

# Struktur und Dynamik natürlicher Fichtenwälder in der borealen Nadelwaldzone

Autor(en): **Schmidt-Vogt, Helmut**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal  
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **136 (1985)**

Heft 12

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-764515>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Struktur und Dynamik natürlicher Fichtenwälder in der borealen Nadelwaldzone<sup>1</sup>

Von *Helmut Schmidt-Vogt*

Oxf.: 228:182.2:174.7 Picea

(Aus dem Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br.)

Nach den Waldevastationen in den vergangenen Jahrhunderten wurden in Mitteleuropa auf grossen Flächen reine Fichtenbestände begründet. In der Bundesrepublik Deutschland nimmt die Fichte heute mit 42 % fast die Hälfte der Waldfläche ein. Artenarmut, Reinbestand und Gleichaltrigkeit sind wesentliche Eigenschaften des borealen Nadelwaldes. Mit der Begründung von gleichaltrigen, reinen Fichten- und Kiefernbeständen hat man also im letzten Jahrhundert den Bestandestyp des borealen Nadelwaldes nach Mitteleuropa verschoben.

Wir haben inzwischen die Nachteile dieses Waldtyps kennengelernt. In der borealen Nadelwaldzone der Erde existieren jedoch natürliche Nadelwald- und insbesondere auch Fichtenwald-Ökosysteme seit langen Zeiträumen konstant, gesund und ohne schädigenden Einfluss auf die Umwelt. Diese Tatsache legt die Frage nahe, was macht die Natur, dass im natürlichen Areal dieses Waldtyps bei noch ungünstigeren Klimabedingungen als bei uns sich dieses Waldökosystem seit Jahrtausenden erhalten hat, die Landschaft prägt und auch heute dort, wo der Mensch nicht eingreift, immer noch einwandfrei funktioniert.

Es gibt aber noch einen weiteren Gedanken, der Untersuchungen in dieser Waldzone besonders interessant macht. Der boreale Nadelwald umgreift mit einem breiten Gürtel die ganze nördliche Erdhalbkugel. Mit einer Fläche von rund 1 Mrd ha ist er die grösste zusammenhängende Waldformation der Welt.

Seinem «Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage» hat Heinrich *Mayr* (1909) folgende Grundgedanken vorangestellt: «Ruht Waldbau auf naturwissenschaftlicher Grundlage, so kann es nur *eine* Theorie des Waldbaues geben, da die grossen Naturgesetze für alle Holzarten der Erde die gleichen sind; naturgesetzlicher Waldbau ist international; verschieden ist nur das materielle Interesse, das der Mensch an den Produkten des Waldes nimmt; verschieden das

<sup>1</sup> Referat, gehalten am 28. Januar 1985 anlässlich der Forst- und Holzwirtschaftlichen Kolloquien an der ETH Zürich.

Endziel der Wirtschaft; verschieden die Praxis, die Kunst, durch Waldbegründung, Walderziehung und Waldpflege dem verschieden gestalteten, ökonomischen Prinzip im Walde gerecht zu werden.»

Die boreale Nadelwaldzone der Erde ist aufgrund der klimatischen Bedingungen in ganz besonderem Masse einheitlichen Naturgesetzen unterworfen. Struktur- und Entwicklungsdynamik der natürlichen Nadelwälder im Norden Eurasiens und Nordamerikas müssen also in diesem weltumfassenden Waldgürtel im wesentlichen übereinstimmen. Grunderkenntnisse in diesen Waldökosystemen hätten damit für unsere Wirtschaftswälder mit hohem Nadelholzanteil einen weiten Anwendungsbereich.

Diese Überlegungen waren ein weiterer Anlass, einige Studien den dortigen Waldtypen zu widmen. Wir beschränken uns im folgenden auf den Fichtenwald, der mit wechselnden Arten der Gattung *Picea* ebenfalls rund um die Erde reicht.

Das Gelände der borealen Nadelwaldzone ist im Norden Nordamerikas sowie von Finnland bis zum sibirischen Raum vielfach eben oder hügelig und entspricht somit vom Relief her den Standorten der ausgedehnten Fichtenforste im süddeutschen Alpenvorland, auf der Münchener Schotterebene oder in Oberschwaben. In Mittel- und Südosteuropa haben wir nur noch Fichten-Urwaldreste in Gebirgen, überwiegend an steilen Berghängen.

### Struktur borealer Nadelwälder

Die Struktur von Fichtenbeständen in ebenem Gelände veranschaulichen die Bestandesprofile in den *Abbildungen 1 bis 5*. Die Profile wurden in Waldteilen aufgenommen, die der Optimal- und Altersphase nach *Leibundgut* (1978, 1982) zuzuordnen sind.

Der Fichten-Tannen-Pappel-Urwald in *Abbildung 1* (überwiegend *Picea mariana*, etwas *P. glauca*, *Abies balsamea*, *Populus tremuloides*, *Betula papyrifera*) befindet sich in der Nähe des White Swan Lake in Saskatchewan/Kanada in der Mischwaldzone nach *Rowe* (1977). Das Alter (in 1,3 m Höhe) beträgt etwa 110 Jahre. In der Oberschicht (über 10 m Höhe) stehen 1760 Fichten, 230 Tannen sowie 230 Aspen und Birken, insgesamt 2230 Bäume/ha. Im dichtgeschlossenen linken Teil des Profils sind es sogar 2800 Bäume. Die h/d-Werte liegen überwiegend zwischen 90 und 125, sind also ausserordentlich hoch. Bei geringer Wärme und wenig Licht ist die Zersetzung der abfallenden Nadeln sehr schlecht; es kommt zur Anreicherung von Rohhumus. Brechen einige Bäume zusammen, so samt sich hier sofort die schattenertragende Tanne an (*Abbildung 19*).

Die dicht aufgewachsenen Fichten-Urwälder in diesem Gebiet sind in der Optimal- und Altersphase sehr labil und wenig widerstandsfähig gegen Schnee

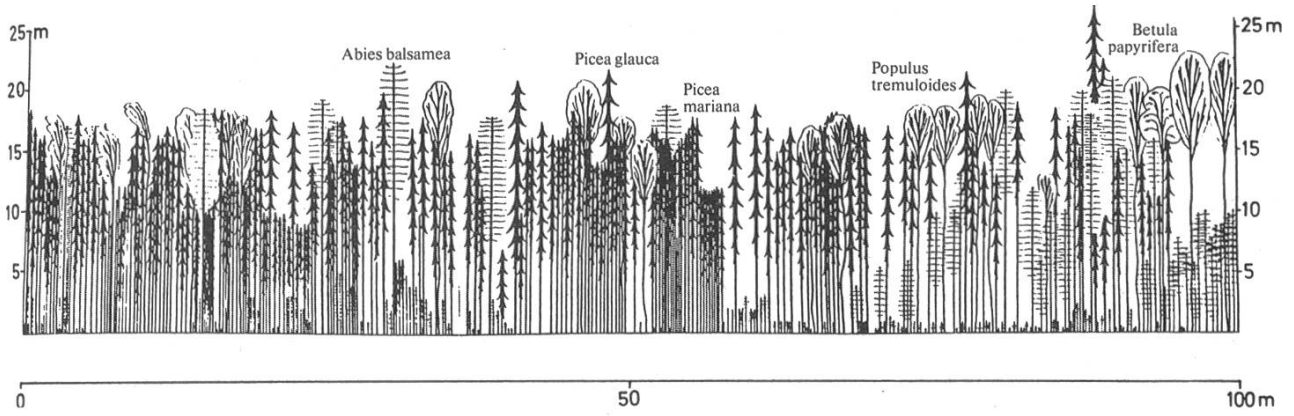


Abbildung 1. Profil eines borealen Fichten-Tannen-Pappel-Urwaldes. Alter (in 1,3 m) bis 110 Jahre.

