

Konzept für eine
"Naturwaldentwicklungsstudie Sihlwald"

**Die Waldzustandsanalyse
als Basis für das Erstellen von bestandesspezifischen
Entwicklungsprognosen**

Konzeptentwurf:

**Dipl.-Ing. Dagmar Siebrecht
Botanisches Institut
Universität f. Bodenkultur
A - 1180 Wien**

Juni 1993

INHALTSÜBERSICHT

Einleitung

A. Allgemeines methodisches Vorgehen

B. Grundüberlegungen zu einer statistischen Erfassung des Natürlichkeitsgrades von Wäldern

C. Ökologisches Untersuchungskonzept für den Sihlwald

I. Die Situation

II. Geplanter Forschungsschwerpunkt für den Sihlwald

III. Methodische Umsetzung

IV. Der zeitliche Rahmen

Literatur

Anhang: Graphiken, Tabelle und Ergänzungstext zu Kapitel B

Einleitung

Natürlichen Wald in Mitteleuropa beobachten und erforschen zu wollen, ist in der Gegenwart ein fast undurchführbares Unternehmen geworden. Die wenigen verbliebenen Reste stellen isolierte, stark verstreute Waldinseln dar, häufig nur wenige Hektar gross und damit zu klein, um als intakte Systeme mit einer eigenständigen Entwicklung angesehen werden zu können.

Selbst die Handvoll echter Urwälder, welche erwiesenermassen nie einer flächenhaften menschlichen Holznutzung unterstanden, also niemals kahlgeschlagen oder in ihrer Artenzusammensetzung und Struktur manipuliert wurden, zeigen Spuren direkter oder indirekter Beeinflussung durch den Menschen: Einzelstammnutzungen, randliche Kahlschläge und Aufforstungen, Köhlerei und Waldweide, Jagdeinrichtungen, künstlich überhöhte Wilddichten oder neuzeitliche Schadstoffimmissionen - alle diese Faktoren bewirken Veränderungen in Struktur- und Artenzusammensetzung und können, wo sie gehäuft auftreten, das System stören, seine Vitalität mindern.

Auch die grössten unter den letzten Vertretern der natürlichen Bewaldung, so etwa der österreichische Rothwald, der böhmische Urwald Zofin, der polnische Bialowieza-Urwald, sind durch dererlei nicht-natürliche Einflüsse betroffen und selbst in ihren innersten Kerngebieten lassen sich Spuren von Beeinflussung finden (vgl. z.B. Beschreibungen in *Mayer et al.*, 1987, *Prusa*, 1975). Die Veränderungen sind nicht immer eklatant, oft gehen sie nahezu unmerklich vor sich und sind am aktuellen Waldbild allenfalls dann abzulesen, wenn die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Waldes bekannt ist - gerade dieses aber ist oft nicht oder nur lückenhaft der Fall.

So ist das Erlebenkönnen unverfälschter Naturwälder im (mittel)europäischen Raum erheblich in Frage gestellt; niemand kann die Garantie geben, dass der betrachtete Wald auch ohne Menschen sich genauso darböte.

Zieht man die ältere Fachliteratur zu Rate, erhält man ebenfalls nur punktuell Aufschluss. Der Kreis der in Frage kommenden Autoren ist eng begrenzt; nur wenige Forscher befassten sich um die Jahrhundertwende mit dem Urwald bereits aus nicht-ökonomischen Interessen, welche nicht auf Ausbeutung abzielten, weil sie früher als andere im Naturwald einen grossen waldbaulichen Lehrmeister erkannten. Namen wie *Julius Fröhlich*, *G. Tschermak* oder *K.M. Müller* waren hierbei wegweisend. Doch erfolgten all diese Forschungen quasi am Ende der "Urwaldära", kurz vor Untergang oder Teilzerstörung der letzten grossen Naturwaldgebiete.

Der heutige Naturwaldforscher muss auf solche unschätzbaren Anschauungsobjekte (fast) vollständig verzichten, ist grösstenteils auf seine Beobachtungs- und Kombinationsgabe (und auch Phantasie) angewiesen, um die Grundeigenschaften und Gesetzmässigkeiten des Naturwaldes trotz aller Verzerrungen zu entschlüsseln und offenzulegen.

Entdecken kann man auch auf solchermassen "detektivische" Weise eine ganze Menge; auch der durch menschliches Einwirken veränderte Wald spricht eine deutliche Sprache, gibt Hinweise auf seine Vergangenheit, seine weitere Entwicklung.

Der Analytiker ist gefordert, das Buch "Wald" lesen zu lernen.

A. Allgemeines methodisches Vorgehen

Das Fehlen von Vergleichsmöglichkeiten mit natürlichen Wäldern zwingt dazu, den gegenwärtigen Zustand eines Untersuchungsbestandes so eingehend wie möglich zu studieren, um sich bereits ankündigende zukünftige Entwicklungsabschnitte ablesen bzw. prognostizieren zu können.

Will man auf eingehende mikroskopisch-chemische Analysen dabei verzichten und sich allein auf die makroskopische Erfassung mittels Beobachtung und einfacher Aufnahmeverfahren stützen, so bieten sich hierbei als leicht erkennbare Parameter die folgenden an:

- Strukturmerkmale (des Altbestandes)
- Artenzusammensetzung der Bodenvegetation
- Verjüngung (Aufbau, Zusammensetzung etc.)
- Bodenstruktur, insbes. der Humusschicht
- evtl. Altersstruktur

Zu einer ersten Einschätzung des gegenwärtigen Entwicklungszustandes und insbesondere zu einer differenzierten Beurteilung der zumeist sehr kleinräumigen Standortunterschiede ist eine eingehende Analyse der Bodenvegetation, verbunden mit einer Verjüngungsstudie sicherlich die am besten geeignete Methode. Anders als der durch menschliches Eingreifen (welcher Art dies auch immer sei) stark veränderte Altbestand, gibt die spontan auftretende Vegetationsdecke aus krautigen Pflanzen und Gehölzverjüngung genauen Aufschluss über den aktuellen Bodenzustand, Nährstoffhaushalt, kleinklimatische Verhältnisse sowohl oberhalb wie auch unterhalb der Bodenoberfläche. Die Baumartenverjüngung in ihrer Artenzusammensetzung, Soziabilität, Vitalität und ihrem Grössenspektrum gibt zudem wichtige Hinweise auf die Reproduktionskraft des betreffenden Waldsystems. Vergleiche zwischen Altbestand und Verjüngung sind in diesem Zusammenhang sehr aufschlussreich.

Um die Untersuchung der Bodenvegetation jedoch nicht rein deskriptiv zu gestalten - was für eine Feststellung des Entwicklungszustandes und -potentials des Waldbestandes noch wenig Aussagekraft besässe -, ist es erforderlich, über die grundlegende gesellschafts-systematische Erfassung hinaus den **Indikatorwert** der Einzelpflanze stärker in den Mittelpunkt zu rücken.

Jede der Waldbodenpflanzen ist mehr oder minder fest an bestimmte Waldgesellschaften gebunden, ihr Auftreten und Verschwinden signalisiert die Entwicklungsrichtung, welche der betreffende Waldbestand eingeschlagen hat - was sowohl eine Aufwärtsentwicklung zu höheren, anspruchsvolleren Gesellschaften als auch - im Falle einer Standortdegradierung - eine Rückentwicklung zu einem früheren Pionierwaldstadium sein kann.

