Ber. Naturhist. Ges. Hannover	139	31–61	Hannover 1997

Struktur und Dynamik der Berg-Fichtenwälder im Hochharz

von

GERHARD STÖCKER

mit 19 Abbildungen und 2 Übersichten

Zusammenfassung: Die Fichtenwälder in den Kernzonen beider Nationalparke des Hochharzes werden vegetationsökologisch beschrieben und ihre Bestockungsstrukturen waldkundlich charakterisiert. Die seit vielen Jahrzehnten forstlich ungestörten naturnahen Bestände gestatten einen Strukturvergleich mit borealen Nadelwäldern. Es können weitgehend ähnliche Strukturphasen unterschieden werden, die in kontinuierliche oder diskontinuierliche Zyklen der Entwicklungsdynamik eingebunden sind. Die desynchronen Entwicklungszyklen bilden räumliche Muster und lassen sich mit der Mosaik-Zyklus-Theorie interpretieren. Mit der Abfolge der Phasen ändern sich auch die biozönotische Struktur und die ökologische Mannigfaltigkeit. Entsprechend dem hohen Grad struktureller Differenzierung und der Entwicklung sehr wertvoller Habitate kulminiert die Mannigfaltigkeit in der Alters- und Zerfallsphase der Fichtenwälder. Weiterhin werden aus der Sicht der Naturwaldentwicklung Fragen des kritischen Begriffs der Potentiell Natürlichen Vegetation und eines dynamischen pflanzensoziologischen Konzepts für Waldgesellschaften erörtert. Untersuchungen über Bestockungsstrukturen nehmen eine Schlüsselstellung im Monitoring von Entwicklungsprozessen der Fichtenwald-Ökosysteme und bei der Effizienskontrolle von Schutzmaßnahmen ein.

Summary: Structure and Dynamics of Spruce Forests in the Harz Mountains. – This paper gives an ecological description of natural spruce forests mainly distributed in strictly protected areas in the two national parks of the Harz mountains. The structure of the spruce stands which have been unmanaged for many decades can be compared with boreal virgin forests. Just as coniferous virgin forests the close-to-nature spruce forests evolve passing through successive stages or phases of development well distinguished in structure, dynamics, stability and ecological diversity.

The different phases occur adjacent to one another building patterns of desynchronised cycles and may be interpreted by the mosaic-cycle-theory of ecosystems. The biocoenotic struture and diversity alternate with the continuous or discontinuous succession of phases. Corresponding to the high structural differentiation and the development of very valuable habitats the greatest diversity is reached in the phases of ageing and decay. Moreover relations to the critical term "potential natural vegetation" and a more dynamic concept of forest communities are discussed under the viewpoint natural forest development. Studies on stand structures and their dynamics play a key role in the monitoring of development processes in different spruce forest ecosystems and in the efficiency control of protection management.

1. Vegetationsökologische Struktur und Gliederung

In der ursprünglichen Waldvegetation des Hochharzes wurden die bodensauren Fichten-Buchenwälder bei etwa 850–900 m NN von natürlichen Fichtenwäldern abgelöst. Das ursprüngliche und aktuelle Verbreitungsgebiet deckt sich mit den zentralen Hochlagen beider Nationalparks im Naturraum Hochharz. Natürliche edaphische oder orographische Waldgrenzen sind im Randbereich von Mooren, in offenen Blockmeeren und Felsenklippen entwickelt. Dicht unterhalb der Brockenkuppe erreicht der geschlossene Fichtenwald die (subalpine) Höhengrenze der Verbreitung. Niedrigwüchsige, schüttere Fichtengehölze kennzeichnen die Übergangszone zwischen den Fichtenwäldern einerseits, der Moorvegetation, den subalpinen Matten, Zwergstrauchheiden und Felsfluren andererseits. Die Fichtenwälder prägen die hochmontane Stufe der Waldvegetation des Harzes.

Die von ELLENBERG (1986) und WALTER & BRECKLE (1994) beschriebenen allgemeinen ökologischen Bedingungen für das Vorkommen montaner und borealer Fichtenwälder gelten weitgehend auch für die Fichtenwälder des Hochharzes. Vier wichtige ökologische Faktorenkomplexe prägen die standörtliche und vegetationsökologische Differenzierung der Berg-Fichtenwälder:

1. Feinerdeanteil und Verwitterungstiefe der Granitzersatzböden sowie Blockreichtum sind eng mit dem Relief verbunden. Grasreiche Fichtenwälder mit wenigen krautigen Arten sind weitgehend auf die ± tiefgründigen (blockarmen) Verwitterungsböden beschränkt. Die Rhizosphäre wird also von mineralischen Feinböden und aufliegenden Humusschichten gebildet. In den beerstrauch-, moos- und flechtenreichen Block-Fichtenwäldern dagegen, die über zusammenhängenden Blockmeeren, in Blockrinnen und auf Klippen des Granits entwickelt sind, stellen allein die aufliegenden Humusdecken die durchwurzelbare Bodenschicht dar.

2. Standortsfeuchtigkeit und Mikroklima bedingen innerhalb der Reitgras- und Block-Fichtenwälder die Differenzierung in standortsfeuchte bis nasse Ausbildungen, die immer an Torfmoosen in der Bodenvegetation, deren Anteil mit der Vernässung ansteigt, leicht kenntlich sind. Relativ trockene Ausbildungen (ohne Torfmoose) sind meist an süd- bis südwestexponierten, steiler geneigten Hängen verbreitet. Mit der Höhenlage hebt sich diese Differenzierung weitgehend auf, im niederschlagsreichen und kühlen Brockengebiet dominieren allgemein die torfmoosreichen Ausbildungen des Berg-Fichtenwaldes.

3. Lokale Vermoorungen in Plateau-, Sattel- und flach geneigten Hanglagen ermöglichen die Entwicklung von Moor-Fichtenwäldern und Fichtengehölzen. Die durchwurzelbaren Bodenschichten werden von den > 40 cm mächtigen Torfschichten gebildet, das Wurzelsystem der Fichte und der Bodenvegetation ist hier nur flach ausgebildet und konzentriert sich auf die oberen 20–30 Zentimeter. Die Schwerpunkte dieser Standorts- und Vegetationskomplexe liegen naturgemäß im Brocken-Königsberggebiet und im Acker-Bruchberggebiet.

4. Lokalklimatische Unterschiede in den Randzonen des Fichtengebietes mit geringeren Niederschlägen und größerer Sommertrockenheit im Lee des Brockens kennzeichnen beispielsweise das Verbreitungsgebiet des Karpatenbirken-Fichtenwaldes (Zeterklippen-Renneckenberg-Sonnenklippen-Hohnekamm), wo auch die torfmoosfreien (trockneren) Ausbildungen des Reitgras-Fichtenwaldes häufiger sind.

Diese ökologischen Faktorenkomplexe und ihre unterschiedliche Kombination sind in charakteristischer räumlicher Verteilung realisiert und bedingen ihrerseits wieder regelmäßige Muster der Zonierung von Berg-Fichtenwäldern im Hochharz (Abb. 1).

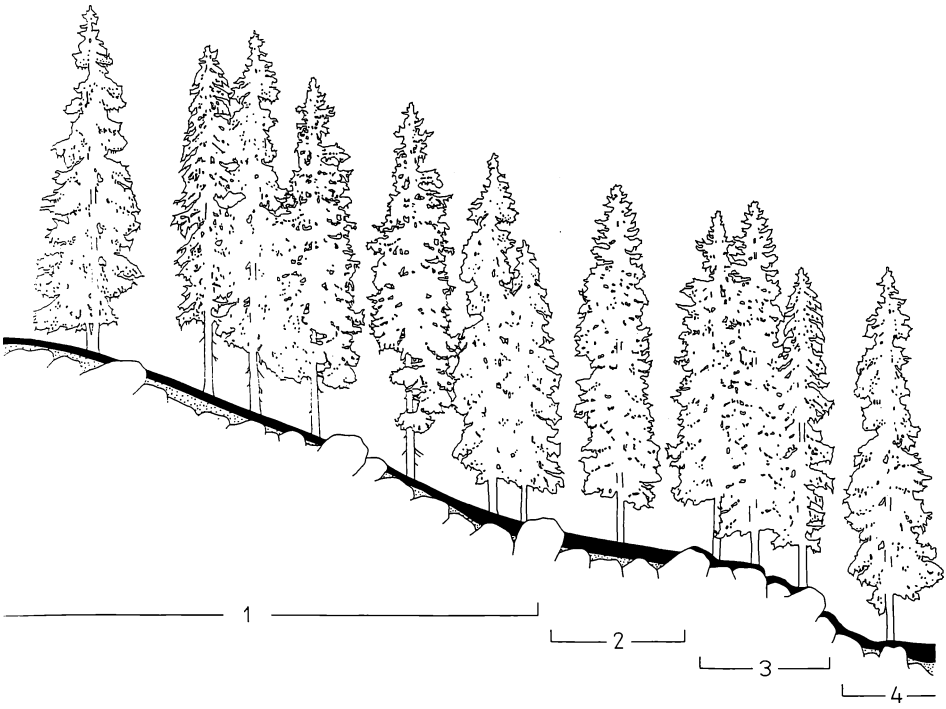


Abb. 1: Häufigste Vegetationszonierung in der Kernzone am Brockenosthang (920–960 m üNN).

1: Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald 2: Wollgras-Moor-Fichtenwald
3: Bärlapp-Block-Fichtenwald 4: Fichten-Bruchwald

Eine Übersicht der allgemeinen ökologischen Bedingungen aus der Sicht der forstlichen Standortserkundung gibt SCHWIETERT (1989), eine ökologische Charakteristik der einzelnen Ausbildungen des Berg-Fichtenwaldes findet sich in STÖCKER (1980 a, b). Die Fichtenwälder der Nationalparks gehören dem Wuchsbezirk Hoher Ober- und Mittelharz (nach SCHWIETERT 1989 für Niedersachsen) bzw. dem Hochharz (nach SCHWANECKE 1992) an. Nur Fichtenforste auf tiefer gelegenen Standorten ehemaliger Fichten-Buchenwälder erreichen die Randzone des Wuchsbezirks Mittelharz.

Dieser Beitrag verfolgt das Ziel, die wichtigsten Ausbildungen der Berg-Fichtenwälder vegetationsökologisch zu beschreiben und sie hinsichtlich ihres Status in der Naturwaldentwicklung zu kennzeichnen. Zur Bestimmung der pflanzensoziologischen Einheiten (Assoziationen) sei auf SCHUBERT et al. (1995) verwiesen.

1.1 Reitgras-Fichtenwälder

Die Baumschicht wird fast ausschließlich von der Fichte aufgebaut, die Eberesche ist sporadisch eingestreut und erreicht nur in den schwachwüchsigen Beständen oberhalb 975 m NN die obere Baumschicht. Birken und Baumweiden sind eher zufällig. Den größten Flächenan-

teil nehmen in ± wasserzügigen Hanglagen und auf flach geneigten Plateaus Ausbildungen des Reitgras-Fichtenwaldes ein, in denen

Calamagrostis villosa *Avenella flexuosa*

absolut vorherrschen. Zu den steten Begleitern mit geringen bis mittleren Bauwerten zählen

Vaccinium myrtillus *Trientalis europaea*
Galium harcynicum *Dryopteris carthusiana*
Luzula sylvatica.

Auf schwach mesotrophen Standorten kommen Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und Schattenblume (*Maianthemum bifolium*) hinzu, vereinzelt und mit geringer Vitalität tritt in diesen Ausbildungen auch der Gebirgs-Frauenfarn *(Athyrium distentifolium)* auf. In der Moosschicht, die besonders in den standortsfeuchten Ausbildungen reich entwickelt ist, sind neben allgemein verbreiteten Nadelwaldarten charakteristische boreomontane Elemente vertreten, es sind besonders die Lebermoose *Barbilophozia lycopodioides* und *B. floerkei* zu nennen. Deckenbildende Astmoose, die in beerstrauchreichen Fichtenwäldern auf Granitblock- und Moorstandorten häufig sind, fehlen wie *Hylocomium splendens* völlig, sind wie *Rhytidiadelphus loreus* spärlich oder wie *Pleurozium schreberi* auf spezifische Ausbildungen beschränkt. Das Hauptverbreitungsgebiet erstreckt sich vom Acker-Bruchberg im Westen über Brocken und Königsberg bis in das obere Hohnegebiet im Osten. An der Waldgrenze des Brockens werden die Reitgras-Fichtenwälder durch subalpine Matten und Hochstaudenfluren abgelöst. In den tieferen Randlagen der Nationalparks sind fließende Übergänge zu Fichten-Forstgesellschaften zu beobachten.

