

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 67 (1980)

Artikel: Die ökologische und pflanzensoziologische Stellung der Eibe (Taxus baccata) in der Schweiz = The ecological and phytosociological situation of the yew-tree (Taxus baccata) in Switzerland

Autor: Leuthold, Christoph

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308589>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.12.2025

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

**Die ökologische und pflanzensoziologische
Stellung der Eibe (*Taxus baccata*) in der Schweiz**

**The ecological and phytosociological situation
of the yew-tree (*Taxus baccata*) in Switzerland**

von Christoph LEUTHOLD

1980

Meinen beiden Knaben Michael und Silvan gewidmet
aus Freude an ihrer wachen und unverdorbenen Art,
der Natur und ihren Phänomenen zu begegnen. Ich
wünsche ihnen, dass sich ihre spontane Wahrnehmung
dereinst mit einer Art wissenschaftlicher Erkenntnis
paart, welche von der Liebe zum Lebendigen getragen
bleibt und nicht in intellektueller Kälte zu einem
physikalischen Weltbild erstarrt.

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Vorwort | 1 |
| 1. Einleitung und Problemstellung | 4 |
| 2. Systematische und ökologische Charakterisierung der Eibe | 5 |
| 2.1. Zur Stammesgeschichte und Systematik der Eibe | 5 |
| 2.2. Die Verbreitung der Gattung <i>Taxus</i> | 7 |
| 2.2.1. Das weltweite <i>Taxus</i> -Areal | 7 |
| 2.2.2. Das europäische <i>Taxus</i> -Areal | 9 |
| 2.2.3. Die Eibe, ein "ozeanisches" Florenelement | 9 |
| 2.2.4. Arealverwandtschaften | 15 |
| 2.3. Zur ökophysiologischen Konstitution der Eibe im Rahmen der ökologischen "Hauptstrategien" der Bäume | 16 |
| 2.3.1. Die beiden ökologischen Hauptstrategien der Bäume | 17 |
| 2.3.2. Kompromiss-Strategien | 22 |
| 2.3.3. Strategie-Modell | 41 |
| 3. Untersuchungsobjekte und Methoden | 44 |
| 3.1. Die Untersuchungsobjekte | 44 |
| 3.1.1. Objekte in grossräumiger Betrachtung | 44 |
| 3.1.2. Experimentell untersuchte Objekte | 45 |
| 3.2. Untersuchungsmethoden sowie Anmerkungen zu einigen methodischen Problemen | 58 |
| 3.2.1. Historisch-geographische Methoden | 59 |
| 3.2.2. Vegetationskundliche Methoden | 61 |
| 3.2.3. Oekologische und ökophysiologische Methoden | 64 |
| 3.2.4. Waldbaulich-ertragskundliche Methoden | 70 |
| 4. Ergebnisse und Diskussion der einzelnen Faktoren | 71 |
| 4.1. Charakterisierung und Vergleich der Untersuchungsgebiete und Probeflächen | 87 |
| 4.1.1. Soziologisch-ökologische Charakterisierung der einzelnen Probeflächen in den drei Untersuchungsgebieten | 87 |
| 4.1.2. Oekologischer Vergleich der drei Untersuchungsgebiete und der Probeflächen: entscheidende Standortsfaktoren | 113 |
| 4.1.3. Waldbauliche Ergebnisse | 119 |
| 4.2. Die Eibe in der Schweiz | 135 |
| 4.2.1. Die Einwanderungsgeschichte der Eibe in die Nordschweiz und umliegende Gebiete | 135 |
| 4.2.2. Die Wandlung der kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Eibe und ihr Einfluss auf deren nacheiszeitliche Verbreitung | 139 |
| 4.2.3. Der Einfluss der Fauna auf die Eibe | 148 |
| 4.2.4. Der Verbreitungszustand der Eibe 1905 und 1970 im Vergleich | 150 |
| 4.2.5. Das Standortsspektrum der Eibe in der Schweiz | 153 |
| 4.2.6. Die pflanzensoziologische Stellung der Eibe in der Schweiz | 159 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5. | Allgemeine Diskussion (und ausführlicher Zusammenzug der wichtigsten Fakten und Erkenntnisse) | 176 |
| 5.1. | Entstehung und Erhaltung verschiedener eibenreicher Pflanzengesellschaften (Modell) | 176 |
| 5.1.1. | Entstehung | 176 |
| 5.1.2. | Erhaltung | 178 |
| 5.2. | Das aktuelle und das potentielle Verbreitungsgebiet der Eibe in der Kulturlandschaft der Schweiz | 181 |
| 5.2.1. | Die wichtigsten ökologischen Nischen und Kontaktzonen der Eibe und ihre begrenzenden Faktoren | 184 |
| 5.2.2. | Zusammenfassende Darstellung der Kontaktzonen der Eibe mit den wichtigsten Baumarten | 199 |
| 5.3. | Waldbauliche Betrachtungen | 202 |
| 6. | Zusammenfassung | 204 |
| | Summary | 207 |
| | Literatur | 208 |

Anhang:

- Abb. 44 : Uebersichtskarte über die Aufnahme der Vegetationstabelle
- Tab. 11 : Vegetationsgeschichte der Eibe
- Tab. 14a: Differentialtabelle
- Tab. 14b: Vegetationstabelle "Gehölze und übrige Arten"
- Tab. 14c: "Tabellenkopf" der Vegetationstabellen im Text

Vorwort

Als ich in den Jahren 1967-69 als Forststudent Gelegenheit hatte, zusammen mit Prof. F. Klötzli den vierten Forstkreis des Kantons Aargau pflanzensoziologisch zu kartieren, trafen wir immer wieder auf Eibenstandorte, die nur unbefriedigend ins System der Gesellschaften einzuordnen waren. Die "eigenwillige" Baumart interessierte mich mehr und mehr, zumal dieser einheimische Waldbaum während meines Forststudiums fast nie erwähnt oder beachtet wurde, weil er heute nahezu ohne wirtschaftliche Bedeutung ist. Dies bewog mich 1969, aufgrund der Anregung von Prof. Klötzli, über einen besonderen Eibenbestand am Jurasüdfuss eine standortskundliche Diplomarbeit zu schreiben.

Die vielen dabei aufgeworfenen und nur teilweise beantworteten Fragen bezüglich der Eibe in unseren Wäldern bildeten später den Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit. Das Festhalten an diesem Thema hat jedoch wohl auch noch irrationale Ursachen, denn dieser geheimnisvolle Baum begann mich immer mehr zu fesseln. Mit dem wunderschönen und heute eher seltenen Eichenholz war ich ausserdem als Hobby-Drechsler seit langem vertraut.

Der Beginn dieser Arbeit fiel aber auch in eine Zeit, in der in und um die Hochschulen sich Natur- und Umweltschutz zu "ernsthaften" Disziplinen emanzipierten und wo der Schutz bedrohter Tier- und Pflanzenarten nicht mehr allein dem Freizeitbemühen einiger verdienstvoller Lehrer und Förster überlassen blieb. In diesem Sinne lag der Entscheid, mich mit einer in unseren Wäldern vom Aussterben bedrohten Baumart zu befassen, auch irgendwie in der Luft. Das Schicksal wollte es, dass der Impuls eines noch viel umfassenderen Natur- und Umweltschutzgedankens in mir ein Engagement für diese Fragen auslöste, das sich in den folgenden Jahren auch zum massiven "Konkurrenzfaktor" gegenüber dieser Arbeit entwickelte. So wuchs sie recht langsam aber doch stetig, ganz dem Charakter des Objekts entsprechend, oft im Schatten von grossen "Konkurrenten", die leider manchmal etwas zuviel der verfügbaren Energie für sich in Anspruch nahmen.

Wenn nun schliesslich die Arbeit an der schattenertragenden Eibe trotz ihrer starken Konkurrenz doch noch genügend Energie erhalten hat, dass sich - so hoffe ich - ein befriedigender, wenn auch später Ertragszuwachs feststellen lässt, so sei den "Hegern" und "Pflegern", vorab den Herren Professoren

E. Landolt und H. Leibundgut an dieser Stelle für ihre grosse "waldbauliche" Geduld, vor allem aber für ihre weite menschliche Toleranz, Hilfe und die vielen wertvollen fachlichen Anregungen besonders herzlich gedankt.