Der mit ausgezeichneter Beobachtungsgabe ausgestattete Forstbotaniker *Erwin Aichinger* hat, aufbauend auf diesem Grundgedanken, ein vegetationskundliches System entwickelt, das die rein statistische pflanzensoziologische Kartierung und Systematisierung zu einem **dynamischen** Waldentwicklungsmodell erweitert (vgl. *Aichinger, 1967*).

In sehr differenzierter Form werden unter Berücksichtigung von Höhenlage, Exposition, grossklimatischem Einfluss, Hanglage und Bodenart Waldentwicklungsreihen von früheren Sukzessionsstadien der Verbuschung bis hin zur Einstellung einer sogenannten 'Klimaxgesellschaft' oder auch Dauergesellschaft aufgestellt; das Auftreten und Verschwinden der jeweiligen charakteristischen Arten im Verlauf der Sukzession wird

mit all seinen natürlichen, fließenden Übergängen erfasst, die Einzelpflanze in einen grösseren, lebendigen Entwicklungsprozess eingeordnet.

Was das System Aichingers für die Erforschung natürlicher Waldentwicklungen in der Gegenwart besonders wertvoll macht, ist die zentrale Rolle, die er dem verändernden Einfluss der menschlichen Nutzung zuerkennt. Sein Entwicklungsmodell stützt sich nicht auf Idealtypen natürlicher Waldgesellschaften, sondern geht aus von dem menschengepprägten, oftmals degenerierten Ist-Zustand des Systems. Dies bedeutet eine grosse Hilfe bei der bestandesspezifischen Prognostizierung zukünftiger Entwicklungsverläufe. Aichinger ist es damit gelungen, eine Brücke zu schlagen zwischen dem statistisch-statischen System der Schule *Braun-Blanquets* und, wie er selber sagt, "der vitalen Dynamik der lebendigen Natur" (vgl. *Wendelberger*, 1951).

Es ist damit auch das einzige differenzierte System, das die traditionelle Pflanzensoziologie in die Waldentwicklungsforschung integrieren kann. Seine Anwendung ist bei der mühsamen "Spurensuche" ein wertvolles Instrument.

Als ergänzender Faktor zur Vegetations- und Verjüngungsuntersuchung sollte nach Möglichkeit auch der Aufbau der organischen Bodenschichten, speziell des Humushorizonts, hinzugenommen werden - dies umso mehr, als eine eingehende Beschäftigung mit dem belebten Boden bei den meisten Bodenanalysen fehlt. Doch ist es ein altbekannter, wahrer Satz, dass "Leben nur aus Leben entsteht" und diesem, häufig ignorierten, Gesetz ist auch die Beziehung Wald - Boden unterstellt. Beider Vitalität ist untrennbar verbunden.

Auf diese Weise erhält man eine recht geschlossene, sehr fein gegliederte Zustandserfassung, die als Basis für Zukunftsprognosen und individuelle Waldentwicklungsmodelle dienen kann.

Es hiesse der Waldökologie nicht gerecht werden, wenn man den Aufbau des Altbestandes trotz seiner mehr oder minder menschlich geformten Erscheinung ausser acht liesse.

Die Struktur ist das optisch auffälligste Merkmal und bestimmend für den als "Waldbild" wahrgenommenen Gesamteindruck. Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass die Struktur des Altbestandes ebenso wie die Bodenvegetation untrennbar mit dem Standort verbunden ist: "Im Urwald ist die Bestandesform durch den Standort bedingt!" schreibt C. Roth in seiner Abhandlung "Beobachtungen und Aufnahmen in Buchen-Urwäldern der Wald-Karpathen" und gibt damit bereits eine wichtige Erklärung für das fein ausgebildete Bestandesgefüge des Naturwaldes.

Für den heutigen, durch Nutzung veränderten Wald, der erst am Anfang einer "sekundär-natürlichen" Entwicklung steht, stellt sich als erste und zumeist auch zentrale Frage: Wie natürlich ist das vorgefundene Waldbild? In welchem Masse weicht es vom ursprünglichen Bild des früheren Naturwaldes ab?

Sehr günstig ist es bei der Annäherung an diese Frage (eine endgültige Antwort ist kaum je zu erwarten), wenn Vergleichsmöglichkeiten zu bereits längere Zeit ungenutzten Beständen gleicher Waldgesellschaften bestehen, oder auch zu erkennbar naturnäheren Teilen des gleichen Bestandes.

Es würde zu weit führen, den Begriff "Naturnähe" und ihre Erkennbarkeit anhand einzelner Strukturparameter an dieser Stelle ausführlich zu diskutieren.

Doch darf als ein wesentliches allgemeines Grundprinzip des Naturwaldes die "Vielfältigkeit in kleinräumigem Wechsel" gelten, die sich in sämtlichen Strukturelementen

und ihren diversen Kombinationen untereinander widerspiegelt. Einerlei, auf welche(n) Parameter man seine Beurteilung stützt, letztendlich wird immer die Vielfalt der Gradmesser der Natürlichkeit sein.

Bei Beständen, deren Waldbild insgesamt als "naturnah" bezeichnet werden kann, ist eine Kartierung von Entwicklungsphasen - etwa in dem Sinne, wie *Leibundgut* (1982) sie definiert hat - eine recht aufschlussreiche Massnahme:

Ältere wie neuere Untersuchungen kommen übereinstimmend zu dem Schluss, dass sich die Entwicklung des Naturwaldes auf rel. kleiner Fläche vollzieht, so dass sich als typisches Muster der Klimaxgesellschaft ein sog. "Mosaikkomplex" aus nebeneinanderliegenden Phasen ausbildet (vgl. *Remmert*, 1991).

Eine holländische Untersuchung (s. *Knoop*, 1982) stellte eine Abhängigkeit der räumlichen Ausdehnung der Entwicklungsphasen von der Waldgesellschaft fest; für Buchenwald liegt die ermittelte Richtgrösse bei 2 ha. Ein vollständig aufgezeichnetes Entwicklungsphasenmuster lässt schon eine Einschätzung des Waldzustandes (Natürlichgrades) zu. Bei sehr gleichförmigen Bestandesbildern können ergänzende **Altersbohrungen** hilfreiche Hinweise liefern über Entstehungsart und groben Entwicklungsablauf.

Die am häufigsten verwendete Methode der Strukturerfassung stellt sicherlich die Anlage von **Profilstreifen** oder auch Transekten dar. Das Verfahren erfordert einen recht hohen Messaufwand, bietet aber neben der Wiedergabe typischer Bestandesbilder die Möglichkeit, Bestandeskenndaten wie auch Höhenkurven, Durchmesserpektren etc. zu errechnen, sofern die erfasste Fläche repräsentative Grösse besitzt.

Die zwangsläufige Schematisierung der Grund- und Aufrissdarstellung erleichtert zudem das Erkennen von typischen Anordnungsmustern und Schichtungsverhältnissen, die im lebenden Bestand oftmals nicht so stark ins Auge fallen.

Ein Nachteil bei der Untersuchung von Altbestandsstrukturen besteht darin, dass die gewonnenen Ergebnisse erst durch den Vergleich mit nachfolgenden Bestandesbildern ihren eigentlichen Stellenwert erhalten, also erst nach verhältnismässig langen Zeiträume die eigentlich interessanten Erkenntnisse für die Waldentwicklungsforschung erbringt. Die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen ist hierbei sehr nützlich und unbedingt zu empfehlen; doch verlangt diese Methode auf jeden Fall Geduld und trägt mitunter erst in der 2. oder 3. Forschergeneration ihre schönsten Früchte.