Typischer Reitgras-Fichtenwald

Diese Waldgesellschaft verkörpert die pflanzensoziologische Grundstruktur der Reitgras-Fichtenwälder auf frischen Standorten in vorwiegend süd- bis südwestexponierten Hanglagen. Typische Bodenform ist ein mäßig bis stark ausgeprägter Eisen-Humuspodsol mit typischem Rohhumus über meist tiefgründigen Granitzersatzdecken, Quarzit- und Kieselschiefer-Verwitterungsböden. Die Gesellschaft entspricht pflanzensoziologisch etwa dem Calamagrostio villosae-Piceetum.

Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald

Vom typischen Reitgras-Fichtenwald ist diese Waldgesellschaft durch das regelmäßige Auftreten der Torfmoosgruppe mit durchschnittlich 5–15 % Deckungswert in der Moosschicht auf mäßig vernäßten Standorten und 20–60 % auf stark vernäßten Standorten unterschieden. Sie ist leicht kenntlich an der oben genannten Artenkombination der Reitgras-Fichtenwälder mit

Sphagnum russowii *Sphagnum girgensohnii*
Sphagnum capillifolium *Sphagnum fallax* ssp.
Polytrichum commune *Mnium hornum*
Pellia epiphylla u.a.

Die Ausbildung mit *Oxalis acetosella* kennzeichnet wieder die etwas reicheren Standorte. Bei geringer Vernässung ist die Bodenform ein Stagnogley-Podsol, bei starker Vernässung und massenreicher Torfmoosschicht ein Moor-Stagnogley mit meist über 40 cm mächtigem Gräser-Sphagnum-Torf. Der Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald ist im Hochharz großflächig verbreitet. Bei oberflächennahem Stauwassereinfluß bestehen Übergänge zu den Kontaktgesellschaften des Wollgras-Fichtenwaldes und des Fichten-Bruchwaldes.

Abb. 2: Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald (Altersphase) im Einzugsgebiet des Schwarzen Schluftwassers (930 m üNN).

Abb. 3: Wollgras-Moor-Fichtenwald (Altersphase) am Brockenwesthang (960–965 m üNN).

1.2 Moor-Fichtenwälder und Moor-Fichtengehölze

Die Fichte bildet als alleinige Baumart noch weitgehend geschlossene, aber geringwüchsige Bestände, *Betula carpatica* ist selten. Der Bauwert des Wolligen Reitgrases und der Schlängelschmiele geht zurück, die Beersträucher *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea* beherrschen mit zahlreichen Laub- und Lebermoosen die meist dicht geschlossene Bodenvegetation. Anspruchsvollere Arten (*Oxalis acetosella, Maianthemum bifolium*) fehlen. Diagnostisch wichtig sind Wald-Moorarten wie

Eriophorum vaginatum *Carex echinata*
Sphagnum magellanicum *Polytrichum strictum*

mit Verbreitungsschwerpunkt in offenen Mooren. Relativ häufig ist der nur zerstreut vorkommende Sprossende Bärlapp (*Lycopodium annotinum*).

Wollgras-Moor-Fichtenwald

Nährstoffarmut und hohe Standortsfeuchtigkeit ermöglichen die Entwicklung einer arten- und massenreichen Moosschicht, deckenbildende Astmoose (*Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus loreus, Bazzania trilobata*) sind – im Gegensatz zu den Reitgras-Fichtenwäldern – eine wichtige Komponente. Torfmoose bedecken 40–70 % der Bodenfläche, besonders häufig ist *Sphagnum fallax* ssp. Neben den Block-Fichtenwäldern und den offenen Mooren weist diese Waldgesellschaft den größten Reichtum an Laub- und Lebermoosen auf. Wollgras-Moor-Fichtenwälder vermitteln standörtlich oft zwischen den Gebirgs-Regenmooren, den Hang-Regenmooren und den Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölzen zu den armen Torfmoos-Reitgras-Fichtenwäldern. Der Schwerpunkt liegt im Brockengebiet, auf den westlich anschließenden Verebnungsflächen und auf dem Acker-Bruchberg.

Die typische Bodenform ist ein dystrophes Stagnogley-Moor oder Sauerreintorf mit Wollgras-Sphagnum-Torf und Reiser-Sphagnum-Torf.

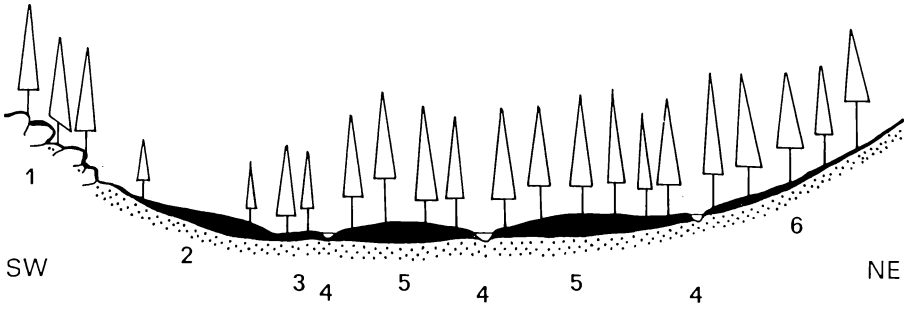


Abb. 4: Vegetationszonierung im oberen Einzugsgebiet des Schwarzen Schluftwassers (940–960 m üNN).

1: Bärlapp-Block-Fichtenwald 2: Soligenes Hangmoor
3: Fichten-Bruchwald 4: Moor-Quellbach
5: Wollgras-Moor-Fichtenwald 6: Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald

Nach dem Grad der Vermoorung (Torfmächtigkeiten), der Vernässung und der Trophie können mehrere Ausbildungen unterschieden werden. Relativ häufig ist die schwach mesotrophe Ausbildung mit Pfeifengras (*Molinia caerulea*) und spärlichem Wolligen Reit-

gras (*Calamagrostis villosa*) in flachen Hanglagen mit stärkerem Mineralbodenwassereinfluß. Die armen Ausbildungen dagegen sind an mächtigere Torfdecken (>1.2 m) gebunden, wo sich in den oberen Torfschichten bereits deutlich der Einfluß des nährstoffarmen Niederschlagwassers auswirkt. Die unterschiedlichen Trophieverhältnisse der Wollgras-Moor-Fichtenwälder sind am stufenweisen Ausfall sogenannter Mineralbodenwasser-Zeigerarten gut kenntlich:

	Nährstoffarmut				
	gering				groß
Polytrichum commune	□□□	□□□	□□□	□□	□
Molinia caerulea	□□□	□□□	□□□	□	
Trientalis europaea	□□□	□□□	□□		
Calamagrostis villosa	□□□	□□			
Luzula sylvatica	□□				

Im Komplex mit Mooren bilden Wollgras-Fichtenwälder die bedeutenden Gewässereinzugs- und Quellgebiete des Hochharzes.

Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz

Auf den armen und nassen Moorstandorten im Übergangsbereich zwischen den Reitgras-Fichtenwäldern und Wollgras-Moor-Fichtenwäldern einerseits und der offenen Moorvegetation andererseits bildet die Fichte nur noch niedrigwüchsige lichte Gehölzstrukturen. Zu den Beersträuchern, zur Schlängelschmiele und vielen Arten der Moosschicht, die für

Abb. 5: Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz (Altersphase) am Ostrand des Goethemoores (1005–1010 m üNN).

Fichtenwälder charakteristisch sind, gesellen sich außer den oben genannten Arten zahlreiche andere mit Verbreitungsschwerpunkt in der offenen Moorvegetation:

Vaccinium uliginosum	*Baeothryon cespitosum* ssp.
Empetrum nigrum	*Vaccinium palustris*
Andromeda polifolia	*Calluna vulgaris.*

Auch in der reich entwickelten Moosschicht mit sehr hohen Torfmoosanteilen treten viele Moorarten auf (*Aulacomnium palustre, Sphagnum angustifolium*) und sind hier vergesellschaftet mit vielen bereits im Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald vorkommenden Laub- und Lebermoosen, *Sphagnum russowii* beispielsweise ist sehr häufig.

Das Mikrorelief weist bereits bulten- und schlenkenartige Strukturen auf. Das Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz stockt über mächtigen Torfschichten, entsprechend der Nährstoff- und Wasserversorgung lassen sich vegetationskundlich mehrere Untereinheiten unterscheiden, so werden etwas reichere Standorte durch *Trientalis europaea* und *Molinia caerulea* angezeigt.

Das Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz, auch als Piceo-Vaccinietum uliginosi bzw. Vaccinio uliginosi-Piceetum bezeichnet und in seiner pflanzensoziologischen Stellung noch unklar, wird hier als Fichten-Moorgehölz, nicht als offene Moorvegetation, verstanden und ist durch das Zusammentreffen von Nadelwaldarten und Moorarten charakterisiert. Eine wahrscheinliche Erklärung für die unterschiedliche pflanzensoziologische Bewertung (vgl. die Diskussion von JENSEN 1961, OBERDORFER 1992 und MUCINA et al. 1993) bietet die später noch zu diskutierende dynamische Betrachtung von naturnahen Waldgesellschaften. Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölze gehören ebenso wie ähnliche Vegetationsformen mit Birke und Kiefer im Tief- und Bergland zu den stark gefährdeten Pflanzengesellschaften.

1.3 Fichten-Bruchwald

Wegen der spezifischen Standortsbindung an stark versumpfte, wasserzügige Standorte ist der Fichten-Bruchwald in den Komplex der Berg-Fichtenwälder meist nur kleinflächig eingestreut. Torfmoose bedecken fast die ganze Bodenoberfläche, häufig und charakteristisch ist *Sphagnum riparium*, kennzeichnend ist weiter *Drepanocladus exannulatus*. Es fehlen die Fichtenwaldarten trocknerer Standorte (vgl. STÖCKER 1967). Standörtlich handelt es sich um sehr nasse oligotrophe bis mesotrophe Niedermoorböden, die stets bis an die Oberfläche unter dem Einfluß abfließenden Mineralbodenwassers stehen. Die Bedeutung dieser Fichtenwaldgesellschaft liegt auch darin, daß sie in Mitteleuropa einen seltenen, an niederschlagsreiche Gebiete gebundenen Vegetationstyp repräsentiert, der im westlichen Riesengebirge die Westgrenze der Verbreitung erreicht und lediglich im westlichen Nordeuropa häufiger ist.

1.4 Block-Fichtenwälder

Diese Gruppe der Berg-Fichtenwälder ist leicht kenntlich daran, daß die unterschiedlichen Ausbildungen stets über Blockmeeren, in Blockrinnen oder auf Klippen des Granits oder anderer Massengesteine auftreten, wo mineralischer Feinboden fehlt und nur eine 15–30 (45) cm starke Humusauflage entwickelt ist. Am Aufbau der Baumschicht ist neben der vorherrschenden Fichte regelmäßig die Eberesche (*Sorbus aucuparia*) beteiligt. Die Bodenvegetation ist gekennzeichnet durch große Beerstrauchdecken (*Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea*) und eine arten- und massenreiche Moosschicht, in bestimmten Ausbildungen kommen Strauchflechten (*Cladonia, Cetraria*) hinzu. Das sonst häufige Gras *Calamagrostis villosa* ist auf die spezifischen Standortsverhältnisse der feuchten, durch Humusdecken stärker eingeebneten Blockmeere beschränkt. Von den krautigen Arten tritt nur *Trientalis europaea* auf, seltener *Oxalis acetosella.*

Block-Fichtenwälder erstrecken sich über den gesamten Höhenstufenbereich der Fichtenwälder, sie sind Endglieder einer jahrhundertelangen Sukzessionsreihe, die mit offenen Kryptogamengesellschaften der Felsfluren einsetzte und über Zwergstrauchheiden verlief, die heute noch kleinflächig die Kontaktgesellschaften bilden.

Bärlapp-Block-Fichtenwald

Diese Fichtenwaldgesellschaft ist bis in die Ostsudeten verbreitet, sie wurde von STÖCKER (1968) näher beschrieben und nach dem charakteristischen Lebermoos *Anastrepta orcadensis* als Anastrepto-Piceetum benannt. Der Aspekt der Bodenvegetation wird neben den für Block-Fichtenwälder typischen Beerstrauchdecken und dem Reichtum an Laub- und Lebermoosen vom Sprossenden Bärlapp (*Lycopodium annotinum*) mit 2–15 % Deckungsanteil bestimmt. Torfmoose sind am Aufbau der Moosschicht mit 10–25 %, seltener bis 50 % beteiligt. Im Vergleich zum Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald ist *Sphagnum fallax* spärlich,

Abb. 6: Bärlapp-Block-Fichtenwald (Klimaxphase) am Osthang des Brockens (950–960 m üNN).

häufiger dagegen *S. quinquefarium*. Bemerkenswert sind boreomontane Nadelwaldarten unter den Moosen, z. B. *Anastrepta orcadensis, Barbilophozia lycopodioides, B. floerkei, B. attenuata*. In den höheren Lagen, auf stark reliefierten Blockstandorten lockert sich die Baumschicht auf, es finden sich flechtenreichere Ausbildungen mit *Cetraria islandica,* kennzeichnende Lebermoosart ist hier *Ptilidium ciliare*.

