

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 145 (1994)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Struktur und Verjüngung von Gebirgswaldbeständen  
**Autor:** Bürgi, Anton  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-766629>

### **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:** 03.05.2026

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

# Struktur und Verjüngung von Gebirgswaldbeständen<sup>1</sup>

Von Anton Bürgi

FDK 18: 228: (23)

## 1. Einleitung

Urwälder sind im Alpenraum selten geworden, und wo noch Reste vorhanden sind, sind sie unter Schutz gestellt und stehen nutzungsorientierten Versuchen nicht zur Verfügung. In anderen Gegenden der Welt gibt es aber durchaus noch Urwälder in gebirgigen Regionen, so unter anderem in Bhutan. Die Wälder in Bhutan sind zwar nicht aus denselben Baumarten aufgebaut wie jene in der Schweiz, weisen aber doch so viele Ähnlichkeiten auf, dass ein Vergleich lohnend erscheint und man daraus Rückschlüsse auf unsere Gebirgswälder ziehen kann. Im folgenden werden deshalb einige Beobachtungen und Messungen verglichen, die ich in typischen Schweizer Gebirgswäldern (*Abbildung 1*) und in Wäldern Bhutans gemacht habe. Dabei müssen die Wälder direkt an der oberen Waldgrenze ausgeklammert werden. Sie waren in Bhutan nicht Gegenstand der Untersuchungen.

## 2. Beispiele für Schweizer Gebirgswälder

Für ein Vorprojekt zur Abklärung von waldbaulichen Fragen im Zusammenhang mit dem Einsatz eines Mobilseilkranes wurden einige Bestände vor und nach einem Eingriff aufgenommen und analysiert (*Frutig und Trümpi 1990*). Dabei ging es vor allem um die Pfleglichkeit der Nutzung, die Erhaltung und Förderung der Struktur und, damit zusammenhängend, die Verjüngung der Bestände. Entsprechend sind die Bestände vollkluppiert und beschrieben worden, mit dem Ziel, ihre Entwicklung zu verfolgen.

Als geeignetes Mittel zur Beschreibung der Struktur von Beständen hat sich in den Forstwissenschaften die Stammzahlabnahmekurve erwiesen, die Häufigkeitsverteilung der Durchmesser oder Durchmesserstufen. In Plenter-

<sup>1</sup> Nach einem Referat, gehalten am 26. Januar 1994 anlässlich des «Forums für Wissen» an der WSL, Birmensdorf.

wäldern und plenterähnlich aufgebauten Urwäldern aus Klimaxbaumarten findet sich eine Verteilung, die sich durch folgende Funktion beschreiben lässt (Meyer 1933):

$$N = k \cdot e^{-a \cdot bhd}$$

- |      |                                   |
|------|-----------------------------------|
| N    | Stammzahl                         |
| bhd  | Brusthöhendurchmesser             |
| e    | Basis des natürlichen Logarithmus |
| k, a | Konstanten                        |

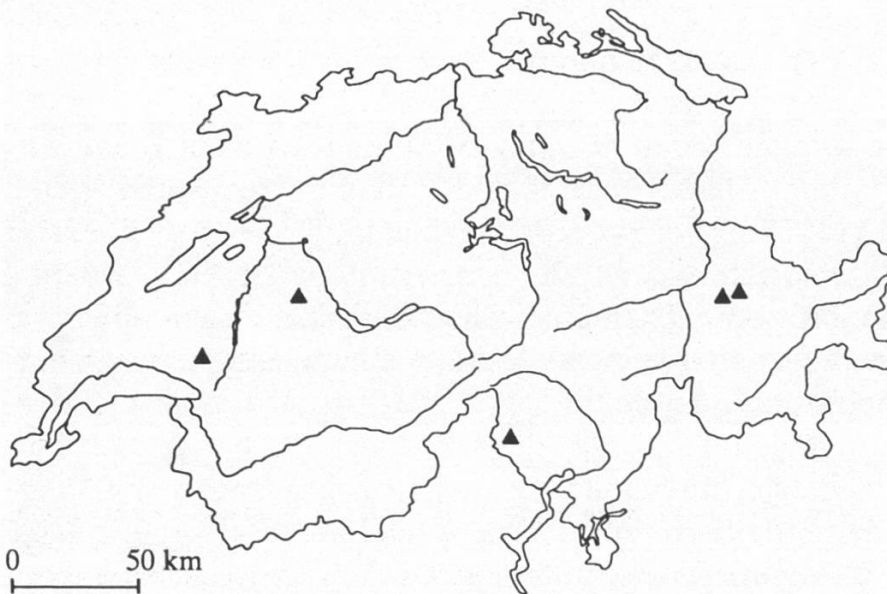


Abbildung 1.  
Lage der unter-  
suchten Bestände  
im schweizerischen  
Alpenraum.

Halblogarithmisch dargestellt ergibt sich aus dieser Funktion eine Gerade als Stammzahlabnahmekurve. Genügt die Stammzahlverteilung dieser Funktion annähernd, geht man davon aus, dass der Bestand recht stabil aufgebaut ist und seine Funktionen meist nachhaltig erfüllen kann. Starke Ungleichgewichte hingegen weisen auf eine ungenügende oder überhaupt nicht vorhandene Verjüngung hin, meist ein Merkmal gleichaltriger und gleichförmiger Bestände, die entsprechend einen «Buckel» in der Verteilung aufweisen.

Als weitere Merkmale der Bestände wurden die Baumartenzusammensetzung, die pflanzensoziologische Zuordnung, die vorhandene Verjüngung (unterhalb der Kluppschwelle) und der Gesamteindruck festgehalten, nebst dem Ziel des Eingriffes, ohne das eine Erfolgskontrolle keinen Sinn ergäbe.

Es wäre natürlich sehr nützlich, etwas über die Geschichte der untersuchten Bestände in der Schweiz, ihre Entstehung und ihre bisherige Behandlung zu wissen. Eine Interpretation des gegenwärtigen Zustandes würde dadurch wesentlich erleichtert. Als sicher kann immerhin gelten, dass die betrachteten Bestände in der Vergangenheit, das heisst in den letzten zwei bis fünf Jahr-

hundertern, entweder regelmässig und teilweise sogar stark genutzt wurden oder im Zuge der Wiederbewaldungskampagne gegen Ende des letzten und am Anfang dieses Jahrhunderts auf ehemaligen Weideflächen natürlich oder durch Pflanzung entstanden.

## 2.1 Langwies (Abbildung 2, Tabelle 1)

Dieser subalpine Ehrenpreis-Fichtenwald (*Veronica latifoliae-Piceetum*, E+K 55, Ellenberg und Klötzli 1972), angrenzend an eine heute noch bestossene Alp, ist ziemlich rottenförmig aufgebaut und ausreichend strukturiert. Der reine Fichtenbestand liegt zwischen 1550 m und 1670 m ü. M. in südwestlicher Exposition. Die Stammzahlverteilung zeigt eine leichte Übervertretung der Durchmesserstufen 30 bis 50 cm. Neben jüngeren, gleichförmigeren Teilen weist der Bestand stufige Partien mit älteren Bäumen auf. Auf einem Teil der Fläche findet sich zwar nicht üppige, aber ausreichende Naturverjüngung. Der ausgeführte Eingriff sollte einerseits die Verjüngung in jenen Teilen fördern, wo sie fehlt, andererseits die Stabilität der jüngeren Bestandespartien verbessern. Leider ist der obere Teil der Fläche durch den Sturm Vivian in Mitleidenschaft gezogen worden, was aber kaum mit dem ausgeführten Eingriff in Zusammenhang steht.

Tabelle 1. Kurzbeschreibung der Bestände.

Waldtypen: 1 rottenförmiger, zum Teil stufiger Gebirgswald; 2 plenterförmiger Wald mit einigen gleichförmigen Partien; 3 teilweise rottenförmiger, aber nicht wesentlich strukturierter Bestand. Baumarten: Bu Buche; Er Erle; Es Esche; Fi Fichte; Fö Föhre; Lä Lärche; Ta Tanne; VBee Vogelbeere.