Um daher für die Waldentwicklungsforschung schon heute von Nutzen zu sein, bedarf es zweifellos der Ergänzung durch andere Teiluntersuchungen - insbesondere die erwähnte pflanzensoziologisch-dynamische Analyse und Verjüngungsuntersuchungen. Das einmalig erfasste Strukturbild kann in Vergleich gesetzt werden zu charakteristischen Wirtschafts- und Urwaldbildern, um auf diese Weise eine optische Einschätzung der Naturnähe oder -ferne des untersuchten Bestandes vornehmen zu können.

B. Grundüberlegungen zu einer zahlenmässigen Erfassung des Natürlichkeitsgrades von Wäldern - ihre Möglichkeiten und Grenzen

Als Berechnungsgrundlage sind im Prinzip alle Parameter geeignet, welche

- a) messbar sind und
- b) spezifische Strukturformen des Naturwaldes widerspiegeln.

Denkbar wäre etwa die Verwendung von Brusthöhendurchmesser, Baumhöhen, Stammfussabständen und -verteilung, Kronenlänge und -grösse, Altersstruktur, Totholz mengen etc. - das Beurteilungsblatt für die Naturnähe von Waldbeständen des Züricher Stadtforstamtes bietet bereits eine Zusammenstellung der wesentlichen infragekommenden Kriterien.

Als zwei der am leichtesten zu erfassenden Grössen wurden anhand von konkreten Beispielen der Abstand der Stammfüsse und der Brusthöhendurchmesser auf ihre statistische Eignung überprüft. Beide bilden im Urwald ein charakteristisches, breitgefächertes Wertespektrum aus und lassen daher eine Unterscheidung von Naturwald und dem eher gleichförmigen Wirtschaftswald zu.

Als Testbeispiele wurden exemplarische Probemessungen im Sihlwald durchgeführt und diese in Vergleich zu Urwaldbeständen verwandter Waldgesellschaften gesetzt. Sämtliche Urwalddaten wurden dem Buch "Die böhmischen und mährischen Urwälder" von *E. Prusa* entnommen, welches über sehr genaue Grundrisskarten verfügt.

Bei der folgenden, zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse muss betont werden, dass nur eine verhältnismässig geringe Zahl von Beispielen behandelt wurde, um gleichsam die Möglichkeiten als solche abzuschätzen; um definitive und damit statistisch verwertbare Kennzahlen zu erhalten, ist eine weit intensivere, verschiedene Bestandestypen umfassende Überprüfung erforderlich.

Anhand von drei "gedachten", d.m. nach Grundrisskarten ausgewählten Probeflächen der tschechischen Urwälder Zofin und Stocek wurde die Abstandsmessung als Einzelfaktor überprüft. Bei den ausgesuchten Bestandesteilen handelte es sich in allen Fällen um Buchen-Mischbestände in fortgeschrittener Entwicklungsphase (ca. Optimalphase); die Messung erfolgte in Messketten streifenweise.

Die Eingliederung der ermittelten Abstände in ein 1m-Raster ergab in der graphischen Darstellung* ausgeprägte Optimumskurven (vgl. Abb.1), jedoch mit deutlich wechselnder Lage des Optimums sowie grösseren Schwankungen im Maximalwert. Um eine gültige Regel aus den Einzelbeispielen abzuleiten, bedarf es allerdings der Untersuchung einer weitaus grösseren Zahl von Urwaldprobeflächen.

Günstiger als die Verwendung eines einzelnen Faktors ist für eine statistische Verarbeitung eine Kombination aus zwei (oder mehr) Parametern. Sie bieten den Vorteil einer "doppelten Absicherung" und verlangen im Durchschnitt eine deutlich geringere Zahl von Einzelmessungen.

Im vorliegenden Fall wurde mit einer Kombination von Stammfussabstand und Brusthöhendurchmesser experimentiert, da beide Messgrössen einfach und schnell im Gelände zu erfassen sind und beide, sowohl Durchmesser- als auch Abstandsspektrum, recht sensible Indikatoren für die Natürlichkeit eines Waldbestandes sind.

Während bei reiner Abstandsmessung mindestens 100 Messungen (ungefährer Richtwert) erforderlich sind, um einen repräsentativen Querschnitt zu erfassen, genügt bei einer kombinierten Messung bereits rd. 1/3 (35 - 40 Messungen), um die Bestandesstruktur naturgetreu wiederzugeben.

Verglichen wurden drei Ausschnitte aus dem Zofiner Urwald mit typisch unregelmässiger Struktur (Z 1-3) mit drei Probeflächen aus dem Sihlwald - ein naturnaher Buchen-Fichten-Tannen-Mischbestand aus der Überförungszone (= V 1), ein (fast) natürlich aufgebauter Mischbestand unterhalb des Albishorns (V 2) sowie ein "naturferner" Fichten-Altbestand im Bereich Langrain - Hint. Risetten (V 3).

Bei der Ergebnisdarstellung wurde jedem Baum ein Messabstand (zu einem Nachbarbaum) zugeordnet und dieser Wert durch den betreffenden Brusthöhendurchmesser dividiert; die Quotienten wurden nach ihrer Grösse geordnet und tabellarisch zusammengestellt.

Wie aus Tabelle A (s. Anhang) zu ersehen ist, besitzen die durch Nutzung stärker veränderten Bestände V 1 und V 3 ein deutlich engeres Spektrum als die Urwaldbestände, wobei v.a. das Fehlen besonders niedriger wie auch sehr hoher Werte auffällt. Der sehr naturnah strukturierte Bestandesausschnitt V 2 hingegen unterscheidet sich kaum von den Naturwäldern.

Die graphische Umsetzung - die Werte wurden in Fünferschritten summiert, vgl. Abb. 2 - zeigt entsprechend für die naturfernen Bestände ein ausgeprägtes Maximum im Grössenbereich von etwa 10-20, welches bei den natürlichen Beständen zwar ebenfalls angedeutet, aber wesentlich schwächer ausgebildet ist.

Obwohl die Zahl der betrachteten Beispiele auch hier viel zu gering ist, um eine feste Gesetzmässigkeit ableiten zu können, erscheint doch die sich abzeichnende Gesamttendenz allgemeine Gültigkeit zu besitzen:

Das Wertespektrum des Naturwaldes dürfte bei einer Quotientenbildung Abstand : BHD im Bereich zwischen 1 und 100 liegen, für naturferne Forste etwa zwischen 5 und 30 (40?); Übergangsformen wären entsprechend im Zwischenbereich anzusiedeln. Auch die ausgeprägte Maximumsbildung im Bereich (7)10-15(20) bei den naturfernen Beständen darf sicherlich als Typikum aufgefasst werden.

Ob hingegen die zwei "Spitzen" der Urwaldbestände verallgemeinert werden können, ist noch fraglich; hier könnte die gezielte Auswahl von Phasen mit einem breiten Spektrum von Stammstärken prägend gewesen sein.