Die Bodenform des Bärlapp-Block-Fichtenwaldes ist ein Auflagetorf-Ranker, bei starker Vernässung auch ein Waldnaßtorf-Ranker.

Karpartenbirken-Block-Fichtenwald

In der niederschlagsärmeren und etwas wärmebegünstigten Randzone des Fichtengebietes im Hochharz, lokal bis in die Fichten-Buchenstufe herabreichend, gibt es auf Klippen und Blockmeeren inselartige Vorkommen eines Block-Fichtenwaldes, in dem als dritte Baumart die Karpatenbirke (*Betula carpatica*) regelmäßig die Baumschicht mit bildet. Dieses Betulo carpaticae-Piceetum ist in STÖCKER (1967) ausführlich vegetationsökologisch beschrieben worden. Erwähnt sei nur, daß im Vergleich zum Bärlapp-Block-Fichtenwald *Trientalis europaea* und *Lycopodium annotinum* fehlen, die seltene Tannen-Teufelsklaue (*Huperzia selago)* dagegen regelmäßig vorkommt. Unterschiede bestehen auch in der Zusammensetzung der Moos- und Flechtenschicht. Der Flechtenanteil ist stets höher, Torfmoose sind auf meist nordexponierte Felsstandorte mit höherer Feuchtigkeit beschränkt.

Wichtigste Bodenform ist ein Auflagetorf-Ranker, bei stärkerer Vernässung in den Torfmoos-Ausbildungen auch ein Waldnaßtorf-Ranker.

Durch Schadstoffdepositionen sind die Baumbestände dieser Waldgesellschaft im Nationalpark Hochharz besonders stark betroffen, wie es die Totholzflächen auf dem Hohnekamm eindrucksvoll zeigen.

Teufelsklauen-Block-Fichtengehölz

Krüppelwüchsige Gehölze aus Fichte und Eberesche bilden ab 1040–50 m NN auf blockreichen Standorten am Brocken die obere Kampfzone der Fichtenstufe (Abb. 7). Sie bilden hier Vegetationskomplexe mit Zwergstrauchheiden und Kryptogamengesellschaften der Granitblockmeere. In gleicher Höhenlage lockert sich der über ± tiefgründig verwitterten Granitböden stockende Reitgras-Fichtenwald inselartig auf. Angaben zur Struktur dieser Hochlagenausbildungen macht DAMM 1994.

Die Bodenvegetation im Teufelsklauen-Block-Fichtengehölz wird wie in Block-Fichtenwäldern von einer dichten Beerstrauchdecke und einer artenreichen Moos- und Flechtenschicht gebildet. Wichtige Arten der Farn- und Blütenpflanzen sind:

Vaccinium myrtillus	*Vaccinium vitis-idaea*
Avenella flexuosa	*Calamagrostis villosa*
Trientalis europaea	*Dryopteris carthusiana.*

Zu den steten Begleitern gehört *Huperzia selago*. In der Moosschicht tritt neben vielen Fichtenwaldarten wieder das für beerstrauchreiche Fichtenwälder typische Lebermoos *Anastrepta orcadensis* häufig auf. Da es sich um lichte Gehölzbestände höherer Lagen handelt, sind am Aufbau der Moos-Flechtenschicht auch *Ptilidium ciliare* und *Cetraria islandica* beteiligt. Torfmoose (*Sphagnum russowii, S. girgensohnii, S. capillifolium, S. quinquefarium*) indizieren die hohe Standortsfeuchtigkeit. Flechten der Gattung *Cladonia* sind stärker als in den anderen Block-Fichtenwäldern vertreten.

Die Rohhumusdecken sind im Vergleich zum Bärlapp-Block-Fichtenwald relativ flachgründig, das Wasserspeichervermögen ist geringer. Mit den Granitblöcken als Muttergestein bilden die Humusschichten einen Auflagetorf-Ranker.

Abb. 7: Vegetationsmosaike aus Teufelsklauen-Block-Fichtengehölzen, Zwergstrauchheiden und Kryptogamen-Felsfluren im großen Granitblockmeer am Brocken.

1.5 Fichten-Forstgesellschaften

In den tieferen Randlagen gehen die Berg-Fichtenwälder in Fichten-Forstgesellschaften über, die das ganze Verbreitungsgebiet der ehemaligen ursprünglichen Fichten-Buchenwälder, von denen nur noch Reste erhalten sind, einnehmen und sich weit darüber hinaus bis in die Buchenstufe erstrecken. Diese Waldformen sind Ausdruck der langen, intensiven forstlichen Nutzung der Harzwälder. Bei den großflächigen Fichten-Forstgesellschaften in den Kern- und Entwicklungszonen der Nationalparks handelt es sich vorwiegend um Schlängelschmielen-Reitgras-Fichtenforste unterschiedlicher Trophie und Feuchte sowie um Ausbildungen des Gabelzahnmoos-Fichtenforsts (vgl. SCHUBERT et al. 1995). Den Fichtenforsten mangelt es an typischen Arten der Berg-Fichtenwälder (z. B. *Barbilophozia specc.*), sie unterscheiden sich durch spezifische Artengruppenkombinationen, woran Arten, die in Berg-Fichtenwäldern fehlen oder nur sporadisch vorkommen, regelmäßig beteiligt sind, beispielsweise *Rubus idaeus, Senecio fuchsii, Calamagrostis arundinacea, Agrostis capillaris, Rumex acetosella, Epilobium angustifolium,* aber auch Moose wie *Leucobryum glaucum, Hypnum cupressiforme* u.a.. Die Abgrenzung gegenüber Berg-Fichtenwäldern ist schwierig beim Heidelbeer-Gabelzahnmoos-Fichtenforst und Peitschenmoos-Gabelzahnmoos-Fichtenforst auf entwässerten Moorstandorten, da es sich hier möglicherweise um Standorte ehemaliger Fichtenwälder handelt. Die Entwicklung zur Potentiell Natürlichen Vegetation kann hier – wie auch in anderen «fichtenwaldnahen» Bereichen – nur anhand von Dauerbeobachtungsflächen geklärt werden, wie sie für das Jakobsbruch (800 m üNN) oder den Nordhang des Großen Winterberges (760–780 m üNN) vorgesehen sind.

2. Struktur und Dynamik der Berg-Fichtenwälder

Das wald- und vegetationskundliche Wissen über mitteleuropäische Wälder beruht ebenso wie viele ökologische Kenntnisse und Befunde über aktuelle Schadzustände weitgehend auf

forstlich genutzten Wäldern, sog. Wirtschaftswäldern. In den forstlich genutzten Wäldern wird die anthropogen gesteuerte Dynamik (Anpflanzung, geförderte Naturverjüngung, Pflegehiebe, Forstschutz u.a.) mit der Nutzung des hiebreifen Bestandes nach 80–120 (140) Jahren abgebrochen. Durch Naturverjüngung, meist aber durch Aufforstung erfolgt die Neubegründung der Fichtenbestände. Es entstehen Bestandes- und Waldstrukturen wie sie Abb. 8 schematisch veranschaulicht. Nutzung und Waldbau führen zu meist regelmäßig geometrischen Flächenmustern des Altersklassenwaldes, die sich in den Abteilungen, Unterabteilungen und Teilflächen der Forsteinrichtung widerspiegeln und die wiederum den Handlungsrahmen von Forstnutzung und Waldbau bestimmen.

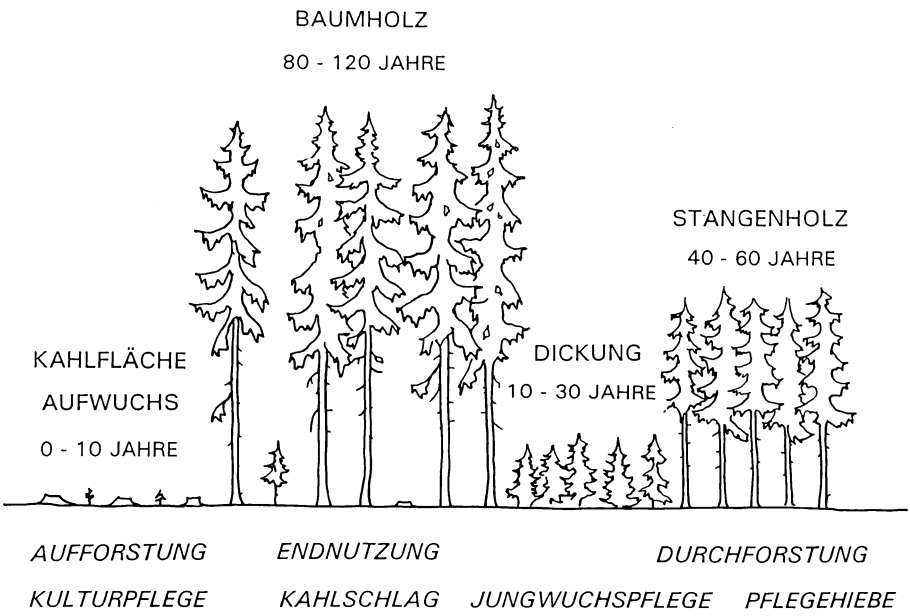


Abb. 8: Bestandes- und Waldstrukturen im Fichten-Wirtschaftswald.

Der volle natürliche Entwicklungszyklus eines montanen oder borealen Fichtenwaldes dagegen variiert mit den Standorts- und Vegetationsverhältnissen, dauert aber > 200–250 Jahre. Es entstehen Muster der Waldstrukturen, die durch den unterschiedlichen Entwicklungszustand der Bestandestexturen und deren räumliche Verteilung bedingt sind. Abb. 9.

Schon vor Jahrzehnten sind meist in Naturschutzgebieten gelegene Waldteile aus der Nutzung und waldbaulichen Behandlung herausgenommen und als Naturwaldreservate, Naturwaldzellen oder Wald-Totalreservate unter strengen Schutz gestellt worden. Je nach Ausgangszustand, Dauer und Intensität des Schutzes ist der Prozeß der Naturwaldentwicklung unterschiedlich weit fortgeschritten. Naturwälder und Wirtschaftswälder haben ihren gemeinsamen Ursprung in Urwäldern, deren Beziehungen das nachstehende Schema A verdeutlicht.