Ort	Flächen- grösse [ha]	Höhenlage [m ü. M.]	Exposition	Baumarten	Waldtyp	Pflanzen- soziologische Einheit (E+K)
Langwies	0,98	1550–1670	SW	100 Fi	1	55
Tschiertschen	3,38	1400–1480	NW-NE	85 Fi, 10 Ta, 5 Fö, Lä, VBee, Er	1	49
Rüscheegg	1,38	1160–1210	NE	95 Fi, 5 Er, Es, Bu, VBee	2	48/49/50
Cimalmotto	3,23	1260–1380	SE	90 Fi, 9 Lä, 1 Ta, Er, VBee	2	~ 47
Châtel-St-Denis	1,74	1370–1430	SW	95 Fi, 5 Ta, Bu, VBee, Er	3	~ 48/49

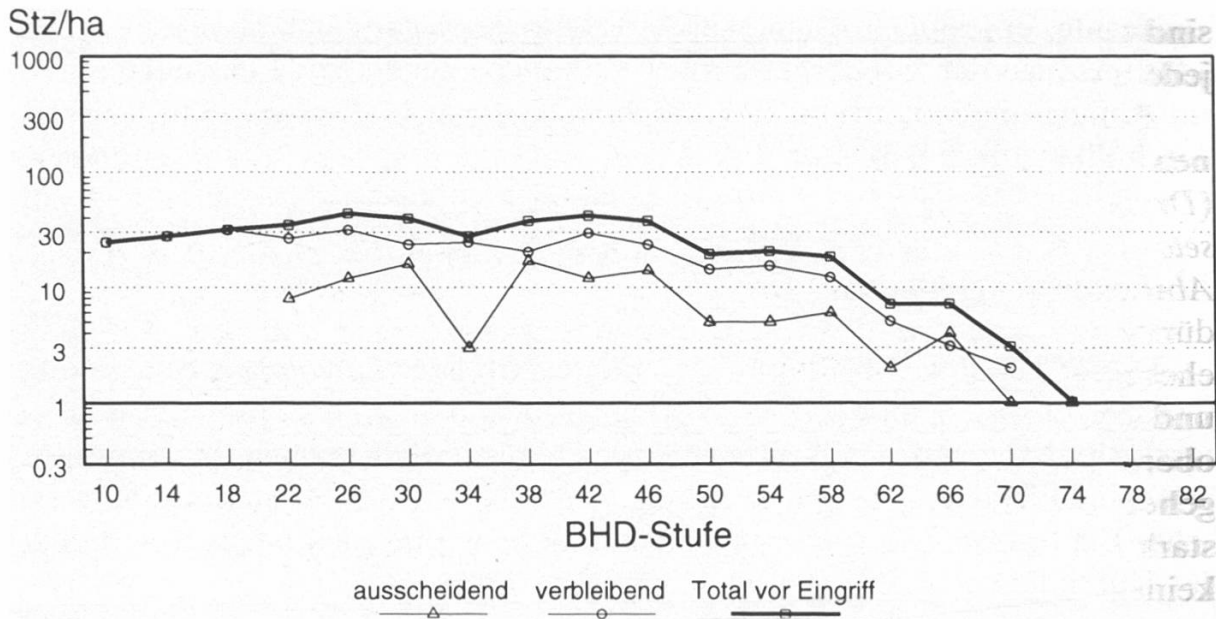


Abbildung 2. Stammzahl-Abnahmekurven. Langwies, Rongg. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

## 2.2 Tschiertschen (Abbildung 3, Tabelle 1)

Die auf Prättigauer Flysch liegende Fläche befindet sich auf 1400 bis 1480 m ü. M. und ist mit Erosionsrinnen und Runsen durchsetzt. Der Bestand setzt sich mehrheitlich aus Fichten mit einigen Tannen, Föhren, Lärchen und etwas Laubholz, den Pionierbaumarten Vogelbeere und Erle, zusammen. Pflanzensoziologisch gehört dieser obermontane Wald auf feuchtem bis nassem Boden zu den Tannenwäldern, mehrheitlich zum Schachtelhalm-Tannemischwald (*Equiseto-Abietetum*, E+K 49). Der Fichtenreichtum dürfte unter anderem mit der früheren Beweidung im Zusammenhang stehen. Kleine Kuppen und Kreten bieten günstige Verhältnisse für die Verjüngung, während feuchte Mulden oft unbestockt sind. Dieses Standortmosaik führt dazu, dass der Wald einen etwas lockeren Eindruck macht. Er ist aber immerhin stufig, und über die ganze Fläche betrachtet ist die Verjüngung ausreichend. Die Stammzahlabnahmekurve weist einen günstigen Verlauf auf.

Ziel des Eingriffs war es, die Stufigkeit zu erhalten und mittelfristig einen Gebirgsplechterwald mit niedrigem Vorrat und hoher Stammzahl zu erhalten. Angezeichnet wurden demnach vor allem starke Bäume.

## 2.3 Rüscheegg Tröli (Abbildung 4, Tabelle 1)

Diese Fläche liegt auf 1160 bis 1210 m ü. M. auf teilweise vernässtem Boden. Der Bestand ist vorwiegend aus Fichten aufgebaut, gemischt mit einigen Erlen, Eschen, Buchen und Vogelbeeren. In der Stammzahlverteilung

sind die Durchmesser um 38 cm leicht übervertreten. Der Nachwuchs scheint jedoch trotz einer Untervertretung des schwachen Baumholzes gesichert.

Pflanzensoziologisch ist diese Fläche ebenfalls dem Tannenwald zuzuordnen. Sie besteht aus einem Mosaik der Gesellschaften Farn-Tannenmischwald (*Dryopterido-Abietetum*, E+K 48), Schachtelhalm-Tannenmischwald (*Equisetum-Abietetum*, E+K 49) und Alpendost-Fichten-Tannenwald (*Adenostylo-Abietetum*, E+K 50). Dass der grösste Teil des Bestandes aus Fichten besteht, dürfte auf die frühere Bewirtschaftung zurückzuführen sein: der Wald war eher eine Wytweide (alte Fichten im unteren Teil, stufiger Aufbau dieses Teils) und eine Weide (gleichförmige Partien, möglicherweise sogar gepflanzt, im oberen Teil der Fläche). Die Verjüngung wird teilweise durch Hochstauden gehemmt. Der Wildverbiss ist so stark, dass sogar die Fichten-Verjüngung stark in Mitleidenschaft gezogen wird. Tannenverjüngung gibt es überhaupt keine.

Tabelle 2. Ertragskundliche Kennziffern der betrachteten Bestände.

Waldtypen: 1 rottenförmiger, zum Teil stufiger Gebirgswald; 2 plenterförmiger Wald mit einigen gleichförmigen Partien; 3 teilweise rottenförmiger, aber nicht wesentlich vertikal strukturierter Bestand; 4 unberührter Tannen(*Abies densa* Griff.)-Urwald; 5 wenig beeinflusster Mixed-Conifer-Urwald mit vorherrschender Hemlock (*Tsuga dumosa* [D. Don.] Eichler).

\*Werte aus Probeanzeichnung, keine Laubbölder einbezogen; während eines Eingriffes würden wohl 100 bis 200 Laubbölder pro ha verschwinden, welche allerdings auf das Stehendvolumen nur wenig Einfluss haben.

Ort	Waldtyp	Stammzahl		Vorrat		Nutzung m <sup>3</sup> /ha
		vor Eingriff Stz/ha	nach Eingriff Stz/ha	vor Eingriff m <sup>3</sup> /ha	nach Eingriff m <sup>3</sup> /ha	
Langwies	1	423	315	538	361	177
Tschiertschen	1	367	302	258	169	89
Rüscheegg	2	504	437	503	413	90
Cimalmotto	2	540	425	356	212	144
Châtel-St-Denis	3	1123	801	523	410	113
Hurchi Nordhang	4	1071	1045*	785	672	113
Hurchi Südhang	4	1325		774		
Hurchi Krete	4	895		728		
Domkhar	5	399	345	717	514	203

#### 2.4 Cimalmotto (Abbildung 5, Tabelle 1)

Die zuhinterst im Maggiatal auf 1260 bis 1380 m ü. M. gelegene Fläche besteht vorwiegend aus Fichten gemischt mit Lärchen und einigen Tannen, Erlen und Vogelbeeren. Die Stammzahlverteilung entspricht einer Plenterstruktur, wobei das starke Stangenholz geringfügig übervertreten ist.

Dieser früher stark beweidete Wald, sein Lärchenanteil weist noch darauf hin, ist heute annähernd stufig aufgebaut. Pflanzensoziologisch ist der Bestand dem Landschilf-Fichten-Tannenwald (*Calamagrostio villosae-Abiete-*

tum, E+K 47) zuzuordnen. Die Verjüngung stellt kein Problem dar, hingegen findet man auffällig viele parasitische Pilze, vor allem auf jungen Bäumen: schwarzer Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*), Schneeschütte (*Phacidium infestans*), Lärchenkrebs (*Lachnellula willkommii*).

Ziel des Eingriffes war es, die Stabilität und die Verjüngung mit Hilfe einer Plenterdurchforstung zu fördern.