In meinen aufrichtigen Dank möchte ich ausserdem eine grosse Zahl von Freunden, Kollegen und Helfern einschliessen, die zum Gelingen dieser Arbeit vieles beigetragen haben. Ich muss mich leider darauf beschränken, hier nur die wichtigsten unter ihnen namentlich zu nennen:

- Am Geobotanischen Institut der ETH waren es hauptsächlich Prof. Dr. Frank Klötzli, PD Dr. Andreas Gigon, Dr. Jacques Burnand und Dr. Christian Roth, mit denen ich mich während Jahren jederzeit über Probleme bezüglich dieser Arbeit unterhalten konnte und deren reiche Erfahrung und Fantasie sehr wertvolle Anregungen und Hinweise gegeben haben. Praktisch alle im Labor zu untersuchenden Proben gingen durch die zuverlässige Hand von Frau M. Siegl. Frau E. Wohlmann-Bräm war mir bei der Darstellung der Abbildungen und bei vielen administrativen Problemen stets wohlgemut zur Hand. Frau A. Hegi diktierte und kontrollierte mit mir die endlosen Daten der Vegetationsaufnahmen. Frau D. Webers Nerven habe ich oft allzusehr mit zu lange ausgeliehenen Büchern strapaziert, was mir leid tut. Frau S. Dreyer hat es bereitwillig übernommen, meinem oft eigenwillig "gestalteten" Manuskript per Maschine eine saubere Form zu verleihen.
- Vom Institut für Waldbau halfen mir vor allem Dr. J.-F. Matter bei der statistischen Auswertung und Aufbereitung des grossen Zahlenmaterials der Waldreservate und meiner Vegetationstabelle, Herr T. Wirth lochte meine sämtlichen pflanzensoziologischen Daten ab und half mir als erfahrener Praktiker bezüglich vieler Fragen in den Waldreservaten und Herr B. Keller stand mir stets freundlich mit Rat und Tat zur Seite, wo administrative Probleme auftraten. Schliesslich zeichnete Frl. B. Peter (neben Frau Wohlmann) mit grosser Geduld die vielen graphischen Darstellungen der Strukturanalyse.
- An der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) nahm ich vor allem sehr dankbar die unzähligen Ratschläge und handfesten, zeitintensiven Hilfen von Herrn Dr. N. Kuhn in Anspruch, vor allem was die elektronische Verarbeitung meiner Vegetationstabelle betraf. Im bodenphysikalischen Labor, dessen Benützung ich der Grosszügigkeit von Herrn Prof. F. Richard verdanke, halfen mir namentlich die Herren Dr. P. Germann mit vor-

wiegend theoretischer und H.P. Läser mit technischer Beratung.

- Weitab der Hochschule wurden die vielen Messinstrumente im steilen Gelände der beiden untersuchten Waldreservate während zweier Vegetationsperioden zuverlässig dreimal pro Woche abgelesen. Am "Unterwilerberg" bei Baden besorgte dies vor allem Herr H.P. Egloff aus Wettingen, während in der "Weid" diese mühselige Arbeit von Herrn K. Roth, Förster in Obererlinsbach, betreut wurde. Das fachliche Interesse und die Grosszügigkeit der beiden Stadtoberförster Dr. P. Grünig † und E. Wehrli haben es überhaupt erst ermöglicht, dass die vorgenannten Feldarbeiten (unentgeltlich) durchgeführt werden konnten.
- Herr a. Kantonsoberförster E. Wullschleger stellte mir eine wertvolle, von ihm durchgeführte Umfrage über Eibenvorkommen im Kanton Aargau zur Auswertung zur Verfügung.
- Speziell hervorheben möchte ich auch die wertvollen finanziellen Beiträge der Pflanzengeographischen Kommission an meinen Spesenaufwand, die mir jeweils über ihren Präsidenten, Herrn Prof. H. Zoller zugesetzt wurden.
- Und schliesslich denke ich auch an die grosse Geduld und Nachsicht, die Bea in all dieser Zeit oft aufzubringen hatte, während derer auch unsere beiden Knaben zur Welt kamen und ihre zahlreichen Bedürfnisse, auch an den Vater, anmeldeten.

Ihnen allen und allen hier nicht speziell genannten Helfern danke ich herzlich.

1. Einleitung und Problemstellung

Die Sorge um eine bedrohte Baumart, um den potentiellen Verlust eines ganz besonderen Elements in unserer ohnehin artenarmen Waldflora, stellte eigentlich die grundsätzlichen Fragen fast von selbst: ich wollte mehr über die Eibe in der Schweiz erfahren, über ihre vermeintliche und tatsächliche Bedrohung, über ihre frühere und aktuelle Verbreitung, über ihre vage bekannten ökologischen Standortsansprüche und ihre Konkurrenzkraft, über ihr pflanzensoziologisches Spektrum, über ihre heutige und frühere kulturelle und waldbauliche Bedeutung. Als Erstes unternahm ich, in Analogie und zum Vergleich zur Arbeit von P. Vogler vor rund 70 Jahren, den Versuch einer aktuellen Bestandesaufnahme anhand einer Umfrage bei allen Forstämtern der Schweiz mit Ausnahme des Tessin.

Gleichzeitig begann ich aufgrund einiger aus der Diplomarbeit abgeleiteter Thesen, bestimmte, möglicherweise für die Eibenverbreitung limitierende Standortsfaktoren z.T. mit Messreihen genauer zu untersuchen.

Sehr bald wurde deutlich, dass eine Fülle von direkten und indirekten Einflüssen zu beachten waren und dass die Betrachtungen in einen viel weiter gefassten ökologisch-kulturgeschichtlichen Rahmen gestellt werden mussten, als dies ursprünglich vorgesehen war. So ergab sich aus einer ursprünglich vorwiegend ökologisch-soziologischen Fragestellung mit eher analytischem Ansatz ein ganzheitlicher Fragenkreis, der die thematische Breite der vorliegenden Arbeit und die zum Teil etwas improvisierte Methodik des nicht-experimentellen Teils erklärt.

Von Anfang an war es eines der wichtigen Ziele der Arbeit, in einem zweiten Schritt die waldbaulich-naturschützerische Seite der Eibenproblematik anzugehen und z.B. die Fragen so gut als möglich und für den Praktiker verwertbar zu beantworten, wie der Rückgang der Eibe im Schweizerwald gebremst, aufgehalten oder sogar wieder eine Vermehrung zustande gebracht werden kann.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass dieser zweite Schritt innerhalb dieser bereits recht umfangreichen Arbeit lediglich vorbereitet werden konnte, da der Umfang des noch zu verarbeitenden und darzustellenden waldbaulich-ertragskundlichen Materials diesen Rahmen definitiv gesprengt hätte. Zusammen mit den Herren Professoren H. Leibundgut und E. Landolt habe ich daher

in Aussicht genommen, dieser Arbeit eine speziell waldbaulich orientierte folgen zu lassen, die neben der waldbaulich-ertragskundlichen Wissensvermehrung über die Eibe vor allem Schutz, Hege und Vermehrung dieser Art im Rahmen des praktischen Waldbaus und Naturschutzes zum Thema haben soll.

2. Systematische und ökologische Charakterisierung der Eibe

Die phylogenetische Entwicklungsgeschichte einer Pflanze und ihr ökologisches "Schicksal" in den vergangenen Jahrtausenden spielt meistens eine wesentliche Rolle für ihr heutiges Vorkommen, sowohl in geographischer wie ökologischer Hinsicht. Dies ist für die Eibe in besonders hohem Masse der Fall. Für das Verständnis ihrer Stellung innerhalb der heutigen Vegetation scheint mir daher ein kurzer Ueberblick über die wichtigsten stammesgeschichtlichen Zusammenhänge sowie ein Einblick in die arealkundlichen Gegebenheiten unerlässlich. Um diese Verhältnisse auch in vegetationskundlicher Hinsicht besser zu verstehen, wird in einem speziellen "Strategie-Kapitel" die öko-physiologische Konstitution der Eibe in nähere Beziehung zu den "Hauptstrategien" der Holzpflanzen gebracht.

2.1. Zur Stammesgeschichte und Systematik der Eibe

Unter unseren Nadelhölzern nimmt die Eibe in vielerlei Hinsicht eine ausgesprochene Sonderstellung ein - so auch in ihrer Stammesgeschichte. Zu dieser Feststellung sind verschiedene Autoren von unterschiedlichen Ansätzen her gelangt. Was FLORIN (aus GREGUSS 1955) aus der Blütenstruktur schloss, konnte GREGUSS (1955) aufgrund der xylotomischen Erkenntnisse unterstützen: die Ordnung der *Taxales*, welche die beiden Familien der *Taxaceae* und der *Cephalotaxaceae* einschliesst, weist deutlich eine phylogenetische Verwandtschaft mit den *Cycadaceae* und den *Podocarpaceae* auf. Eine ähnliche Verwandtschaft besteht auch zu den *Araucariaceae* und zu den *Ginkgoaceae*. Alle vier, beziehungsweise sechs Familien dürften nach GREGUSS auf einen gemeinsamen Urstamm etwa im Karbon (ev. Perm) zurückgehen, der seinerseits dem dichotomen Archetypus entstammt (Abb. 1).

