzu diffus-kleinflächige. Spätestens beim Übergang von der Aufwuchsphase zur Stangenholzstufe müssen dann auch die von uns empfohlenen, minimal kleinflächigen Kronendachöffnungen genügend kräftig erweitert werden, denn in dieser Entwicklungsstufe «schiessen» die Nachwuchskollektive überaus rasch in die Höhe (33). Einer stabilen Stangen- und Baumholzentwicklung sind allzu einengende Altholz-Steilrandschächte abträglich (Vermeidung zu hoher Schlankheitsgrade, Gewährleistung tief herabreichender Kronenummantelungen). Zudem kann auch die bei kontinentaler Klimatönung oft erstrebenswerte Lärchenbeimischung eine wesentlich kräftigere Freistellung notwendig machen (7, 19, 39, 40, 44); stets und

überall nach dem Motto: «So kleinflächig wie möglich, so grossflächig wie nötig.»

### *Übergeordnete Sachzwänge*

Schliesslich soll hier nun aber auch nicht verschwiegen oder «verdrängt» werden, dass derart differenziert ausgeklügelte waldbauliche Optimierungsaufgaben in der Praxis in übergeordnete, betriebliche und organisatorische «Optimierungsaufgaben» eingeordnet werden müssen, nicht selten im Rahmen starker bis sogar übermächtiger Sachzwänge!

### *Wildschaden-Überbelastungen*

Gerade was die Berg- und Gebirgswaldverjüngung anbelangt, befinden wir uns heute zumeist in einer eigentlichen Notlage. Die schon jahrzehntelang weitverbreiteten, waldbedrohenden Wildschaden-Überbelastungen sind zum alles dominierenden Schlüsselproblem für die Berg- und Gebirgswaldverjüngung geworden. Für das Bergwaldgebiet verfügen wir inzwischen über eine Fülle von ebenso beeindruckendem wie deprimierendem Beweismaterial für das waldzerstörende Ausmass der Wildschaden-Überbelastung (5, 6, 12, 15, 24, 44, 49, 59, 60, 73).

Beim Gebirgswald besteht in dieser Hinsicht dagegen leider immer noch ein gewaltiger Nachholbedarf. Alarmierende Hinweise vermitteln immerhin schon Näscher (51) und Bissegger (8). Für uns Gebirgswaldbau-«Spezialisten» sind die subalpin weitverbreiteten waldbedrohenden Wildschaden-Überbelastungen immerhin unübersehbar. Aber – wer «glaubt» uns das? Und, wenn man uns sogar noch Glauben schenkte, wie wäre es mit der sogenannten «politischen Akzeptanz»?

Bernhart (6) schreibt über die Wildschaden-Überbelastung im gesamten Bergwald Oberbayerns: «Alle Untersuchungen über den Einfluss des Wildverbisses auf die Entwicklung der Jungbestände weisen darauf hin, dass der Wildverbiss einen «Vorlauf» der Verjüngung unter dem Schutz der Altbestände in einer zielgemässen Baumartenmischung unterbindet, so dass eine natürliche Verjüngung unabhängig von den Hiebsformen zu an Mischbaumarten verarmten Nachfolgebeständen führt.» Gampe (24) schreibt am Schluss seiner ebenso umfangreichen wie gründlichen Untersuchungen über den Erfolg der Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Alpen kurz und bündig: «Sanierungsaufforstungen haben unter den derzeitigen Schalenwildbeständen aber kaum eine Chance zu standortsgemässen, stabilen Schutzwäldern heranzuwachsen. Sie sind in vielen Fällen ökologisch und ökonomisch nicht zu verantworten, weil aufgrund hohen Wildverbisses nur gegen Schnee-

bewegungen anfällige Fichtenwälder mit geringer Stabilität und Funktionstauglichkeit übrigbleiben.»

Im Gebirgslehrwald der ETH Zürich bei Sedrun konnten wir hinsichtlich der Wildschaden-Überbelastung in subalpinen Fichtenwäldern die folgenden Erfahrungen sammeln: Im klassischen Winter-Einstandsgebiet – bisher mit Futterstelle! – im südexponierten Lawinenschutzwald Bugnei mussten im Rahmen eines Wiederherstellungsprojektes Sanierungsmassnahmen eingeleitet werden, weil in den mehrheitlich 150- bis 200jährigen Fichten-Alt-hölzern die Verjüngung drastisch untervertreten ist. Im nordexponierten, teilweise sehr steilen Lawinenschutzwald Surrein dagegen wurde die Wildschadenbelastung vom zuständigen Gebirgswaldbau-Dozenten E. Ott zunächst noch als vergleichsweise «tragbar» beurteilt. 1989 wies dann aber M. Bissegger (8) im Rahmen einer Diplomarbeit die in *Tabelle 6* aufgeführten Verbissintensitäten nach (1330 bis 1600 m ü. M.) [nach der Aufnahme- und Beurteilungsmethode Eiberle (15)].

*Tabelle 6.* Verbissintensitäten im subalpinen Lehrwald Sedrun.