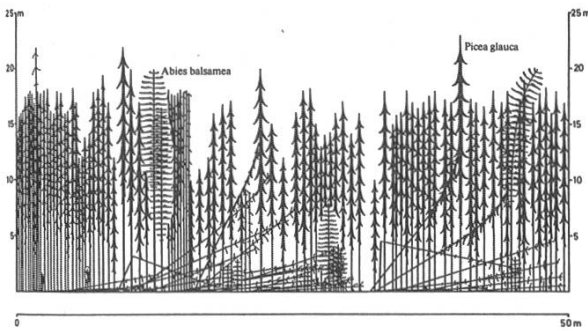


Abbildung 2. Sturmschaden in einem dicht aufgewachsenen Fichten-Urwald in Saskatchewan/Kanada.

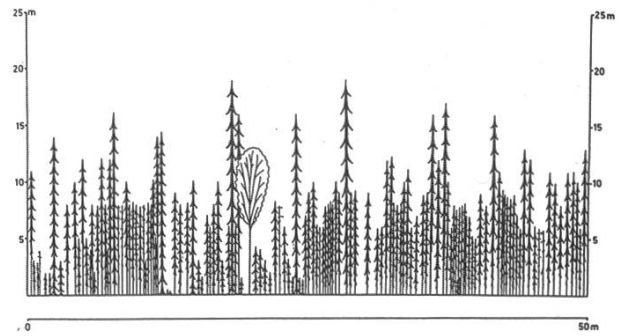


Abbildung 3. Zweistufiger Fichten-Urwald aus Weissfichte in der Oberschicht und Schwarzfichte in der Unterschicht.

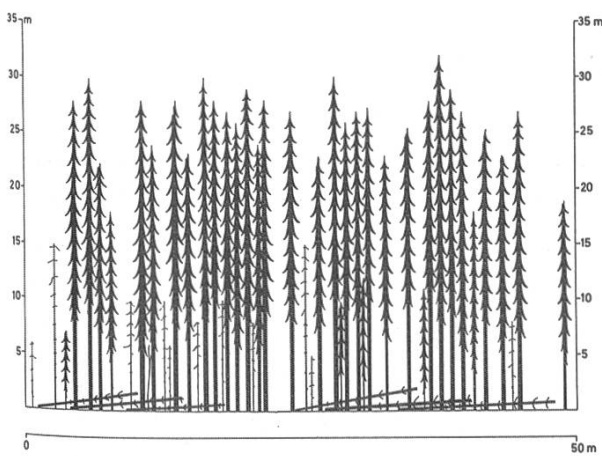


Abbildung 4. 150jähriger Fichten-Urwald (*P. glauca*) in Alaska.

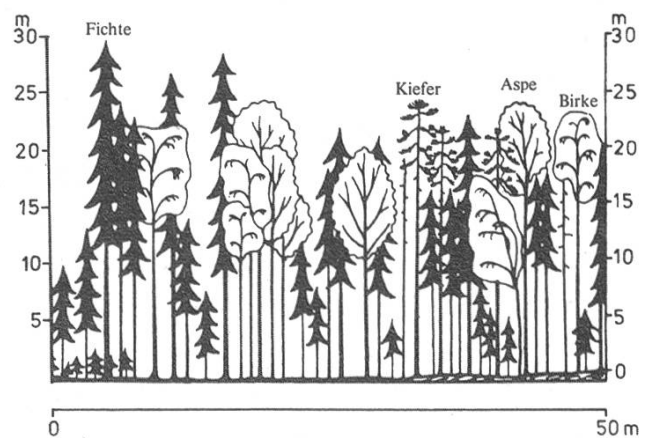


Abbildung 5. Nach einem Waldbrand entstandener 160jähriger fichtenreicher Urwald im Nationalpark Pyhä-Häkki, Finnland.

und Sturm (*Abbildung 2* und *Abbildung 20*). Sie haben keineswegs die Stabilität, die man bei uns vielfach von einem natürlich erwachsenen Wald erwartet.

Dies gilt nicht nur für boreale Fichtenwälder. *Köstler* (1959) hat dies nach einer Bereisung der Tannen-Urwälder im Saint-Laurent-Gebiet von Quebec/Kanada auch für diesen Urwald-Typ festgestellt (Übersetzung aus dem Französischen): «In Europa neigt man dazu, die durch Schnee, Wind und Borkenkäfer verursachten Schäden in den Nadelholzbeständen als unglückliche Folgeerscheinungen der Tatsache zu betrachten, dass man sich von den natürlichen Bedingungen entfernt. In den Balsamtannenwäldern, die jedoch einem natürlichen Lebensrhythmus gehorchen, stellt man das Vorhandensein all dieser Erscheinungen fest. Es gibt wahrscheinlich keine günstigeren Vergleichsmöglichkeiten als diese Wälder im Hinblick auf alle den Wald im allgemeinen bedrohenden Schäden.»

Das Profil in *Abbildung 3* wurde in den Nordwest-Territorien nördlich des Mackenzie-River bei Fort Providence im Gebiet des Grossen Sklavensees aufgenommen. Wir befinden uns hier in der Waldsektion «Northwestern Transition» nach Rowe (1977). Hier bei 62° nördlicher Breite nimmt die Zahl der Baumarten stark ab, Schwarz- und Weissfichten sind die dominierenden Baumarten. In dem aufgenommenen Bestand sind beide Fichtenarten trotz ihrer verschiedenen Standortsansprüche zu etwa gleichen Teilen gemischt. Dadurch entsteht eine stufige Struktur mit etwa 750 Fichten (überwiegend Weissfichten) in der Oberschicht (über 10 m) und etwa 900 Fichten (fast ausschliesslich Schwarzfichten) in der zweiten Schicht (6 bis 10 m). Insgesamt stehen in den beiden Schichten etwa 1600 Fichten und etwa 20 Aspen auf dem Hektar. Im Bestand befinden sich zahlreiche Ablegerkolonien von Schwarzfichten mit nur einigen Quadratmeter grossen Grundflächen. Aus ihnen erwachsen enge Gruppen dicht gestellter Fichten.

Wegen der periodisch wiederkehrenden Waldbrände sind in der borealen Nadelwaldzone Nordamerikas die ältesten Fichten-Urwälder auf Inseln der grossen Flüsse zu finden. Hier werden sie nicht so häufig vom Feuer erreicht. Das Profil in *Abbildung 4* ist auf der Insel Willow Island im Tanana River bei Fairbanks in Alaska aufgenommen. Die Insel ist eine Versuchsfläche des Instituts für Nördliche Forstwirtschaft der US-Forstverwaltung. Es handelt sich um einen etwa 150jährigen reinen Fichten-Urwald aus *P. glauca*. Auf den nährstoffreichen Böden werden Baumhöhen bis 32 m erreicht. Die Stammzahl beträgt 640/ha. Die h/d-Werte liegen zwischen 80 und 100. Die Struktur dieses Fichten-Urwaldes entspricht im wesentlichen der Struktur des Fichten-Wirtschaftswaldes in Mitteleuropa.