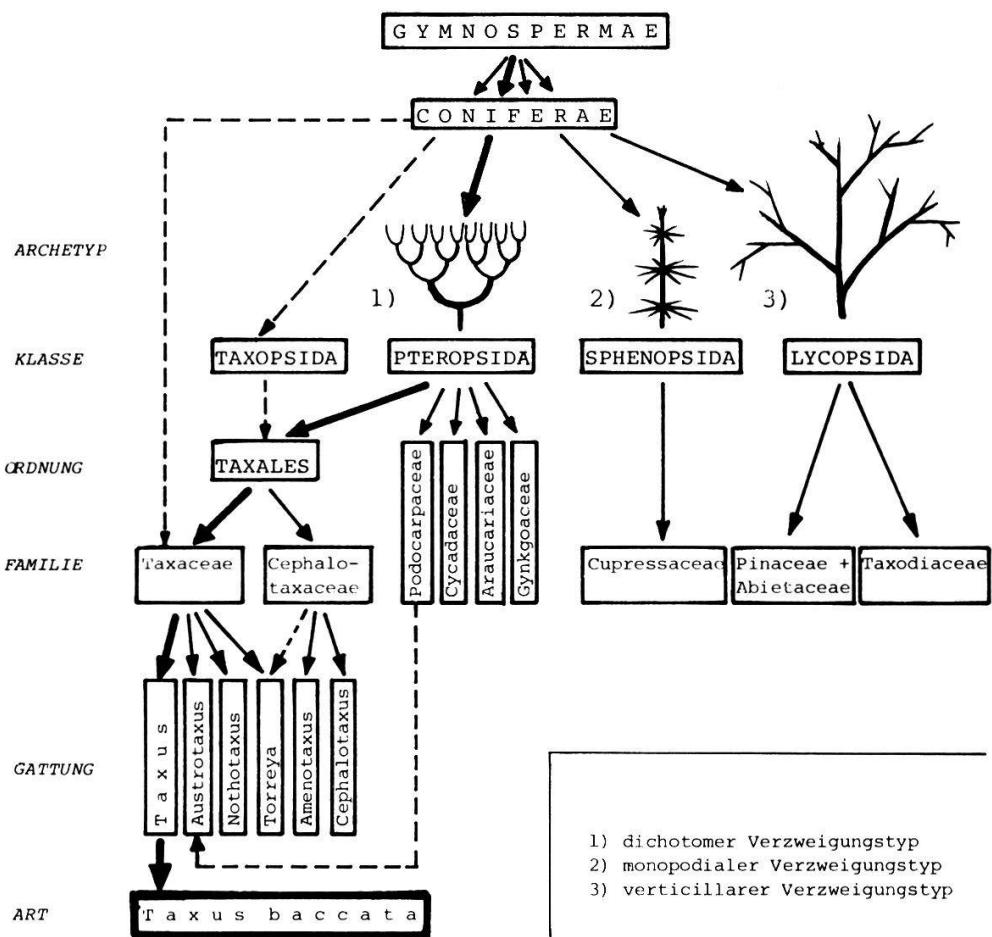


Abb. 1. Zur Stammesgeschichte der Eibe (*Taxus baccata*)

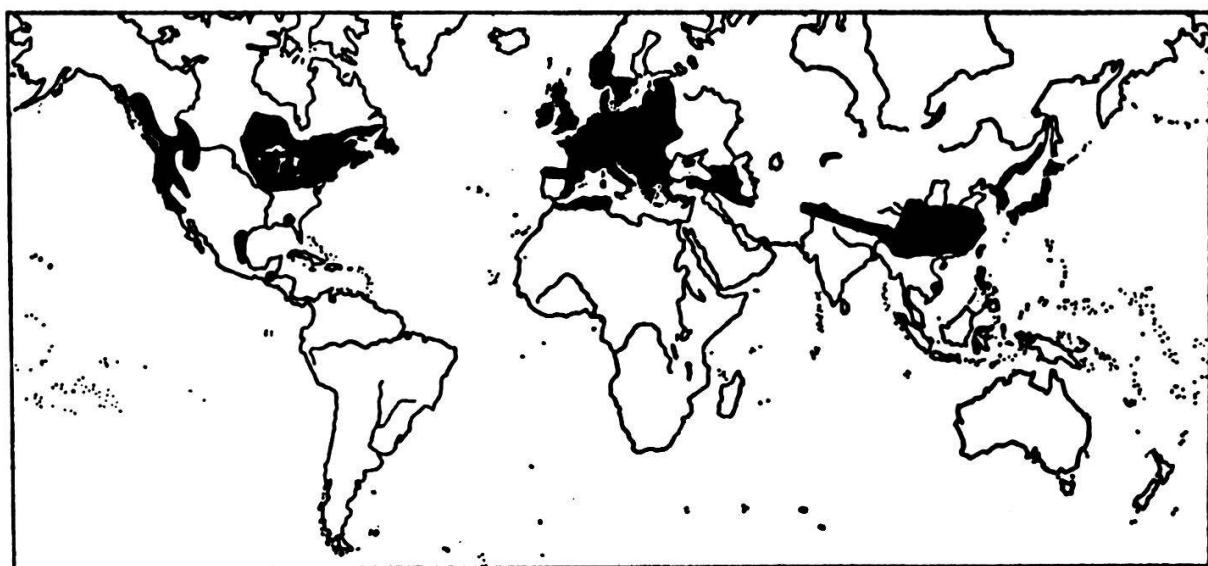


Abb. 2. Das Areal der Gattung *Taxus* (nach KRÜSSMANN 1970)

Alle diese Merkmale markieren nach GREGUSS eine vollkommen abgetrennte Stammesentwicklung der genannten Familien von den übrigen Coniferen (*Pinaceae* (+ *Abietaceae*)), *Cupressaceae*, *Taxodiaceae*) und weisen gleichzeitig auf eine primitivere Entwicklungsstufe hin.

Diese Tatsachen haben einige Autoren dazu bewogen, die Familie der *Taxaceae* systematisch als eigenständige Linie aufzufassen und nicht mehr der Klasse der *Coniferae* zu unterstellen. ENGLER (1954) stellt so beispielsweise neben die *Coniferae* die Klasse der *Taxopsida*, die sich direkt von der Abteilung der Gymnospermen ableitet.

HESS et al. (1967-72), BINZ/BECHERER (1968) und andere fassen jedoch die *Taxaceae* weiterhin als Familie innerhalb der Klasse der *Coniferae* auf.

Die Ordnung der *Taxales* umfasst nach GREGUSS (1955) die beiden Familien der *Cephalotaxaceae* mit den Gattungen *Cephalotaxus* und *Amenotaxus* und der *Taxaceae* mit den vier Gattungen *Taxus*, *Nothotaxus*, *Torreya* und *Austrotaxus*.

2.2. Die Verbreitung der Gattung *Taxus*

2.2.1. Das weltweite *Taxus*-Areal (Abb. 2)

Die Gattung *Taxus* umfasst nach HESS et al. (1967) nur eine Art mit sieben geographisch abgetrennten Sippen. MEUSEL (1965) plädiert dafür, die Sippen als Unterarten einer einzigen, zirkumpolar verbreiteten Art aufzufassen. Eine davon besiedelt Europa (*T. baccata*), zwei finden sich in Ostasien und im Himalayagebiet (*T. cuspidata*, *T. wallichiana*) und vier sind in Nordamerika zuhause (*T. brevifolia*, *T. canadensis*, *T. floridiana*, *T. globosa*). Jede dieser Sippen weist zahlreiche morphologische Spielarten auf, die vor allem in Gärten gezüchtet werden (vgl. KRÜSSMANN 1970).

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass *Taxus* ausschliesslich auf der nördlichen Hemisphäre vorkommt. Dies gilt auch für die ganze Familie der *Taxaceae*. GREGUSS (1955) hat dieses Phänomen eingehend untersucht und festgestellt, dass sich aufgrund xylotomischer Merkmale zusammengehörige Familien oder Gattungen der Gymnospermen gruppieren lassen, die bis auf eine Ausnahme im südostasiatischen Raum (malajischer Archipel) konsequent geographisch geschlossene Räume besiedeln, was auch von MEUSEL (1965) betont wird. In Ver-

bindung mit der erdgeschichtlichen Hypothese über frühere Ausbildungen der Kontinente, wonach es im Oberkarbon auf der Nord-Hemisphäre einen "Arktischen Kontinent" (~ heutiges N-Amerika + Grönland) und eine Landmasse "Angara" (~ heutiges Asien), auf der Süd-Hemisphäre das "Gondwanaland" (~ heutiges Südamerika, Afrika, Arabien, Indien und Australien) gegeben haben soll, gelingt es GREGUSS zu zeigen, dass die verschiedenen stammesgeschichtlichen Ursprünge der Gymnospermen in jene Epoche zurückreichen müssen: Typen mit gleichartigen Merkmalen kommen einheitlich immer nur auf der Süd- oder der Nord-Hemisphäre vor. Die Besonderheit des südostasiatischen Raumes, wo wir heute als einzigen Ort der Erde sämtliche Familien der Gymnospermen durch mindestens eine Art vertreten finden, bildet die Grundlage um anzunehmen, dass dort damals die einzige Kontaktzone zwischen dem Nord- und dem Südkontinent war. Dieses Gebiet könnte demzufolge vielleicht die "Wiege der Nadelhölzer" gewesen sein (GREGUSS 1955). GREGUSS zweifelt jedoch auch selbst an dieser Theorie und neigt letztlich eher zur Annahme, diesem Raum die Rolle eines Ur-Refugiums einiger übriggebliebener Arten einer längst untergegangenen, noch viel früheren Vegetation zuzuschreiben. Von hier aus müsste dann die schrittweise (Rück-)Besiedlung der heutigen Vegetationsareale erfolgt sein. Diese Annahme würde sich auch mit der Ansicht von TAKHTAJAN (1959, aus HÜBL 1969) vertragen, wonach die Coniferen eher ein polnahes Entstehungsgebiet haben.