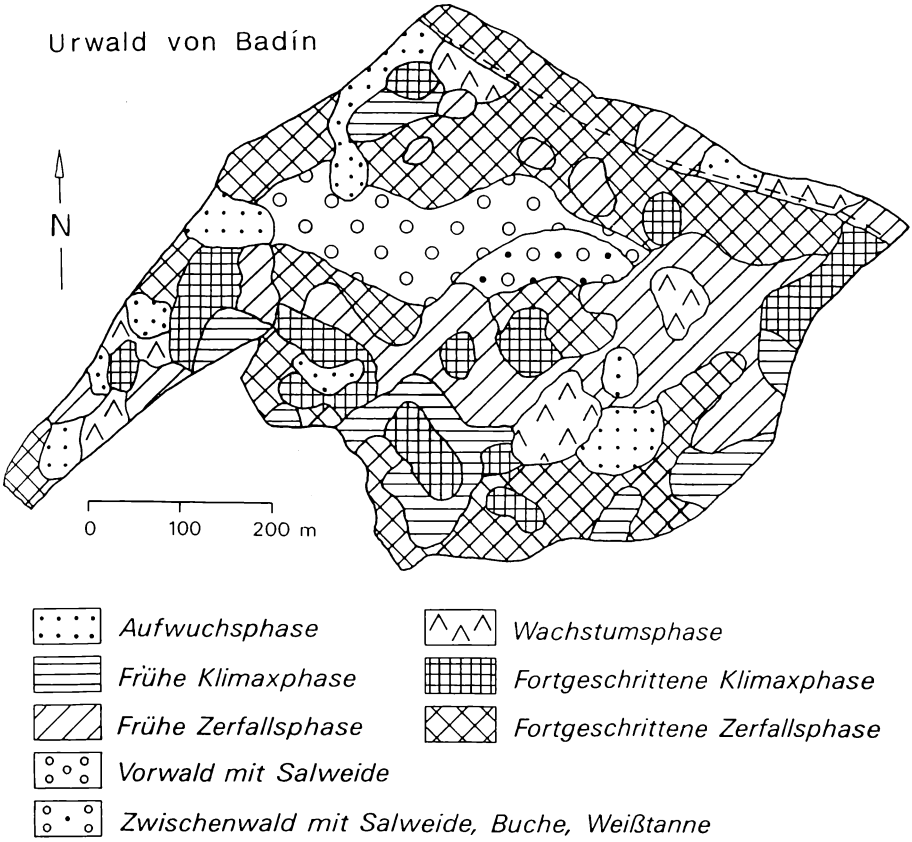
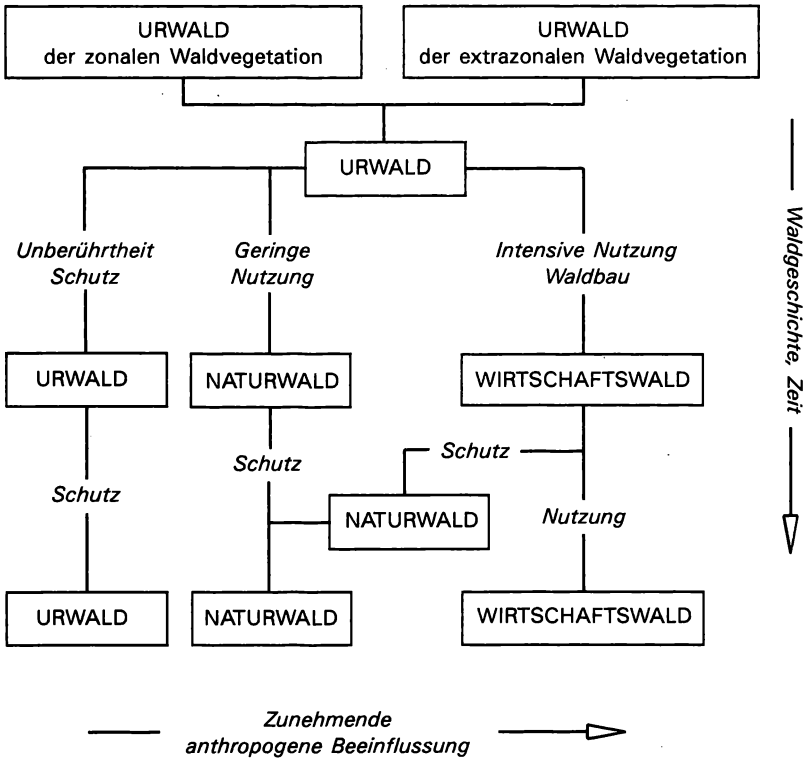


Abb. 9: Waldstruktur des Tannen-Buchen-Urwaldes im Staatlichen Naturschutzgebiet Badín (Kremnitzer Gebirge, Slowakei). Aus KORPEL' 1995.

In jüngster Zeit ist nicht nur für Europa festzustellen, daß große ungestörte Waldökosysteme (Naturwälder/natural forests/untouched forests/ancient forests/old growth forests – Urwälder/virgin forests/primeval forests/primary forests) in der Forstwissenschaft und Forstwirtschaft wie im Naturschutz und in der ökologischen Forschung wachsendes Interesse finden. Eine besondere Rolle spielen dabei Naturwaldreservate und Kernzonen absoluten Schutzes in Nationalparken, da hier die ungestörte Dynamik von Prozessen und Strukturen prinzipiell gewährleistet ist. Das findet Ausdruck in den Übersichten von SCHUCK et al. (1994), den Charakteristiken von Urwäldern der Westkarpaten (KORPEL' 1995) oder in der Neuauflage des Klassikers der Urwaldforschung von LEIBUNDGUT (1993). Naturnahe und ungestörte Waldökosysteme sind weiterhin bedeutsam für die Analyse globaler und regionaler Trends der Umweltbelastung und -änderung (STÖCKER 1988, NATIONAL BOARD OF WATERS AND THE ENVIRONMENT 1992, 1993, THOMAS et al. 1995). Die bereits vorliegenden Ergebnisse lassen keinen Zweifel, daß mit der Fortführung der Natur- und Urwaldforschung grundlegende ökologische Einsichten ermöglicht werden, aus denen sich nicht zuletzt auch wichtige Konsequenzen für das Management von Wirtschaftswäldern, für Naturschutzstrategien und deren konkrete Umsetzung ergeben werden (vgl. SCHERZINGER 1990,

Schema A



STURM 1993, SCHUCK et al. 1994, BÜCKING 1995, JENSSEN & HOFMANN 1996 u. a.). Die Problematik – mit Konsequenzen für Waldbau und Naturschutz – geht über die natürliche Dynamik von Wäldern hinaus. Sie betrifft das Verhältnis statischer und dynamischer Konzepte bei der pflanzensoziologischen Gliederung der Waldvegetation ebenso wie Fragen der Potentiell Natürlichen Vegetation, auch in den Nationalparken des Harzes, Fragen der Biotopentwicklung und ökologischen Diversität..

Aus dem weitgespannten Bereich der Naturwaldforschung sollen hier am Beispiel der Berg-Fichtenwälder des Hochharzes nur wenige Aspekte der natürlichen Regenerationsdynamik betrachtet werden, nämlich wie sich die Wälder entwickelt haben und welche natürlichen Bestandes- und Waldstrukturen bei ungestörter Entwicklung entstehen.

2.1 Forstgeschichtliche Entwicklung

Um die Jahrtausendwende waren im Hochharz noch Fichten- und Buchen-Fichten-Urwälder verbreitet, die seit etwa Ende des 8. Jahrhunderts als königliche Bannforste Schutz genossen. Bis in das frühe Mittelalter war der Oberharz nahezu unbewohnt. Urwälder müssen bis Ende des 16. Jahrhunderts das Waldbild um den Brocken bestimmt haben. Die historischen Quellen belegen, daß auf dem Königsberg an den Hirschhörnern «*bey vieler Menschen gedenken kein Baum gehawen oder etwas genutzet worden*» (1586), und oberhalb des Ster-

bethals, dem späteren Schierke, stand Nutzholz, das «*bis anhero Niemandes wohl gewinnen oder herausbringen können*» (1590). Erst in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, nach der langsamen Überwindung des wirtschaftlichen und sozialen Niedergangs im Dreißigjährigen Krieg, erzwang der mit der Besiedlung, mit der Ausweitung des Bergbaus und der Hüttenwerke steigende Holzbedarf auch die Nutzung der Fichten-Buchen- und Fichtenwälder im Hochharz. Urwaldreste waren wahrscheinlich noch im 18. Jahrhundert in der Fichtenstufe vorhanden, deren geschlossene Baumbestände ± kleinflächig durch natürlich absterbende Altholzbestände und Verjüngungsflächen aufgelockert wurden und so charakteristische Mosaike bildeten. Förster und Holzfäller müssen also noch Wald- und Bestockungsstrukturen gesehen haben, wie sie heute von hochmontanen oder borealen Nadelurwäldern bekannt sind. Die Verjüngungsphasen der gegenwärtig zerfallenden naturnahen Fichten-Altbestockungen im Brocken- und Königsberggebiet lassen sich bis auf diese Zeit zurückdatieren.

Die Anfänge einer geregelten Forstwirtschaft setzten im 18. Jahrhundert ein, sie sind im Harz mit dem Namen v. ZANTHIER verbunden, einem Forstmann, der von 1747–1778 im Gräflich Stolberg-Wernigerodischen Dienst stand. Die kleinflächige Nutzung, das wahrscheinlich schon früher bekannte sog. Plätzighauen oder der Aushiebswald, wurde zur spezifischen Form der Waldbewirtschaftung in höheren Lagen (vgl. GREGER 1991). Vermutlich war diese Bewirtschaftungsform, die eine nachhaltige Nutzung sicherte, sowohl den vorgefundenen Strukturverhältnissen und den Standortsbedingungen angepaßt, und sie entsprach auch den beschränkten technischen Möglichkeiten. Von allmählich größer werdenden Flächenhieben führte ein steter Übergang bis zur Kahlschlagwirtschaft der letzten Jahrzehnte. Daneben gab es immer auch andere Bewirtschaftungsformen.

Noch in jüngster Zeit wurden die Berg-Fichtenwälder oberhalb 850–900 m um den Brokken, im Gebiet von Heinrichshöhe und Königsberg strukturell als Plenterwald eingestuft, obwohl schon Ende des 18. Jahrhunderts historisch belegt ist, daß es sich um flächenweise ungleichaltrige Bestockungen handelte, die – sofern sie in die Bewirtschaftung einbezogen wurden – nach festgelegten Umtriebszeiten durch kleinflächigen Aushieb genutzt wurden, also dem Plätzighauen oder Aushiebswald entsprachen. Aus diesen Waldstrukturen haben sich mit dem Rückgang der forstlichen Nutzung und infolge der Schutzbemühungen im 19./20. Jahrhundert die wertvollsten Fichtenbestände der heutigen Kernzone des Nationalparks Hochharz entwickelt. Forstliche Eingriffe aber erfolgten lokal auch hier, wenn die Flächen – wie am Oberen Buchhorstweg – gut erschlossen und bringungstechnisch relativ günstig lagen.

Waldschäden haben den Hochharz auch schon in früherer Zeit betroffen. Dokumentiert ist die große Borkenkäferkalamität der Jahre 1773–1785/87 mit ihren waldbaulichen Folgen; große Windwurfflächen entstanden durch die Stürme 1800 und 1803. Nach 1960 verstärkten sich die Anzeichen dafür, daß die Vitalität der Fichte abnahm und der Borkenkäfer, zunächst nur kleinflächig und an wärmeklimatisch begünstigten Standorten, auch Bestände über 800 m akut schädigen konnte. Am Südwesthang des Hohnekamms entstanden die ersten Totholzinseln durch Borkenkäferbefall. In den 80er Jahren erreichten die Waldschäden dann durch Schadstoffdepositionen und Schadinsekten ihren Höhepunkt. Das waldbauliche Handeln wurde in hohem Maße durch eine «Katastrophennutzung» bestimmt, durch Zwangsnutzung geschädigter und abgestorbener Bestände entstanden die großen Kahlflächen am West- und Nordwesthang des Brockens, im Gebiet der Renneckenberg-Zeterklippen und der Hohne.

Das gegenwärtige Waldbild der Hochlagen im Nationalpark Hochharz zeigt deutlich, daß im Bereich der ehemaligen natürlichen Fichtenstufe noch sehr wertvolle naturnahe Fichtenbestockungen erhalten geblieben sind. Die Fichten-Buchenwälder und artenarmen montanen Buchenwälder sind jedoch bis auf Fragmente großflächig durch Fichten-Forstgesellschaften ersetzt worden. In der Kernzone werden diese Forstgesellschaften, deren typische Ausbildungen sich beispielsweise zwischen dem Oberen Königsbergweg und der

Brockenbahn finden, künftig einer ungestörten natürlichen Entwicklung überlassen. Über die dabei sich herausbildenden Strukturen bestehen keine hinreichenden Kenntnisse. Von einer «Potentiell Natürlichen Vegetation (PNV)» schlechthin zu sprechen, wäre zu allgemein und würde der damit verbundenen Problematik nicht gerecht. Darauf wird noch kurz einzugehen sein. Notwendig ist vielmehr ein spezielles Untersuchungsprogramm, das die wissenschaftlichen Möglichkeiten der Naturwaldentwicklung ausschöpft. Eine Konzeption hierfür auf der Basis von Dauerbeobachtungsflächen liegt vor. Es ist dabei von Interesse, Urwaldstrukturen mit denen von Naturwäldern zu vergleichen, um aktuelle Zustände und künftige Entwicklungen, eingeschränkt auf die Berg-Fichtenwälder, einschätzen zu können.

2.2 Natürliche Entwicklungsphasen der Berg-Fichtenwälder

Bleiben die Umwelt- oder Standortsbedingungen über ein Zeitintervall, das deutlich länger als die durchschnittliche Lebensdauer der beherrschenden Pflanzenpopulation ist, in wesentlichen Parametern annähernd konstant, so ergibt sich für das betreffende Ökosystem die Notwendigkeit der ± identischen Reproduktion. Dieser interne Entwicklungs- und Regenerationszyklus wird kenntlich an meist strukturell und funktionell deutlich unterschiedenen Phasen.