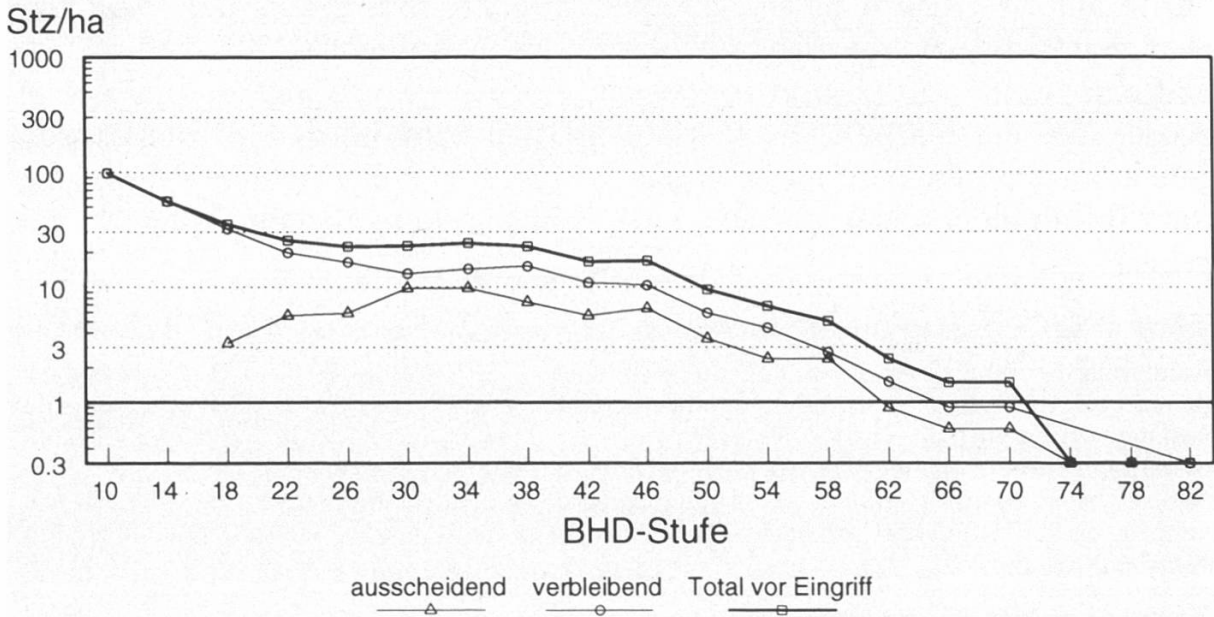


Abbildung 3. Stammzahl-Abnahmekurven. Tschierschen, Unterer Bleisswald. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

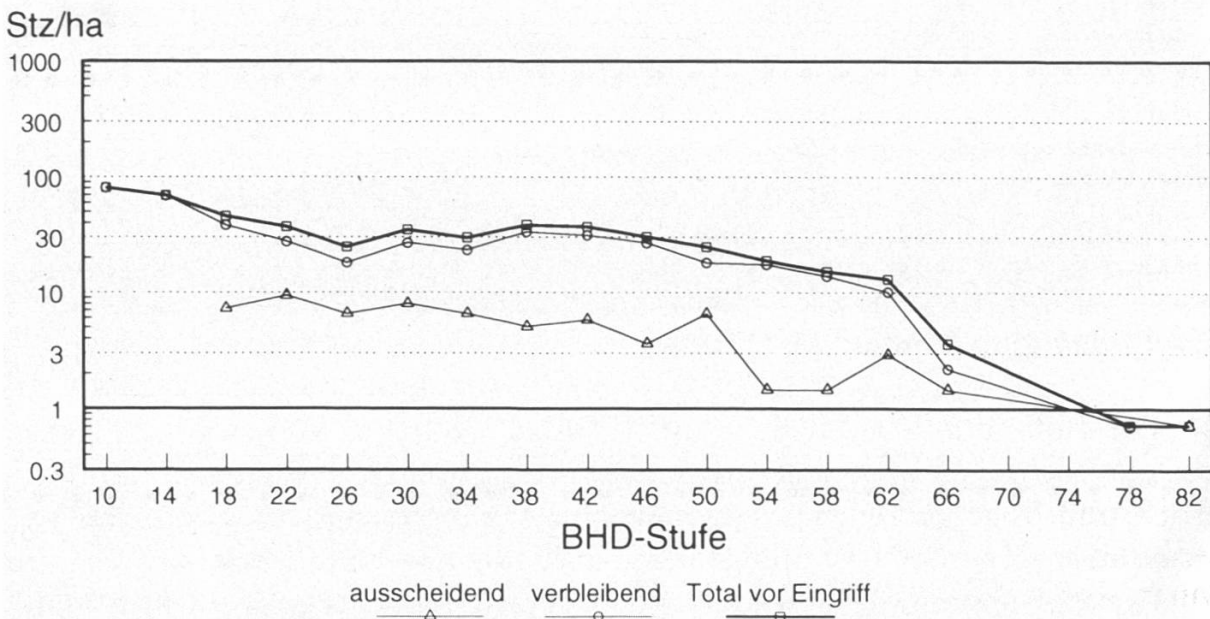


Abbildung 4. Stammzahl-Abnahmekurven. BG Rüscheegg, Tröli. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

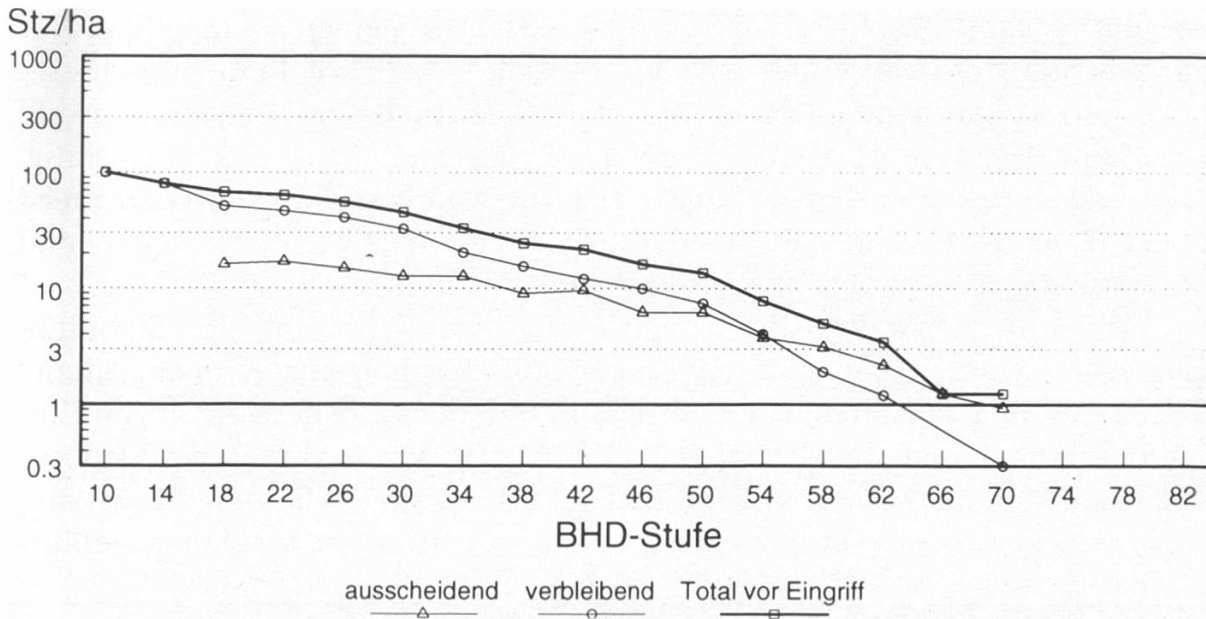


Abbildung 5. Stammzahl-Abnahmekurven. Cimalmotto. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