Nirgends sonst als in Südostasien konnte seither offenbar eine derartige geographische Durchmischung von nord- und süd-"bürtigen" Familien stattfinden. Wüstengürtel, Gebirgszüge und Meere scheinen zu grosse Barrieren gewesen zu sein. Immerhin ist es doch erstaunlich, dass etwa im Fall von *Taxus* nirgends, auch nicht beispielsweise über die mittelamerikanischen Gebirgszüge von Mexiko her ein Durchbruch der Gattung in Richtung Süden erfolgen konnte. Die in Frage kommenden ökologischen Areale scheinen bereits über sehr grosse Zeiträume derart dicht mit andern Arten belegt worden zu sein, dass das Eindringen neuer Baumarten aus Konkurrenzgründen nicht mehr möglich war.

Das weltweite Verbreitungsgebiet von *Taxus* ist somit von der erdgeschichtlichen Entwicklung her bereits wesentlich eingeschränkt gegenüber dem aufgrund der ökologischen Konstitution theoretisch möglichen Areal. *Taxus* ist heute vielleicht in gut der Hälfte der für die Gattung klimatisch günstigen

stigen Gebiete der Erde überhaupt vertreten.

Kartographisch sind die weltweiten heutigen Eibenvorkommen bei KRÜSSMANN (1970) und MEUSEL (1965) sehr übersichtlich dargestellt (Abb. 2.). Auch andere Autoren befassen sich, z.T. schon sehr früh, mit dem Areal der Gattung *Taxus*, so etwa PILGER (1903), STUDT (1926), SCHMUCKER (1942), MEUSEL (1943 und 1965, mit Verbreitungskarten), WALTER und STRAKA (1970, mit Karten) u.a.

2.2.2. Das europäische *Taxus*-Areal

Das europäische Areal von *Taxus* umfasst im Nordwesten die gesamten Britischen Inseln und reicht im Norden bis nach Süd-Norwegen, wo Eiben bis zu $62\frac{1}{2}^{\circ}$ nördlicher Breite vorkommen. Die Eibe hält sich mit ihrer Verbreitungsgrenze jenseits der Baltischen See an deren Ostufer und verläuft vom südlichsten Zipfel Finnlands ziemlich genau in Richtung Süden. Die östliche Verbreitungsgrenze liegt dann etwa auf der polnisch-russischen und weiter südlich auf der rumänisch-russischen Grenzlinie (Karpaten) bis zum Schwarzen Meer. Hier bildet *Taxus* praktisch ein geschlossenes, europäisch-vorderasiatisches Teilareal: Krim, pontisches Gebirge, Kaukasus, Nordpersien. Im Mittelmeerraum ist der östlichste Wuchsraum im vegetationskundlich sehr bemerkenswerten Amanusgebirge zu finden (Süd-Türkei, Golf von Iskendrun). *Taxus baccata* ist sodann an der türkischen Aegäisküste, im südlichen Balkan, in den dalmatinischen Küstengebirgen, auf dem Apennin, in den Pyrenäen, aber auch noch in der Sierra Nevada (subalpin) zuhause. Ferner auf vielen Mittelmeerinseln und - als südlichste Exklave - in Algerien (vgl. Abb. 3).

2.2.3. Die Eibe, ein "ozeanisches" Florenelement

Generell kann man sagen, dass das horizontale Verbreitungsgebiet der Eibe ozeanischen Klimcharakter aufweist. Die Eibe wird denn auch von vielen Autoren als typisch "ozeanisches" Florenelement angeführt (z.B. von WALTER 1927 und 1970, ROSENKRANZ 1934, MEUSEL 1943).

Wohl die klarste diesbezügliche Umschreibung des Eiben-Areals findet sich bei MEUSEL (1965): "Die Gattung *Taxus* besiedelt mit nah verwandten Arten ein zirkumpolares meridional-temperates, vorwiegend montan-kollines Areal, das sowohl in Ostasien als auch in Amerika in die subtropischen Gebirge über-



Abb. 3. Die europäische Verbreitung der Eibe (*Taxus baccata*) (nach MEUSEL, ergänzt; aus WALTER und STRAKA 1970).

greift und eine charakteristische ozeanische (oz_{1-2} , vgl. Abb. 4) Disjunktion erkennen lässt (Abb. 4.). Die flächenmässige Verbreitung in der temperaten Zone ist gegen das Innere des Kontinents aber infolge des ausgesprochen ozeanischen Charakters der Gattung stark begrenzt. Nur in Kanada dringt *Taxus* aus den gemässigten Breiten etwas in die subboreale Zone ein. All die aufgeführten Typisierungen der Eibe und ihres Areals bedürfen jedoch einer genaueren inhaltlichen Klärung, um ökologisch sinnvolle Aussagen daraus ableiten zu können. Das gilt insbesondere für das Begriffspaar Ozeanität-Kontinentalität. Es soll daher kurz auf einige diesbezügliche Ansätze hingewiesen werden sowie auf die Problematik solcher Begriffe, die einen ganzen Fächer variabler ökologischer Faktoren einschliessen können: Eine mathematische Definition der Ozeanität gibt beispielsweise ROSENKRANZ (1934): er bildet den sogenannten "Ozeanitätskoeffizienten" – einen Wert, der sich an Koeppens "reduzierte Regenmenge" anlehnt und die Niederschlagsmenge durch die Temperatur teilt. Dabei wird nur die Summe aus den Monatsmitteln der Hauptvegetationszeit (März–Oktober) gebildet. ROSENKRANZ geht von der Annahme aus, dass steigende Temperatur bei

gleichbleibenden Regenmengen eine Zunahme an Kontinentalität bedeutet.

Es versteht sich, dass gerade für die Verbreitung ozeanischer Arten, welche meistens viel mehr von den absoluten Wintertemperaturen oder vom Spätfrost abhängen, ein Ozeanitätsbegriff, der auf Regenmengen aufbaut, nur sehr bedingt brauchbar ist.

BÖCHER (1943) verwendet für seine Vegetationsgliederung eine gemischte Faktorenanalyse, die auf der einen Seite auf der Abstufung in vier Wärmeregionen (hocharktische, niederarktische, boreale und mitteleuropäische Region) beruht, auf der anderen Seite einen Ozeanitätsgradienten verwendet, der je drei Ozeanitäts- bzw. Kontinentalitätsstufen umfasst. Für die jeweils zu charakterisierenden Faktoren verwendet er typische Indikator-Arten, deren Verbreitungsgrenzen möglichst stark von einem der zu charakterisierenden Faktoren abhängen. Es ist klar, dass bei diesem Ansatz die Gefahr besteht, im Kreis herum zu argumentieren, doch gibt er uns umgekehrt die Chance, die realen Verhältnisse relativ fein zu erfassen, anstatt recht grob mit ziemlich abstrakten Größen operieren zu müssen.

Für die Definition solcher Wärmeregionen müssen z.B. vor allem Arten gefunden werden, die bestimmte Wärmeforderungen stellen und daneben auf Ozeanität beziehungsweise Kontinentalität kaum reagieren (= "indifferente Arten", z.B. *Evonymus europaeus*, *Quercus*). Umgekehrt werden Arten, deren Areal ganz oder teilweise durch bestimmte Faktoren der Kontinentalität begrenzt ist, zur Charakterisierung der Ozeanitätsstufen verwendet (z.B. *Erica*, *Ledum*, *Fagus*, *Hedera*). BÖCHER trägt dabei auch der Tatsache Rechnung, dass sich gewisse Arten im Norden anders (z.B. "kontinentaler") verhalten als im Süden ("mediterran-atlantische" bzw. "boreal-kontinentale" Verbreitungstendenz).

Damit wird deutlich, wie komplex die Begriffe "kontinental" und "ozeanisch" in Wirklichkeit sind und wie trügerisch es wäre, zu glauben, das ökologisch-physiologische Verhalten einer Pflanze mit solchen Begriffen hinreichend umschreiben zu können.

SCHMID (1945) warnt denn auch seinerseits ausdrücklich vor dieser Illusion, wenn er schreibt: "Das atlantische Florenelement ist keine Einheit, weder chorologisch, noch ökologisch, noch biocoenologisch, noch genetisch." Und er fordert: "Das Frageschema, mit dem diese Situation erfasst werden kann, muss enthalten in Bezug auf die Arten: Areal (vertikal und horizontal: konti-

nuierlich oder disjunkt), Migrationsfähigkeit, systematische Stellung, phylogenetische Verhältnisse, Verwandtschaften, Phytopalaeontologie, Epiontologie, biocoenologisches Verhalten; in Bezug auf das Milieu: Angaben über die Klimazonierungen und Landverteilung in den verschiedenen Erdperioden, über Gebirgsbildung und damit verbundene Klimaänderungen, über die absoluten Wärmeschwankungen."

Für die vorliegende Arbeit sind diese Einsichten insofern von Bedeutung, als wir für das Verständnis des ökologischen Verhaltens der Eibe in der Schweiz zwar vieles aus den weltweiten und besonders aus den europäischen Gegebenheiten herausinterpretieren können, uns jedoch hüten müssen, einzelne Phänomene zu hoch zu bewerten, isoliert zu betrachten oder zu leichtfertig zu verallgemeinern. Umgekehrt zeigt sich immerhin, dass Definitionen, wie jene von BÖCHER, zu Recht wirklichkeitsnahen und sinnvollen Aussagen führen, wie z.B. das kartographische Anwendungsbeispiel von MEUSEL und JÄGER (MEUSEL 1965) beweist. Hier deckt sich das Areal von *Taxus* mit wenigen Ausnahmen recht genau mit Flächen, die durch die Ozeanitätsstufen oz_1 und oz_2 umschrieben werden (Abb. 4).