<i>Baumart</i>	<i>Anteil der Bäume mit Verbisschäden</i>	<i>Waldbaulich tolerierbar wären</i>
Fichte	52 ± 8%	12%
Vogelbeere	82 ± 6%	25–35%
vgl. Mittelland	5 – 28%	

Jede zweite Fichte wurde also zwischen Herbst 1986 und Herbst 1987 am Haupttrieb verbissen! Diese Verbissintensität liegt massiv über dem waldbaulich als tragbar beurteilten Schwellenwert; es ist somit mit einem sehr bedrohlichen Mortalitätsverbiss zu rechnen!

In den tieferen Lagen zwischen 1400 und 1600 m ü. M. stocken teilweise übermässig diffus aufgelichtete Fichten-Altbestände mit einem lückenlosen und äusserst konkurrenzkräftigen Vegetations-«Teppich» (Hasenlattich, wolliges Reitgras, Heidelbeeren, etwas Hochstauden). Seit rund 20 Jahren ist gemäss unseren Beobachtungen im Bereich der vegetationsüberwucherten Flächen keine Verjüngung aufgekommen. Diese ist auch nicht zu erwarten, denn aufgrund von Lichtmessungen unter Hochstauden (32) sowie unter dichtem Reitgrasrasen (50) würde allein schon das minimal erforderliche Lichtangebot für die Fichtenkeimlinge und -sämlinge fehlen. Oberhalb etwa 1600 m ü. M. finden sich dagegen naturnäher strukturierte Altbestände mit noch geschlossenen Kleinkollektiven. Hier wurden seit 1981 Verjüngungsschlitze gemäss *Tabelle 3* ausgehauen. Die Ansamungs- und Anwuchsphase der sofort reichlichen Ansamung entwickelte sich sehr erfreulich, hauptsächlich im Bereich der zunächst vegetationsfreien Baumstrünke (21). Schon bald

nach der Ansamung begann indessen ein «Wettlauf» dieser Naturverjüngung mit der nun ebenfalls rasch zunehmenden Vegetationskonkurrenz. 1989 beobachteten wir an der nun 10 bis 25 cm hohen Fichtenverjüngung erstmals massive Verbissschäden. Aufgrund des von Bissegger erhobenen, extrem hohen Mortalitätsverbisses ist zu befürchten, dass deswegen die meisten jungen Fichten im Wettlauf mit der Vegetationskonkurrenz «aus dem Rennen» geworfen werden, so dass schliesslich vollständig «verunkrautete», verjüngungsarme bis -freie Schneisen übrigbleiben. «Im Gebirgswald ist die Verjüngungsgunst örtlich und zeitlich begrenzt!» (70–72)

### *Bodenbearbeitung und Pflanzung bei extremer Vegetationskonkurrenz*

Im Falle allzu starker Vegetationskonkurrenz empfehlen Burschel *et al.* (12) Pflanzungen sogar im Bergmischwald. In subalpinen Lawinenschutzwäldern sind entsprechende Pflanzungen bzw. Bodenbearbeitungen oder Bermen (Kleinterrässchen) absolut unerlässlich (3, 7, 10, 31, 32, 36, 39, 40, 44, 52, 69–72). Solche Bodenbearbeitungen oder Pflanzungen sollten jedoch die erfolversprechenden natürlichen Verjüngungsmechanismen möglichst naturgetreu nachahmen, zum Beispiel durch Bevorzugung vormals verjüngungsgünstiger Kleinstandorte, Kleinkollektivpflanzungen, subalpin Topfpflanzungen, zeitliche Staffelung (7, 29–31, 38, 52, 62) und nötigenfalls anfänglich auch durch Schutz vor Vegetationskonkurrenz (18, 21, 62).

Gampe (24) folgert aus seinen umfangreichen Untersuchungen für Gleit-schneehänge (zum Beispiel unser Südhang Bugnei) sehr zutreffend: «Verbiss und Schneebezug setzen eine Spirale der Zerstörung der Waldverjüngung in Gang: Durch die Ausschaltung der natürlichen Verjüngung vergrast die Bodenvegetation. Die dadurch verringerte Bodenrauhigkeit wirkt gleit-schneefördernd. Verstärkte Schneebezüge erschweren nun die Verjüngung zusätzlich, usw. usf.! Im nordexponierten Lawinenschutzwald Sedrun setzen Wildverbiss und «Verunkrautung» ebenfalls offensichtlich eine Spirale der Zerstörung der Waldverjüngung in Gang: Mortalitätsverbiss – Vegetationskonkurrenz – weniger verbissfähige Äsung – zunehmende Ausweitung «verunkrauteter», verjüngungsunfähiger Flächen – Schneebezüge (Walddlawinen) usw. usf.: Ein Schutzwald-zerstörender *Circulus vitiosus*, der heute leider nur allzu häufig zu beobachten ist! Tatsächlich wurden in diesem Lawinenschutzwald im März 1987 bereits zwei Walddlawinen beobachtet und vom Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos dokumentiert.

Wenn wir im übrigen «Verunkrautung» konsequent mit Anführungszeichen apostrophieren, möchten wir damit in ökosystemarer Betrachtungsweise andeuten, dass sich die subalpin oft so konkurrenzkräftige Bodenvegetation im Falle ungestörter natürlicher Ökosysteme (Urwald) per Saldo ungleich mehr positiv als negativ auswirkt (52)!