Zu einer umfassenden Prüfung der angedeuteten Regel und damit zur Gewinnung zuverlässiger Richtgrössen ist es erforderlich

1. eine grössere Zahl von Urwaldausschnitten zu untersuchen; der natürliche Wald ist die Orientierungsgrösse, zu der alle übrigen Waldbestände in Relation gesetzt werden.
2. für eine Reihe von "typischen" im Kahlschlagverfahren bewirtschafteten Beständen, sowohl Laubholz (Buche) als auch Fichte als "Gegenpol" ebenfalls Kennwerte zu ermitteln.
3. Es ist zu erwarten, dass die gefundenen Kennzahlen gesellschaftsspezifische Abweichungen zeigen; diese wären

durch entsprechende Überprüfung zu konkretisieren.

4. Auch die Urwaldwerte verändern sich je nach betrachteter Entwicklungsphase (unter den geprüften Probebeständen zeigt z.B. Urwaldbestand Z 2 eine gewisse Annäherung an die Wirtschaftsbestände); bei gewissenhaftem Vorgehen müssen für jede Phase eigene Kennwerte ermittelt werden, aus welchen wiederum Mittelwerte errechnet werden können. Für bestimmte Naturwaldphasen (alle Phasen mit sich auflösendem Altbestand, v.a. Zerfalls- und Initialphasen) sind derartige Berechnungen nicht möglich.
5. Der Vollständigkeit halber sollten auch typische naturnahe Wirtschaftsbestände (Plenterwald, Femelwald) in die Untersuchung einbezogen werden. V.a. beim Plenterwald ist eine zumindest partielle Übereinstimmung mit dem Urwald zu erwarten.

Fazit: Eine Charakterisierung der Waldstruktur und die Einschätzung der Naturnähe eines Bestandes durch Zahlen-Kennwerte ist möglich, verlangt jedoch eine differenzierte Betrachtung. Bei einem Vergleich beliebiger Bestände mit Naturwäldern muss darauf geachtet werden, dass stets nur die gleiche Waldgesellschaft und eine annähernd gleiche Entwicklungsstufe (Grobeinschätzung: Jungwald, Altbestand mit optimalem Zuwachs, reduziertem Zuwachs etc.) miteinander verglichen werden; andernfalls entstehen unweigerlich Verzerrungen und Fehleinschätzungen.

Abschliessende Stellungnahme zum Gesamtverfahren:

Bei einer statistischen Erfassung und Bewertung von Waldbeständen darf nicht übersehen werden, dass derartige Verfahren - und seien sie noch so fein ausgearbeitet - stets nur Hilfsmittel darstellen, um den vorgefundenen Zustand fassbar zu machen und eine Beurteilung zu erleichtern, dass sie jedoch keinesfalls in der Lage sind, die Komplexität und Differenziertheit des natürlichen Systems auch nur annähernd wiederzugeben. Der geschulte Betrachter ist in der Lage, den Natürlichkeitsgrad eines Waldes allein durch Beobachtung und wenige Grundinformationen abzuschätzen und er tut gut daran, sich auf seine Fähigkeiten zu verlassen.

Beurteilungen, die auf reinen Messungen und Berechnungen beruhen, wirken unweigerlich reduzierend und lassen das lebendige, dynamische System zu einer starren statistischen Grösse werden, die in der Natur nirgends eine Entsprechung hat.

Damit sind Einschätzungen, die auf reinen Zahlenwerten beruhen, streng genommen höchst unökologisch und sollten nur dann angewandt werden, wenn ihre Möglichkeiten nicht überschätzt werden:

Zweifellos bieten Kennwerte, die durch einfache Messverfahren zu ermitteln sind, den Vorteil, auch vom nicht Sachkundigen verwendet werden zu können. Auch bestechen sie durch ihre Objektivität, obwohl gerade bei diesem Punkt Vorsicht geboten ist: Die Vielfalt des Systems "Wald" und die Individualität seiner Erscheinung kann leicht dazu führen, dass bei falscher Anwendung von Messregeln unrichtige Schlussfolgerungen gezogen werden.

Einige Beispiele hierzu:

Im Verlauf der Entwicklung eines Wirtschaftsbestandes zu einem ungenutzten, (sekundär) natürlichen Wald können vorübergehend Phasen auftreten, die in ihrer äusseren Erscheinung gleichförmiger und damit scheinbar naturferner als der Ausgangsbestand wirken. Obwohl dieser Entwicklungsschritt notwendig ist und die Rückkehr zum echten Naturwald einleitet, würde eine rechnerische Erfassung des betreffenden Stadiums zunehmende Naturferne ergeben, also gerade das Gegenteil der tatsächlichen Verhältnisse "beweisen".

Ein anderes Beispiel: Auch im echten Urwald treten kleinflächig Phasen auf, welche äusserlich dem typischen Altersklassenwald zum Verwechseln gleichen. Nimmt man solche Bestandesausschnitte als Berechnungsgrundlage, so kann man damit jede Natürlichkeitseinstufung ad absurdum führen, indem scheinbar gerade die naturfernen Wirtschaftsbestände die "natürlichsten" Zahlenwerte erhalten.

Der Einsatz rechnerisch-statistischer Methoden ist sicherlich ein erlaubtes Instrument bei der Einstufung von Waldbeständen, seine Handhabung jedoch ist nicht immer ohne Schwierigkeiten möglich.

Seine Anwendung sollte daher eher ergänzenden Charakter erhalten, um nicht als isoliertes, überbewertetes Verfahren die Entfremdung des Forschers von seinem Forschungsobjekt zu fördern, was weder der Waldforschung noch dem Naturwaldgedanken als solchem dienlich wäre.

C. Ökologisches Untersuchungskonzept für den Sihlwald

I. Die Situation

Nach annähernd einem Dutzend Ganz- und Halbtagesexkursionen ergibt sich als Gesamteindruck das Bild eines erfreulich naturnah gebliebenen, ausgesprochen vitalen Wirtschaftswaldes mit besten standörtlichen Voraussetzungen für eine natürliche Waldentwicklung.

Als sehr wertvoll ist v.a. der gute Bodenzustand zu bezeichnen, welcher an nahezu allen Stellen das Aufkommen von natürlichem Laubmischwald ermöglicht. Das ausgesprochen gute Nährstoffangebot, gepaart mit ausgezeichneter Wasserversorgung, lockerer Bodenbeschaffenheit und hoher Luftfeuchte, spiegelt sich nicht nur in dem Gedeihen zahlreicher anspruchsvoller Laubwaldarten in der Krautschicht wider, sondern auch in dem guten Wuchs des Altbestandes (bes. Buche) und dem üppigen Aufkommen der Naturverjüngung.

Sogar in den Althölzern der Fichtenaufforstungen blieb der ursprüngliche Bodenzustand soweit erhalten, dass neben oberflächlichen Versauerungszeigern (*Oxalis*, *Maianthemum*) auch die ursprüngliche Laubwaldflora (v.a. *Galium odoratum*, *Mercurialis*, *Carex sylvatica* etc.) existenzfähig ist und bei Auflichtung des Altholzes - wie bereits vielfach erfolgt - augenblicklich Laubholz ansamt und sich (trotz nicht geringer Wildverbisschäden) gut entwickelt.

Dies bedeutet einen Vorteil für die Naturwaldentwicklung, den man nicht hoch genug einschätzen kann: Eine Veränderung der natürlichen Baumartenzusammensetzung lässt sich verhältnismässig leicht korrigieren bzw. reguliert sich von selbst. Eine Verschlechterung der Bodenverhältnisse jedoch, wie sie etwa in Fichtenaufforstungen durch Rohhumusbildung, Nährstoffauswaschung, Versauerung etc., ist auch durch menschliches Eingreifen kaum rückgängig zu machen und wirft die natürliche Waldentwicklung auf ein relativ frühes Sukzessionsstadium zurück.