Die vertikale Gliederung des Eibenareals ist vor allem durch die Tatsache gekennzeichnet, dass die Eibe nach übereinstimmenden Angaben verschiedenster Autoren in klimatisch ausgeglichenen humiden Gebirgslagen durchaus gut gedeiht (MEUSEL 1965 und 1943, ROSENKRANZ 1934, u.a.). In Mitteleuropa hat die Eibe ihren Verbreitungsschwerpunkt in der montanen Stufe, gelangt im nördlichen Alpenraum oft bis in die subalpine Stufe und hat schliesslich in Südeuropa sogar ihre Hauptverbreitung in dieser Stufe (Pyrenäen: bis 2000 m ü.M.). Der Anstieg der oberen Verbreitungsgrenze von *Taxus* gegen Süden hin geht auch bereits aus dem spärlichen Zahlenmaterial von KIRCHNER et al. (1905) hervor. Weltweit sind als höchste Lagen folgende Eibenvorkommen bekannt: WALTER (1968) nennt im Himalaya Eiben auf 2200 m und HESKE (1932) beschreibt aus demselben Gebiet feuchte Eibenstandorte gar noch auf über 3000 m Höhe. Der Sachverhalt des Anstiegs der *Taxus*-Vorkommen gegen Süden entspricht grundsätzlich der von GAMS (1931) vertretenen Auffassung, wonach zunehmender Anstieg im Gebirge klimatisch gleichbedeutend ist mit zunehmender Ozeanität.

Unter Ozeanität muss in diesem Falle vor allem die hygrische Komponente verstanden werden, denn nicht die Temperatur, sondern die zunehmende

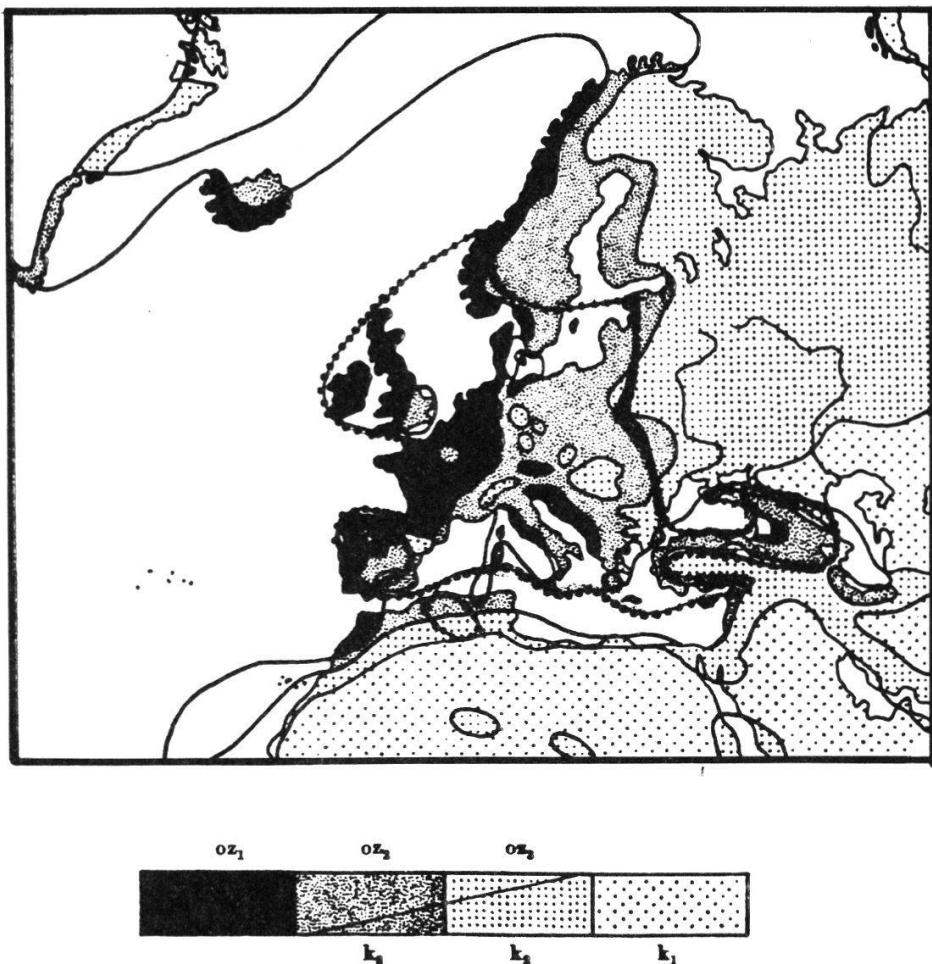


Abb. 4. Ozeanitätsstufen in Europa zum Vergleich mit dem Eibenareal (nach MEUSEL 1965).

OZ_{1-3} = Ozeanitätsstufen

k_{1-3} = Kontinentalitätsstufen

— = *Taxus baccata*-Areal

Sommer trockenheit zwingt vermutlich die Eibe im mediterranen Raum zum Ausweichen in Gebirgslagen; (bezüglich der thermischen Dimension der Ozeanität ist die allgemeine Aussage von GAMS nicht haltbar; denn für Temperaturextreme und Strahlungsklima liegen die Verhältnisse ja genau umgekehrt). Bei genauerem Hinsehen dürfte jedoch eine weitere Ursache für das vermehrte Vorkommen der Eibe in höheren Lagen gegen Süden hin mitverantwortlich, wenn nicht sogar Hauptursache sein: die Wirkung der hohen Nachttemperaturen. Sie bewirken, dass viele Pflanzen mit Herkunft aus kühleren Klimaten nachts zu aktiv bleiben und

(zu) grosse Teile der Tagesproduktion wieder veratmen (geöffnete Spaltöffnungen). Durch diesen Produktivitätsverlust sind sie dann mit den an das Mittelmeerklima besser angepassten, eigentlich mediterranen Arten nicht mehr konkurrenzfähig.

Die bisherigen Hinweise genügen, um auch zu veranschaulichen, wie leicht mit den Begriffen "Ozeanität" und "Kontinentalität" mehr Verwirrung als Klärung bewirkt werden kann. WALTER und STRAKA (1970) warnen daher auch vor vergleichenden Aussagen z.B. über Kontinentalität in verschiedenen Höhenlagen unterschiedlicher Grossklima. Zumindest ist jeweils genau anzugeben, ob man die thermische oder die hygrische Dimension anspricht.

Für die Definition des europäischen Eibenareals ergibt sich aus dieser Erkenntnis die Notwendigkeit, die Arealgrenzen näher zu umschreiben: danach dürfte der osteuropäische Grenzverlauf vor allem auf einer thermischen Begrenzung (tiefe Wintertemperaturen) beruhen, während es im Süden nicht so eindeutig zu sein scheint, ob nun ebenfalls eine thermische Komponente (zu hohe Nachttemperaturen) oder die Sommertrockenheit ausschlaggebend ist. Limitierender Faktor an der Nordgrenze, die praktisch mit jener von Edellaubwäldern zusammenfällt, dürfte die Wärmesumme in der Vegetationszeit sein (vgl. KLÖTZLI 1975).

Das Phänomen subtropisch-tropischer Vorposten im Bereich humider Gebirge kann nach MEUSEL (1965) übrigens bei sämtlichen mitteleuropäischen Nadelhölzern, besonders aber bei *Abies* und *Taxus* beobachtet werden. Auch bei der Buche kennen wir ja die selbe Erscheinung. Im Fall von *Taxus* spricht MEUSEL (1943) bei den regenfeuchten Gebirgsvorkommen von "Verbindungsstandorten" zwischen den verschiedenen Sippen und misst ihnen deshalb pflanzengeographisch und verbreitungsgeschichtlich eine wesentliche Rolle bei der Areal- und Sippenbildung zu. Diese Standorte finden sich im wesentlichen im pontischen Gebirgszug, im Kaukasus, in Nordpersien, im Himalaya und in Südwestchina (vgl. Abb. 2).

Nebst dieser Besonderheit fällt am europäischen Areal von *Taxus* noch eine grosse Fehlstelle im atlantischen Frankreich (Westküste) auf, für die sich nach MEUSEL (1965) nur schwer eine Erklärung finden lässt. Die Vermutung, die er 1943 formuliert hat, wonach diese Lücke mit der starken Bindung der Art an das Kalkhügelland zusammenhängt, das in den westeuropäischen Tief-

lagen fehlt, steht auf wackeligen Beinen, da sich die Theorie der Bindung von *Taxus* an Kalk nicht aufrechterhalten lässt (vgl. folgende Kapitel).