Durch die dargestellten waldbedrohenden Wildschaden-Überbelastungen wird die waldbauliche und insbesondere auch die ökologisch-naturschützerische Forderung nach standörtlich differenziert angepassten Verjüngungsverfahren gemäss Tabellen 1 bis 4 schliesslich vollständig *ad absurdum* geführt. Denn im heute schon allzu weitverbreiteten schlimmsten Fall reduzieren sich unsere waldbaulichen Möglichkeiten über alle Klimagebiete und Höhenstufen hinweg auf eine einzige erbärmliche Notlösung: schlitzförmige Räumungshiebe und Fichtenpflanzungen, mit chemischen Verbissschutzmassnahmen von bekanntlich zweifelhafter Wirkung! Biotophegemassnahmen sind so lange illusorisch, als beispielsweise mehr Vogelbeeren dem Mortalitätsverbiss zum Opfer fallen als wir nachzupflanzen vermögen. Wie schon vielenorts ist deren Mortalitätsverbiss im Nordhang Sedrun 100%. Bissegger (8) folgert: «So wurden denn auch im gesamten Untersuchungsgebiet keine Vogelbeeren gefunden, welche weniger als etwa 30 Jahre alt und über zwei Meter hoch sind. Einige ausgewachsene Exemplare stammen aus der Zeit, als die Wildbelastung im Gebiet noch geringer war.» Wohl schon in absehbarer Zukunft wird sich die einzig mögliche Lösung der Wildschaden-Überbelastungsprobleme nicht mehr weiter verdrängen und hinausschieben lassen: Die Schalenwildbestände müssen bis auf das Mass reduziert werden, das die Schutzwälder ökologisch vertragen können: kein erheblicher Mortalitätsverbiss mindestens an den standortsheimischen Baumarten, inklusive Vogelbeere (15, 52). Anhand entsprechend ermutigender und vernünftigerweise wohl auch *massstabsetzender* Beispiele in Frankreich, Italien und neuerdings auch schon wieder in einzelnen Gebieten Bayerns und Österreichs kann man ermessen, wie sehr unsere Beurteilungsmassstäbe bereits heruntergekommen sind, nicht selten sogar auch in forstlichen Kreisen. Destabilisierende Waldentwicklungen können sich im Gebirgswald eben während Jahrzehnten unmerklich schleichend anbahnen, und deshalb bleiben sie uns kurzlebigen Menschen zunächst verborgen. Dazu kommt, dass man sich in ausweglosen Situationen schliesslich «schicksalsergeben» ans unabänderliche Übel gewöhnt, wie beispielsweise an übermässigen Verkehrslärm, schlechte Luft usw. Und hinsichtlich der Wildschaden-Überbelastungen sind wir Gebirgsförster waldbaulich ja wirklich vollständig macht- und hilflos! Solchen verhängnisvollen, unbewusst-automatisch ablaufenden Psychomechanismen der Verschleierung, Verdrängung und Angewöhnung ist ja offensichtlich auch E. Ott im vorgängig beschriebenen Fall des Lawinenschutzwaldes Surrein zum Opfer gefallen, in geradezu klassischer Beispielhaftigkeit. Niemand ist frei von Fehlern, aber diese sollten zumindest nicht zum Normalfall werden. Denn im Normalfall müssten wir doch im so störungsanfälligen und kaum manipulierbaren Gebirgswald dessen ursprünglich-natürlichen Zustand als



massgebend und erstrebenswert empfinden – und nicht die heute vielenorts bedrohlich weit fortgeschrittene anthropo-zoogene Deregulierung.

#### **4. Einige vordringliche Forschungsbedürfnisse im Bereich der Gebirgswaldverjüngung**

Aufgrund unserer Beobachtungen und Erfahrungen müsste heute von der gesamten Gebirgswaldforschung zuerst und vor allem die Problematik der Wildschaden-Überbelastung bearbeitet werden. Da es sich hierbei jedoch hauptsächlich um langfristige Forschungsprojekte handeln müsste, kann unsere kleine Gebirgswaldbaugruppe kaum Wesentliches dazu beitragen. Die Tätigkeit an unserer Hochschule ist vorrangig auf den Unterricht ausgerichtet, so dass wir bloss relativ kurzfristige Forschungsprojekte im Rahmen von Diplomarbeiten, Dissertationen usw. zu bewältigen vermögen. Dasselbe gilt mehrheitlich auch für den sehr berechtigten Forschungskatalog von Nicolin Bischoff (7).

Gegenwärtig konzentrieren wir uns namentlich auf die folgenden zwei Forschungsprojekte: Monika Frehner befasst sich im Lehrwald Sedrun mit der Problematik initialer Fichten-Stützpunktpflanzungen (Kleinkollektive) in übermässig aufgelichteten bis aufgelösten subalpinen Lawinenschutzwäldern mit verjüngungsverdämmender Vegetationskonkurrenz. Dabei sind uns die verjüngungsökologisch vorteilhaftesten Kleinstandorte wohl bekannt, nicht aber die gesamte Spannweite bis an die Grenzen der gerade noch verjüngungstauglichen Kleinstandorte. Dieses Forschungsprojekt wird durch den Schweizerischen Nationalfonds und den Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung unterstützt, wofür wir sehr dankbar sind.