*Abbildung 5* zeigt einen etwa gleichalten (160jährigen) fichtenreichen Urwald im Nationalpark Pyhä-Häkki in Südfinnland (62° 50' nördlicher Breite), der nach einem Waldbrand entstanden ist. Stammzahl/ha (über 15 m Höhe): 310 Fichten, 50 Kiefern, 100 Birken, Aspen. Die h/d-Werte liegen zwischen 80 und 100. Die ältesten Teile des Nationalparks sind 350 Jahre alt. Im

fichtenreichen Bestandesteil stellt sich an Stellen, die durch Ausfall von Bäumen aufgelichtet sind, Naturverjüngung ein. Eine Erneuerung des Urwaldes ohne Gesellschaftswechsel deutet sich an.

Den Fichten-Urwäldern in mehr oder weniger ebenem Gelände stellen wir nun einige Bestandestypen in Gebirgen gegenüber, wobei für die Aufnahme der Profile Verebnungen bzw. leicht geneigte Hänge gewählt wurden.

Der grösste urwaldnahe Fichtenwald in Norwegen befindet sich im Nationalpark Ormtjernkampen Villmark. Ein in 900 m Seehöhe aufgenommenes Profil (*Abbildung 6*) veranschaulicht die lichte Stellung dieses skandinavischen Bergfichtenwaldes. Stammzahl/ha: 350 bis 400 Fichten, 30 bis 50 Birken, h/d-Werte bis auf 50 bis 60 herabgehend. Nach *Hanisch* (1983) liegt das durchschnittliche Baumalter in der Zerfallsphase bei 157 Jahren. Nach seinen Untersuchungen steht der Anteil der Birke an der Verjüngung in Beziehung zur Grösse der Verjüngungsfläche in der Zerfallsphase: bei 50 m<sup>2</sup> beträgt er rund 10 %, bei 100 m<sup>2</sup> etwa 20 %, bei 200 m<sup>2</sup> etwa 50 % und bei 300 m<sup>2</sup> rund 80 %. In diesem Wald genügen also schon relativ kleine Zerfallsflächen, um einen Gesellschaftswechsel in Gang zu bringen.

In Nordamerika sind in den Rocky Mountains die Perioden ohne Feuer noch länger als auf den Flussinseln. Rowe (1977) nennt den subalpinen Wald in den kanadischen Rocky Mountains den «mountain counterpart», das Berggegenstück des borealen Waldes. *Abbildung 7* zeigt ein Profil in 2100 m Seehöhe am Sunwapta-Pass im Jasper-Nationalpark/Kanada. Es handelt sich um einen reinen Fichten-Urwald aus *Picea engelmannii*. Das Alter der stärksten Bäume beträgt über 350 Jahre. Die ältesten bisher in den Rocky Mountains gefundenen Engelmanns-Fichten hatten ein Alter von 500 Jahren. Dieses Alter dürfte von einigen Bäumen dieses Waldes erreicht werden. Stammzahl/ha in der Ober-schicht (über 12 m): 310 lebende, 30 abgestorbene Fichten. H/d-Werte der herrschenden Fichten 60 bis 33, überwiegend zwischen 40 und 50. Die Bestandesstruktur ist sehr stabil. Auffallend ist die geringe Differenzierung in der Ober-schicht, es fehlt eine Mittelschicht. In den Lücken entwickeln sich Fichtenrotten von geringen Grundflächen.

Mit den *Abbildungen 8* und *9* sind noch zwei Fichtenprofile aus dem Changbai-Gebirge in Nordost-China und aus dem Himalaja in Nepal beigelegt.

Das Profil in China wurde an den Hängen des Vulkans Bai-tou-Shan in der Provinz Jilin nahe der nordkoreanischen Grenze aufgenommen. Hier befindet sich eines der grössten Naturschutzgebiete Chinas. Seehöhe des Profils 1640 m. Als Fichtenart dominiert in dieser Höhenlage die *Picea jezoensis* (in tieferen Lagen *Picea koraiensis*), vertreten mit 460 Bäumen/ha, die Tanne (*Abies nephrolepis*) mit 640 und die Birke mit 200 Bäumen/ha. Alter des Bestandes bis rund 300 Jahre. Bei hohem Tannenanteil ist die Bestockung im Hinblick auf die Höhenlage relativ dicht. Der Mittelwert der h/d-Werte der Fichtenoberschicht beträgt 98. Der Bestand weist eine kompakte Struktur auf und vermittelt trotz der hohen Stammzahl den Eindruck guter Stabilität.

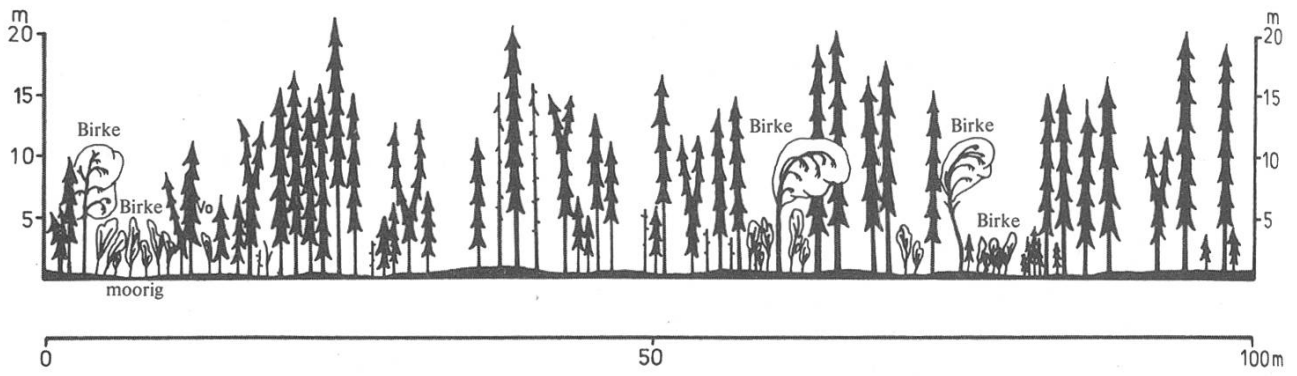


Abbildung 6. Subalpiner Fichtenwald im Nationalpark Orntjernkampen/ Norwegen.

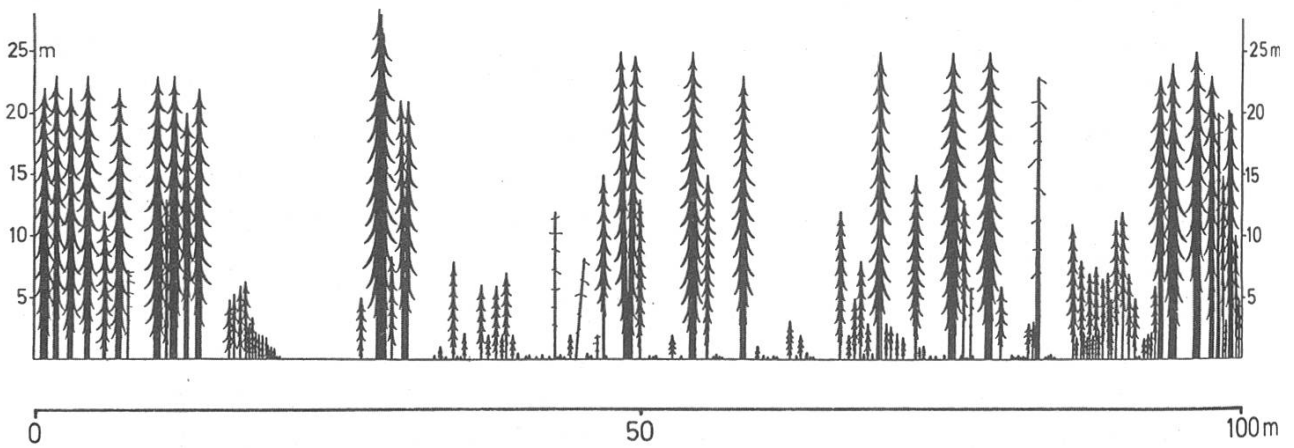


Abbildung 7. Subalpiner Fichten-Urwald im Jasper-Nationalpark/Kanada.