Untersuchungsergebnisse, besonders aus Laub- und Nadelmischwäldern der temperaten und borealen Zone, belegen, daß Urwälder und naturnahe Wälder eine außerordentlich differenzierte, aber prinzipiell gleichartige Abfolge von Phasen innerhalb eines Regenerationszyklus durchlaufen. Diese Phasen bilden flächige Mosaike. Aus Vergleichen mit Fichtenurwäldern ergibt sich, daß auch die naturnahen Berg-Fichtenwälder, sofern sie über Jahrzehnte nicht forstlich beeinflußt wurden, Strukturmerkmale aufweisen, die eine eindeutige Zuordnung zu folgenden natürlichen Entwicklungsphasen gestatten:

- Aufwuchsphase (Verjüngungs-, Initialphase)
- Wachstumsphase (Jungwaldphase)
- Klimaxphase (Reife-, Optimal-, Schlußwaldphase)
- Altersphase (Terminalphase)
- Zerfallsphase (Desintegrationsphase)

Mit Hilfe eines Merkmalsschlüssels, wie er am Beispiel für zwei Fichtenwaldgesellschaften im Hochharz und unter Berücksichtigung der Strukturen borealer Fichtenurwälder entwikkelt wurde, können die Phasen bestimmt werden (Schema B).

Die einzelnen Phasen sind, wie Abb. 10 zeigt, zu einem Entwicklungszyklus verbunden (vgl. LEIBUNDGUT 1978, 1993, HUSE 1963, HILLGARTER 1971, 1976, HANISCH 1983, SCHMIDT-VOGT 1985, 1991, ZUKRIGL 1991, SCHUCK et al. 1994, BÜCKING 1995, KORPEL' 1995 u. a.). Auf eine Diskussion abweichender Phasenkonzepte, in denen oft Merkmale der Urwalddynamik mit solchen unterschiedlich stark forstlich geprägter Naturwälder unzulässig zusammengefaßt und spezifische Einflüsse der Vegetations- und Standortsverhältnisse vernachlässigt wurden, kann hier nicht eingegangen werden. Es sei lediglich zum begrifflichen Verständnis angemerkt, daß die Wachstumsphase dem Dikkungs- und Stangenholzstadium mit hohen Zuwachsraten entspricht bzw. der Jungwaldphase von LEIBUNDGUT (1993) und HILLGARTER (1971, 1976). Das «Stadium des Heranwachsens» im Sinne von KORPEL' (1995) umfaßt die Aufwuchs- und Wachstumsphase.

Die ohnehin natürlich seltene, meist forstlich erzeugte Plenterwaldphase ist in diesem Zusammenhang ohne Bedeutung, vgl. auch VAN MIEGROET (1996).

Beobachtungen in Berg-Fichtenwäldern und in der Nadelwaldtaiga haben ergeben, daß die oft sehr markante Differenzierung der naturnahen oder urwaldartigen Bestockungsstrukturen innerhalb einer Phase es rechtfertigt, frühe, typische und fortgeschrittene Stadien einer Phase zu unterscheiden. Diese Untergliederung trifft auch KORPEL' (1995) für westkarpatische Urwälder, er verwendet «Stadium» synonym mit dem hier benutzten Begriff «Phase».

Texturmerkmale der Entwicklungsphasen des Berg-Fichtenwaldes
Reitgras-Fichtenwald, Bärlapp-Block-Fichtenwald

Merkmal	***Aufwuchsphase***	***Wachstumsphase***	***Klimaxphase***	***Altersphase***	***Zerfallsphase***
Stammzahl	*Niedrig bis hoch, zunehmend*	*Sehr hoch, leicht bis stark abnehmend*	*Hoch, wenig ändernd*	*Mäßig hoch, abnehmend*	*Mittel bis niedrig, stark abnehmend*
Grundfläche	*Minimal bis klein, zunehmend*	*Mittel, stark zunehmend*	*Groß, schwach zunehmend*	*Maximal, leicht abnehmend*	*Klein, stark abnehmend*
Kronenschlußgrad	*Gering, stetig steigend*	*Mittel bis hoch, Lücken werden geschlossen*	*Maximal, Lücken werden geschlossen*	*Abnehmend, Lücken bleiben bestehen*	*Mittel bis gering, stark abnehmend*
Mortalität, Totholz	*Gering, nur Reste von starkem Totholz aus der Zerfallsphase*	*Mittel, Totholzanteile besonders in den unteren Stärkeklassen*	*Gering , besonders in der Mittel- und Oberschicht, Anteil starken Totholzes steigend*	*Mittel bis hoch, Totholzanteil in der Oberschicht steigend*	*Hoch, liegendes und stehendes starkes Totholz (> 50%) aus der Oberschicht*
Schichtung	*Keine ausgeprägte Schichtung*	*Kaum Schichtung bei unterschiedlicher Höhe*	*Einschichtig, seltener schwache Unterschicht*	*Einschichtig*	*Auflösung der Oberschicht*
Altersstruktur	*Jungwuchs (<1.3 m), geringe bis moderate Altersstreuung*	*Dickung bis mittleres Stangenholz, geringe Altersstreuung*	*Starkes Stangenholz bis mittleres Baumholz, geringe Altersstreuung*	*Starkes Baumholz, geringe Altersstreuung*	*Geringe Altersstreuung, vereinzelte Jungwuchsinseln*
Stabilität	*Sehr hoch, intern gesteuert*	*Sehr hoch, intern gesteuert*	*Hoch, Intern/extern gesteuert*	*Abnehmend, häufig extern gesteuert*	*Niedrig, vorwiegend extern gesteuert*
Vitalität	*Sehr hoch*	*Hoch*	*Abnehmend*	*Gering, stärker differenziert*	*Sehr gering, mit starken Unterschieden*
Verjüngung	*Beherrschend*	*Gering bis mäßig, teilweise unterdrückt*	*Sehr gering, unterdrückt*	*Gering, teilweise unterdrückt*	*Bereits truppweise einsetzend*

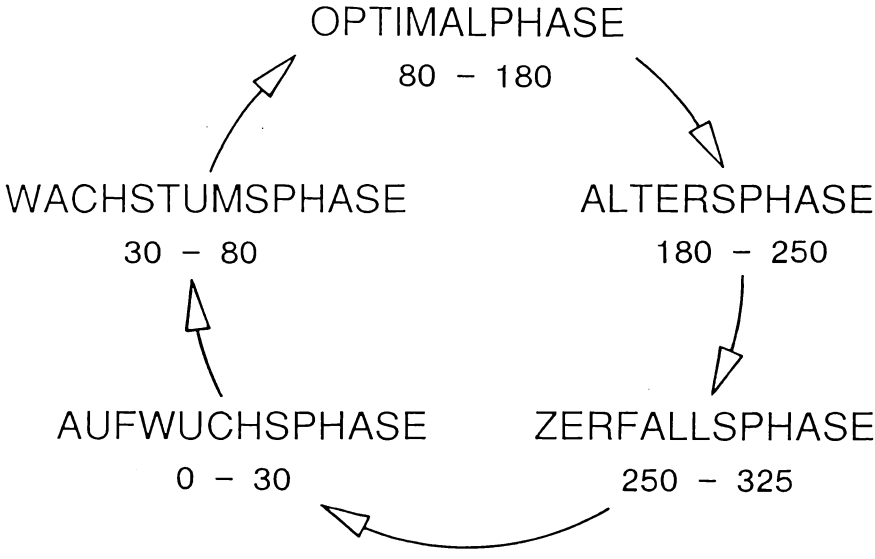


Abb. 10: Phasenfolge und Zeitdauer im kontinuierlichen Entwicklungszyklus naturnaher Reitgras-Fichtenwälder des Hochharzes.

Nach LEIBUNDGUT (1978) können die Phasen nacheinander und vollständig in einem *kleinen* Zyklus ablaufen. Die Erneuerung (Verjüngung, Reproduktion) kann bereits in der Altersphase einsetzen und sich bei fortschreitendem Zerfall mit weitgehend gleichen Baumarten vollziehen. Der *große* Zyklus liegt vor, wenn durch «Katastrophen» (Sturm, Brand, Schnee, Insekten) die Baumschicht der Klimax-, Alters- oder Zerfallsphase zerstört wird und sich vor Abschluß der vollständigen Phasenfolge eine neue Aufwuchsphase entwickelt. Dabei können – was nicht unumstritten ist – Vorwald- oder Übergangsphasen eingeschaltet sein, in denen die späteren Hauptbaumarten sich dann mehr und mehr durchsetzen (vgl. SCHUCK et al. 1994, BÜCKING 1995). Problematisch ist die Entwicklung laubholzreicher Vorwaldphasen unter den Bedingungen ungestörter Naturwaldentwicklung. Nach den Beobachtungen in Ur- und Naturwäldern mit dominierender Fichte verjüngen sich die Hauptbaumarten mit dem Zerfall der Bestände direkt, ohne Ausbildung von Zwischenwaldstadien. Das zeigt sich besonders klar bei vorherrschender Moderholzverjüngung in den Reitgras-Fichtenwäldern ebenso wie bei der «Bodenverjüngung» in hochmontanen und borealen Beerstrauch-Fichtenwäldern, wo die Hauptbaumarten (*Picea abies, P. obovata, Pinus sylvestris, Abies sibirica, Larix sibirica* u. a.) das Bild der Aufwuchs- und Wachstumsphase bestimmen, in denen allerdings die Anteile der Nebenbaumarten (Eberesche, Birke, Aspe) noch deutlich höher sein können als in der späteren Klimaxphase. Vorwaldstadien dagegen scheinen sich als Folge forstlicher Beeinflussung einzustellen, beispielsweise nach Räumung stehenden und liegenden Totholzes (Hohnekamm, Quitschenberg, Zeterklippen). Das ist durch detaillierte Untersuchungen von JEHL (1995) und FISCHER (1996) auch für Hochlagenbestände im Nationalpark Bayerischer Wald belegt. Für den naturnahen baltischen Buchenwald dürften ähnliche Aussagen zutreffen (vgl. JENSSEN & HOFMANN 1996).

Abb. 11: Frühe Aufwuchsphase im Wollgras-Moor-Fichtenwald (1995) mit noch stehendem Totholz aus der Zerfallsphase, Brockenwesthang (980 m üNN).

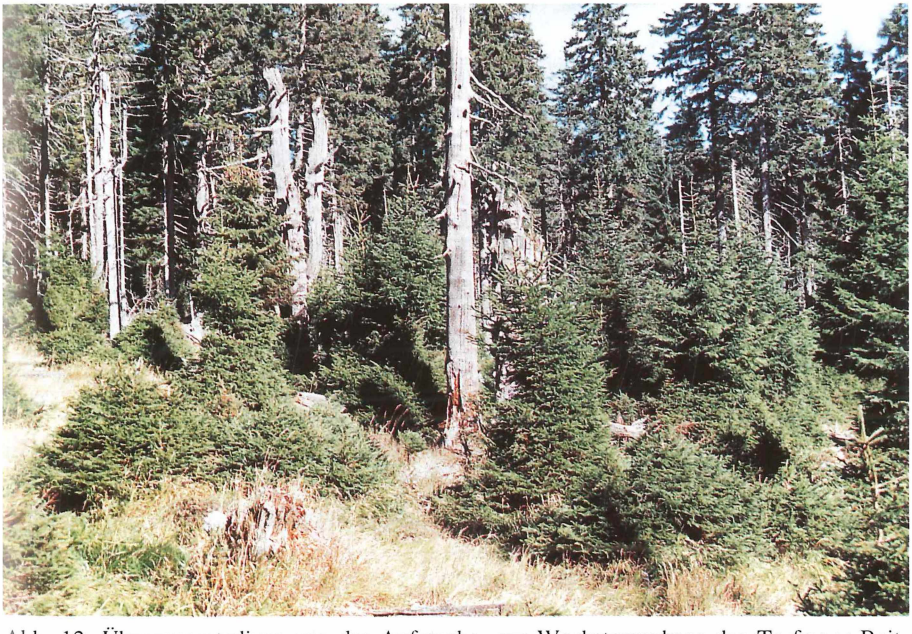


Abb. 12: Übergangsstadium von der Aufwuchs- zur Wachstumsphase des Torfmoos-Reitgras-Fichtenwaldes (1995) im oberen Einzugsgebiet des Schwarzen Schluftwassers (960 m üNN).

Abb. 13: Typische Zerfallsphase des Torfmoos-Reitgras-Fichtenwaldes (1995) am Westhang des Brockens (960 m üNN).

Abb. 14: Relativ großflächig fortgeschrittene Zerfallsphase des Wollgras-Moor-Fichtenwaldes (1996) am Rande eine Hangmoores, Westhang des Brockens (970 m üNN).

Von einer *kontinuierlichen* Entwicklungsdynamik wird hier gesprochen, wenn der Zyklus, dem natürlichen Alterungsprozeß der Baumschicht folgend, ohne «katastrophale» Einwirkungen alle Phasen durchläuft. Wird die Entwicklung in der Klimax-, Alters- oder Zerfallsphase jedoch durch katastrophale Faktoren (Chaosdynamik) abgebrochen und setzt die Regeneration mit der Aufwuchsphase ein, so liegt eine *diskontinuierliche* Entwicklungsdynamik vor. Aus den von Katastrophen betroffenen Phasen erfolgt ein direkter Übergang in die Aufwuchsphase, die, wie auch die folgende Wachstumsphase, weitaus seltener Angriffspunkt bestandeszerstörender Einflüsse ist.