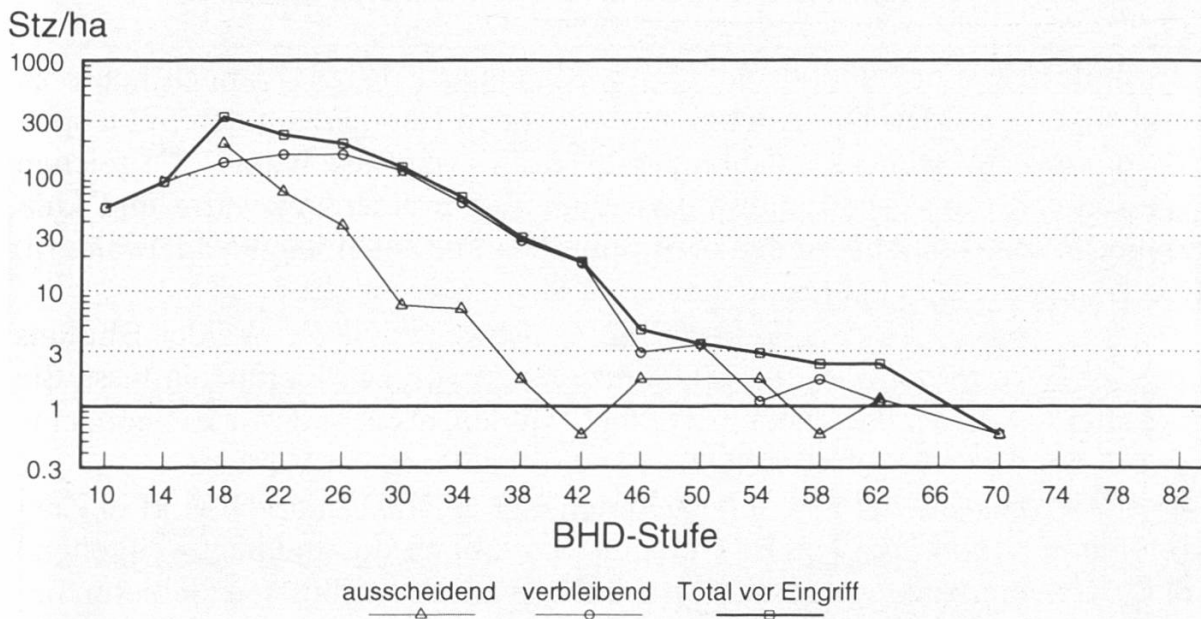


Abbildung 6. Stammzahl-Abnahmekurven. Châtel-St-Denis (Remaufens), Perry. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

### 2.5 Châtel-St-Denis (Abbildung 6, Tabelle 1)

Es handelt sich um eine eingewachsene ehemalige Weide auf 1370 bis 1430 m ü. M. mit Fichten mittleren Alters und einigen Überhältern. Die Fläche wurde wohl wegen des feuchten Bodens als Weide aufgegeben und ist in der Folge eingewachsen. Der Bestand ist sehr dicht, einschichtig und instabil und besteht fast ausschliesslich aus Fichten, wenigen Tannen, Buchen, Vogelbee-

ren und Erlen, obwohl es sich auch hier eher um einen Tannen-Standort handeln dürfte (wahrscheinlich ein Mosaik von Farn-Tannenmischwald [*Dryopterido-Abietetum*, E+K 48] und Schachtelhalm-Tannenmischwald [*Equiseto-Abietetum* E+K 49]). Die Stammzahlverteilung ist extrem einseitig. Die Fichten sind zwischen 70- und 100jährig, während die Überhälter meist über 200 Jahre alt sind. Die Wiederbewaldung dürfte demnach weitgehend ohne Pflanzung natürlich erfolgt sein.

Das dringendste Ziel des Eingriffs war die Förderung der Stabilität. Begünstigt wurden die dicksten Bäume mit den längsten Kronen. Kleine Lücken, zufällig entstanden oder absichtlich mit dem Ziel der vorzeitigen Einleitung der Verjüngung herbeigeführt, hätten zur Verbesserung der Struktur beitragen können. Zum Zeitpunkt des Eingriffs schien es allerdings zu riskant, solche Lücken vorsätzlich anzulegen, weil dies den Bestand als Ganzes gefährdet hätte.

### 3. Urwaldstrukturen in den Nadelwäldern Bhutans

Bhutan, an der Südabdachung des Himalajas gelegen, ist noch heute zu rund 60 % bewaldet. Die Klimate umfassen den Bereich von den Subtropen bis zum ewigen Schnee. Entsprechend vielfältig sind die Wälder; sie reichen von den subtropischen Laubwäldern über Laubwälder der warm und kühl temperierten Zonen bis zu den obermontanen und subalpinen Nadelwäldern. Die Waldgrenze liegt auf rund 4200 m ü. M.

Im Gegensatz zu den Wäldern in der Schweiz sind die Wälder Bhutans auch im Bereich der oberen Waldgrenze kaum von Lawinen beeinflusst. Sie sind aber durch Windwurf gefährdet und erfüllen, als Schutz vor Erosion, eine für das Land ebenso zentrale Rolle wie die Wälder in der Schweiz.

Das Projekt, in dem ich mitarbeitete, liegt im Bumthang-Distrikt in Zentralbhutan (*Abbildung 7*). Das Gebiet ist stark bewaldet und liegt weitgehend im Bereich der Nadelwälder. In stark anthropogen beeinflussten Gebieten finden sich reine Bluepine-Wälder (*Pinus wallichiana* A. B. Jacks.; *Abbildung 8*). Diese Föhre ist die wichtigste Pionierbaumart in diesem Teil Bhutans. Klimaxwälder im Bereich von 2700 bis 3400 m ü. M. sind Mixed-Conifer-Wälder mit viel Hemlock (*Tsuga dumosa* [D. Don.] Eichler) sowie Fichten (*Picea spinulosa* [Griff.] Henry), einigen Bluepines und Tannen (*Abies densa* Griff.) und Laubhölzern in der Mittel- und Unterschicht. Darüber und bis zur Waldgrenze folgt der Tannenwald (*Abies densa* Griff.). Diese Wälder entsprechen in bezug auf die Höhenlage ungefähr unseren obermontanen und subalpinen Wäldern. Dementsprechend sind auch die klimatischen Bedingungen, wenigstens was die Jahresmittel der Temperatur und des Niederschlags betrifft, mit unseren Verhältnissen vergleichbar, die Niederschlagsverteilung ist allerdings entspre-



chend dem herrschenden Monsunklima eine andere: feuchte Sommer und fast trockene Winter.

Während sich in den Bluepine-Beständen ähnliche waldbauliche Probleme wie in unseren Wirtschaftswäldern stellen (Stabilitätspflege, Auslese-erziehung; *Abbildung 15*), war die waldbauliche Fragestellung in den wenig beeinflussten und in den gänzlich unberührten Wäldern eine völlig andere: Wie können Urwälder in Wirtschaftswälder überführt werden (*Abbildung 14*), die einerseits nachhaltig Holz in genügender Menge und forstliche Nebenprodukte liefern sollen, daneben aber vor allem auch eine äusserst wichtige Schutzfunktion vor allem gegen Erosion zu erbringen haben?

### 3.1 Tannenwald (*Abies densa*) (oberhalb des Dorfes Hurchi, Zentralbhutan, *Abbildungen 9 bis 11*)

Tannenwälder erstrecken sich in Zentralbhutan von ungefähr 3400 m ü. M. bis zur Waldgrenze. Ihre Bedeutung erlangen sie nicht nur durch ihre Ausdehnung (rund 13 % der Waldfläche; *Wangchuk 1991*), sondern auch dadurch, dass sie als subalpine Waldform den oberen Teil aller Einzugsgebiete der grossen Flüsse bedecken. In einer Region mit sehr hohem Holzbedarf wie Südasien wird natürlich darüber nachgedacht, die Holzproduktion dieser Wälder zu nutzen. Gleichzeitig ist man sich der Gefahren einer Nutzung aber bewusst; insbesondere sollen die Schutzfunktionen dieser Wälder erhalten bleiben, vor allem auch im Hinblick auf die Nutzung der wichtigsten Resource des Landes, der Wasserkraft zur Energieerzeugung.

Die Oberschicht dieser Wälder besteht fast ausschliesslich aus Tannen, Unter- und Mittelschicht sind indessen sehr vielfältig (*Bürgi et al. 1992*). Nebst Tannen finden sich Birken (*Betula utilis* D. Don), Ahorne (*Acer* sp.), *Rhododendron* sp., *Sorbus* sp., *Viburnum* sp., *Enkianthus deflexus* (Griffith) Schneider und natürlich Bambus (vor allem *Arundinaria* sp. und *Yushania* sp.) in der Unterschicht. Bezüglich der Stammzahl macht der Tannenanteil rund 15 % aus, 85 % sind Laubhölzer, vorratsmässig ist aber die Tanne zu rund 90 % am Aufbau dieser Wälder beteiligt (Kluppschwelle 4 cm).