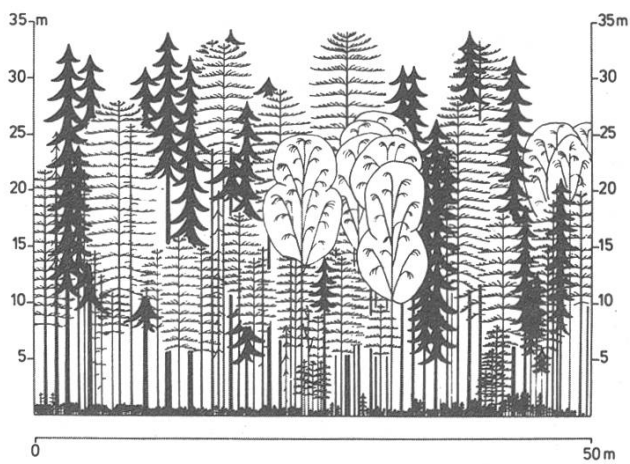


Abbildung 8. Fichten-Tannen-Urwald im Changbai-Gebirge in Nordost-China.

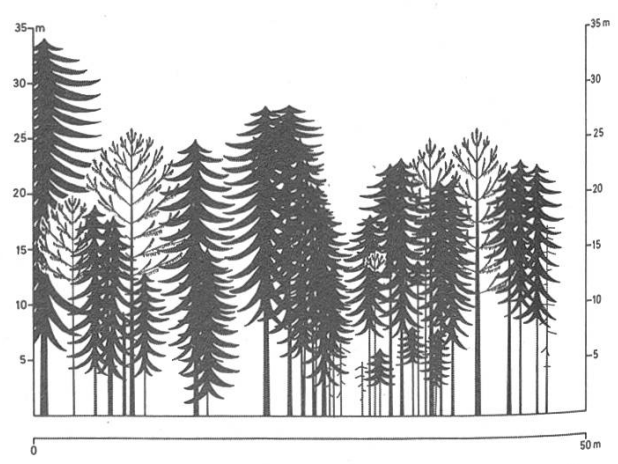


Abbildung 9. Fichten-Kiefern-Urwald im Himalaja, Rara Lake Nationalpark/Nepal.

Das letzte Fichtenprofil stammt aus dem Himalaja, und zwar aus dem Rara Lake Nationalpark in Westnepal. Seehöhe des Profils 3000 m. Das durchschnittliche Alter beträgt etwas über 70 Jahre. Vom 50-m-Profil auf 1 ha umgerechnet stehen in der Baumschicht 600 Fichten (*Picea smithiana*) und 100 Kiefern (*Pinus wallichiana*). Vereinzelt starke Bäume, sonst herrschen mittlere Durchmesser vor. Die h/d-Werte liegen zwischen 50 und 112, im Mittel bei 79. Profilaufnahme D. Schmidt-Vogt.

In der UdSSR wurden in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Untersuchungen über Struktur und Dynamik natürlicher Fichtenwälder durchgeführt. Hierzu nur einige wenige Beispiele:

Die Fichtenwälder im Flussgebiet der Vychegda, Komi ASSR, westlich des Urals, hat *Dyrenkov* (1967) eingehend untersucht. Die Fläche der Fichtenwälder beträgt hier 3,7 Mio ha. Die natürliche Altersgrenze der Fichte liegt in dieser Region etwa bei 400 Jahren. *Dyrenkov* scheidet 3 Gruppen aus:

1. Absolut ungleichaltrige Wälder. In ihnen sind alle Altersstufen vom Sämling an vertreten. Für ihre Bildung ist Voraussetzung, dass mindestens 5 Jahrhunderte lang keine Feuer oder andere Katastrophen die Entwicklung gestört haben.
2. Relativ ungleichaltrige Wälder. Die Altersdifferenzierung ist hier nicht sehr ausgeprägt, der absolute Altersunterschied der Bäume liegt gewöhnlich unter 200 Jahren, die herrschende etwa gleichaltrige Generation macht 50 bis 90 % des ganzen Bestandes aus.
3. Bedingt gleichaltrige Wälder. Hier beträgt die Altersdifferenz nicht mehr als 40 Jahre. Diese Bestände sind nach Brand, Windwurf oder anderen Katastrophen unter dem Schutz von Birken und Aspen entstanden.

Die relativ ungleichaltrigen Wälder dominieren mit etwa 60 % der Gesamtfläche dieses Waldgebietes.

In Sibirien, im Gebiet der Angara, stellt *Krauklis* (1975, zitiert nach *Walter* und *Breckle* 1983) folgende zyklische Phasen fest: eine aktivierte Phase mit positivem Phytomassezuwachs (= Verjüngungs- und Jugendphase), eine normale (= Optimalphase) und eine stagnierende mit Abnahme der Phytomasse (= Alters- und Zerfallsphase).

Struktur und Dynamik der Fichtenwälder (*Picea jezoensis*) auf der Halbinsel Kamchatka haben *Man'ko* und *Vorošilov* (1978) untersucht. Sie unterscheiden nach der Altersstruktur folgende Fichtenwaldtypen: gleichaltrig – bedingt gleichaltrig – bedingt verschiedenaltrig – absolut verschiedenaltrig.

Die gleichaltrigen Fichtenbestände entstehen im allgemeinen nach Brand oder nach Ablagerungen von Trockenflüssen. Sie bilden sich unter dem Schirm von Laubbaumarten oder der Lärche.

Die Gleichaltrigkeit eines nach Waldbrand entstandenen Fichtenbestandes erhält sich jedoch im allgemeinen nur kurz. Das Ankommen einer neuen Fichtengeneration beginnt mit dem Zeitpunkt der ersten Fruktifikation dieses



Waldes. Dieses Altersintervall ist charakteristisch für den stufig-verschiedenalterigen Waldtyp. Mit dem Ausfall kurzlebiger Laubbaumarten und dem Absterben einzelner Lärchen und Fichten erhalten einige Bäume der jungen Generation die Möglichkeit, in die obere Schicht aufzusteigen. Es kommt zur Bildung von verschiedenalterigen Beständen, wobei sich die Altersamplitude ständig vergrößert. In den untersuchten Beständen schwankt das Alter der Bäume zwischen 100 und 200 Jahren.

Die Bildung absolut verschiedenalteriger Bestände kommt dadurch zustande, dass stetig alte Generationen durch jüngere ersetzt werden. Dieser Prozess geht zeitlich ungleichmässig vor sich, zeichnet sich räumlich durch grosse Mosaikartigkeit aus und hängt ab von der Intensität des natürlichen Zerfalls der alten Generation. Die Entstehung dieses Typs von Altersstruktur dauert im allgemeinen mindestens 350 Jahre. Ein zyklisches Auftreten dieses Typs wurde nicht festgestellt.

### Dynamik des borealen Fichtenwaldes

Die Dynamik des borealen Nadelwaldes ist in Nordamerika und in Sibirien geprägt durch das Feuer, durch Waldbrände. In Kanada wie in Alaska ist der Blitzschlag mit 78 % die häufigste Brandursache. Die vom Feuer induzierten Rotationszyklen sind im trockenen Westkanada und in Alaska mit 50 bis 200 Jahren am kürzesten, in Ostkanada betragen sie 400 Jahre. In den subalpinen Wäldern der nördlichen Rocky Mountains variiert der Jahreszyklus der Waldfeuer mit Seehöhe, Exposition und Vegetation. Hier werden 400 Jahre auch überschritten.