Peter Brang beginnt mit der Bearbeitung der noch ganz ungenügend erforschten, jedoch sehr schwierigen Fragen der Keimungs- und Ansamungsökologie der Fichte, wofür M. Frehner im Laufe ihrer Untersuchungen bereits einige sehr interessante Beobachtungen sammeln konnte. Pflanzungen sollten im Gebirgswald eigentlich eher als Notlösung im Falle von Problembeständen betrachtet werden, beispielsweise bei sehr hoher Schutzanforderung und bei aufgelösten, schon bedrohlich destabilisierten Altbeständen, wo raschmöglichst schutzwirksame Nachwuchskollektive «geschaffen» werden müssen. Im Normalfall sollte jedoch wenn immer möglich die Naturverjüngung bevorzugt werden, nötigenfalls mit Hilfe von Bodenbearbeitungsverfahren. Wahrscheinlich häufiger als bisher sollten wohl auch optimale Kombinationen von Natur- und Kunstverjüngung erwogen werden, wobei die künstliche Aufzucht und Pflanzung wesentlich sorgfältiger gehandhabt werden muss als bisher. Die Naturverjüngung ist subalpin

erwiesenermassen stabiler und vitaler als Kulturen, und die Pflegebedürfnisse sind minimal (7, 31, 34, 44, 66).

I. Strohschneider (66) gelangt aufgrund ihrer grossangelegten Untersuchungen über «Wurzeldeformationen infolge verschiedener Pflanzverfahren» unter der Überschrift «Keine gedankenlose Vereinheitlichung der vielfältigen Aufforstungsmethoden zu einem einzigen Pauschalverfahren» zu sehr kritischen Schlussfolgerungen, zum Beispiel: «In Anbetracht der Ergebnisse dieser Untersuchung kann an die forstliche Praxis nur der Rat weitergegeben werden, bei der Aufforstung nach Möglichkeit mit der Naturverjüngung oder der Saat zu arbeiten . . .»

Vermehrte und vertiefte Untersuchungen über die Dynamik der Ansamungs- und Anwuchsphase sind somit höchst aktuell! Sehr gerne würden wir uns schliesslich noch mit dem Vogelbeerbaum intensiver befassen, der gemäss unseren Beobachtungen subalpin durch Wildschaden-Überbelastungen vielenorts als existentiell gefährdet erscheint (8, 11, 32, 44, 52). Im Sinne der Anregung von N. Bischoff (7) möchten wir bislang nicht hinreichend belegte Vermutungen und Beobachtungen über die waldbauliche Bedeutung und verjüngungsökologische Rolle der Vogelbeere im Fichtengebirgswald eingehender abklären und belegen. Ob uns indessen das Kredit- und Mitarbeiterglück auch für dieses Wunschvorhaben hold bleiben wird, ist vorläufig noch ungewiss.

## **5. Die Gebirgswaldverjüngung: Eine Fülle vielfältig variabler Optimierungsaufgaben**

So unentbehrlich all die wissenschaftlichen bzw. theoretisch-abstrakten Grundlagen auch sein mögen, entscheidend ist schliesslich deren richtige Umsetzung im Walde. Im bildhaften Vergleich: Was nützen uns die herrlichsten Kompositionen auf dem Papier, wenn es an entsprechend meisterhaften Interpreten fehlt?

Gebirgswaldbau ist nicht bloss eine wissenschaftliche Disziplin, sondern ebenso sehr ein Handwerk, das sehr viel Geschicklichkeit und oft sogar Kunstfertigkeit erfordert. Als höchst komplex veranlagte Lebewesen können und sollen wir zur Erfassung der ebenso komplexen Waldlebensgemeinschaften alle unsere Fähigkeiten «mobilisieren»: unser Einfühlungsvermögen, unsere Wahrnehmungs- oder Beobachtungsfähigkeit, die unermessliche Fülle aller im Unterbewussten gespeicherten Erfahrungen bzw. die Intuition und – last but not least – unseren abstrakten Wissensschatz und die intellektuelle Denkfähigkeit – in dieser Reihenfolge, und stets nach dem Prinzip «sowohl als auch»! In unserem Umgang von Mensch zu Mensch funktioniert dieses Zusammenspiel all unserer seelisch-geistigen Fähigkeiten unbewusst-auto-

matisch. Warum sollten wir die Waldlebensgemeinschaften nicht analog zu erfassen versuchen, wie wir es im Umgang von Mensch zu Mensch gewohnt sind? Hier wie dort ist einfühlsame Beobachtungsfähigkeit erforderlich sowie eine unermüdlich fragende und prüfende, kritisch differenzierende Geisteshaltung. Für Gebirgswaldkundige ist dies eigentlich seit jeher eine «Binsenwahrheit», was durch die nachfolgend abschliessenden Zitate eindrücklich bezeugt wird:

A. Engler (18), S. 307:

«Wo diese oder jene Art der Hiebsführung die geeignetere ist, lässt sich nur von Fall zu Fall entscheiden, ja oft müssen schon auf kleinen Flächen verschiedene Schlagmethoden neben einander angewendet werden. Es kommt dabei auf den Zustand des Bodens und die Verfassung des Bestandes und ganz besonders auf die von der Meereshöhe, Exposition und Bodengestaltung abhängigen Insulationsverhältnisse an.»