Diese Wälder sind verhältnismässig stufig aufgebaut. Grösserflächige Zusammenbrüche im Urwald konnten in unserem Projektgebiet nirgends beobachtet werden. Um einen Eindruck vom Verjüngungspotential zu gewinnen, wurden Sämlinge ausgezählt: Gefunden wurden rund 3000 bis 6000 Tannensämlinge und 10 000 bis 40 000 Laubholz-Sämlinge pro ha, ungefähr die gleiche Menge wie in einem benachbarten Gebiet, in dem als Versuch kleine Kahlschläge von 0,25 ha Grösse durchgeführt worden waren. Der wesentliche Unterschied bestand darin, dass die alten Bäume im unberührten Wald die Verjüngung der Laubhölzer kontrollierten, das heisst zurückdämmten, und der sehr schattenertragenden Tanne damit ein Aufkommen ermöglichten. In



Abbildung 8. Kleines Kloster in Bumthang, umgeben von jungen Bluepines auf ehemaligen Weideflächen.

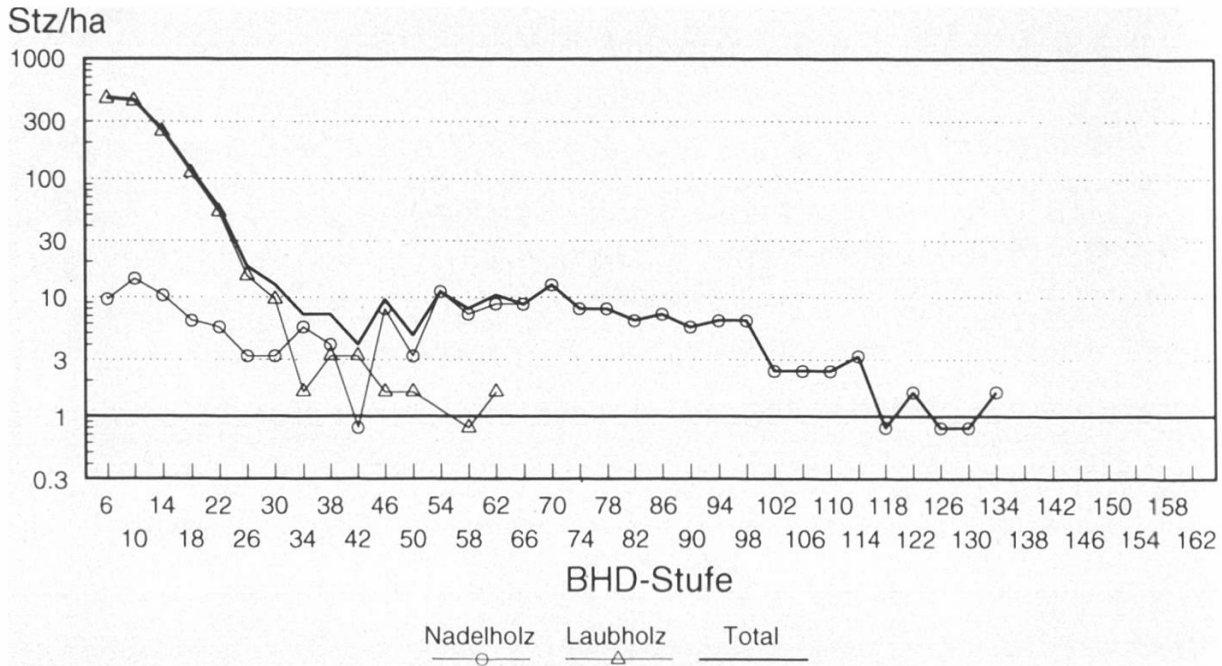


Abbildung 9. Stammzahl-Abnahmekurven. Hurchi, Nordhang. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

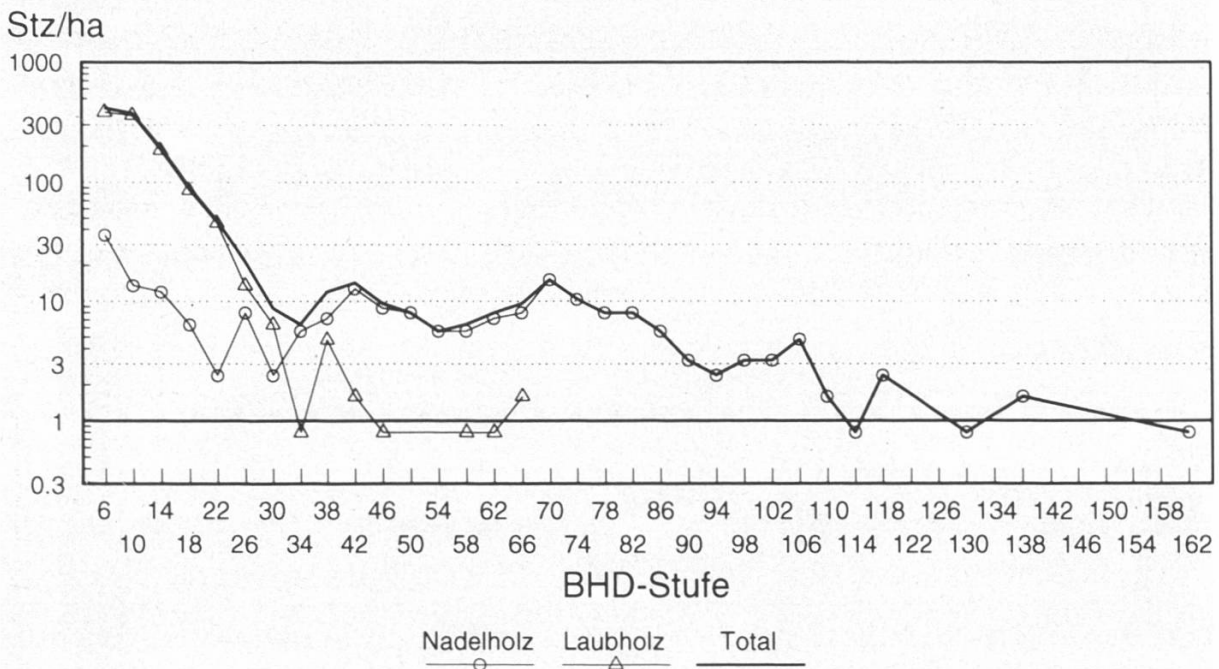


Abbildung 10. Stammzahl-Abnahmekurven. Hurchi, Nordhang, Krete. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

den kleinen Kahlschlägen hingegen bildete sich bereits nach vier Jahren ein geschlossener Laubwald aus Birke und Ahorn.

Rund 70 % aller Tannen im untersuchten Gebiet waren mehr oder weniger faul, wobei diese Fäulnis nicht nur vom Alter der Bäume abhängig ist. In allen Durchmesserklassen fanden sich gesunde und faule Bäume. Der Zu-

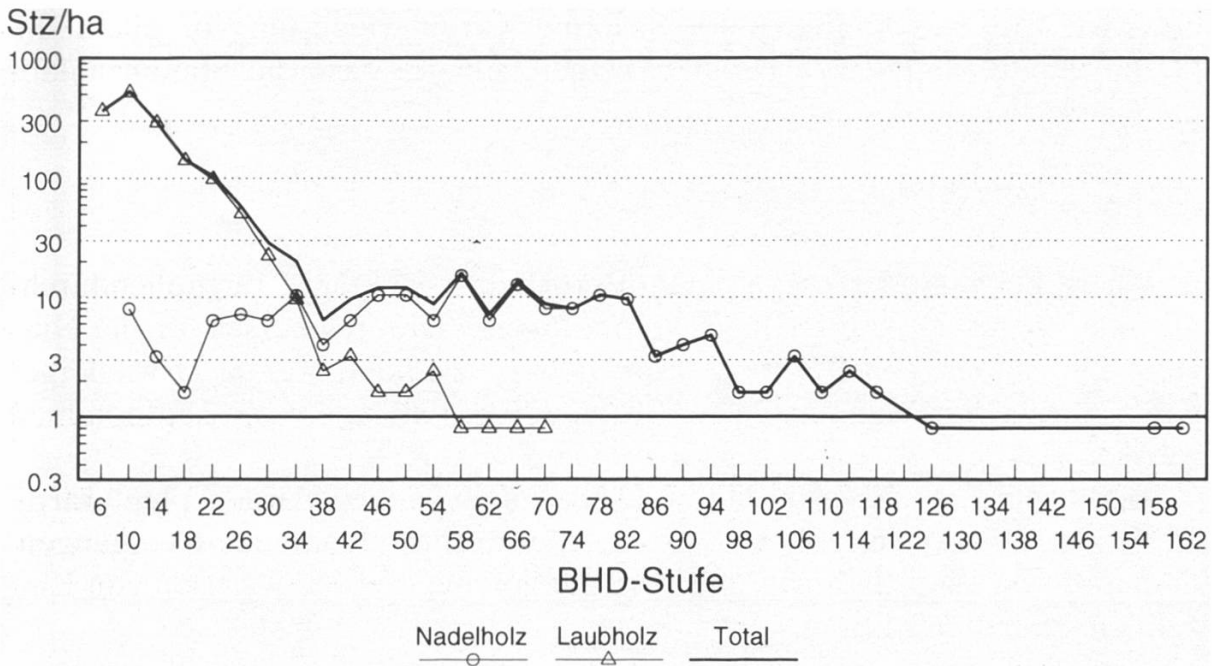


Abbildung 11. Stammzahl-Abnahmekurven. Hurchi, Südhang. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

wachs der Tanne (nur diese wurde untersucht) liegt je nach Standort zwischen 2,2 und 3,2 m<sup>3</sup>/ha und Jahr. Viel Holz wird in diesen Wäldern also nicht produziert. Trotzdem beweisen diese Wälder durch ihre Existenz, dass sie unter den gegebenen Umständen stabil sind.