Die Entwicklung nach Feuer veranschaulichen die *Abbildungen 10 bis 12*. Nach Feuer folgt meist eine Flora mit *Epilobium angustifolium*, in Nordamerika Feuerkraut genannt, das zusammen mit Licht und Wärme mitwirkt, die Nadelstreu des vorhergehenden Nadelwaldes zu zersetzen (*Abbildung 10*).

Anschliessend oder auch gleichzeitig findet sich vielfach ein Anflug von Aspe, anderen Pappelarten oder Birke ein, es kommt zu einem Baumartenwechsel (Anfangswald). Die lichte Beschattung und der Blattabfall tragen ebenfalls dazu bei, die Zersetzung der Nadelstreu zu verbessern. Nach etwa 50 bis 80 Jahren kommen unter den Pionierbaumarten allmählich Fichte und Tanne, die Schattbaumarten des Schlusswaldes, an (*Abbildung 11*).

In den folgenden Jahrzehnten wird das Stadium des Zwischenwaldes erreicht (*Abbildung 12*). Fichte und Tanne sind hochgewachsen, erreichen die Kronenhöhe der Aspen und Birken, und da diese Baumarten nicht alt werden, brechen sie allmählich zusammen und können sich unter dem Schatten der Fichten und Tannen nicht mehr verjüngen. Auf diese Weise kommen wir zum Schlusswald, und zwar zur Optimalphase, die in diesem Fall nur aus Fichten und Tannen besteht.



Abbildung 10. Nach einem Waldbrand findet sich vielfach *Epilobium angustifolium* (in Nordamerika Fireweed, Feuerkraut, genannt) ein. Es wirkt mit, die Rohhumusschichten aufzuzehren. Nordwest-Territorien/Kanada.



Abbildung 11. Unter dem Schirm des auf einen Waldbrand folgenden Anfangswaldes aus Aspe kommen allmählich wieder Fichten und Tannen an.



*Abbildung 12.* Zwischenwald-Stadium. Die Fichte schiebt sich allmählich in das Kronendach der Aspe ein. Etwa ab Alter 100 Jahre beginnen die Aspen abzusterben. Der Schlusswald mit Fichte (Tanne) entsteht.

Die Baumartenzusammensetzung der auf Brand folgenden Sukzessionen kann aber auch anders aussehen. Sie wird von vielen Faktoren beeinflusst. Selbstverständlich vom Standort, aber auch in hohem Masse von denjenigen Baumarten, die in unmittelbarer Nähe der Brandfläche stehen und die nach dem Brand als erste fruktifizieren. Am grössten ist die Variation der möglichen Sukzessionen auf mittleren Standorten, die den ökologischen Ansprüchen mehrerer Baumarten entsprechen. Die Variationsbreite wird um so mehr eingeengt, je extremer die Standortbedingungen sind (zum Beispiel sehr trocken oder sehr nass).

Die Dynamik der Fichtenwald-Ökosysteme ist in *Abbildung 13* skizziert. Hier wird zum Ausdruck gebracht, dass im Kreislauf die Sukzession dominiert. Folgt keine erneute Störung durch Feuer, kommt nach Erreichen des Schlusswaldstadiums der «kleine Kreislauf», der Wechsel der Entwicklungsphasen in Gang. Dieser «kleine Kreislauf» ist jedoch in der borealen Nadelwaldzone selten vollständig zu finden. Früher oder später läuft wieder ein Feuer über die Fläche und der «grosse Kreislauf» mit verschiedenen Sukzessionen beginnt von neuem.

Einige mögliche Sukzessionsfolgen in Alaska und in den Rocky Mountains zeigen die *Abbildungen 16* und *17*. In Alaska (*Abbildung 16*) ist auf nass-kalten

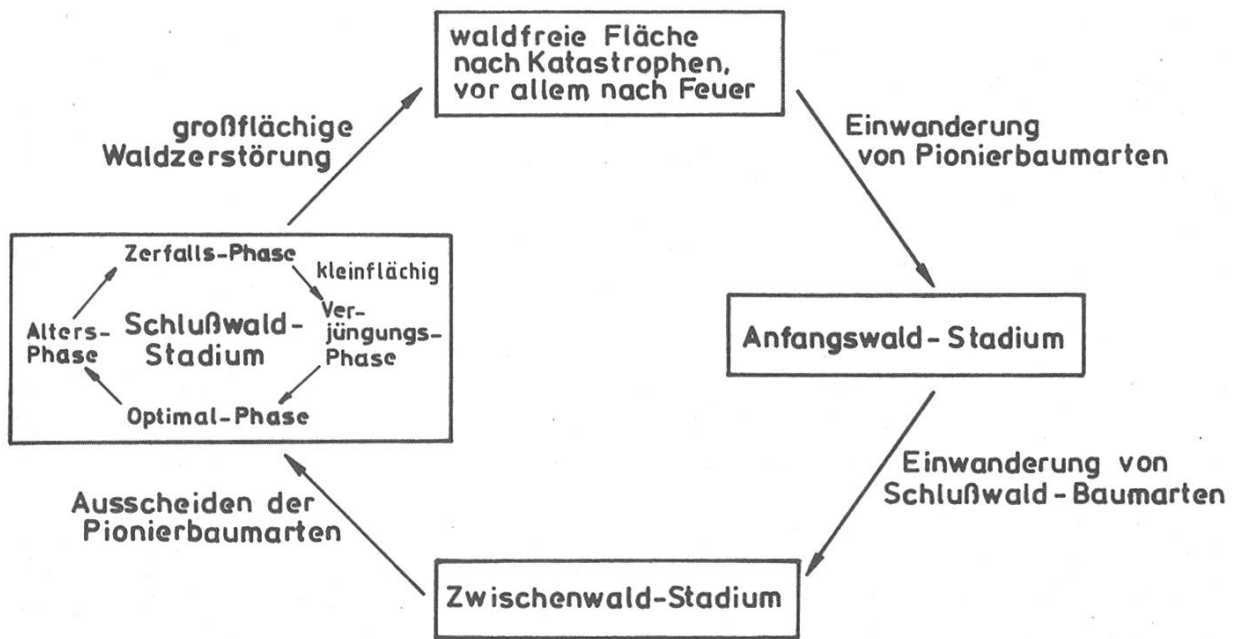


Abbildung 13. Sukzessions-Stadien und Phasenwechsel im borealen Nadelwald. Nach *Thomasius* 1980, verändert.

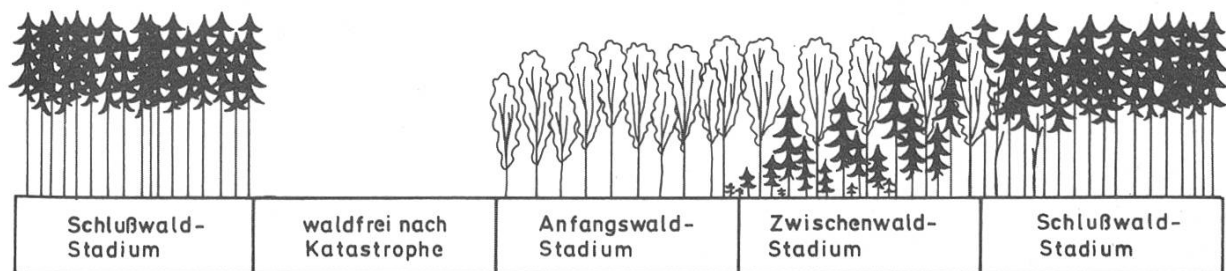


Abbildung 14. Sukzessions-Stadien im borealen Fichtenwald.