Dennoch erhebt sich für viele fichtenreiche Bestandesteile des Sihlwaldes die Frage, ob nach Beseitigung der Fichtenalthölzer ein sofortiges Aufkommen der ursprünglichen Klimaxgesellschaft (der jetzigen potentiellen Waldgesellschaft) möglich sein wird.

Eine erste stichprobenartige Verjüngungsanalyse ergab, dass bei Auflichtung der Nadelholzbestände als erste Baumart die Esche ansamt, welches in fortgeschrittenen Stadien der Verjüngung zu flächendeckenden Teppichen aus Jung-Eschen mit beigemischter Buche und Berg-Ahorn führt, wobei die äusserst günstigen Wuchsbedingungen für die Esche, verbunden mit ihrer zahlenmässigen Dominanz, zu ausgesprochener Vorwüchsigkeit dieser Baumart führt. Für die betreffenden Bestände ist also als erster Schritt der Naturwaldentwicklung die Ausbildung mehr oder weniger reiner Eschenbestände zu erwarten, unter deren Schirm dann die Gehölze der Schlussgesellschaft (Buche, Berg-Ahorn, Tanne) aufkommen können.

Strukturell bietet der heutige Sihlwald das Bild eines naturnahen, nicht allzu intensiv genutzten Wirtschaftswaldes, wobei die einzelnen Struktureinheiten erstaunlich kleinflächig ausgebildet sind und sich häufig abwechseln. Eingeflochten sind immer wieder Bestandesteile, deren struktureller Aufbau dem der natürlichen Gesellschaft sehr nahe kommt (v.a. Bachtäler, Kammlagen). So ergibt sich ein Mosaikkomplex, noch weit entfernt von dem Mosaikgefüge des Urwaldes, jedoch eine gute Basis für eine Entwicklung desselben.

In diesem Zusammenhang ist besonderes Augenmerk auf die Überführungsbestände zu richten; eine rasche und vor allem gleichmässige Auflichtung der Altbestände führt - aufgrund der starken Ansamungsfreudigkeit der Laubgehölze - zur Ausbildung einer flächendeckenden, weitgehend gleichaltrigen Verjüngungsschicht und lässt klassische Zweischicht-Bestandesbilder entstehen, welche zwar im naturnahen Wirtschaftswald wünschenswert, für den Naturwald jedoch untypisch sind.

II. Geplanter Forschungsschwerpunkt für den Sihlwald

In Kapitel A wurde bereits ein allgemeiner Überblick über einige wesentliche Aufnahmeverfahren zur Erforschung der Waldentwicklung gegeben. Nicht alle davon sind in der beschriebenen Grundform geeignet, auf die spezielle Situation des Sihlwaldes übertragen zu werden; es bedarf im Einzelfall der bestandesspezifischen Modifizierung.

Die bislang durchgeführten Untersuchungen zur vegetationskundlichen, faunistischen und ökologischen Situation des Sihlwaldes waren ihrer Natur nach statisch angelegt - sei es, dass die Erfassung des Ist-Zustandes im Vordergrund stand oder dass - im Falle der potentiell-natürlichen Vegetation das fertige Bild eines zukünftigen "Endzustandes" gezeichnet werden sollte.

Der dynamische Aspekt blieb dabei sowohl in der Zielsetzung als auch in der Methodik unberücksichtigt; er stellt ein eigenes Forschungsgebiet dar, das sich zwar mit den übrigen berührt, jedoch einen eigenen methodischen Ansatz verlangt.

So muss der heutige Ist-Zustand gleichsam als **Momentaufnahme** zwischen Vergangenheit und zukünftiger Entwicklung verstanden werden. Gegenwarts- und Vergangenheitsanalyse müssen darauf ausgerichtet sein, die Zukunft "aufzuschliessen", um auf diese Weise die zu erwartenden Veränderungen **bestandesspezifisch** prognostizieren zu können.

Die Vergangenheit des Sihlwaldes ist aus historischen Quellen und Wirtschaftsbüchern hinreichend bekannt (was einen seltenen Glücksfall bedeutet), die allgemeine Zukunft lässt sich aufgrund von allgemeinem Wissen über Naturwälder, potentiell-natürliche Vegetation etc. vorstellen.

Die individuellen Entwicklungsvorgänge der z.T. sehr verschiedenen Bestandesteile, die einzelnen Entwicklungsschritte, die in naher Zukunft zu erwartenden Veränderungen - diese lassen sich nur durch eine ebenso individuelle Bestandesanalyse näher bestimmen, die die heute anzutreffenden Strukturverhältnisse in Altbestand, Verjüngung, Bodenvegetation und Boden zum Ausgangspunkt nimmt und sie in einen dynamischen Zusammenhang eingliedert.

Auf diese Weise lässt sich eine bestandesspezifische Entwicklungsprognose erstellen, die neben dem Endzustand auch Zwischenschritte erfassen und diese bezeichnen kann. Keine Prognose kann jemals alle Details berücksichtigen und gerade in dem so komplexen und sensiblen System des (Natur)waldes dürfte es schwierig sein, überhaupt Aussagen zu treffen, die mit 100%iger Sicherheit eintreten werden.

Jedoch lassen sich die Grundtendenzen, die jeweilige Hauptrichtung der Entwicklung eines Einzelbestandes stets recht genau aufzeigen und daraus abgeleitet auch Hinweise auf mögliche Gefahren und Komplikationen im Entwicklungsgang geben.

III. Methodische Umsetzung

Die Basis der Waldentwicklungsuntersuchung bildet eine umfassende **ökologische Grundanalyse**.

Hierfür werden Teilflächen von ca. 1-2 ha (Richtgrösse für Buchenwald) ausgewählt, die möglichst einer geschlossenen Einheit entstammen sollten (Orientierung z.B. an bisheriger Bewirtschaftung, Baumartenzusammensetzung, Alter des Altbestandes).

Für diese Probestellen wird eine "von Kopf-bis-Fuss"-Analyse durchgeführt, die sich aus folgenden Hauptkomponenten zusammensetzt:

1. Dynamische Vegetationsanalyse nach Methode Aichinger

Das Prinzip dieser Analyseform wurde bereits ausgiebig erläutert.

Obwohl im Sihlwald die Veränderungen in der krautigen Vegetationsdecke nicht so eklatant sind wie in vielen anderen bewirtschafteten Wäldern, so sind sie doch vorhanden und sollten entsprechend in den Waldentwicklungsprozess eingeordnet werden; für eine feine, differenzierte Standortansprache ist die Analyse der lokalen Artenzusammensetzung unerlässlich.

2. Biologische Bodenansprache

Sie besitzt bei gewissenhafter Durchführung weit mehr Aussagekraft als rein chemische Nährstoffanalysen. Die Betrachtung der belebten Bodenschichten steht im Mittelpunkt der Untersuchung. Neben der üblichen Bestimmung von Humusgehalt, Humusart, Dicke und Zersetzungsgrad der Streuschicht etc. werden v.a. die **Bodenstruktur** und **Durchwurzelung** begutachtet: Bildet der Boden eine ideale lockere Schwammstruktur? Treten Verdichtungen auf? Sind die Pflanzensurzeln vielfach verzweigt, mit hohem Feinwurzelanteil und vielen Wurzelhaaren? Sind (bei Baumwurzeln) Mykorrhizzen vorhanden? Wie ist die Feuchteverteilung im Boden, wie sind die Bodenkrümel beschaffen? usw.