Um diese Wälder als funktionierende Ökosysteme zu erhalten und trotzdem zu nutzen, wurde ein waldbauliches Verfahren gesucht, das sowohl die Struktur als auch die Baumartenzusammensetzung der Bestände weitgehend

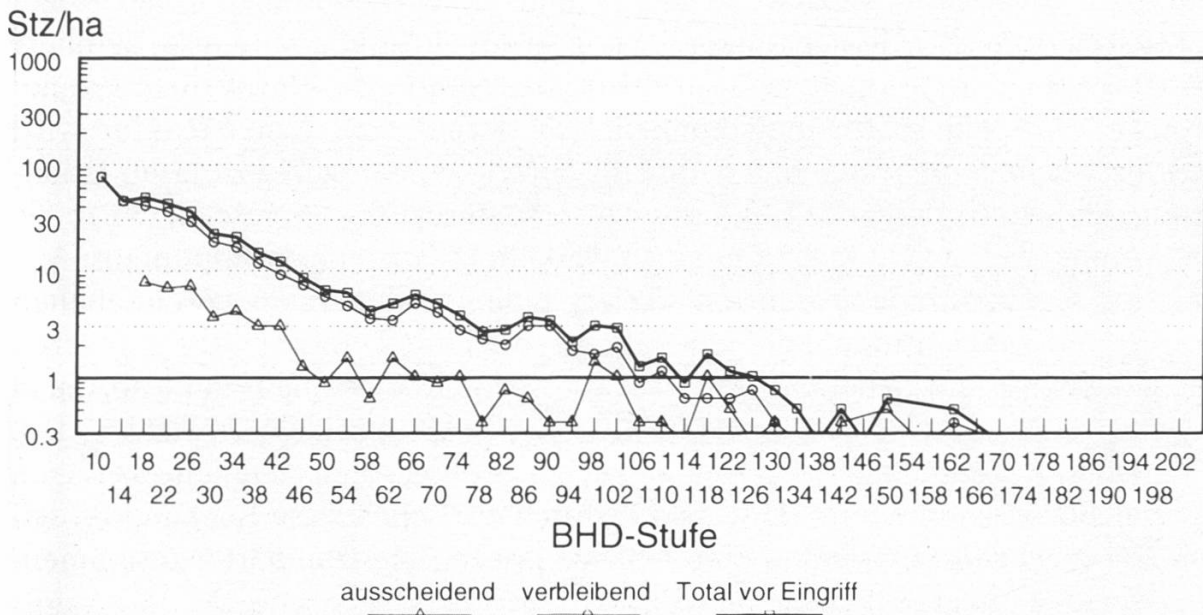


Abbildung 12. Stammzahl-Abnahmekurven. Hurchi, Mixed-Conifer-Bestand. Stz/ha: Stammzahl pro ha; BHD: Brusthöhendurchmesser.

bewahrt. Zur Beschreibung der Struktur wurde wiederum vor allem die Stammzahlabnahmekurve benutzt. Dabei fiel auf, dass die Stammzahlabnahme sich wiederum mit der Funktion

$$N = k \cdot e^{-a} \cdot bhd$$

annähern liess, mindestens in einem Bereich bis zu einem Brusthöhendurchmesser von rund 100 cm, einem vernünftigen Zieldurchmesser für die Nutzung. Die Stammzahlverteilungen sind in den *Abbildungen 9 bis 11* wiedergegeben, die wesentlichen Daten der Bestände können der *Tabelle 2* entnommen werden.

Es lag nahe, die Wälder, sollten sie überhaupt genutzt werden, plenterartig zu nutzen. Dies entspricht am ehesten den natürlich ablaufenden Vorgängen, dem Tod von Einzelbäumen und dem gut geschützten Aufwachsen von Einzelbäumen in den Lücken.

### 3.2 *Mixed Conifer, vor allem mit Hemlock (in Domkhar) (Abbildung 12)*

Unterhalb der Tannen-Zone befindet sich in Zentralbhotan die sogenannte Mixed-Conifer-Zone. Sie erstreckt sich ungefähr von 2800 bis 3400 m ü. M. Die Wälder in dieser Zone sind etwas vielfältiger zusammengesetzt: Die Oberschicht besteht zu einem grossen Teil aus Hemlock. Beigemischt sind aber Fichten, Föhren und Tannen. In der Unter- und Mittelschicht finden sich wiederum viele Laubbaumarten sowie häufig Bambus in der Unterschicht.

Die Verjüngung läuft unter ungestörten Verhältnissen ähnlich ab wie in den Tannenwäldern: Einzelne grosse Bäume sterben und fallen in der Regel in sich zusammen, seltener stürzen sie um. In der entstandenen Lücke etabliert sich Verjüngung, die sich schon früh stark differenziert. Nur wenige Bäume werden wirklich kräftig und können sich durchsetzen. Die Struktur wird dadurch sehr stufig. Auch hier wurde die einzelbaumweise Nutzung zur Erhaltung der Struktur und der Baumartenzusammensetzung vorgeschlagen.

Einige weitere Beobachtungen im Nadelholz-Gürtel Zentralbhotans:

- In den nahezu unberührten Wäldern der beiden oben beschriebenen Typen sind Zusammenbrüche älterer oder alter Bäume auf grösseren Flächen kaum zu beobachten. Meist sterben nur einzelne Bäume ab, die in der Folge durch solche aus der Mittel- oder Unterschicht ersetzt werden. Oft stürzen diese grossen Bäume auch nicht um, sondern fallen sozusagen in sich zusammen. Es entstehen dadurch nur sehr kleine Lücken, die den Pionierbaumarten kaum eine Chance lassen. Die Baumartenzusammensetzung ändert sich nicht, der Bestand bleibt stufig.
- Pionierbaumarten sind vor allem Bluepine (*Pinus wallichiana* A.B. Jacks.), Fichte (*Picea spinulosa* [Griff.] Henry), Birke (*Betula utilis* D. Don.) und