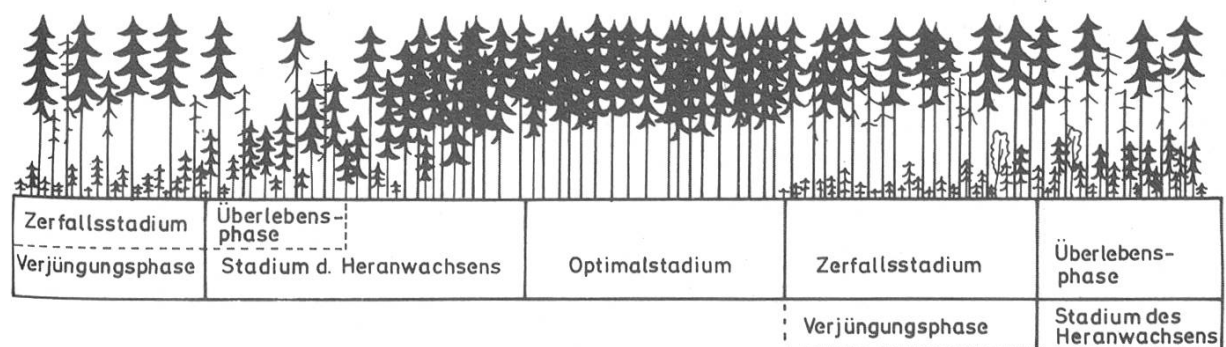


Abbildung 15. Phasenwechsel im Fichtenbergwald der Slowakei (Seehöhe 1200 bis 1400 m). Nach *Korpel* 1979.

Standorten, die längere Zeit vom Feuer verschont geblieben sind, zu beobachten, dass auf einen Wald von Weissfichten (*P. glauca*) die weniger anspruchsvolle Schwarz- oder Moorfichte (*P. mariana*) folgt und auf sie das Moor. Bedingt durch die kurze Vegetationsperiode und die geringe Wärme häufen sich im Fichtenwald mehr Streu und Rohhumus an als von den Bodenorganismen abgebaut werden kann. Der Fichtenwald verschlechtert seinen Standort kontinuierlich so lange, bis er zum Schluss in Rohhumus erstickt. Unter den Klimabedingungen des hohen Nordens kann es also zu einem Alterungsprozess der Fichten-Schlusswaldgesellschaft und zu deren Vergehen kommen. Die Finnen nennen dies nach *Sarvas* (1959) den Selbstmord der Natur. Erst wenn ein Feuer über die Fläche gelaufen ist, das die Rohhumusdecke beseitigt, wird der Beginn einer Wiederbewaldung ermöglicht. Durch eine immer wieder neu verursachte Aufeinanderfolge von Waldstadien – vom Anfangswald bis zum Nadel-Schlusswald – wird der Energiefluss immer wieder neu in Bewegung gebracht und eine dauerhafte Bindung der Nährstoffe in Rohhumus verhindert.

*Morosow* hat sich bereits 1912 in seiner «Lehre vom Walde» (deutsche Übersetzung herausgegeben von Rubner 1928) in einem eigenen Abschnitt mit der «Dynamik» des Waldes und den Wandlungen des Waldes durch Baumartenwechsel befasst. Die Sukzession nach Feuer ist hier unter der Überschrift «Ablösung der Fichte durch Birke und Aspe» meisterhaft beschrieben. *Morosow* spricht in diesem Zusammenhang vom Kreislauf der gegenseitigen Beziehungen zwischen der Fichte und ihren Laubholzbegleitern bei Störung des im Wald herrschenden Gleichgewichtes. Er weist darauf hin, dass diese Umwandlung auf Gegenseitigkeit beruht: die Fichte wird von Laubhölzern abgelöst, die ihrerseits wieder von der Fichte bedrängt werden.

### Folgerungen

Was sind nun die Gesetzmässigkeiten dieser Fichten-Urwälder und was können wir für den Umgang mit der Baumart Fichte in unserem Gebiet aus diesen Gesetzmässigkeiten lernen?

Beschränken wir uns hinsichtlich der Bestandesstruktur des Fichten-Urwaldes auf die Optimal- und frühe Altersphase, die etwa dem hiebsreifen Fichtenbestand im Wirtschaftswald entspricht, so lassen sich zwei Gruppen von Fichten-Urwaldungen unterscheiden:

1. Bestände auf wuchskräftigen Standorten: hier erreichen die Fichten grössere Baumhöhen, und die Stammzahl ist sehr hoch. Der horizontale Kronenschluss führt zur Kronenverkürzung, oftmals unter die Hälfte der Baumhöhe und zu sehr schlanken Stämmen. Die h/d-Werte liegen durchwegs über 80. In der Optimalphase sind die Fichten-Urwaldungen sehr labil und wenig widerstandsfähig gegen Schnee und Sturm (*Abbildungen 1 und 2*).

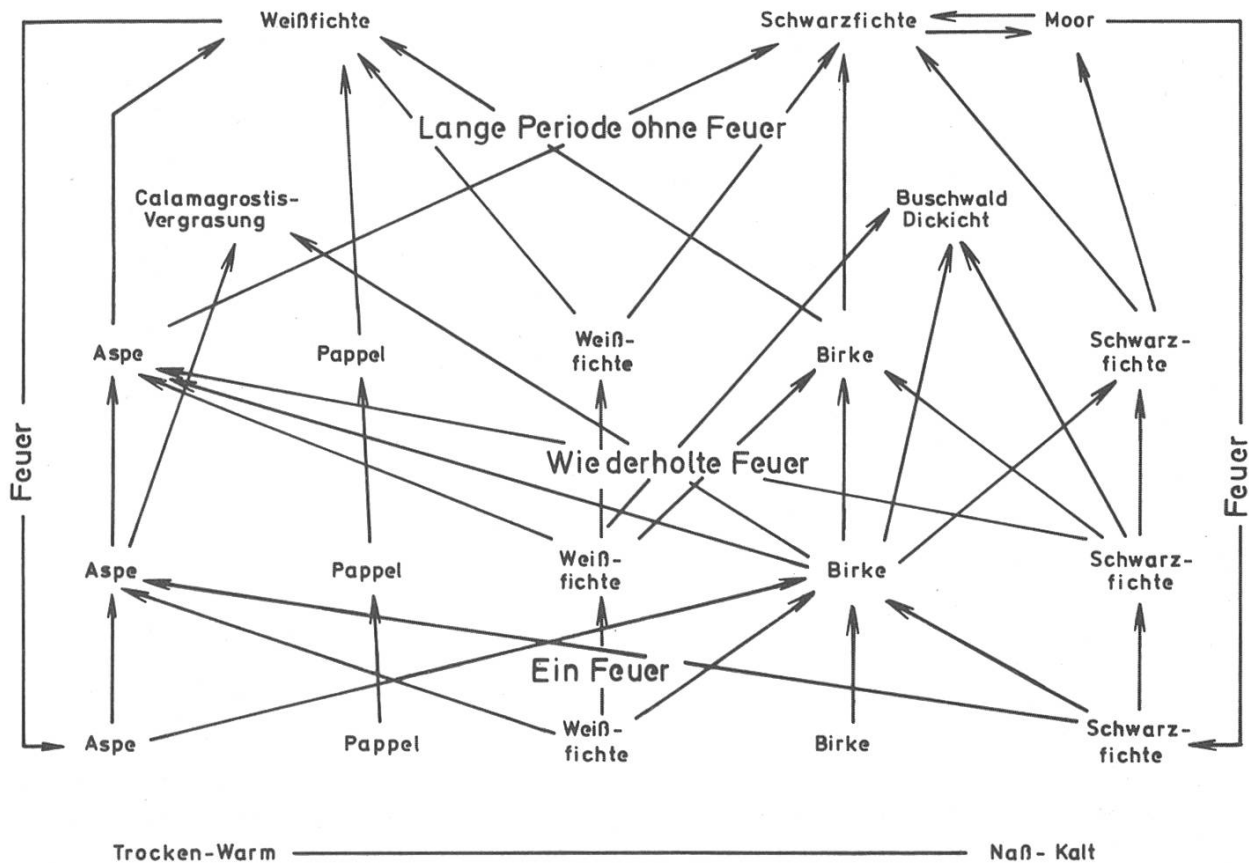


Abbildung 16. Modell möglicher Sukzessionen nach einem Feuer, nach wiederholten Feuern und nach einer langen Periode ohne Feuer im Innern von Alaska. Nach Viereck und Schandelmeier 1980.