Die Beantwortung solcher und ähnlicher Fragen ermöglichen, die biologische Aktivität des Bodens, seinen Gesundheitszustand und damit seine Leistungsfähigkeit abzuschätzen. Die Untersuchung erfolgt rein optisch, vor Ort und stets am frischen, vollständigen Bodenprofil.

Die Durchführung ist einfach und verlangt wenige Geräte. Eine geeignete Methode zur Profilgewinnung ist etwa bei G. Preuschen (1988) unter dem Begriff "Spatenprobe" beschrieben.

3. Analyse der natürlichen Verjüngung

Ihr Wert als Standortanzeiger - besonders der ganz jungen Pflanzen - gleicht dem der krautigen Vegetation, doch nimmt die Baumartenverjüngung im Wald natürlicherweise eine besondere Stellung ein - schliesslich entwickelt sich aus ihr der Wald von morgen.

Die natürliche Verjüngung ist Ausdruck der Reproduktionskraft des Waldsystems; ihre Vitalität und Wüchsigkeit sind von entscheidender Bedeutung für die gesamte Bestandes-

entwicklung. Baumartenzusammensetzung, räumliche Verteilung, Ausformung und Bewurzelung, Zuwachs, Vorwüchsigkeit einzelner Baumarten und Intensität des Wildverbisses ergeben ein Bild von Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten der Einzelpflanzen wie des Jungwuchses insgesamt. Bis zu einem gewissen Grad lassen sich hieraus Vorhersagen über Zusammensetzung und Charakter des zukünftigen Waldbestandes ableiten (natürlich unter Einbeziehung der übrigen Untersuchungsfaktoren).

4. Analyse des Altbestandes

Im wesentlichen sind hierbei die gleichen Parameter zu berücksichtigen, die gleichen Fragen zu stellen wie beim Jungwuchs: Baumartenanteile, Natürlichkeit der Baumarten-Zusammensetzung, Mischungsform, Vorwüchsigkeit, Zuwachs und Alter, Krankheiten und Schäden, allgemeine Vitalität, zusätzlich Kronenausformung, Deckungsgrad, Schichtzugehörigkeit. Sehr günstig ist es, wenn die Geschichte des Bestandes (Begründung, Bewirtschaftungsform) bekannt ist bzw. aus Wirtschaftsbüchern nachgezeichnet werden kann; andernfalls könnten repräsentative Altersbohrungen einen gewissen Aufschluss geben.

Für eine allgemeine soziologisch-ökologische Einstufung hat sich die Anwendung der IUFRO-Klassen bewährt; die räumliche Verteilung der Individuen auf der Fläche kann gut durch die in Kapitel B beschriebene Abstandsmessung dokumentiert werden.

Die Erfassung dieser Einzelparameter ist Bestandteil und notwendige Voraussetzung für eine

5. Erfassung der Gesamtstruktur des Bestandes.

Sie wird möglich durch Kombination der Einzelbeobachtungen und zeigt Zusammenhänge zwischen den Teilbereichen der Analyse auf - etwa die Abhängigkeit der Jungwuchsentwicklung von der Altbestandsstruktur, die Konkurrenzverhältnisse zwischen Gehölz- und Krautflora, das Zusammenspiel von lokalen Bodenverhältnissen und Wüchsigkeit der Individuen etc..

Hierzu gehört notwendig auch die Erfassung der typischen Strukturbilder mit Hilfe von Profilstreifen. Für eine 1-2 ha grosse Probefläche würde im Falle des Sihlwaldes sicherlich ein einzelner Streifen von 10 m Breite und max. 100 m Länge ausreichen. Er wird aus der Gesamtfläche ausgewählt und für eine genaue Grund- und Aufrissdarstellung exakt vermessen. Hierzu gehören mindestens die Aufnahme von sämtlichen Stammsfußkoordinaten, BHD, Baumhöhen, Kronenansätzen, Kronenablotungen, stehenden und liegenden Totholzmassen sowie eine Skizzierung typischer Baumformen, Wuchsbesonderheiten, Anomalitäten.

Mit entsprechendem Mehraufwand können diese Messungen natürlich auch für die gesamte Probefläche durchgeführt werden. Strukturprofile sind besonders bei der Analyse der Vertikalstrukturen hilfreich, da bei geschlossenen, hochwüchsigen

Beständen, wie im Sihlwald häufig, die Möglichkeiten optischer Soforterfassung eingeschränkt sind.

Damit sind die Möglichkeiten, die die Waldzustandsanalyse für eine Erforschung der Bestandesentwicklung bietet, weitgehend ausgeschöpft. Doch ist das gewonnene Bild, ergänzt durch Allgemeinwissen, durchaus ausreichend, die wichtigsten Etappen der weiteren natürlichen Entwicklung zu benennen und eine Vorstellung von der nahen Waldzukunft zu vermitteln.

Für die konkrete **Auswahl der Probeflächen** gibt es entsprechend dem angestrebten Ziel mehrere Möglichkeiten; die Variabilität in der Versuchsanordnung ist sehr gross.

Für den Sihlwald vorstellbar wären etwa

- die Anlage mehrerer der erwähnten 1-2 ha grossen "Kernflächen", etwa in Form einer Gegenüberstellung der Situationen in Reservats- und Überförungszone oder eines Vergleichs zwischen Oberhangbereich und "Boden" (Standortsextreme!) oder eines naturnahen Tobelausschnitts mit einer fichtenreichen Aufforstungsfläche (...)
- die Anlage eines Transektes (ungefähre Breite = 20 m) vom Kuppenbereich bis zur Talsohle (2 - 2,5 km Länge), um einen Querschnitt durch alle vorkommenden Standortstypen und die wichtigsten Bestandesformen zu dokumentieren.
- eine spezielle Auswahl von fichtenreichen Überförungsbeständen, aus deren Detailanalyse Behandlungsvorschläge für die Zukunft abgeleitet werden können

Darüber hinaus wäre eine - weniger detaillierte - **Struktureinheitenkartierung** im gesamten Gebiet denkbar, die einen Überblick über das derzeitige Struktur-Muster vermittelt. Eine Kartierung der erwähnten Entwicklungsphasen des Urwaldes ist im Sihlwald zum jetzigen Zeitpunkt zweifellos verfrüht, aber eine abgewandelte, vereinfachte Form auf Grundlage der Wirtschaftseinheiten und daraus entstandenen Strukturbildern wäre durchaus möglich.

Eine Überprüfung des in Kap. B vorgestellten **statistischen Verfahrens** zur Ermittlung der Natürlichkeit von Waldbeständen liesse sich zumindest teilweise im Rahmen der ökologischen Bestandesanalyse durchführen. Da jedoch wie angeführt ein Vielzahl von Einzelaufnahmen in sehr verschiedenen Bestandestypen erforderlich ist, um zunächst einmal Basiswerte zu ermitteln, reicht die Arbeit in ihrer Gesamtheit deutlich über eine konkrete Sihlwalduntersuchung hinaus und stellt von ihrem Umfang her (viel theoretische Ausarbeitung) eine eigenständige Aufgabe dar.