Für dieses grosse, ebene Gebiet, das sich nirgends über 500 m ü.M. erhebt, scheint viel eher eine Erklärung auf der Hand zu liegen, wie sie für die warmen Gebiete des Mittelmeerraumes zu geben versucht wurde (zu hohe Atmungsverluste in den warmen Sommernächten). Die Frage bleibt offen, wieweit es sich hier auch um ein vorwiegend anthropogenes Phänomen handeln könnte, indem nämlich die Eibe in jenen Gebieten unter Umständen während Jahrhunderten mit System ausgerottet wurde, ähnlich etwa wie in England während des 15. Jahrhunderts (Bogenholz), wo im Anschluss an die Eibenvernichtung im 16. Jahrhundert grosse Eibenimporte aus den Alpenländern nachgewiesen sind (ROSENKRANZ 1934, HOOPS 1905). Zudem lag die französische Westküste, vor allem bei den damaligen Transportverhältnissen, um einiges näher als der schwer zugängliche Alpenraum. Weiter wäre auch die Frage genauer abzuklären, ob die Eibe in jenen Gebieten heute tatsächlich vollkommen fehlt, oder ob vielleicht einfach keine Angaben über vereinzelte Vorkommen vorliegen, ähnlich, wie ich das trotz intensiver Umfrage für einige Gebiete der Schweiz feststellen konnte (vgl. hiezu auch Kapitel 4.2.4.).

2.2.4. Arealverwandtschaften

Von verschiedenen Autoren wird die nahe Arealverwandtschaft der Eibe mit andern "ozeanischen" Elementen hervorgehoben. So betont MEUSEL (1943) die wesentlichen Beziehungen zwischen den Arealen von *Taxus*, *Fagus*, *Hedera* und *Ilex*, wobei er dem historischen Geschehen, d.h. der dynamischen Betrachtungsweise der Vegetationsgliederung einen mindestens so wichtigen Stellenwert zumisst, wie dem ökophysiologischen Verhalten der Arten im Einzelfall. Durch diesen Rahmen des vegetationsgeschichtlichen Ablaufs werden die Begriffe Ozeanität und Kontinentalität als Charaktergrössen einer Art auch in der zeitlichen Dimension relativiert. Mit den Ähnlichkeiten und Unterschieden der Eibenverbreitung zu den Arealen anderer ozeanischer Elemente haben sich viele Autoren genau auseinandergesetzt. Wir erhalten durch ihre Aussagen im einzelnen oft wertvolle Hinweise auf Verwandtschaften, die auch im soziologischen Teil dieser Arbeit deutlich hervortreten. Nach HOOPS (1905) ist bei-

spielsweise die östliche Arealgrenze der Eibe, also die Begrenzung durch kontinentale Temperaturextreme, fast identisch mit jener der Buche. Dasselbe hat auch ROSENKRANZ (1934) in Oesterreich weitgehend bestätigt gefunden. Neuere Betrachtungen zeigen jedoch zusätzlich, dass die Eibe, vor allem gegen Norden hin (z.B. an der polnisch-russischen Grenze), unter Umständen doch merklich weiter in den kontinentalen Klimabereich vorzudringen vermag (MEUSEL 1965, KRÜSSMANN 1970). Dasselbe Phänomen kann auch durch meine eigenen Beobachtungen relativ kontinentaler Standorte im Wallis bestätigt werden. Seine möglichen Ursachen werden in den Kapiteln 4.2.5. und 5.2 näher besprochen.

Auch MAYER (1951) fand am Königssee Eiben auf Standorten, über deren Kontinentalität er sich eher erstaunt äussert. Zu der Gruppe ozeanischer, beziehungsweise "atlantisch-mediterran-montaner" Elemente (SCHMID 1945), deren Verhalten verschiedentlich zusammen mit der Eibe untersucht und in ihre Nähe gestellt wurde, gehören vor allem *Ilex aquifolium*, *Hedera helix*, sowie die besonders wärmeliebenden Arten *Daphne laureola*, *Evonymus latifolius*, *Primula vulgaris*, *Tamus communis*, *Heleborus foetidus*, *Carex strigosa* (ROSENKRANZ 1933) und *Castanea sativa* (RAINER 1926).

2.3. Zur ökophysiologischen Konstitution der Eibe im Rahmen der ökologischen "Hauptstrategien" der Bäume

Die bisherigen Betrachtungen haben gezeigt, dass die Eibe unter unseren Nadelbäumen eine ausgesprochene Sonderstellung inne hat. Diese Tatsache kommt auch durch ihre ökophysiologischen Eigenschaften deutlich zum Ausdruck. Diese Eigenschaften, in der Literatur in ihrer Ganzheit oft als "Konstitution" benannt, werden in der Folge unter dem Begriff "Strategie" ¹

1 Der Begriff "Strategie" erzeugt teilweise nicht sachgemäße Vorstellungen, indem er dem militärischen Wortschatz entliehen, Vorstellungen wie "geplanter Angriff" oder "Rückzug", "feindseliges Kampfgeschehen" und dergleichen assoziiert. Der Grund, weshalb er hier trotzdem verwendet wurde, liegt erstens darin, dass er die Wirklichkeit ein dynamisches Geschehen unter aktiver Mitbeteiligung des beschriebenen Organismus, besser wiedergibt als der statische Begriff "Konstitution". Ausserdem geschah die Reflexion über diesen Begriff erst, als er bei mir und meinen näheren Fachkollegen schon voll "eingebürgert" und teilweise in verwandten Arbeiten publiziert worden war.

umschrieben (in Analogie zu den Arbeiten von KLÖTZLI (1975), BURNAND (1976), ROTH (1979), Mitglieder unseres wald-ökologischen Teams am Geobotanischen Institut der ETH).

2.3.1. *Die beiden ökologischen Hauptstrategien der Bäume*

Für unsere Betrachtung können wir von zwei grundsätzlichen Hauptstrategien ausgehen:

Der erste Haupttyp umfasst laubwerfende Baumarten, welche eine physiologische Schädigung ihrer Assimilationsorgane durch ungünstige Umwelteinflüsse umgehen, indem sie in der gefährlichen Jahreszeit den gesamten Assimilationsapparat abstoßen und dafür keine besonderen Schutzvorrichtungen gegen Kälte und Trockenheit brauchen. Die Assimilationsorgane bestehen also gewissermassen aus "billigem" Material, das in jeder Vegetationsperiode neu aufgebaut werden muss. Die Beschränkung auf die "gute" Jahreszeit ermöglicht dafür die Ausbildung stark exponierter Blattformen, die bezüglich Raum- und Lichtausnutzung optimale Assimilationsbedingungen besitzen (WALTER 1968, u.a.). Oekologisch bedeutet dieses Prinzip einen relativ schnellen äusseren Stoffkreislauf, der vor allem an windexponierten und steilen Standorten eine erhöhte Gefahr von Nährstoffverlust in sich birgt. Dieses Prinzip sei in Uebereinstimmung mit KLÖTZLI (1975), BURNAND (1976) und ROTH (1979) "Wegwerfstrategie" genannt. Sie schränkt die Areale der betreffenden Arten auf Standorte mit relativ frostsicherer Vegetationsperiode und guter Wasserversorgung ein.

Demgegenüber steht der zweite Haupttyp, die immergrünen, skleromorphen Nadelhölzer, welche sehr dauerhafte Assimilationsorgane ausbilden, die sich auf extreme Klimaeinwirkungen einstellen können und diese in der Regel schadlos überdauern. Sie setzen für die Ausbildung aufwendiger Schutzeinrichtungen (v.a. gegen Kälte und Trockenheit) und einen verstärkten Blattbau einen wesentlichen Teil ihrer Nettoassimilation ein (verdickte Kutikula, mehr Sklerenchym, Wachsschichten, Anpassung der physiologischen Prozesse usw.) (WALTER 1956). Dafür müssen sie nicht alljährlich den gesamten Assimilationsapparat neu aufbauen. Auch die nadelförmige Blattgestalt selbst ist nach WALTER (1970), LARCHER (1973) und anderen ebenfalls eine Anpassung an extreme Verhältnisse, v.a. an Fröste, die aber, wie erwähnt, mit dem Verzicht auf

optimale Assimilationsbedingungen erkaufte wird (vgl. "Eibenstrategie", Tab.2). Die immergrünen Pflanzen sind grundsätzlich in der Lage, die jeweils "guten Momente" ungünstiger Klimaperioden, vor allem in den Übergangsjahreszeiten, produktiv auszunützen (TRANQUILLINI 1960). Dazu ist die Nadelform auch insofern geeignet, als der Transportweg zwischen Assimilationsort (Peripherie) und Blattnerv klein ist.

Diese rasche Assimilationsbereitschaft kann vor allem im Frühling ein grosser Vorteil sein, indem die während des Winters in pflanzenverfügbarer Form akkumulierten Nährstoffe im Boden den übrigen Pflanzen sozusagen weggeschlagnappt werden können, bevor diese selbst aktiv sind.

Im Herbst konnte ich weiter beobachten, dass die Früchte noch an den Eiben hängen, wenn das Laubdach schon stark gelichtet ist. Ob dadurch die Fruchtreife in einem entscheidenden Moment auch an relativ ungünstigen Standorten noch ermöglicht wird, wäre genauer abzuklären (vgl. Bedeutung der Herbstsonne für Trauben).

Ich bezeichne diese Strategie, wiederum gemeinsam mit BURNAND, KLÖTZLI und ROTH, als "Allzeit-Bereit-Strategie".

Bei der ökologischen Ausdifferenzierung der Vegetationszonen haben diese zwei Hauptstrategien eine zentrale Rolle gespielt, wobei die verschiedensten Zwischenlösungen und Kombinationen erkennbar werden.