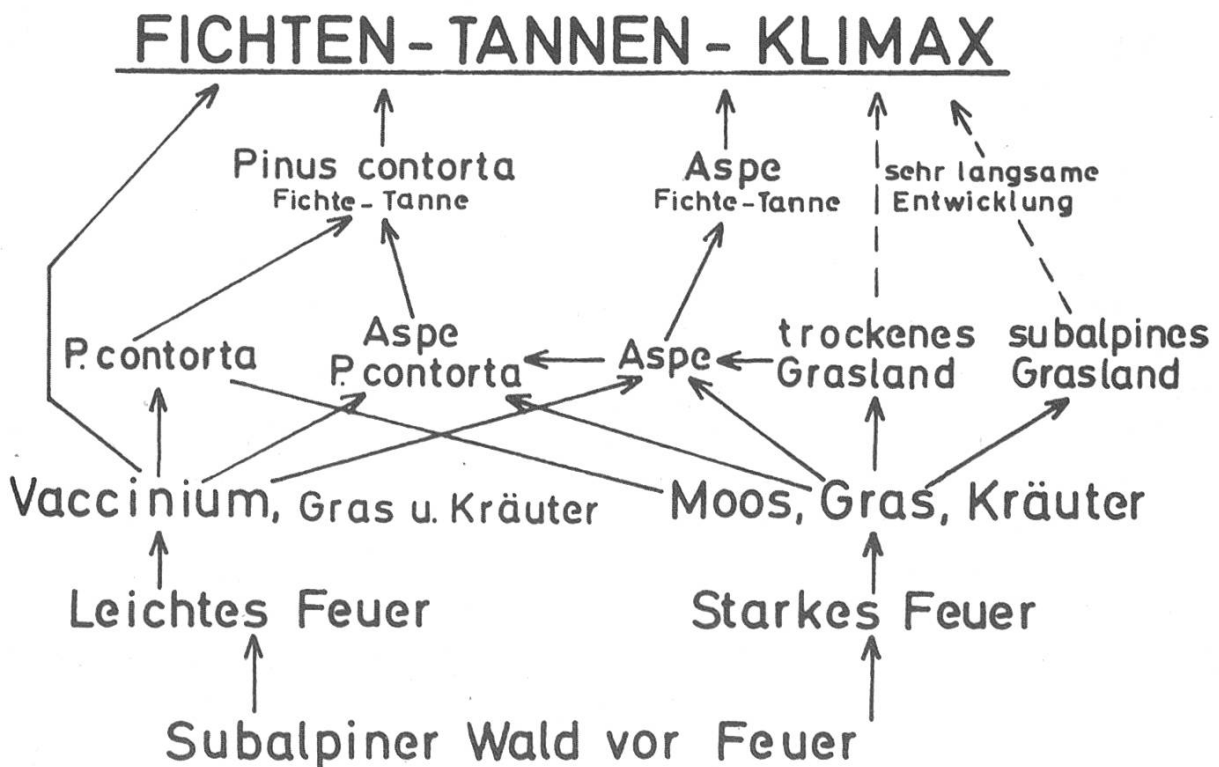


Abbildung 17. Sukzessionen von subalpinen Wäldern in den zentralen und südlichen Rocky Mountains nach Feuer. Nach Stahelin 1943 aus Alexander 1974.



Abbildung 18. Fichten-Tannen-Pappel-Urwald in Saskatchewan/Kanada. Profil in *Abbildung 1*. Der Bestand ist dichtgeschlossen, so dass kaum Licht auf den Boden kommt.

2. Bestände in grösserer Meereshöhe, in höherer geographischer Breite oder auf geringen Standorten: hier erreichen die Fichten keine grossen Baumhöhen, die Stammzahl ist wesentlich geringer, so kommt es zu abholzigen Stämmen mit niedrigen  $h/d$ -Werten, meist unter 80. Bei hoher Stabilität des Einzelbaumes ist der ganze Wald stabil (*Abbildungen 6 und 7*).

Zwischen diesen beiden Gruppen stehen bei den hier gezeigten Profilen Mischungen mit Tanne (Profil 8, China), bei denen mit hoher Stammzahl zwar nur  $h/d$ -Werte zwischen 90 und 100 erreicht werden, die aber dank ihres Tannenanteils doch den Eindruck einer ausreichenden Bestandesstabilität vermitteln.

Bleiben wir beim reinen Fichten-Urwald, so werden stabile Bestandesstrukturen also dann erreicht, wenn die Bäume von Jugend an nicht so dicht aufwachsen. Nur durch ausreichende Baumabstände können  $h/d$ -Werte um und unter 80 erreicht werden, die eine höhere Resistenz der Krone und des Stammes gegen Schneedruck gewährleisten. Auch die Sturmstabilität des Fichtenbestandes wird durch weitständigeres Heranwachsen der Bäume und damit Erhöhung ihrer Standfestigkeit gefördert.

Die relativ stabilen Fichten-Urwälder der zweiten Gruppe bestätigen die



Abbildung 19. Beginnende Zerfallsphase im gleichen Bestand, die schattenertragende Tanne samt sich an.

Richtigkeit neuzeitlicher Behandlungsprogramme für die Fichte, die durch geringere Ausgangsdichten bzw. weitere Pflanzabstände und frühe kräftige Durchforstungseingriffe in den jungen Beständen gekennzeichnet sind.

Wir streben dabei eine möglichst gleichmässige Durchgitterung der Bestände mit starken stabilen Bäumen an. Rottenstrukturen gewinnen erst im Bereich der Waldgrenze an Bedeutung. Dort sind sie vor allem auch bei der Begründung von Beständen zu beachten.

Die Dynamik der Nadelwald- und hier insbesondere der Fichtenwald-Ökosysteme in der borealen Nadelwaldzone zeigt, dass dieses System nur dann stabil ist, wenn der Energiefluss in Gang gehalten oder immer wieder neu in Bewegung gebracht und eine Bindung der Nährelemente in Rohhumus verhindert wird. Wichtigstes Ziel eines Fichtenwaldbaus muss also die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Verhinderung der Akkumulierung von Rohhumus sein. Unter günstigen klimatischen und standörtlichen Bedingungen wird dieses Ziel in der Natur durch die Dauermischung der Fichte mit anderen Baumarten erreicht. Die Notwendigkeit, auf den entsprechenden Standorten den reinen Fichtenwald in Mischwald umzuwandeln, ist seit langem erkannt.