B. Bavier (3), S. 235:

«Wenn wir versucht haben, einige der am häufigsten vorkommenden Fälle des Fehlens der Naturverjüngung in alten Fichtenbeständen zu beschreiben, so sind wir doch weit davon entfernt, die Aufzählung als erschöpfend zu betrachten. Die verschiedensten Ursachen und Wirkungen greifen ineinander über und schaffen eine solche Fülle von Modifikationen, dass es unmöglich ist, denselben allen mit theoretischen Lehrsätzen beizukommen. Allgemeine Grundsätze müssen genügen und können dies um so eher, als richtige Beobachtung der Natur und die Befolgung ihrer Winke durch dickleibige Abhandlungen nicht ersetzt werden können.»

W. Trepp (69), S. 33/34:

«Kleine Veränderungen am Bestande können schon eine weitgehende Umgestaltung im Zusammenspiel der Standortsfaktoren bewirken. Zudem hat jeder Standort seine Eigenheiten. Das richtige Mass der Eingriffe hängt daher weitgehend vom waldbaulichen Feingefühl des Försters ab. Keine Regeln und keine Vorschriften ersetzen die waldbauliche Schulung durch das Erleben des Naturgeschehens. Sie können diese nur erleichtern und fördern.»

N. Bischoff (7), S. 372:

«Der Forstingenieur: ein Beobachter des Waldes, nicht ein Rezeptvollzieher!»

H. Leibundgut (40), S. 45:

«Die Behandlung des Gebirgswaldes muss sich von allen schematischen Vorstellungen freihalten. Sie verlangt vom Wirtschaftler Beweglichkeit und feines Verständnis für die örtlich immer wieder wechselnden, durch den Standort und den Bestand bedingten Sonderheiten. Der im Gebirgswald stark verlangsamte Lebensablauf bringt mit sich, dass alle Reaktionen auf waldbauliche Eingriffe nur langsam erfolgen, und zwar umso zögernder, je älter die behandelten Waldteile sind. Wichtig ist daher, dass alle Massnahmen vorausschauend, rechtzeitig, regelmässig und vorsichtig erfolgen. Verjüngung, Pflege und Ernte greifen eng ineinander, so dass von Kleinfläche zu Kleinfläche eine Umstellung in der Zielsetzung und der sich daraus ergebenden Massnahmen erforderlich wird.»

H. Leibundgut (39), S. 115:

«... Diese Förderung der Begabung «kann einesteils durch Mehrung des Wissens und Verstehens, also eine gründliche, waldnahe Ausbildung erfolgen. Vor allem aber sind dazu immer wieder Beobachten und Sehen mit offenen Augen im Wald erforderlich. Zum wirklichen Waldbauer wird man nur durch eine beschauliche, nicht von Amtsgeschäften gehetzte Tätigkeit im Wald. Dort wird einem vorerst unbewusst, später bewusst manches für den Erfolg der Naturverjüngung Wesentliche auffallen, und der Einfall und die Eingebung werden dann bald folgen.

Die Waldverjüngung gehört zu den schönsten und beglückendsten Aufgaben eines Forstmannes. Für keine andere forstliche Tätigkeit wäre ein auf die Forstleute bezogener Ausspruch Schillers berechtigt: «... eures Fleisses Früchte reifen der späten Nachwelt noch».

## Résumé

### **Particularités de l'écologie du rajeunissement dans les conditions de la pessière subalpine, en comparaison avec celles de l'étage montagnard**

Les caractéristiques principales du processus de rajeunissement naturel en pessière subalpine peuvent être mises en évidence le plus distinctement possible, au moyen d'une comparaison avec les conditions forestières montagnardes généralement plus familières et mieux connues.

L'état actuel des connaissances relatives aux rajeunissements des étages montagnards et subalpins est présenté d'une façon extrêmement succincte, sommaire et synoptique, sous la forme de 4 tableaux. Ces tableaux doivent servir de support schématique, tant à l'observation qu'à l'orientation à donner aux processus de rajeunissement conseillés dans l'étage montagnard, aussi bien que dans la pessière subalpine. L'auteur y distingue en plus trois types de climats: océanique, intermédiaire et continental. Il différencie également les phases d'ensemencement et d'enracinement d'une part, de croissance d'autre part. Le commentaire concernant ces tableaux recommande expressément une considération sylvicole adaptée à la difficulté des conditions.

Depuis des décennies, la menace principale qui pèse sur le rajeunissement naturel des forêts montagnardes et subalpines est constituée par la rupture de l'équilibre sylvo-cynégétique. Cette surcharge de gibier représente actuellement une menace pour la forêt.

Dans de telles conditions, les possibilités sylvicoles de conduire un rajeunissement naturel se réduisent. Quelques soient l'altitude et le type de climat, on doit se résoudre à une solution de détresse en effectuant des ouvertures étroites de forme ovale et en plantant des épicéas, à protéger chimiquement contre l'abrouissement. L'auteur relève cependant l'efficacité limitée de cette méthode.

Dans les forêts subalpines, les dégâts du gibier sont supportables tant qu'un abrouissement mortel des jeunes arbres, au moins en ce qui concerne les essences autochtones, n'est pas constaté. Cette règle devrait servir de base pour régler la densité du cheptel.



En conclusion, l'auteur met en évidence l'importance de la capacité d'observation et d'interprétation sur le terrain, capacité indispensable pour un traitement différencié de la forêt subalpine.