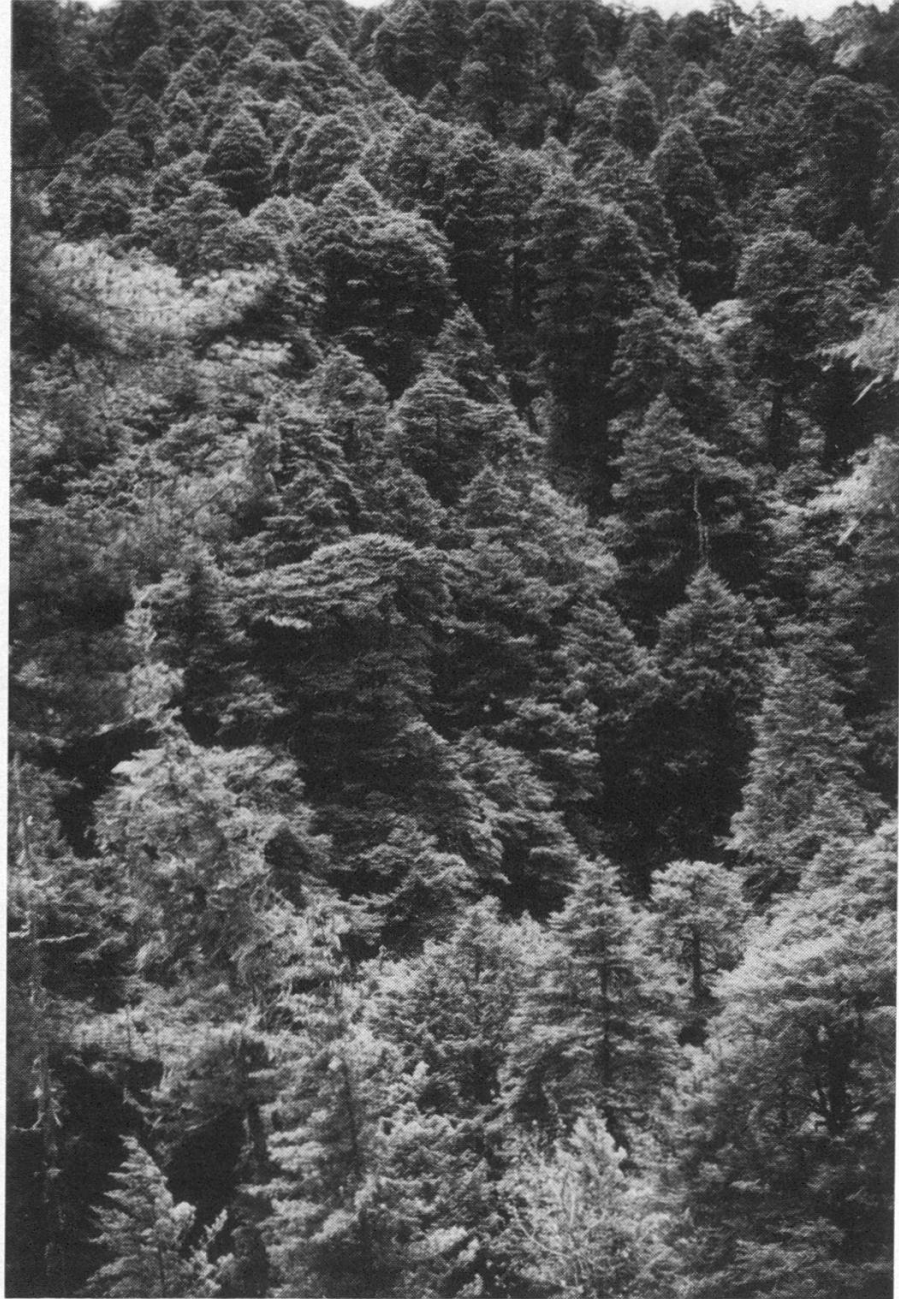


Abbildung 13.  
Unberührter Mixed-  
Conifer-Wald in  
Domkhar, Zentral-  
bhutan.

- Ahorn-Arten (*Acer* sp.). Pionierwälder wachsen oft gleichförmig auf und sind in der Folge auch anfällig auf Windwurf, Schneedruck und Feuer (Bluepine). Solche Bestockungen sind auf offenen Weide- oder Ackerflächen und in der Nähe von Siedlungen häufig zu finden.
- Auf extremen Standorten wie trockenen Kreten oder auf stark vernässten, anmoorigen Böden finden sich ebenfalls aus Pionierbaumarten aufgebaute Bestände (in Bumthang meist Bluepine-Bestockungen mit verschiedenen Rhododendron-Arten). Diese Bestockungen sind als Dauerwaldgesellschaften zu verstehen, wie sie auch bei uns auf extremen Standorten vorkommen.



*Abbildung 14.*  
Seilkran Schnese im  
Mixed-Conifer-Wald  
in Dhur, Zentral-  
bhutan.

#### **4. Waldbauliche Folgerungen**

Welche Folgerungen lassen sich nun aus diesen Beispielen für die waldbauliche Arbeit im Gebirge ziehen?

Ein Urwald kann während Jahrtausenden stabil sein, das heisst in einem Gleichgewichtszustand verharren. Dies bedeutet allerdings nicht, dass vom menschlichen Standpunkt, das heisst vom Standpunkt der Nutzung und der Nützlichkeit aus betrachtet, nicht noch bessere Wälder denkbar wären. Die Menschheit, und dazu gehören auch die Förster, hat den Beweis für die Existenzfähigkeit besserer Wälder bis jetzt allerdings nicht erbringen können. Gezeigt wurde bis jetzt lediglich, dass in einem Wald, in den eingegriffen wurde, wiederum Eingriffe nötig sind, damit die erwarteten Leistungen, sei es nun Holzproduktion, Schutz oder etwas anderes, erbracht werden können. Dies gilt insbesondere für gepflanzte Reinbestände, deren Anfälligkeit für alle mögliche Unbill seit langem bekannt ist. Aber auch in verhältnismässig naturnahe Bestände muss eingegriffen werden, um sie nützlich und funktionsfähig zu erhalten. Daraus zu schliessen, dass Urwälder die derzeit stabilsten bekannten Wälder sind, ist demnach durchaus zulässig.

Es ist allerdings anzunehmen, dass Wälder einige Zeit nach störenden oder zerstörenden Eingriffen wieder in einen Gleichgewichtszustand gelangen. Dieser Zeitraum bemisst sich jedoch nicht nach Jahrzehnten, sondern nach Jahrhunderten; oft zu lange, um auf Schutzwirkung zu verzichten und oft nicht realistisch, weil der Rohstoff Holz überlebenswichtig war und vielerorts heute noch ist.

Was bedeutet dies aber nun für unsere Gebirgswälder, die seit langem keine Urwälder mehr sind und an die zunehmende Ansprüche an ihre Schutzwirkung gestellt werden? Oder anders gefragt: Welches sind unsere Möglichkeiten, unter den gegenwärtigen sozio-ökonomischen Verhältnissen mit einem Minimum an Aufwand ein Maximum an gewünschter Wirkung in unseren oft stark anthropogen beeinflussten Wäldern zu erzielen? Leider bin ich nicht in der Lage, darauf allgemein gültige Antworten zu geben. Aus den Erfahrungen in den Nadelwäldern Zentralbhutans erscheinen aber folgende Punkte von grosser Bedeutung:



Abbildung 15. Durchforsteter Bluepine-Bestand in Domkhar, Zentralbhutan.

#### 4.1 Baumartenzusammensetzung

Wenn sich ein Wald im Gleichgewicht befindet, ändert sich seine Baumartenzusammensetzung nicht oder nicht wesentlich. Nebst der Eignung einer Art, an einem bestimmten Standort überhaupt lebensfähig zu sein, wird die Artenzusammensetzung vor allem auch durch die Konkurrenz zwischen und innerhalb der Arten bestimmt. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass Arten sich gegenseitig begünstigen. Ein Beispiel dafür ist die Wechselwirkung zwischen bestimmten Rhododendren und Tannen in den Hochlagenwäldern

Bhutans. Beide Arten sind während des Jugendwachstums auf Schutz angewiesen, und einige in Tannenwäldern häufige Rhododendren brauchen den Schutz auch für ihre spätere Entwicklung. Stehen sie im vollen Sonnenlicht, können sie sich nicht verjüngen. Auch grosse Individuen sterben dann häufig ab. Die Tanne, die sich unter den Rhododendren verjüngt und diese mit der Zeit überwächst, gewährt diesen unter wenig gestörten Verhältnissen den notwendigen Schutz. Mit der Nutzung der gewünschten Baumart Tanne wird je nach Eingriffsstärke auch der Rhododendron beeinflusst und damit wiederum die Verjüngung der Tanne, obschon die Tanne und nicht der Rhododendron genutzt wurde. Ein Versuch in Bumthang, in dem die Tannen auf kleinen Flächen von 50 mal 50 m entfernt wurden, zeigte, dass nach dem Eingriff Pioniergehölze wie Birke und Ahorn überhandnehmen, während sich auf absehbare Zeit die Tanne nur sehr langsam wieder durchsetzen können.

Ähnliches findet sich auch in den Mixed-Conifer-Wäldern, wobei die Verhältnisse oft noch komplizierter werden durch eine dichte Unterschicht aus Bambus, die den Boden weitgehend verdämmen kann. Eine Verjüngung der Hauptbaumarten ist normalerweise wohl nur dann zu erwarten, wenn der Bambus nach einer Blüte abstirbt und es einige Jahre dauert, bis er sich aus Samen wieder voll entwickelt hat.

Die Baumartenzusammensetzung dieser Hochlagenwälder kann sehr stark durch Vieh gestört werden, das im Wald geweidet wird, sobald der Zugang relativ leicht ist, das heisst meist, sobald ein Gebiet durch eine Forststrasse erschlossen ist. Kühe und Yaks fressen selektiv. Besonders beliebt ist die Tanne, gefolgt von Hemlock, wogegen Bluepine, wohl wegen des Harzgehaltes wenig beliebt ist. Verjüngungsfördernd kann sich hingegen, je nach Verhältnissen, der Viehtritt auswirken, wenn eine Rohhumusaufgabe abgeschert wird. Die Schäden durch Vieh im Wald waren in Zentralbhutan jedoch auf vergleichsweise kleine Flächen beschränkt, im Gegensatz zu anderen, stärker bevölkerten Gegenden Bhutans.