Die natürliche Walddynamik verläuft nach SCHWARZENBACH (1987) in einer «ökologischen Fahrrinne», das Waldökosystem verändert sich in eine festgelegte ökosystemspezifische Richtung. Mit den strukturellen Veränderungen von der Aufwuchsphase zur Zerfallsphase nimmt die interne Regulation oder Kontrolle zugunsten einer extern gesteuerten Dynamik mit chaotischen Momenten ab. Besonders von der Klimax- zur Zerfallsphase erhöht sich die Instabilität, die Strukturen werden gegenüber inneren (Schaderreger) und äußeren (Sturmschäden) ökologischen Störfaktoren zunehmend anfälliger. Das Ökosystem verläßt die Fahrrinne, ein Verhalten, das systemtheoretisch als «selbstorganisierte Kritizität» bezeichnet wird (BAK & CHEN 1991). Einige Fichtenwälder im Hochharz, die sich über lange Zeit ohne direkte Störung entwickeln konnten, bieten dafür eindrucksvolle Beispiele.

Die Mosaike der Flächenmuster unterschiedlicher Zustandsphasen sind ein Abbild des Nebeneinanders desynchroner Zyklen der Regenerationsdynamik. D.h., in naturnahen Berg-Fichtenwäldern können sich nebeneinander Alters-, Zerfalls- und Aufwuchsphasen befinden, die jeweils gleichartigen, zeitlich um ca. 30–75 Jahre, maximal bis zur Dauer eines Zyklus versetzten (desynchronen) Zyklen entsprechen (vgl. Abb. 10). Aus der räumlichen Verteilung der Mosaike oder Phasenflächen und deren zeitlicher Veränderung kann wiederum auf die Dynamik von Bestockungs- und Waldstrukturen geschlossen werden. Mit der Regenerationsdynamik verändern sich auch die Muster der Mosaike. Es muß nicht ausgeführt werden, daß dieser Prozeß auch von biotischen und abiotischen Umweltgrößen modifiziert wird.

Diese Dynamik wird anhand von Analysen der Bestockungsstrukturen und ihrer zeitlichen Veränderung in einem Netz von Dauerbeobachtungsflächen im Nationalpark Hochharz untersucht. Einbezogen werden dabei die bereits 1965 und 1970 eingerichteten Dauerbeobachtungsflächen (SCHAUER & STÖCKER 1976), deren Aussagewert sich besonders bei der 2. und 3. Wiederholungsaufnahme als bedeutend erwies (SCHAUER 1990, MENDE 1996). Mit einer einfachen Methode ist es möglich, die Grenzbäume zwischen Phasenflächen in Anlehnung an die mathematischen Theoreme über Punktmengen zu definieren und ihre Position zu bestimmen. Ausformung und Größe von Phasenflächen lassen sich so genau und reproduzierbar ermitteln, sie bilden eine wichtige Grundlage, um beispielsweise den fortschreitenden Zerfallsprozeß in Altersphasen und die Herausbildung von Zerfallsphasen zu erfassen (Abb. 15, 16).

3. Ökologische und naturschutzrelevante Aspekte

Mit dem totalen Schutz der Wälder in den Kernzonen beider Nationalparks - ähnliches gilt für Naturwaldreservate in anderen Schutzgebietskategorien - können sich natürliche Bestandes- und Waldstrukturen entwickeln. Nach DIETRICH et al. (1970) ist wiederholt davon gesprochen worden, daß so die «Urwälder von morgen» entstehen. Die Begriffe «Urwald» und «Naturwald» sind unterschiedlich und eindeutig definiert. Aus den Berg-Fichtenwäldern der Kernzonen, die bereits jetzt Naturwaldcharakter haben oder aber künftig annehmen, werden sich keine Urwälder entwickeln, wohl aber werden natürliche Schlußwaldgesellschaften im Gleichgewicht mit Umwelt- und Standortsbedingungen entstehen. Für Kernzonen ist die Sicherung vom Menschen ungestörter natürlicher Prozeßabläufe als übergeordnetes Schutzziel formuliert worden. Ökologische Prozesse werden von entsprechen-

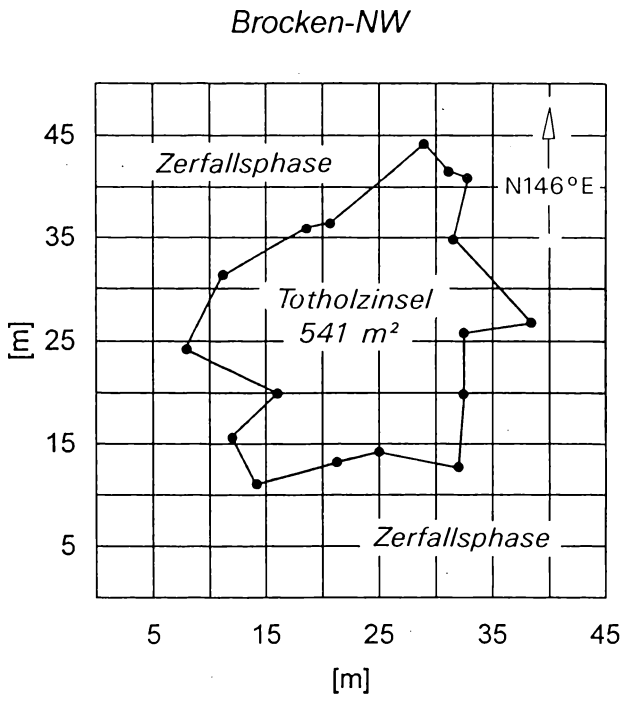


Abb. 15: Totholzinsel im Torfmoos-Reitgras-Fichtenwald am Nordwesthang des Brockens (985 m NN).

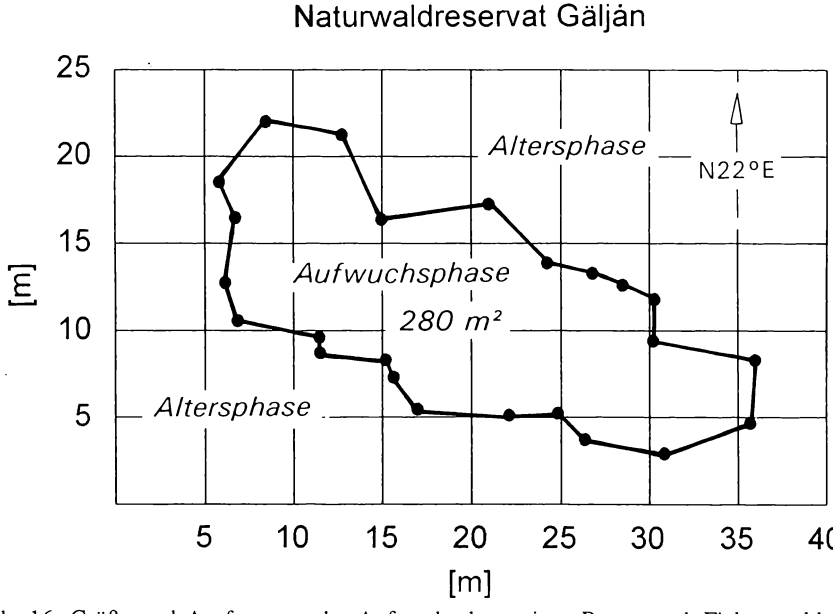


Abb. 16: Größe und Ausformung der Aufwuchsphase eines Beerstrauch-Fichtenwaldes im Gäljångebiet (550 m NN) des Naturreservats Fulufjället (NW-Dalarna/Schweden).

den biologischen Strukturen getragen, der die Entwicklungsphasen begleitende Strukturwandel ist eine Widerspiegelung wesentlicher Prozesse des Ökosystems Fichtenwald. Eine wichtige Aufgabe der Naturwaldforschung mit praktischen Konsequenzen für die Bewertung von Schutzzielen in den Kernzonen beider Nationalparks und die waldbauliche Behandlung von Fichten-Forstgesellschaften in der Pufferzone besteht in der Analyse der Vegetations- und Bestockungsstrukturen und dem Vergleich mit wirklichen Fichten-Urwaldstrukturen. Damit bietet sich nicht zuletzt eine Möglichkeit, die Effizienz des Prozeßschutzes zu überprüfen.

3.1 Fichtenwalddynamik und das Mosaik-Zyklus-Konzept

Die relativ großflächigen Verteilungsmuster der Entwicklungsphasen urwaldartiger borealer Nadelwälder und hochmontaner Fichtenwälder auf ärmeren Standorten scheinen eindrucksvoll die Gültigkeit des Mosaik-Zyklus-Konzepts im Sinne von REMMERT (1985, 1987, 1991) zu bestätigen. Abb. 17 veranschaulicht die räumliche Verteilung der Phasen an einem Transsekt durch Fichtenbestände mit langer Naturwaldentwicklung.

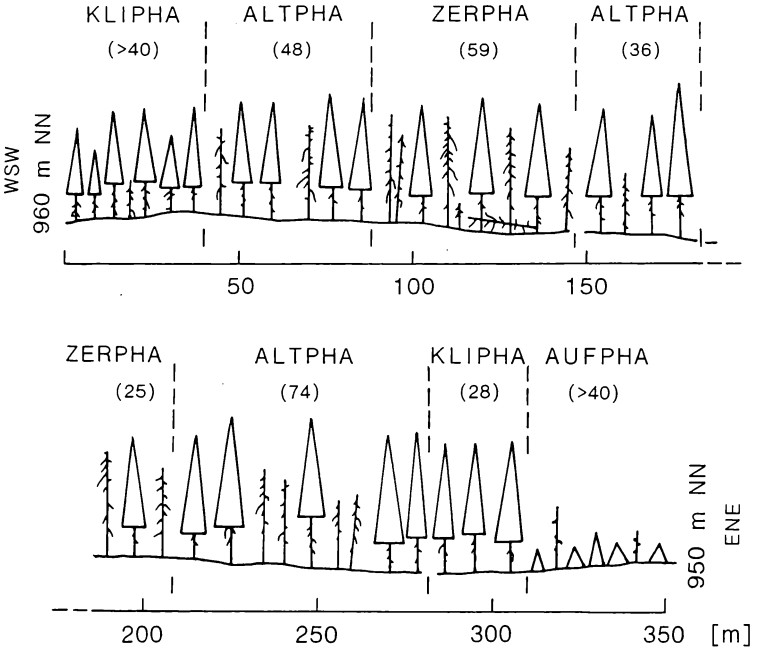


Abb. 17: Lage und Verteilung von Entwicklungsphasen des Torfmoos-Reitgras-Fichtenwaldes in einem 25 m-Profilschnitt am SE-Abfall des Sattels zwischen Brocken und Königsberg, 1995, Revier Winterberg Abt. 559, 560

KLIPHA – Klimaxphase ALTPHA – Altersphase
ZERPHA – Zerfallsphase AUFPHA – Aufwuchsphase

(Längenangaben einzelner Phasenabschnitte in Metern).

ZUKRIGL (1991) lehnt jedoch die Anwendung des Mosaik-Zyklus-Konzepts auf die Phasenzyklen ab und bemerkt hierzu «*Für die von Remmert (1988) angenommene Allgemeingültigkeit der Mosaik-Zyklus-Hypothese, die Katastrophen als normalen Faktor der Urwalderneuerung ansieht und den periodischen Rückfall von Schlußwaldgesellschaften in Pionierstadien und sogar Wiesen postuliert, fehlt jeder Hinweis*». Weder Remmerts These noch die gegenteiligen Vorstellungen von Zukrigl treffen die Realität von Wald- und Bestockungsstrukturen. Untersuchungen zeigen, daß sich Phasenmosaike auch ohne katastrophale Ablösung der Klimaxphasen und ohne Vorwaldstadien herausbilden können und daß sich nach Zerfallsphasen natürlich kontinuierlicher wie diskontinuierlicher Dynamik «offene» ± langlebige Vegetationseinheiten vom Typ der Moore, Heiden oder Gras- und Hochstaudenfluren herausbilden können. Die sich entwickelnden Waldstrukturen oder die Mosaike unterschiedlicher Phasenflächen werden von der Größe der Zerfallsflächen bestimmt, sie sind in der Regel relativ klein bei kontinuierlicher Dynamik, groß bei diskontinuierlicher (katastrophaler, chaotischer) Dynamik.