Traduction: *Nicolas Daïna et Roland Métral*

#### *Literatur*

- (1) *Aussenac, G.*, 1977: Influence du couvert forestier sur la croissance de quelques résineux dans le jeune âge. *Can. J. For. Res.* 7: 8–18.
- (2) *Bäumler, W., Hohenadl, W.*, 1980: Über den Einfluss alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. *Forstw. Cbl.* 99: 207–221.
- (3) *Bavier, B.*, 1910: Forstliche Preisfrage: Welches sind die Ursachen des so häufigen Fehlens der natürlichen Verjüngung in alten Fichtenbeständen hoher Lagen, und wie kann dieser ungünstige Zustand beseitigt werden; Wie sind solche Bestände inskünftig zu behandeln? *Schweiz. Z. Forstwes.* 61, 5 u. 6: 145–201 u. 227–236.
- (4) *Bergman, F., Borset, O., Leikola, M.*, 1981: Natural Regeneration of conifers in Fennoscandia. XVII IUFRO World Congress, Referate, Div. 1: 381–401.
- (5) *Bernhart, A.*, 1988: Waldentwicklung, Verjüngung und Wildverbiss im oberbayerischen Bergwald, *Schweiz. Z. Forstwes.* 139, 6: 463–484.
- (6) *Bernhart, A.*, 1990: Entwicklung der Bestockung im Bergwald Oberbayerns seit 1860. In: Zustand und Gefährdung des Bergwaldes. *Forstwiss. Forschungen, Beih. Forstw. Cbl.* 40: 19–29.
- (7) *Bischoff, N.*, 1987: Pflege des Gebirgswaldes. Leitfaden für die Begründung und forstliche Nutzung von Gebirgswäldern. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz, Bern. EDMZ, CH-3000 Bern. 379 S.
- (8) *Bissegger, M.*, 1989: Erhebung der Verbissbelastung im Betriebsteil «Uaul Surrein» des Lehrwaldes Sedrun; Ermittlung von Dispersionsfaktoren sowie Ableitung der Genauigkeit und des Arbeitsaufwandes für Stichproben unterschiedlichen Umfanges. Diplomarbeit ETH Zürich, Fachbereich Waldbau, Wild- und Jagdkunde, 59 S. Unveröffentlicht.
- (9) *Braathe, P.*, 1960: [Die Wirkung von Moosen und Humusschichten auf Keimung und Entwicklung der Fichte.] *Norsk Skogbr.* 6, 13/14: 463–465.
- (10) *Bülow, G. v.*, 1964: Fichten-Naturverjüngung in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. *Allg. Forstz.* 19: 593–595.
- (11) *Burschel, P., Löw, H., Mettin, Ch.*, 1977: Waldbauliche Untersuchungen in den Hochlagen des Werdenfelder Landes. *Forschungsber. Forstl. Forschungsanstalt München*, 37, 139 S.
- (12) *Burschel, P., El Kateb, H., Huss, J., Mosandl, R.*, 1985: Die Verjüngung im Bergmischwald. Erste Ergebnisse einer Untersuchung in den ostbayerischen Kalkalpen. *Forstw. Cbl.* 104: 65–100.
- (13) *Burschel, P., Huss, J.*, 1987: Grundriss des Waldbaus, ein Leitfaden für Studium und Praxis. Pareys Studentexte, 49, 352 S.
- (14) *Duchauffour, Ph.*, 1953: Régénération de l'épicéa et pédologie. *Rev. For. Franç.* 4: 257–268.
- (15) *Eiberle, K., Nigg, H.*, 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirge. *Schweiz. Z. Forstwes.* 138, 9: 747–785.
- (16) *Eichrodt, R.*, 1969: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. *Beih. Schweiz. Z. Forstwes.* 45, 122 S.
- (17) *Ellenberg, H., Klötzli, F.*, 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 48, 4: 589–930.
- (18) *Engler, A.*, 1900: Wirtschaftsprincipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortsverhältnisse der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes.* 51: 264–274 u. 300–310.
- (19) *Figala, H.*, 1954: Die Bewirtschaftung von Hochgebirgsforsten im zentralalpinen Klima unter besonderer Berücksichtigung des Pitztales. *Österr. Viertelj.-schrift f. Forstwes.* 95, 3: 207–219.
- (20) *Fischer, F.*, 1980: Verjüngungszustand und Jungwaldaufbau im Gebirgswald – Einige Beispiele aus dem Lötschental. *Beih. Schweiz. Z. Forstw.* 67, 66 S.