Für den Wettbewerb zwischen sklerophyllen Immergrünen (v.a. Nadelbäumen) und laubwerfenden Arten gibt WALTER (1956) zwei ausschlaggebende Faktoren an (vgl. auch HÜBL 1969 und PISEK 1960):

1. Die erwähnte Tatsache, dass die Sklerophyllen im Mittel drei mal mehr Material pro Blattfläche in den Aufbau des Assimilationsapparates investieren als die sommergrünen Laubbäume.
2. Den Nachteil, dass der Blattanteil (Assimilationsorgane) an der Gesamtmasse (Trockengewicht) bei den sklerophyllen Bäumen mehrfach kleiner ist als bei sommergrünen. Das bedeutet eine relativ geringere Assimulationsfläche, folglich auch geringere Stoffproduktion.

Im weiteren kommt hinzu, dass auf Standorten mit genügender Wasserversorgung die Bruttophotosynthese der Sklerophyllen sowohl pro Gramm Trockensubstanz wie pro Flächeneinheit wesentlich geringer ist als bei den sommergrünen Arten (vgl. Tab. 1 sowie KREEB 1974, LARCHER 1973, PISEK 1960, WALTER 1956).

Für die Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit einer Art muss jedoch zusätzlich die Atmungsintensität in Rechnung gestellt werden. Wir müssen wissen, wieviel von der Bruttophotosynthese für die verschiedenen Auf- und Umbauprozesse (Stützgewebe, Holzkörper, Schutzstoffe usw.) zwecks Energiegewinnung wieder veratmet wird. Erst so erhalten wir ein Bild vom tatsächlichen Wirkungsgrad der Photosynthese. Als Mass für diese Effizienz gibt LARCHER (1973) den sogenannten ökonomischen Koeffizienten an:

$$OeK_p = \frac{\text{Bruttophotosynthese } (P_b)}{\text{Atmung } (R)} \approx \frac{\text{Nettophotosynthese } (P_n) + R}{R}$$

Tab. 1. Nettoassimilation (P), Dunkelatmung (R), ökonomischer Koeffizient (OeK) und Lichtkompensationspunkte (LKP) verschiedener Strategietypen (nach LARCHER 1973 und ELLENBERG 1978). KREEB (1974) gibt zur Assimilation etwas abweichende Werte an, v.a. bezüglich der oberen Grenze.

| Typus | P Netto-assimilation | | R Atmung mg CO ₂ dm ² ·h | OeK P _{max} + R _{max} R _{max} | LKP in °C | | Art |
|---|----------------------|--------------------|--|--|-----------------------|---------------|-------------------------|
| | mg CO ₂ | mg CO ₂ | | | unterer (W) | oberer (S) | |
| | dm ² ·h | g·TG·h | | | | | |
| Sonnenkräuter | 20-50 | 30-80 | 5-8 | 11 | | | |
| Schattenkräuter | 4-20 | 10-30 | 2-5 | 7 | | | |
| Sommergrüne Laubhölzer: Lichtblätter | 10-20 | 15-25 | 3-4 | 7,3 | | | |
| Schattenblätter | 5-10 | - | 1-2 | - | - | -5 | 43 <i>Fagus</i> |
| Immergrüne Laubhölzer: Lichtblätter | 5-15 | 3-10 | 0,7 | 15,3 | -6 | -4 | 42 <i>Prunus laur.</i> |
| Schattenblätter | - | - | 0,3 | - | -8 | - | 48 <i>Olea europ.</i> |
| Immergrüne Nadelhölzer: Lichtblätter | 4-15 | (12?) | 0,7* | 19 | -4 | - | 42 <i>Quercus ilex</i> |
| Schattenblätter | 3-18 | 1,0 | | 91 | -8 | -5 | 41 <i>Taxus baccata</i> |
| | | 0,2 | | | -6 | -4 | 37 <i>Pinus silv.</i> |
| | | | | | -7 | -3 | 38 <i>Abies alba</i> |
| | | | | | (W) = Werte im Winter | | |
| | | | | | (S) = Werte im Sommer | | |

* Atmung von *Taxus baccata*: 0.68 $\frac{\text{mg CO}_2}{\text{g TG.h}}$ (nach PISEK 1960)

Für die Assimilation macht PISEK keine Angaben, doch kann grob angenommen werden, dass die Stellung zu den andern Arten etwa gleich ist, wie für die Atmung. Der Wert gehört somit etwa zwischen jenen der Licht- und Schattenblätter von immergrünen Laubhölzern.

Tabelle 1 zeigt deutlich, dass die Verhältnisse mit zunehmender Skleromorphie immer ungünstiger werden, da ein immer gröserer Anteil der Gewebe nur atmet und nicht assimiliert. Obschon jene Holzpflanzen, die am intensivsten assimilieren, absolut auch die grössten Atmungswerte zeigen, fällt die Bilanz der verbleibenden Nettoproduktion doch deutlich zu ihren Gunsten aus.

Die skleromorphen Laubgehölze, und analog dazu auch die Eibe, bauen zudem einen sehr dichten Holzkörper und eine grosse Wurzelmasse auf, wozu es bedeutender Energieinvestitionen bedarf. Es ist daher möglich, dass diesen Arten allein schon aus den bisher erwähnten Zusammenhängen heraus in ihrer räumlichen Gestalt relativ enge Grenzen gesetzt sind: sie erreichen vermutlich bald eine Art "Grenzertragsgrösse" an jenem Punkt, an dem ein weiteres Wachstum im Sinne räumlicher Ausbreitung den Atmungsbedarf beziehungsweise den Transpirationsverlust mehr vergrössert, als die zusätzliche Nettoproduktion wettmacht (Verhältnis Wurzel- und Stammasse zu Blattmasse). Dies gilt vor allem in Klimaten mit grösseren Trockenperioden. Die hohen Investitionen zahlen sich somit nur in klimatischen Regionen und auf Standorten aus, wo sie tatsächlich nötig sind. Ueberall, wo entweder die Wasserversorgung über den Boden oder das Klima gesichert ist, setzt sich folgerichtig auch die produktivere Strategie der sommergrünen Arten durch (vgl. z.B. WALTER 1968, HüBL 1969). Verschiedene konkrete Beispiele untermauern diese Aussage: z.B. fand PISEK (1960), dass sich im mediterranen Raum bei genügender Wasserversorgung konsequent die sommergrünen Arten (v.a. *Quercus pubescens*) auf Kosten der sklerophyllen Immergrünen (z.B. *Quercus ilex*) durchsetzen (vgl. hiezu auch WALTER 1970 und 1956).

Es gibt nun aber Verhältnisse, die zeigen, dass neben der Produktivität ein zweiter Hauptfaktor für das Wettbewerbsgeschehen wesentlich mitentscheidet: die Schattenfestigkeit der Arten.

Auf optimalen Buchenstandorten ist beispielsweise die Fichte insgesamt produktiver als die Buche, vermutlich aufgrund ihrer positiven Stoffbilanz in den Uebergangsjahreszeiten. (Ein Beispiel übrigens auch dafür, dass die Ausnahme die Regel bestätigt, nach der die sommergrünen Arten grundsätzlich produktiver sind als die Immergrünen.) Trotzdem verdrängt nun aber die Buche die Fichte aufgrund ihrer grösseren Schattenfestigkeit (HüBL 1969, ELLENBERG 1978). Bezüglich der hohen Schattenfestigkeit ist hier nun die Buche ihrer-

seits eine Ausnahme, indem diese Eigenschaft sonst eher immergrüne Arten auszeichnet (TRANQUILLINI 1969, aus HÜBL 1969). Sie verleiht ihnen den Vorteil, schlechtes Licht- und Wärmeklima (Einstrahlungsbilanz), z.B. in der Unter- schicht oder in den Übergangsjahreszeiten produktiv auszunützen und so im Wettbewerb langfristig zu bestehen (Energiebedarf für Verjüngung, Fruchtung usw.).

Die grosse Schattenfestigkeit unserer beiden Hauptvertreter ozeanischer Nadelhölzer, *Abies* und *Taxus*, dürfte denn auch der Hauptgrund dafür sein, dass sie sich auf eigentlichen Laubholzstandorten der kollinen und montanen Stufe Mitteleuropas neben den Laubhölzern von Natur aus halten können (vgl. HÜBL 1969). Eindrückliche Beispiele dazu liefern die Plenter- wälder etwa im Emmental, wo ein naturnahes Gleichgewicht zwischen Buche, Fichte und Tanne herrscht. Die Fichte (*Picea excelsa*) liefert sogar innerhalb der Nadelholzstrategie ein weiteres Beispiel für die Bedeutung der Schatten- festigkeit: im Laufe der Sukzession des subalpinen Fichtenwaldes verdrängt sie die viel produktivere, sommergrüne Lärche auf gemeinsamen Standorten. Licht- und Halbschattenbaumarten können sich unter dem einmal vorhandenen Dach der Schattenbaumarten kaum mehr verjüngen, beziehungsweise sterben sogar ab.

Die Begrenzung der sommergrünen Wälder findet sich in der Zonierung wie in der Stufung der Vegetation dort, wo entweder die Vegetationszeit be- ziehungsweise die Wärmebilanz unter eine gewisse Schwelle absinkt oder aber wo einzelne Klimaerscheinungen wie extrem tiefe Wintertemperaturen, Spätfröste oder Sommerdürre direkt in das Selektionsgeschehen eingreifen (BURNAND 1976, KLÖTZLI 1976).