Erscheint im Fichten-Wirtschaftswald eine Dauerbeimischung von Baumarten mit bodenpflegenden Eigenschaften nicht möglich oder nicht zweck-





Abbildung 20. Fichten-Tannen-Urwald in Saskatchewan nach einem Sturm. Profil in *Abbildung 2*.

mässig, so ist zwischen den Nadelholz-Generationen die Zwischenschaltung einer Art Waldbrache mit Pionier-Laubbaumarten oder aber ein Baumartenwechsel ernsthaft zu prüfen. Wenn wir vom Urwald wirklich lernen wollen, dann sollten wir vor allem auch den im borealen Urwald periodisch sich vollziehenden Gesellschaftswechsel in unsere waldbauliche Planung einbeziehen.

Für den Zwischenanbau ist die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) sicher eine besonders wertvolle Baumart. In weiten Gebieten der Verbreitung der Sitka-Fichte in Nordamerika wird nach Sturm- oder Brandkatastrophen der Anfangswald aus Erle, hier *Alnus rubra*, gebildet.

Die schon erwähnten Untersuchungen im Nationalpark Ormtjernkampen in Norwegen im subalpinen Fichten-Urwald (*Hanisch* 1983) haben gezeigt, dass im dortigen Gebirge in der Zerfallsphase des Urwaldes schon relativ kleine Flächen genügen, um den Gesellschaftswechsel in Gang zu bringen. Zugleich wird auf diesen Flächen durch mehr Wärme am Boden eine bessere Zersetzung des Rohhumus erreicht.

Im Gebirgsfichtenwald der Alpen entspricht diesen Flächengrößen die Gruppen-Plenterung bzw. der gruppenweise Femelschlag zur Wiederverjüngung der Fichte. Wir sind uns darüber im klaren, dass wir im borealen Nadelwaldgebiet andere standörtliche Bedingungen haben als in Mitteleuropa und dass es sinnvoller wäre, solche Untersuchungen im eigenen Land durchzuführen.

ren. Aber wir haben nun einmal in Mitteleuropa keine grossflächigen Fichten-Urwälder mehr und können daher hier keine vergleichbaren Studien durchführen.

Wir sind uns also der Problematik dieser Studien voll bewusst, glauben aber doch, dass es für unseren Fichten-Waldbau nützlich ist, eine gewisse Vorstellung von den natürlichen Fichtenwald-Ökosystemen zu haben, die in der borealen Nadelwaldzone rings um die Erde seit Jahrtausenden bestehen.

## Résumé

### Structure et dynamique des forêts d'épicéa naturelles dans la zone des forêts résineuses boréales

Suite à la dévastation des forêts de ces derniers siècles, de vastes peuplements purs d'épicéa ont été replantés en Europe centrale. En Allemagne fédérale l'épicéa occupe aujourd'hui 42 % de la surface boisée. A cette époque, des éléments essentiels de la forêt résineuse boréale ont alors été introduits en Europe centrale: pauvreté en espèces, peuplements purs et équiennes. A présent nous apprenons à connaître les désavantages de ce type de forêt.

Dans la zone boréale des forêts résineuses, il existe pourtant depuis très longtemps des écosystèmes de pessières naturelles constants, sains et sans influence pernicieuse sur l'environnement.

Pour obtenir les bases d'un traitement sylvicole optimal de la forêt d'épicéa, la structure et la dynamique de la pessière originelle ont fait l'objet de recherches, surtout en Scandinavie, au Canada et en Alaska. De plus, les forêts vierges d'épicéa en Union Soviétique ont également été étudiées au travers de la littérature.

En ce qui concerne leur structure, on peut distinguer deux groupes de peuplements originels d'épicéa:

1. Peuplements sur des surfaces de bonne fertilité, dense avec des arbres de grande hauteur et un coefficient d'élanement  $h/d$  élevé. Ils sont très labiles durant la phase optimale.
2. Peuplements sur des surfaces à croissance réduite, moins dense et à faible coefficient d'élanement. La grande stabilité de l'arbre individuel est à l'origine de la stabilité de toute la forêt.

La dynamique de la forêt résineuse boréale est déterminée par le feu. Par la succession des différentes phases — de la forêt initiale à la forêt résineuse terminale — sans cesse renouvelées, le flux d'énergie est toujours remis en circulation et une liaison permanente des matières nutritives sous forme d'humus brut est empêchée.

Les conclusions tirées des résultats de ces recherches sont soumises à la discussion.

## Literatur

- Alexander, R. R.*, 1974: Silviculture of subalpine forests in the central and southern Rocky Mountains: the status of our knowledge. USDA For. Serv. Res. Pap. RM-121.
- Dyrenkov, S. A.*, 1967: Vozrastnaja struktura i stroenie nekotorych tipov elovych lesov bassejna reki Vyčegdy (russ., Altersstruktur und Aufbau einiger Fichtenwaldtypen des Vyčegda-Flussbeckens). In: Dyrenkov, S. A., Raznovosrastnye lesa Sibiri, D. Vostoka i Urala (russ.; Ungleichaltrige Wälder Sibiriens, des Fernen Ostens und des Urals), 73–80. Krasnojarsk.
- Hanisch, B.*, 1983: Analyse des naturnahen Fichtenwaldes im norwegischen Nationalpark Ormtjernkampen Villmark. Diss. Univ. Freiburg i. Br.
- Korpel, St.*, 1979: Entwicklung und Struktur der Fichtennaturwälder in der Slowakei sowie ihre Funktionsfähigkeit als Lawinenschutz. Int. Seminar Mountain Forests and Avalanches. Davos 1978. Bern.
- Köstler, J. N.*, 1959: Sapinières du Saint-Laurent. Schweiz. Z. Forstwes. 110, 1–14.
- Krauklis, A. A.*, 1975: Lokale geographische Strukturen der Taiga im Angara-Gebiet (russ.). Berichte Geogr. Inst. Sibir. u. Fern. Osten (Irkutsk) 41, 3–16.
- Leibundgut, H.*, 1978: Über die Dynamik europäischer Urwälder. Allg. Forstz. 33, 686–690.
- Leibundgut, H.*, 1982: Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern, Stuttgart.
- Man'ko, Ju. I.; Vorošilov, V. P.*, 1978: Elovye lesa Kamčatki (russ., Fichtenwälder auf Kamchatka). Izdatel'stvo «Nauka», Moskva.
- Mayr, H.*, 1909: Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Berlin.
- Morosow, G. F.*, 1928: Die Lehre vom Walde. Deutsche Übersetzung von S. u. E. Ruoff; Buchholz. Hrsg. K. Rubner. Radebeul, Berlin.
- Plochmann, R.*, 1956: Bestockungsaufbau und Baumartenwandel nordischer Urwälder, dargestellt an Beispielen aus Nordwestalberta/Kanada. Forstwiss. Forsch. 6, 1–96.
- Rowe, J. S.*, 1977: Forest Regions of Canada. Ottawa.
- Sarvas, R.*, 1959: Der nordische Urwald. Schweiz. Z. Forstwes. 110, 124–135.
- Thomasius, H.*, 1980: Produktivität und Stabilität von Waldökosystemen. Sitzungsber. Akad. Wiss. DDR. Mathematik – Naturwissenschaft – Technik. Nr. 9 N. Berlin.
- Viereck, L. A.; Schandelmeier, L. A.*, 1980: Effects of fire in Alaska and adjacent Canada — a literature review. BLM-Alaska Techn. Rep. 6, U. S. Dep. of the Interior. Anchorage, Alaska.
- Walter, H.; Breckle, S.-W.*, 1983: Ökologie der Erde, Bd. 1: Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. Stuttgart.