Im borealen Fichtenurwald Ormtjernkampen/Norwegen (HANISCH 1983) sind die Zerfallsphasen durchschnittlich 800 m^2 groß, die Extreme liegen bei 100 und 1 800 m^2. Zusammen mit inselartigen Altersphasen sind sie in großflächigen Klimaxphasen entwickelt. Der Kartierung von Phasenmosaiken des hochmontanen Fichtenurwald Kotlov zl'ab (KORPEL' 1995) lassen sich folgende Flächengrößen (m^2) entnehmen:

Wachstumsphase	1	200	...	> 15 000
Klimaxphase	2	500	...	> 20 000
Zerfallsphase	2	500	...	> 25 000

In diese Größenbereiche fallen auch die Phasenflächen naturnaher Fichtenwälder des Hochharzes. Grundsätzlich ist anzumerken, daß unter ökologischen Extrembedingungen die Phasenflächen innerhalb gleicher Vegetationsstrukturen (Reitgras-Fichtenwälder, Moor-Fichtenwälder) kleiner werden. Das ist besonders deutlich bei Annäherung an den edaphischen Waldgrenzbereich zu Mooren und an die subalpine Waldgrenze, wo schließlich die Auflösung zu natürlichen Rottenstrukturen (Biogruppen, timber atolls, tree islands) erfolgt (vgl. MYSZKOWSKI 1972, SCHMIDT-VOGT 1991). Größe, Ausformung und Verteilung der Phasenflächen in Fichten-Urwäldern und Fichten-Naturwäldern lassen keinen Zweifel daran, daß es sich um eine spezifische Realisierung des Mosaik-Zyklus-Prinzips handelt.

3.2 Phasenmosaike und ökologische Diversität

Mit dem Strukturwandel der Phasen ändert sich auch die ökologische Diversität des Berg-Fichtenwaldes. Die höchste Diversität wird in der Alters- und Zerfallsphase erreicht, sie ist relativ niedrig in der Wachstums- und Klimaxphase. Abb. 18. Die Alters- und Zerfallsphasen des Torfmoos-Reitgras-Fichtenwaldes in höheren Lagen beispielsweise unterscheiden sich in der Bodenvegetation durch *Carex nigra, C. canescens* und *Nardus stricta* von der Wachstums- und Klimaxphase. Entscheidend für die hohe Diversität ist jedoch die starke Differenzierung der Bestockungs- und Vegetationsstrukturen sowie der mit den steigenden Totholzmassen notwendig werdende Abbauprozeß. Nicht unwesentlich ist auch der Zeitfaktor. Der kontinuierliche Phasenzyklus bedeutet im Vergleich zum Fichten-Wirtschaftswald eine mehr als doppelt so lange ungestörte Entwicklungszeit. Die auffälligsten Merkmale erhöhter Diversität in der Alters- und Zerfallsphase sind:

- Starke Differenzierung der Vitalität und Strukturierung des Baumbestandes mit hohen Anteilen stehenden und liegenden Totholzes
- Entstehung von Totholz-Kleinbiotopen für Höhlenbrüter, totholzbesiedelnde Insekten und Pilze

- Entwicklung einer arten- und massenreichen epiphytischen Moos- und Flechtenvegetation
- Ausbildung von spezifischen Vegetations- und Zoozönosestrukturen auf liegendem Moderholz.

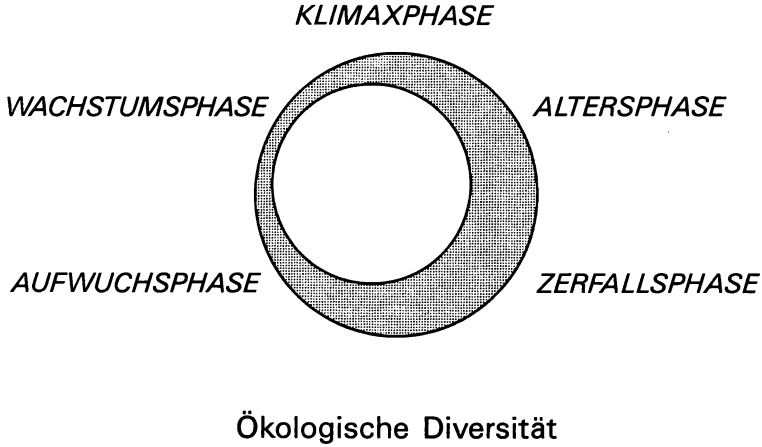


Abb. 18: Relative Änderung der ökologischen Diversität (schattierter Ring) im Entwicklungszyklus naturnaher Fichtenwälder.

Durch die Phasenmosaike steht - im Gegensatz zu Wirtschaftswäldern mit ± ausgeprägter Altersklassenstruktur – auf relativ kleiner Fläche das ganze biotische Potential eines Bärlapp-Block-Fichtenwaldes gleichsam in Bausteinen zur Verfügung. Steigt mit dem Absterbeprozeß der Anteil starken Totholzes und geht die Altersphase in die Zerfallsphase über, dann kann aus dem biotischen Potential typischer Zerfallsphasen, die in erreichbarer Nähe liegen, die Besiedlung und das Recycling des Totholzes erfolgen. Mosaikstrukturen und ökologische Diversität können als Zuverlässigkeitsstrategie von Ökosystemen interpretiert werden. Der Untersuchung von Phasen und Mosaiken in naturnahen Wäldern ist somit nicht zuletzt im Hinblick auf die Erhaltung der ökologischen Mannigfaltigkeit eine grundlegende Bedeutung beizumessen. Natürliche Biodiversität ist eine unbestrittene Wertkategorie im Natur- und Umweltschutz.

3.3 Entwicklungsphasen und Waldgesellschaft

Aus der dynamischen Betrachtung der Berg-Fichtenwälder als eine Abfolge von Entwicklungsphasen ergeben sich einige vegetationskundlich interessante Aspekte. Pflanzensoziologisch basiert die syntaxonomische Beschreibung und Systematisierung der Waldgesellschaften Mitteleuropas auf Wald- und Bestandesstrukturen, die vorwiegend den Baumholzstadien zuzuordnen sind. Weit seltener dagegen beruht sie, wenn die Vegetationsuntersuchungen in naturnahen oder urwaldartigen Wäldern durchgeführt wurden, auf den Strukturen von Klimax- oder Altersphasen. Vegetationsökologisch betrachtet wird die «Waldgesellschaft» aber durch die Gesamtheit der Entwicklungsphasen bzw. deren Mosaikflächen repräsentiert. Im Extremfall gehören zur Waldgesellschaft auch Vegetationsflächen ohne Baumschicht. BÜCKING (1995) sagt hierzu: «*Alle Entwicklungsphasen des Waldes*

Abb. 19: Vegetationsstrukturen im Bereich der Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölze am Ostrand des Goethemoores (Erläuterungen im Text).

sind Teile der Waldgesellschaft, die sich als Mosaik verschiedener Pflanzengemeinschaften verwirklicht ...». Nach diesem dynamischen Konzept sind offene Moorflächen der fortgeschrittenen Zerfallsphase oder frühen Aufwuchsphase ebenso wie die alten ± geschlossenen Fichtenbestockungen zum Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz zu rechnen (Abb. 19). Syntaxonomisch dagegen wären nach dem aktuellen Zustand die unmittelbar benachbarten (Mosaik)flächen als Vegetationskomplexe aus der Wollgras-Rasenbinsen-Gesellschaft [*Eriophoro-Trichophoretum caespitosi* (Zlatn. 1928) Rüb. 1933, emend. Dierß. in Oberd. 1977] der offenen Moorvegetation und dem Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölz (*Vaccinio uliginosi-Piceetum*) anzusprechen, die zudem noch zwei unterschiedlichen, höheren syntaxonomischen Kategorien (Klassen) angehören. In den Hochlagen der Kernzone des Nationalparks Hochharz kann ebenso wie in borealen und hochmontanen bis subalpinen Nadelwäldern beobachtet werden, daß die Bodenvegetation fortgeschrittener Zerfallsphasen oder früher Aufwuchsphasen pflanzensoziologisch als Zwergstrauchheiden oder Gras-Staudenfluren zu identifizieren sind. Daran soll deutlich werden, daß bei der Einschätzung von Vegetationsmosaiken die Fragen fallspezifisch zu beantworten sind: Handelt es sich um Komplexe unterschiedlicher Kontakt-Schlußgesellschaften oder um die Flächenmuster des Mosaik-Zyklus einer Schlußwaldgesellschaft, beispielsweise des Rauschbeeren-Fichten-Moorgehölzes?

Die Entwicklung von Naturwäldern in Mitteleuropa – die naturnahen Fichtenbestände des Hochharzes sind ebenso wie Naturwaldreservate in Bayern oder Baden-Württemberg ein Beleg dafür – fordert dazu heraus, die waldkundlichen Strukturen im Hinblick auf mögliche Konvergenzen mit Urwaldstrukturen zu vergleichen, die Entwicklungsphasen vegetationskundlich zu definieren und die bisherige pflanzensoziologische Gliederung von Waldgesellschaften in ein dynamisches vegetationsökologisches Konzept zu integrieren, zumindest aber kompatible Merkmale herauszuarbeiten.

3.3 Naturwaldentwicklung und Potentiell Natürliche Vegetation

Ein weiterer Aspekt betrifft die Potentiell Natürliche Vegetation (PNV) im Sinne von TÜXEN (1956): «*Der früheren natürlichen Vegetation kann ein gedachter Zustand der Vegetation gegenübergestellt werden, der sich für heute entwerfen läßt, wenn die menschliche Wirkung auf die Vegetation unter den heute vorhandenen Lebensbedingungen beseitigt und die natürliche Vegetation sozusagen schlagartig in das neue Gleichgewicht eingeschaltet gedacht würde*». Hierbei wird der Sukzessionsprozeß nicht beachtet, dieser findet durch PETERKEN (1981) Beachtung, PNV ist demnach ein Zustand, «*...der sich entwickeln würde, wenn der menschliche Einfluß vollständig und dauernd ausgeschaltet würde, und wenn die daraus folgende Sukzession in einem einzigen Augenblick vollendet wäre*». Trotz des hypothetischen Charakters hat der Begriff breite Anwendung gefunden, und es fehlt nicht an Versuchen, diesen zu präzisieren (z. B. NEUHÄUSL 1984) oder ihn kritisch zu beleuchten, immer aber daran festzuhalten (vgl. KOWARIK 1987, HÄRDTLE 1989). Den Begriff PNV würdigt DIERSCHKE (1994) als einen wichtigen Fortschritt der jüngeren Pflanzensoziologie. Die so verstandene PNV, besonders wenn sie für bestimmte Gebiete in Karten dargestellt wird, spielt eine wesentliche Rolle bei Landschaftsplanungen, beim Aufbau naturgemäßer Wälder, bei der Entwicklung von Naturschutzkonzepten oder bei territorialen Bewertungen (vgl. auch GLAVAC 1996).

Die PNV sensu TÜXEN ist ein gedankliches Konstrukt, das eine hypothetische PNV auf die aktuelle Vegetation sehr unterschiedlicher Natürlichkeitsgrade und auf ein aktuelles Standortspotential projiziert, wobei als Leitbild – mehr oder weniger bewußt – meist die ursprüngliche oder benachbarte naturnahe Vegetation und deren herkömmliche Syntaxonomie dient. JAHN et al. (1990) haben den Begriff der PNV kritisch beleuchtet und gezeigt, daß nicht zuletzt aus Sicht der Naturwaldentwicklung Definition und Verwendung so nicht tragfähig sind. Am Beispiel der Waldvegetation des westlichen Nordschwarzwaldes wird das genauer belegt. Starke Zweifel sind besonders dann angebracht, wenn für Agrar-

flächen und benachbarte naturnahe Wälder die gleiche PNV kartiert wird. Auf diese Problematik kann hier nicht eingegangen werden.

Der Begriff der PNV wird theoretisch sinnvoll und praktisch aussagekräftig, wenn er eine dynamische Komponente beinhaltet, wenn er den unterschiedlichen Natürlichkeitsgrad der aktuellen Vegetation ebenso berücksichtigt wie die meist langfristige Entwicklung zu einer künftigen PNV. Diese sollte mit der PNV von heute (im Sinne von TÜXEN) nicht verwechselt werden. Vgl. auch JAHN et al. (1990). Die PNV aus Sicht der Naturwaldentwicklung wird aus Vegetations- und Bestockungstrukturen gebildet, die sich je nach Natürlichkeitsgrad des Ausgangszustandes und nach unterschiedlich langer ungestörter Entwicklung im Gleichgewicht mit den jeweiligen Standorts- und Umweltbedingungen einstellen und einer natürlichen Phasendynamik unterliegen.