In unseren Gebirgswäldern dürften grundsätzlich ähnliche Symbiosen verschiedener Pflanzenarten vorkommen, wobei aber insbesondere die Rolle der Laubhölzer in den obermontanen und subalpinen Wäldern schlecht oder gar nicht erforscht ist. Zudem hat bei uns das Wild die Rolle des Viehs übernommen, in allerdings ungleich stärkerer Masse, so dass in vielen unserer Gebirgswälder Tanne oder Vogelbeere oft nur noch als völlig verbissene Krüppel anzutreffen sind und selbst Fichtenverjüngungen stark in Mitleidenschaft gezogen werden.

Durch jahrhundertelange starke Beeinflussung der Wälder im Alpenraum sind die gegenwärtigen Baumartenzusammensetzungen gegenüber denjenigen ungestörter Wälder teilweise stark verändert. Wo unter ungestörten Verhältnissen Tannen einen erheblichen Teil der Bestockung ausmachen würden, in vielen Gesellschaften des *Piceo-Abietion* nämlich, stocken heute

oft fast reine Fichtenbestände, die wohl eine Art Pionierbestockung darstellen.

#### 4.2 Struktur

Es hat sich in den Mixed-Conifer-Wäldern in unserem Projektgebiet bisher gezeigt, dass es möglich ist, die Baumartenzusammensetzung und die Struktur der Wälder sehr naturnah zu bewahren, wenn die Nutzung einzelbaumweise oder in kleinen Gruppen erfolgt. Auf diese Weise entspricht die Nutzung ungefähr dem Vorgang des Absterbens eines Baumes oder einer kleinen Gruppe von Bäumen, wobei sich in der entstehenden kleinen Lücke unter dem Schutz des umgebenden Bestandes die Verjüngung wieder einstellen kann. Kleinflächig erscheint demzufolge die Struktur sehr dynamisch. Auf grössere Flächen bezogen scheint sich der Wald aber kaum zu verändern. Diese kleinflächige Dynamik wird noch dadurch betont, dass nicht alle am Bestandaufbau beteiligten Arten gleich alt werden. Untersuchungen von *Frei* (1982) in einem Mixed-Conifer-Wald in Westbhotan mit einem hohen Anteil an Tannen haben ergeben, dass die Altersstreuung der Tanne mehr als 250 Jahre beträgt, während die anderen Baumarten kleinere Spannen aufwiesen.

Die Mastintervalle und das Vorhandensein zeitweise ungünstiger Entwicklungsbedingungen für die Verjüngung leisten einen weiteren Beitrag zur Dynamik der Struktur. In Bhutan kann vor allem dichter Bambusunterwuchs die Verjüngung zeitweise verunmöglichen, es sei denn, der Bambus werde durch einen fallenden Baum zusammengedrückt, worauf sich häufig Verjüngung auf Ronen (tote liegende Bäume) einstellt, oder er blüht und stirbt ab. Wir hatten das Glück, im Jahre 1990 in Zentralbhotan eine Blüte von *Arundinaria maligna* Gamble, einer Bambusart, die oft einen dichten und fast undurchdringlichen Unterwuchs bildet, beobachten zu können. Es dauerte bis 1992, bis sich die ersten Keimlinge dieser Bambusart entwickelten. Sie blieben aber noch klein und beschatteten den Boden nur unwesentlich. Den Baumkeimlingen stehen also mindestens drei Jahre zur Verfügung, um sich derart zu entwickeln, dass sie der Konkurrenz des Bambus entwachsen können. Wie oft dieser Bambus blüht, ist leider unbekannt. Eine periodische Häufung von Bäumen gleichen Alters in den Untersuchungen von *Frei* liesse sich dadurch aber erklären.

Interessant in diesem Zusammenhang ist noch das Ergebnis von Streifenkahlschlägen von rund 100 m Breite, die in der Nähe des Untersuchungsgebietes von *Frei* vor rund 20 Jahren ausgeführt wurden. Noch heute findet sich kaum Verjüngung in diesen Flächen, ausser im Traufbereich der stehen gebliebenen Bestände.

### 4.3 Waldbauliche Behandlung

Eigentliche Urwälder, aber auch naturnahe Wälder (bezüglich Baumartenzusammensetzung und Struktur), erhalten sich selber. Ihre Existenz ist dafür Beweis genug. Um den Wald zu erhalten, sind in einem Urwald selbstverständlich keine Eingriffe nötig.

Völlig andere Verhältnisse herrschen in Beständen, die aus einer einzigen Baumart mit mindestens teilweise pioniercharakter bestehen. Sie entstanden oft nach Abholzung oder Plünderung der primären Wälder. In Bhutan sind dies die Bluepine-Wälder, in einigen Gegenden auch Lärchen- oder Fichtenwälder. Bei uns in den Alpen sind es teilweise Fichtenwälder, Lärchenwälder und teilweise die Föhrenwälder (soweit sie nicht zu den sogenannten Dauerwäldern zu rechnen sind). Solche Wälder sind ungleich schwieriger zu behandeln als natürliche oder naturnahe Wälder. Sie befinden sich nicht im Gleichgewicht, sondern haben die Tendenz, sich zu verändern. Sie sind dementsprechend wesentlich weniger stabil als primäre Wälder.

Um stabile Wälder mit einem grossen Selbstregulierungs-Potential zu erhalten, müssten die Eingriffe also darauf abzielen, die Baumartenzusammensetzung und die Struktur möglichst denjenigen der primären Wälder anzunähern. Dabei treten jedoch Schwierigkeiten auf: Zum einen wissen wir kaum, wie die Primärwälder auf einem bestimmtem Standort aussehen, zum anderen ist es durchaus möglich, dass durch die bisherige Nutzung der Standort derart verändert wurde, dass sich ein anderer Gleichgewichtszustand unter in Zukunft ungestörten Verhältnissen entwickeln würde. So muss versucht werden, anhand komplizierter Methoden sowohl die natürliche Baumartenzusammensetzung als auch die Struktur zu rekonstruieren und Verfahren zu entwickeln, die zu selbstregulierenden Systemen führen. Wir werden nicht darum herumkommen, für weitere Erkenntnisse über die Dynamik unserer Gebirgswälder Versuche anzulegen, die nicht nur lange dauern, sondern auch teuer sein werden.

Es ist wohl sehr viel einfacher, einen Urwald in einen stufigen Wirtschaftswald mit den ursprünglichen Baumarten zu überführen, als einen gleichförmigen Wald oder sogar einen Pionierwald derart umzuwandeln, dass sich wieder ein selbstregulierendes Ökosystem daraus ergibt. Nur wenige Länder der Erde sind noch in der glücklichen Lage, ausgedehnte Primärwälder zu besitzen und ihre Waldbehandlung so einzurichten, dass nicht dieselben Schwierigkeiten entstehen, wie wir sie aus dem Alpenraum kennen. Bhutan ist eines dieser Länder.

## Résumé

### Structure et régénération des forêts de montagne

Parce que les forêts vierges – ou forêts primaires – sont capables de s'autorégénérer, il y a longtemps que la recherche en la matière occupe une place importante dans les sciences forestières. Cet article explique comment entretenir les forêts pour qu'elles arrivent à assurer, avec un minimum de risques et de dépenses, une production soutenue et une protection durable, spécialement en montagne (*Leibundgut* 1982).

Traduction: *Monique Dousse*

### Literatur

- Bürgi, A.; Rinchen; Dorji, T., 1992: Structure, productivity, regeneration and possible utilization of the Fir (*Abies densa* Griff.) forests in Chumi valley, Central Bhutan. Bumthang, RGOB/Helvetas. 47 S.
- Ellenberg, H.; Klötzli, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. für Wald Schnee Landsch. 48, 4: 587–930.
- Frei, C., 1982: Forestry Management Activities, Final Report (BHU/75/007). Thimphu, RGOB/FAO. 22 S. + 21 S.
- Frutig, F.; Trümpi, D., 1990: Holzbringung mit Mobilseilkran. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 7, Eidgenöss. Forsch.anst. für Wald Schnee Landsch., Ber. 316: 54 S.
- Leibundgut, H., 1982: Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern/Stuttgart, Paul Haupt. 306 S.
- Meyer, H. A., 1933: Eine mathematisch-statistische Untersuchung über den Aufbau des Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstwesen, 84: 33–46, 88–103, 124–131.
- Wangchuk, S., 1991: The natural resources of the Himalayan Kingdom. In: Bhutan and its natural resources. Kanglung/New Delhi, Vikas Publishing House. 44–52.