Insgesamt bietet der Sihlwald bereits in der heutigen, dem Wirtschaftswald noch sehr nahe verwandten Form interessante Forschungsaspekte und wertvolle Ansatzpunkte für eine vertiefte Beschäftigung mit der Entwicklungsdynamik des (werdenden) Naturwaldes. Ein frühzeitiger Ansatz der Forschung bietet auch für die Zukunft die kontinuierlichsten und aufschlussreichsten Resultate, sowohl für den Sihlwald im speziellen als auch für die gesamte, allgemeine Naturwaldforschung.

IV. Der zeitliche Rahmen

Der benötigte Zeitaufwand für die vorgeschlagenen Untersuchungen im Sihlwald lässt sich nur grob abschätzen, da bei Geländearbeiten sehr viele, nicht kalkulierbare Faktoren eine Rolle spielen.

Als durchschnittlicher Zeitaufwand für die Aufnahme einer 1(-2) ha grossen Probefläche entsprechend den 5 angeführten Punkten einschliesslich Anlage eines Probestreifens, kann ein Zeitraum von 3 Wochen in *Einzelarbeit* angesetzt werden; bei Beteiligung mehrerer Personen verkürzt sich die Zeitdauer entsprechend.

Die Anlage eines Transektes in bezeichneter Grösse erfordert - je nach Schwierigkeitsgrad des gewählten Geländes - mehrere Monate bis zu einer Vegetationsperiode. Hier ist die Zusammenarbeit mehrerer Personen (oder der Einsatz mehrerer Hilfskräfte) unumgänglich.

Den gleichen Zeitraum benötigt die Durchführung einer gebietsumfassenden Struktureinheitenkartierung. Diese Untersuchung kann jedoch gut in Einzelarbeit erfolgen.

Zusätzlich zu der Geländearbeit ist für Auswertung und Darstellung der Ergebnisse (schriftlich und graphisch) noch einmal eine Zeit von 1-2 Monaten je nach Umfang der Untersuchungen anzusetzen.

Zusammenstellung der zitierten und verwendeten Literatur

- Aichinger, E. (1967):
Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger. Wien
- Beratungsgemeinschaft für Umweltfragen (1988):
Naturlandschaft Sihlwald, Studienbereich A, Vegetation.
Zürich
- Büro für Siedlungs- und Umweltberatung (1989):
Ökologische Wertanalyse Naturlandschaft Sihlwald. Zürich
- Haeupler, H. (1982):
Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation.
Dissertationes botanicae Bd. 65, Vaduz
- Knoop, H. (1982):
Waldverjüngung, Sukzessionsmosaik und kleinstandörtliche
Differenzierung infolge spontaner Waldentwicklung.
In: Struktur und Dynamik von Wäldern. Symposium Rintelen 1981,
Red.: H. Dierschke, Vaduz
- Leibundgut, H. (1982):
Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern
- Mayer, H. et al. (1987):
Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder
in Österreich. Wien
- Müller, K.M. (1929):
Aufbau, Wuchs und Verjüngung der südosteuropäischen Urwälder.
Hannover
- Preuschen, G. (1988):
Das neue Bodenbuch. Frankfurt a.M.
- Prusa, E. (1975):
Die böhmischen und mährischen Urwälder. Vegtace CSSR A 15
- Remmert, H. (1991):
Das Mosaik-Zyklus-Konzept und seine Bedeutung für den
Naturschutz: Eine Übersicht.
In: Laufener Seminarbeiträge 5/91, ANL, Laufen
- Roth, C. (1932):
Beobachtungen und Aufnahmen in Buchen-Urwäldern der Wald-
Karpathen. Schweiz. Ztschr. f. Forstwesen, 83. Jg., Nr. 1
- Wendelberger, G. (1951):
Das vegetationkundliche System Erwin Aichingers und seine
Stellung im pflanzensoziologischen Lehrgebäude Braun-Blanquets.
In: Angew. Pflanzensoz., H 1, S. 69-92, Wien

Anhang

Ergänzung zu Kapitel B

* Neben graphischen Darstellungsformen ist selbstverständlich auch jede rechnerische Auswertungsart denkbar. Als Beispiel einer etwas komplexeren Berechnungsmethode soll hier der aus der Pflanzensoziologie entlehnte Begriff der "**Evenness**" erläutert werden.

Die Evenness kann als eine Art "Masszahl für Vegetationsstrukturen" bezeichnet werden und wird in der Pflanzensoziologie benutzt, um beispielsweise Dominanzstrukturen in einzelnen Vegetationsaufnahmen zu erfassen und sie dadurch einander vergleichend gegenüberstellen zu können.

Berechnungsgrundlage für die Evenness ist die sog. **Shannon-Formel** (s. unten), die allgemein gesprochen ein statistisches Mass für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ereignissen darstellt, konkret aber dafür verwendet werden kann, die Gleichmässigkeit oder Ungleichmässigkeit der Verteilung von Elementen (Arten) durch Zahlenwerte auszudrücken.

So erreicht H' seinen höchsten Wert, wenn die grösstmögliche Gleichverteilung oder auch strukturelle Monotonität innerhalb eines Artenbestandes erreicht wird.

Die Evenness, ihrem Wortsinn nach als "Grad der Gleichverteilung" zu verstehen (*Haeupler*, 1982), drückt das "Verhältnis zwischen dem realen Grad der Gleichverteilung (der Arten) und der mathematisch maximal möglichen" (*Haeupler*) aus nach der Formel $E = H': H_{\max} \times 100 = H': \log n \times 100$.

Nun basiert die Anwendung dieser Formeln in der Pflanzensoziologie auf der Zahl der pro Aufnahme erfassten Arten und deren prozentualem Deckungsgrad (Artendiversität und Dominanzstruktur). Diese Grössen sind jedoch für eine Bestimmung des Natürlichkeitsgrades eines Waldbestandes ungeeignet, da Artenzahl und -zusammensetzung kein eindeutiges Merkmal zur Bestimmung von Naturwäldern darstellen.

Doch wäre eine Übertragung auf die Abstandsmessung denkbar, dergestalt, dass beispielsweise dass jeder 1m Abstand (0-1m, 1,1-2,0m etc.) anstelle einer Art steht, die Anzahl der Messungen, die in den betreffenden Bereich fallen für die Individuenzahl gesetzt wird. Die Summe aller Abstände entspräche dann der Gesamtartenzahl n , der prozentuale Deckungsgrad n_i würde durch den prozentualen Anteil der Einzel"art" am Gesamtartenspektrum ersetzt, wodurch sich bereits Shannon-Index und Evenness entsprechend den Formeln für den untersuchten Bestand errechnen liessen. Allgemein besitzen naturnahe, vielfältig strukturierte Systeme eine deutlich geringere Evenness als naturferne. doch können die aus Abstandsmessungen errechneten Evennesswerte selbstverständlich nicht mit den bekannten Evennesswerten aus der Pflanzensoziologie verglichen werden; die für natürlich strukturierte Wälder kennzeichnenden Evennesswerte müssten anhand von zahlreichen Beispielen ermittelt werden. Eine Anwendung lohnt allerdings nur, wenn eine rel. grosse Zahl von Einzelmessungen (> 150) durchgeführt wird.