- (21) *Frehner, M.*, 1989: Beobachtungen zur Einleitung der Naturverjüngung an einem nordexponierten Steilhang im subalpinen Fichtenwald. *Schweiz. Z. Forstwes.* 140, 11: 1013–1022.
- (22) *Frehner, M.*, 1991: Keimversuch Sedrun. Interner Bericht, Professur für Waldbau, ETH Zürich, 22 S.
- (23) *Frey, W.*, 1977: Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze. Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. *Mitt. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschung*, 34, 223 S.
- (24) *Gampe, S.*, 1989: Über Sanierungsaufforstungen in den Bayerischen Alpen. *Mitt. aus der Staatsforstverw. Bayerns*, 44, 293 S.
- (25) *Gregori, P.*, 1967: Ricerche sulla germinazione del seme di abete bianco, picea e larice. *Ann. Accad. Ital. Sc. Forest.* 16: 155–178.
- (26) *Hertz, Martti*, 1932: [Refer.: Über die Bedeutung der Untervegetation für die Verjüngung der Fichte auf den südfinnischen Heideböden.] *Commun. Inst. Forest. Fenn.* 17, 4.
- (27) *Hillgarter, F.*, 1971: Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald Scatlé/Brigels. *Diss. ETH Zürich*, Nr. 4619, 80 S.
- (28) *Hohenadl, W.*, 1981: Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. *Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München*, 197 S.
- (29) *Horvat-Marolt, S.*, 1969: Die natürliche Verjüngung der Fichte auf den Kahlflächen des Pohorjegebirges und die Konkurrenzverhältnisse im Wurzelraum. Sonderdruck. Ljubljana.
- (30) *Horvat-Marolt, S.*, 1974: Zur Analyse der Fichten-Jungwüchse und Fichten-Kulturen auf dem Pokljuka-Plateau. Drei-Länder-Waldbau-Seminar, Ljubljana.
- (31) *Horvat-Marolt, S.*, 1984: Die Qualität der Fichtenverjüngung im subalpinen Fichtenwald der Julischen Alpen. *Allg. Forstztg.* 95: 33–35.
- (32) *Imbeck, H., Ott, E.*, 1987: Verjüngungsökologische Untersuchungen in einem hochstaudenreichen, subalpinen Fichtenwald mit spezieller Berücksichtigung der Schneeablagerung und der Lawinenbildung. *Mitt. Eidg. Inst. f. Schnee- u. Lawinenforschung*, 42, 202 S.
- (33) *Indermühle, M.P.*, 1978: Struktur-, Alters- und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe (*Sphagno-Piceetum calamagrostietosum villosae*). *Beih. Schweiz. Z. Forstwes.* 60, 98 S.
- (34) *Kalhs, J.*, 1974: Struktur und Entwicklungsdynamik im subalpinen Fichtenwald Schlossberg/Lienz. *Diss. BOKU Wien*, 130 S.
- (35) *Kuoch, R.*, 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 30: 133–260.
- (36) *Kuoch, R.*, 1955: Hochstauden-Tannenwald (*Adenostylo-Abietetum*). In: Ertragreiche Nadelwaldgesellschaften im Gebiet der schweizerischen Alpen, unter besonderer Berücksichtigung Graubündens. *Beih. Bündner Wald*, 5, 61–73.
- (37) *Kuoch, R., Amiet, R.*, 1970: Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen mit Berücksichtigung von Vegetation und Ablegerbildung. *Gebirgsprogramm*: 10. Beitrag. *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 46: 159–328.
- (38) *Kuoch, R.*, 1972: Zur Struktur und Behandlung von subalpinen Fichtenwäldern. *Schweiz. Z. Forstwes.* 123, 2: 77–89.
- (39) *Leibundgut, H.*, 1984: Die natürliche Waldverjüngung. P. Haupt Verl., Bern-Stuttgart, 2. Auflage, 115 S.
- (40) *Leibundgut, H.*, 1986: Unsere Gebirgswälder. Natur – Zustand – Bewirtschaftung. P. Haupt Verl., Bern-Stuttgart, 84 S.
- (41) *Liss, B.M.*, 1988: Der Einfluss von Weidevieh und Wild auf die natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. *Forstw. Cbl.* 107: 14–25.
- (42) *Lüscher, F.*, 1990: Untersuchungen zur Höhenentwicklung der Fichtennaturverjüngung im inneralpinen Gebirgswald. *Diss. ETH Zürich*, Nr. 8879, 138 S.
- (43) *Mayer, H.*, 1963: Bodendecke und Naturverjüngung. *Cbl. ges. Forstwesen*, 80, 1: 1–20.
- (44) *Mayer, H., Ott, E.*, 1991: Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. G. Fischer Verl., Stuttgart, 2. Auflage, 587 S.
- (45) *Meshechok, B.*, 1956: [The effect of the moss layer on natural regeneration in Spruce forest.] *Norsk Skogbr.*, 2, 11: 354–361 u. 377–378.
- (46) *Mlinsek, D., Marence, J.*, 1982: Natürlicher Fichtenjungwald als Lernobjekt bei der Gründung und Behandlung von Fichtenbeständen. *Tidsskrift for Skogbruk*, 90, 1: 130–138.
- (47) *Mork, E.*, 1933: Temperaturen som föryngelsesfaktor i de nord-trønderske granskoger. (Über die Bedeutung der Temperatur für die Verjüngung in den Fichtenwäldern von Nord-Trøndelag). *Meddelelser fra Det Norske Skogforsoksvesen*, 5, pp. 1–156.