Für Wälder wird es eher als für Ersatzgesellschaften möglich sein, sichere Aussagen zu machen. Naturnahe Nadel- und Nadelmischwälder in Totalreservaten der Bergstufe lassen bereits klare Entwicklungstendenzen erkennen, zumal ein Vergleich mit Urwäldern in Nord- und Osteuropa möglich ist. Aber auch in langfristig ungestörten Waldbeständen des Tieflandes ist die Entwicklung zu Naturwaldstrukturen unverkennbar, wie die Ergebnisse von JENSSEN & HOFMANN (1996) aus dem Naturwaldreservat Heilige Hallen (Mecklenburg-Vorpommern) zeigen. Es zeichnet sich in beiden Nationalparks bereits jetzt ab, daß die künftige PNV häufig nicht mit der ursprünglichen Vegetation identisch sein wird. Die Auswirkungen von Klima- und Standortsänderungen wurden von denen forstlicher Nutzung und anthropogener Schadstoffbelastung überlagert. Fichtenforste in höheren Lagen des ehemaligen Fichten-Buchenwaldgebietes sind heute pflanzensoziologisch nicht von naturnahen Reitgras-Fichtenwäldern zu unterscheiden. Selbst so kennzeichnende Arten wie *Barbilophozia lycopodioides* und *B. floerkei* kommen stetig vor. Die standortsformende Kraft und das hohe Verjüngungspotential der Fichte lassen erwarten, daß bei ungestörter Entwicklung auch in forstlich abgewandelten bodensauren Buchenwäldern und in Folgegesellschaften heutiger Fichtenforste der montanen Stufe mit einem festen Fichtenanteil in der Baumschicht der künftigen PNV zu rechnen ist. Diese PNV dürfte Ähnlichkeiten mit montanen Ausbildungen des Luzulo-Fagetum oder Fago-Piceetum haben. Als praktische Konsequenz daraus sollte geprüft werden, wo im Bereich der Fichten-Forstgesellschaften (außerhalb der Kernzonen) Buchenvoranbau überhaupt gerechtfertigt ist und wo Fichten-Buchenwald als Zieltyp vorzusehen ist, um in guter Absicht die Entwicklung zur «PNV» zu beschleunigen.

Für die künftige PNV, die im Hochharz mit Ausnahme von Felsfluren, Mooren, subalpinen Zwergstrauchheiden und Grasfluren von Waldgesellschaften gebildet wird, gilt das oben Gesagte zur dynamische Auffassung von Waldgesellschaften in besonderem Maße. Die in den Kernzonen seit Jahrzehnten währende oder jetzt einsetzende Naturwaldentwicklung bietet die Chance, viele der offenen Fragen konkret zu beantworten. Ein eigens dafür vorgesehenes Untersuchungsprogramm auf der Basis von Dauerbeobachtungsflächen ist im Nationalpark Hochharz angelaufen.

4. Literatur

BAK, P. & CHEN, K. (1991): Selbstorganisierte Kritizität. – *Spektrum der Wissenschaft* 3; 62–71.

BÜCKING, W. (1995): Naturwaldreservate in Deutschland. – *Jh. Ges. Naturkde. Württemberg* 151; 41–72.

DAMM, C. (1994): Vegetation und Florenbestand des Brockengebietes. – *Hercynia N.F.* 29,; 5–56.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Stuttgart.

DIETRICH, H., MÜLLER, S. & SCHLENKER, G. (1970): Urwald von morgen. Bannwaldgebiete der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Stuttgart.

ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4. Aufl., Stuttgart.

FISCHER, A. (1996): Forschung auf Dauerbeobachtungsflächen im Wald. Ziele, Methoden, Analysen, Beispiele. – *Arch. Natursch. Landschaftsforsch.* 35; 87–106.

GLAVAC, V. (1996): Vegetationsökologie. Grundlagen, Aufgaben, Methoden. Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm.

GREGER, O. (1991): Der Harzer Aushiebswald – ein forstgeschichtliches Beispiel für eine naturnahe und nachhaltige Forstwirtschaft. – *Waldhygiene* 19: 37–50.

HÄRDTLE, W. (1989): Potentielle natürliche Vegetation. Ein Beitrag zur Kartierungsmethode am Beispiel der Topographischen Karte 1623 Owschlag. – *Mitt. Arbeitsgem. Geobotanik Schleswig-Holst. Hamburg* 40; 1–72.

HANISCH, B. (1983): Analyse des naturnahen Fichtenwaldes im norwegischen Nationalpark Ormtjernkampen Villmark. Struktur und Dynamik unter besonderer Berücksichtigung des Horizontalgefüges, der Verjüngungsdynamik und abiotischer Schadursachen. – Schriftenr. Waldbau-Inst. Bd. 1. Diss. Univ. Freiburg i. Br.

HILLGARTER, F.-W. (1971): Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald Scatlé/Brigels. – *Beih. Schweiz. Z. Forstwes.* 48.

HILLGARTER, F.-W. (1976): Beitrag zur Methodik der Erfassung und Beschreibung von Urwaldphasen. – Proc. Group 1, IUFRO-Kongreß Oslo; 79–83.

HUSE, S. (1963): Die letzten Urwaldvorkommen Norwegens. – *Schweiz. Z. Forstwes.* 114, 7; 394–404.

JAHN, G., MÜHLHÄUSSER, G., HÜBNER, W. & BÜCKING, W. (1990): Zur Frage der Veränderung der natürlichen Waldgesellschaften am Beispiel der montanen und hochmontanen Höhenstufe des westlichen Nordschwarzwaldes. – *Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde und Pflanzenzüchtung* 35; 15–25.

JEHL, H. (1995): Die Waldentwicklung auf Windwurfflächen im Nationalpark Bayerischer Wald. – Reihe Nationalpark Bayerischer Wald: 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Passau; 112–145.

JENSEN, U. (1961): Die Vegetation des Sonneberger Moores im Oberharz und ihre ökologischen Bedingungen. – *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* 1.

JENSSEN, M. & HOFMANN, G. (1996): Der natürliche Entwicklungszyklus des baltischen Perlgras-Buchenwaldes (Melico-Fagetum). – *Beitr. f. d. Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 30, 3; 114–124.

KORPEL', Š: Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart Jena 1995.

KOWARIK, J. (1987): Kritische Anmerkungen zum theoretischen Konzept der potentiellen natürlichen Vegetation mit Anregungen zu einer zeitgemäßen Modifikation. – *Tuexenia* 7; 53–67.

LEIBUNDGUT, H. (1978): Über die Dynamik europäischer Urwälder. – *Allg. Forst Z.* 33, 24; 686–690.

LEIBUNDGUT, H. (1993): Europäische Urwälder: Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft. Bern-Stuttgart-Wien.

MUCINA, L., GRABHERR, G. & WALLNÖFER, S. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III Wälder und Gebüsche. Jena-Stuttgart-New York.

MYCZKOWSKI, S. (1972): Structure and ecology of the spruce association Piceetum tatricum at the upper limit of its distribution in the Tatra National Park. Cracow: Acad. of Agricult. Forest Faculty.

NATIONAL BOARD OF WATERS AND THE ENVIRONMENT (1992): Integrated monitoring programme. Helsinki.

NATIONAL BOARD OF WATERS AND THE ENVIRONMENT (1993): Manual for integrated monitoring programme phase 1993–1996. Helsinki.

NEUHÄUSL, R. (1984): Umweltgemäße natürliche Vegetation, ihre Kartierung und Nutzung für den Umweltschutz. – *Preslia* 56; 205–212.

OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. IV. Wälder und Gebüsche. Jena-Stuttgart-New York.

PETERKEN, G. F. (1981): Woodland conservation and management. London-New York.

REMMERT, H. (1985): Was geschieht im Klimaxstadium? Ökologisches Gleichgewicht durch Mosaik und desynchrone Zyklen. – *Naturwiss.* 72; 505–512.

REMMERT, H. (1987): Sukzessionen im Klimax-System. – *Verh. Ges. Ökol.* 16; 27–43.

REMMERT, H. (1991): Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den Naturschutz. – *Laufener Seminarbeiträge* 5; 5–15.

REMMERT, H. (Ed., 1991): The Mosaic-Cycle-Concept of ecosystems. – *Ecological Studies* 85. Berlin-Heidelberg.

SCHAUER, W. (1990): Untersuchungsergebnisse der ersten Wiederholungsaufnahme von zwei Dauerbeobachtungsflächen (Bestockungsprofilen) im Naturschutzgebiet Oberharz. – *Arch. Naturschutz Landschaftsforsch.* 311; 37–54.

SCHAUER, W. & STÖCKER, G. (1976): Bestockungsanalysen und Dauerbeobachtungsflächen in Naturschutzgebieten naturnaher Berg-Fichtenwälder. – *Beiträge f. d. Forstwirtschaft* 3, 147–153.

SCHERZINGER, W. (1990): Das Dynamik-Konzept im flächenhaften Naturschutz, Zieldiskussion am Beispiel der Nationalpark-Idee. – *Natur und Landschaft* 65; 293–299.

SCHMIDT-VOGT, H. (1985): Struktur und Dynamik natürlicher Fichtenwälder in der borealen Nadelwaldzone. – *Schweiz. Z. Forstwes.* 136, 12; 977–994.

SCHMIDT-VOGT, H. (1991): Die Fichte. Bd. II/3. Hamburg-Berlin.

SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. Jena-Stuttgart.

SCHUCK, A., PARVIAINEN, J. & BÜCKING, W. (1994): A review of approaches to forestry research on structure, succession and biodiversity of undisturbed and semi-natural forests and woodlands in Europe.- Joensuu: European Forest Institute Working Paper No. 3.

SCHWANECKE, W. (1992): Forstliche Wuchsbezirke. Forstliche Wuchsbezirke im Mittelgebirge und Hügelland der ostdeutschen Länder. – *Der Wald* 42, 6; 204–207.

SCHWARZENBACH, F. H. (1987): Grundlagen für die Entwicklung einer allgemein anwendbaren Strategie zur Lösung ökologischer Probleme. – Eidgen. Anst. Forstl. Versuchswes. Birmensdorf.

SCHWIETERT, B. (1989): Geologie, Klima und Forststandorte des Harzes. – *Allg. Forst Z.* 18–20, 449-453.

STÖCKER, G. (1967): Der Karpatenbirken-Fichtenwald des Hochharzes. Eine vegetationskundlich-ökologische Studie. – *Pflanzensoziologie* Bd. 15. Jena.

STÖCKER, G. (1968): Das Anastrepto-Piceetum im Harz und Riesengebirge (Krkonose). – *Opera Corcontica* 5; 135–155.

STÖCKER, G. (1980): Beiträge zur ökologischen Charakterisierung naturnaher Berg-Fichtenwälder. – *Arch. Naturschutz Landschaftsforsch.* 20, 1; 65–89.

STÖCKER, G. (1980): Stickstoff als Ökofaktor naturnaher Berg-Fichtenwälder. Gesamt-Stickstoff und hydrolysierbarer Stickstoff. – *Arch. Naturschutz Landschaftsforsch.* 20, 4; 187–202.

STÖCKER, G. (1988): Biosphärenreservate und Backgroundmonitoring. Nutzung für die biologische Umweltüberwachung und Waldzustandskontrolle. – *Nachr. Mensch-Umwelt* 16, 1; 18-24.

STÖCKER, G. (1994): Natürliche Dynamik der Berg-Fichtenwälder im Nationalpark Hochharz. – In: Wald und Waldentwicklung – Belastungen und Chancen im Nationalpark. – Ber. der Tagung vom 14.–15.01.1994 in Schierke; 38–45.

STURM, K. (1993): Prozeßschutz – Ein Konzept für naturschutzgerechte Waldwirtschaft. – *Z. Ökologie u. Naturschutz* 2; 181–192.

THOMAS, A., MROTZEK, R. & SCHMIDT, W. (1995): Biomonitoring in naturnahen Buchenwäldern. Aufgaben, Methoden und Organisation eines koordinierten Biomonitoringsystems in naturnahen Waldökosystemen der Bundesrepublik Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.

TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – *Angew. Pflanzensoziologie* 13; 5–42.

VAN MIGROET, M. (1996): Über Waldstabilität. – *Beitr. f. d. Forstwirtschaft und Landschaftsökologie* 30, 2; 49–57.

WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1994): Spezielle Ökologie der Gemäßigten und Arktischen Zonen Euro-Nordasiens. Ökologie der Erde Bd. 3. 2. Aufl., UTB für Wissenschaft: Große Reihe, Stuttgart-Jena.

ZUKRIGL, K. (1991): Ergebnisse der Naturwaldforschung für den Waldbau. – *Schr.R. Vegetationskde.* 21; 233–247.

Manuskript eingegangen am: 14.2.1997

Anschrift des Verfassers:
Dr. sc. nat. Gerhard Stöcker
Senefelderstraße 5
06114 Halle

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 139

Autor(en)/Author(s): Stöcker Gerhard

Artikel/Article: Struktur und Dynamik der Berg-Fichtenwälder im Hochharz 31-61