$$\text{Shannon-Formel: } H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i, \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

n = Gesamtartenzahl

N = Individuengesamtmenge

n_i = Zahlenanteil der einzelnen Arten aus N

**Tabelle A: Quotientenreihung Fusspunktabstand:BHD anhand von
6 Beispielbeständen**

V 1	V 2	V 3	Z 1	Z 2	Z 3
6,7	1,8	6,4	1,9	2,3	2,0
7,5	1,9	6,7	2,2	4,2	2,6
7,9	1,9	7,0	3,4	4,7	2,6
7,9	2,6	7,1	3,5	4,8	4,3
8,1	3,1	7,2	3,6	5,2	4,6
10,4	4,0	7,4	4,6	5,3	5,3
11,2	7,1	8,2	5,8	5,7	6,0
11,8	7,8	8,4	5,8	6,3	6,4
11,8	8,3	8,7	6,4	6,6	6,6
12,8	9,6	8,8	7,0	7,1	7,9
13,7	11,3	9,1	7,5	7,2	9,3
14,0	13,3	9,1	8,1	7,8	10,0
14,6	16,0	9,4	10,0	8,0	10,5
14,8	16,7	9,5	10,7	8,1	10,6
15,3	16,7	10,0	11,8	8,6	11,8
15,5	18,6	10,3	13,0	10,0	12,0
15,9	20,6	10,4	13,0	10,0	15,2
16,0	20,6	11,3	13,0	11,0	17,0
16,3	21,5	11,7	14,0	12,0	18,0
17,8	23,0	11,7	14,0	12,2	18,3
18,5	24,5	12,0	15,0	13,1	19,5
18,7	24,6	12,3	16,0	14,0	20,0
20,6	26,5	12,4	19,5	14,0	20,0
23,0	28,0	12,6	20,0	15,0	21,0
23,0	30,4	12,7	20,5	17,2	22,0
23,7	33,5	13,0	21,0	18,0	22,0
27,3	36,3	13,0	22,0	19,6	23,5
40,6	36,4	13,3	23,0	21,0	24,0
	42,5	13,3	24,0	21,0	25,5
	43,6	15,0	25,0	24,0	28,3
	46,9	15,6	25,5	25,0	28,5
	51,4	15,9	29,0	26,0	33,0
	55,5	20,8	32,0	27,5	38,5
	58,5		33,8	29,3	40,0
	58,8		36,0	30,5	42,0
	64,5		70,0	31,0	48,5
	70,5		76,5	33,0	53,5
			82,0	37,0	108,0
			88,0	41,0	
				54,0	
				68,0	
				75,0	

V 1 = Sihlwald; naturnaher Bu-Fi-Ta-Mischbestand aus
Überführungszone

V 2 = Sihlwald; weitgehend natürlich strukturierter
Bestandesausschnitt unterhalb Albishorn

V 3 = Sihlwald; "naturferner" Fichtenforst, ca. 100jährig, Nähe
Hint. Risleiten

Z 1 - Z 3 = Ausschnitte aus dem tschechischen Urwald Zofin, feuchte
Bu-Fi-Gesellschaft mit Ta, Optimalphasen

Anzahl
der
Teilstrecken

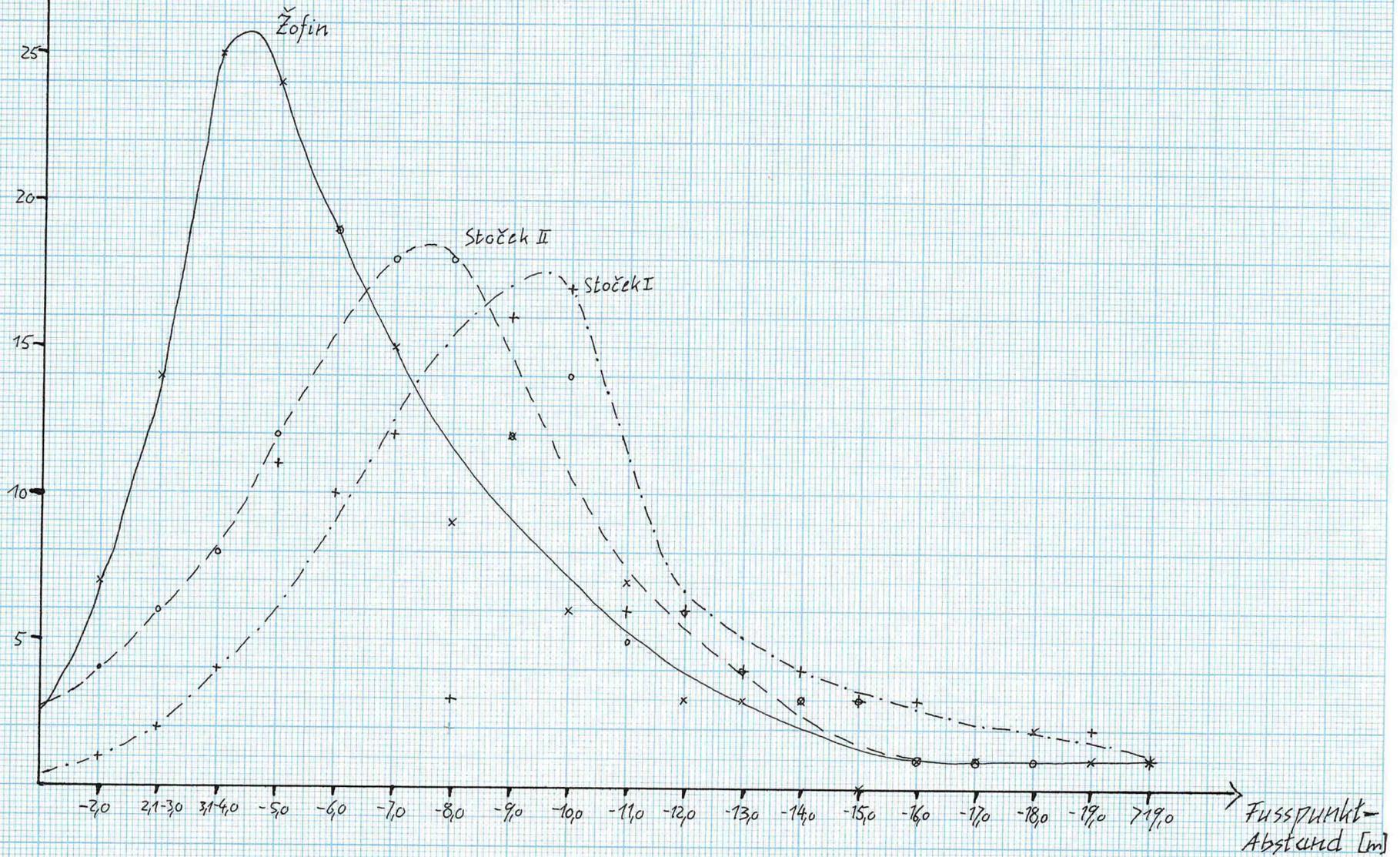


Abb. 1: Häufigkeit und Verteilung
der Fußpunktabstände
in Urwaldbeständen

Abb. 2:
Verteilung der Quotientenwerte
Abstand: BHD
in Urwald- und Sthlwald-
beständen

- — V1 : Mischbestand, Überföhrungszone Sthlwald
- * — V2 : natürlieh strökturierter Mischbestand, Sthlwald
- x — V3 : naturferner Fichtentalbestand, Sthlwald
- + ··· Z1 : } Urwald Ööfin
- ··· Z2 : } Bu-Fi-Ta-(B-Ah) Mischbestände,
- △ — Z3 : } frühe bis späte Optimalphase