- (48) Mosandl, R., 1984: Löcherhiebe im Bergmischwald. Ein waldbauökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen. Forschungsber. Forstl. Forschungsanstalt München, 61, 298 S.
- (49) Mosandl, R., El Kateb, H., 1988: Die Verjüngung gemischter Bergwälder – Praktische Konsequenzen aus 10jähriger Untersuchungsarbeit. Forstw. Cbl. 107: 2–13.
- (50) Moser, O., 1965: Untersuchungen über die Abhängigkeit der natürlichen Verjüngung der Fichte vom Standort. Cbl. ges. Forstwesen, 82, 1: 18–55.
- (51) Näscher, F., 1979: Zur waldbaulichen Bedeutung des Rothirschverbisses in der Waldgesellschaft des subalpinen Fichtenwaldes in der Umgebung des schweizerischen Nationalparks. Diss. ETH Zürich, Nr. 6373, 120 S.
- (52) Ott, E., 1989: Verjüngungsprobleme in hochstaudenreichen Gebirgsnadelwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 140, 1: 23–42.
- (53) Pitterle, A., 1987: Waldbauliche Analyse und Behandlungsmassnahmen von anthropogen beeinflussten subalpinen Fichten- sowie Lärchen-Zirbenwäldern im Villgratental/Osttirol. Diss. BOKU Wien, 225 S.
- (54) Piussi, P., 1965: Alcune osservazioni ed esperienze sulla rinnovazione naturale della Picea nella foresta di Paneveggio (Trento). Ann. Accad. Ital. Sc. Forest. 14: 345–400.
- (55) Piussi, P., 1970: Indagini sull'ecologia dei semenzali di Picea. G. bot. ital. 104, 3: 193–214.
- (56) Piussi, P., 1979: Nuovi studi sulla rinnovazione delle peccete nella Val di Fiemme. Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 23: 113–169.
- (57) Plate, G., 1975: Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München, 200 S.
- (58) Plochmann, R., 1969: Die Waldweide im oberbayerischen Bergbauerngebiet, Lehren der Geschichte, Probleme der Zukunft. Der Almbauer, 21: 163–173 u. 193–198.
- (59) Preuhsler, T., 1989: Die Entwicklung von Oberstand und Naturverjüngung in Bergmischwald-Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth. Cbl. ges. Forstwesen, 106, 1: 1–62.
- (60) Reimoser, F., 1987: Zur Gefährdung mitteleuropäischer Urwald- und Naturwaldreservate durch Schalenwild und Weidevieh – Konfliktsituationen und Lösungsmöglichkeiten. In: Mayer, H. et al.: Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich. Wien. 950–970.
- (61) Schönenberger, W., 1978: Ökologie der natürlichen Verjüngung von Fichte und Bergföhre in Lawinenzügen der nördlichen Voralpen. Gebirgsprogramm: 14. Beitrag. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 54, 3: 217–361.
- (62) Schönenberger, W., Frey, W., Leuenberger, F., 1990: Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge – Anregungen für die Praxis. EAFV, Ber. 325, 58 S.
- (63) Schütz, J.P., 1969: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. Beih. Schweiz. Z. Forstw. 44, 114 S.
- (64) Screm, E., 1967: Studio sulla rinnovazione naturale nei boschi misti di Abete e Picea di Paularo (Udine). Ann. Accad. Ital. Sc. Forest. 16: 201–252.
- (65) Sorg, J.P., 1980: Végétation et rajeunissement naturel dans la pessière subalpine de Vals (GR). Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 56, 1: 5–115.
- (66) Strohschneider, I., 1987: Wurzeldeformationen infolge verschiedener Pflanzverfahren. Allg. Forstztg. 98, 3: 20–21.
- (67) Tan, Boun Suy, 1988: La régénération du sapin (*Abies alba* Mill.) dans le Jura: Influence des facteurs physiques, édaphiques et biotiques sur les stades précoces du développement des semis. Thèse Univ. de Franche-Comté Besançon, no. 228, 151 S.
- (68) Tiefenbacher, H., 1988: Natürliche und künstliche vegetative Vermehrung von Fichten der subalpinen Kampfzone (*Picea abies* Karst.). Diss. BOKU Wien, 95 S.
- (69) Trepp, W., 1955: Subalpiner Fichtenwald und Montaner Fichtenwald. In: Ertragreiche Nadelwaldgesellschaften im Gebiet der schweizerischen Alpen, unter besonderer Berücksichtigung Graubündens. Beih. Bündner Wald, 5: 27–60.
- (70) Trepp, W., 1961: Die Plenterform des Heidelbeer-Fichtenwaldes der Alpen. Schweiz. Z. Forstwes. 112, 5/6: 337–350.
- (71) Trepp, W., 1974: Der Plenterwald – ein Lichtwuchsbetrieb bester Schutz- und Wohlfahrtswirkungen und höchster nachhaltiger Erträge. HESPA-Mitt. 24, 66, 64 S.

- (72) Trepp, W., 1981: Das Besondere des Plenterns im Gebirgswald. Schweiz. Z. Forstwes. 132, 10: 823–846.
- (73) Vorarlberger Waldverein, 1985: Probleme der Naturverjüngung der Wälder in Vorarlberg. Bludenz.
- (74) Weber, E., 1967: Versuche zur Naturverjüngung der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) im Bereich der Oberforstdirektion Regensburg. Forstw. Cbl. 86: 221–238.
- (75) Zierl, H., 1972: Der Hochwald. Untersuchungen über die Fichtenbestände in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Beih. Forstw. Cbl. 33, 79 S.

*Verfasser:* PD Dr. Ernst Ott, Dr. Felix Lüscher, Monika Frehner, dipl. Forsting. ETH, Peter Brang, dipl. Forsting. ETH, Departement Wald- und Holzforschung der ETHZ, Professur für Waldbau, CH-8092 Zürich.