Bei den Grenzen der gemässigten Laubwaldzone geht es also vor allem um zunehmende physiologische Schwierigkeiten der laubwerfenden Bäume, welche ihre Konkurrenzkraft derart verringern, dass im Süden vorwiegend die sklero- phyllen, relativ durreresistenten Hartlaubgehölze, im Norden dagegen vermehrt die frostharten und relativ schattenfesten skleromorphen Nadelbäume der bore- alen Zone zum Zuge kommen. Es handelt sich dabei also nicht, wie oft fälsch- licherweise angenommen, vorwiegend um eine besondere Vorliebe der Nadelhölzer für diese rauheren, beziehungsweise der Hartlaubgehölze für die trockeneren Verhältnisse, sondern um deren relative Konkurrenzschwäche in den gemässigten

Klimaregionen. Immerhin geraten natürlich auch die Hartlaubgehölze ihrerseits nördlich ihres Hauptverbreitungsgebietes zunehmend in physiologische Schwierigkeiten, vorwiegend in bezug auf den Frost. Umgekehrt wird, wie erwähnt, die Nachtatmung in warmen Gegenden für nicht angepasste Arten vermutlich zu gross.

2.3.2. Kompromiss-Strategien

Die Hartlaubvegetation des Mittelmeerraumes ist Ausdruck einer kombinierten Strategie: der skleromorphe Blattbau ermöglicht einen guten kutikulären Transpirationsschutz und macht das Blatt besser trockenheitsresistent. Die breite Blattform erlaubt eine günstigere Energieausnützung als die Nadelform, ist dafür aber gegen Frost besonders exponiert. Auch innerhalb der mediterranen Zone wird der breitblättrige Typus in der Regel vom nadeligen Typus abgelöst, sobald die Standortsbedingungen schlechter werden (KLÖTZLI 1965). Letzterer Typus ist zwar gegen Austrocknung noch resistenter, wird jedoch auf besseren Standorten aufgrund der Lichtkonkurrenz verdrängt, da es sich meistens um mediterrane *Pinus*-arten mit hohen Lichtansprüchen handelt.

2.3.2.1. Die Eibenstrategie

a) allgemeine Überlegungen:

In diesem Gefüge von sich ablösenden Strategien repräsentiert die Eibe eine weitere Kompromiss-Strategie: Mit ihrem immergrünen Nadelkleid gehört sie dem Typus der "Allzeit-Bereit-Strategie" an, kann also grundsätzlich jede klimatisch günstige Periode ausnützen. Gemeinsam mit allen Immergrünen hat sie auch den sparsamen Umgang mit der Energie: ihre Nadeln leben durchschnittlich 8 (6-10) Jahre (MARCET 1973, LUBBOCK, aus KIRCHNER et al. 1906), was einen sehr langsamem Energiefluss im äusseren ökologischen Stoffkreislauf bedeutet (vgl. Tanne: 6-12, Fichte: 8-10, Föhre: 3-5 Jahre).

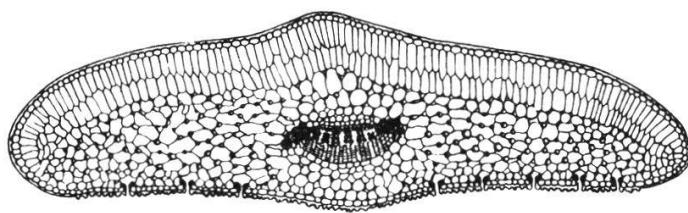
Die Eibennadeln besitzen, verglichen mit dem Saisonblatt, auch einen relativ guten Transpirationsschutz und - wie erwähnt - aufgrund ihrer Nadelgestalt vermutlich eine gewisse erhöhte Frostresistenz (PISEK 1960, HÜBL 1969). Beide Eigenschaften beruhen wahrscheinlich auf dem Vorteil der Nadelform, das Verhältnis Oberfläche zu Inhalt zu verkleinern und somit einen geringeren Teil des Gewebes direktem Oberflächenkontakt zur umgebenden Luft auszusetzen. Eben-

falls durch die Nadelgestalt bedingt ist der bereits genannte kurze Transportweg zwischen den Assimilationsorganen und dem Mittelnerv, welcher die Bereitschaft zu sofortiger Reaktion auf günstige Verhältnisse erhöhen dürfte (Tab.2). Ganz allgemein entspricht die grösere Resistenz der Nadelbäume gegen ungünstige Umwelteinflüsse der Regel, wonach Organismen umso genügsamer sind, je tiefer die Entwicklungsstufe ist, auf der sie stehen. In vielen solchen Vorteilen, die mit Sicherheit nur teilweise bekannt sind, spiegeln die Koniferen auch ihre ältere Anpassung an kalte Klimate im Vergleich zu den Angiospermen (HÜBL 1969).

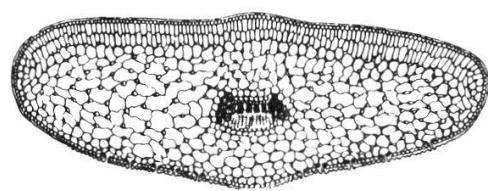
Tab. 2. Nadelquerschnitte im Verhältnis zum Querschnitt des Buchenblattes

| Blattquerschnitte (umgezeichnet nach KIRCHNER et al. 1906) | Baumarten (geordnet nach zuneh- mender Frosthärt- e der Blätter) | Verhältnis <u>Umfang</u> <u>Querschnitt</u> (mittlerer Querschnitt über ganze Blattlänge in % der Buche) | | | | | |
|--|---|--|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| | | Sonnenblätter | | Schattenblätter | | | |
| | | % | \bar{d} mm | \bar{b} mm | % | \bar{d} mm | \bar{b} mm |
| | <i>Fagus silvatica</i> | 100 | 0,15 | 35 | 100 | 0,05 | 35 |
| | <i>Taxus baccata</i> | 35 | 0,71 | 2,14 | 11 | 0,71 | 2,98 |
| | <i>Abies alba</i> | 31 | 0,84 | 2,17 | 17 | 0,48 | 1,62 |
| | <i>Pinus silvestris</i> | 72 | 0,64 | 1,44 | 24* | | |
| | <i>Pinus montana</i> | 55 | 0,75 | 1,55 | 18* | | |
| | <i>Picea excelsa</i> | 29 | 1,4 | 1,5 | 15 | 1,5 | 1,75 |
| | <i>Pinus cembra</i> | 36 | 1,14 | 1,57 | 12* | | |

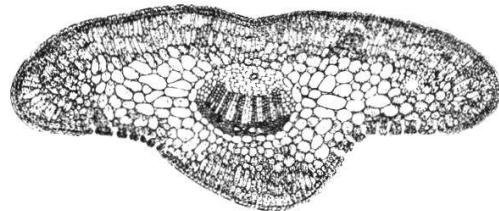
*) Zu diesen Daten existieren keine Angaben, ob es sich um Schatten- oder um Lichtblätter handelt. Die berechnete Verhältniszahl wurde daher einmal in Beziehung zum Schattenblatt und einmal zum Sonnenblatt der Buche gesetzt.



a. Nadel eines Seitentriebes von *Taxus baccata*



b. Nadel eines Wipfeltriebes von *Taxus baccata*



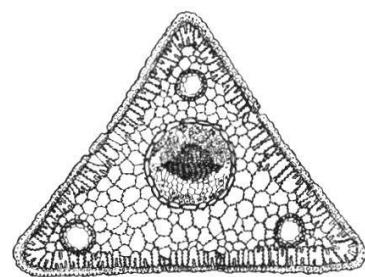
c. Aufgerichtete Nadel eines Wipfelzweiges von *Abies alba*



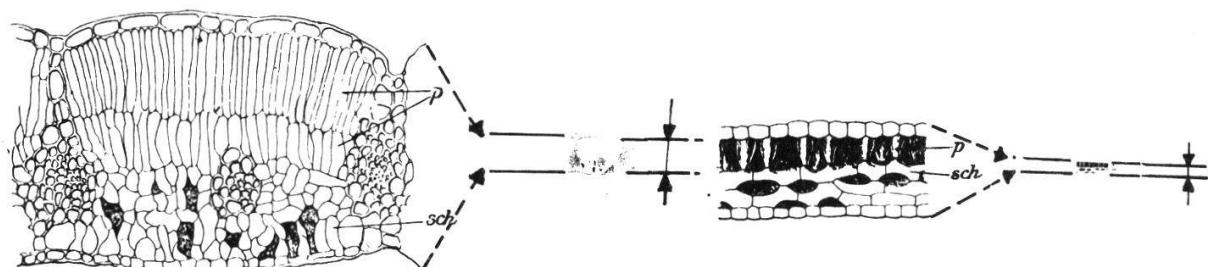
d. Schattenblatt eines gescheiteltten Seitenzweiges von *Abies alba*



e. Nadel eines Seitentriebes von *Picea excelsa*



f. Nadel von *Pinus cembra*



g. Sonnenblatt von *Fagus sylvatica*

h. Schattenblatt von *Fagus sylvatica*

Abb. 5a-h. Morphologischer Vergleich der Blattquerschnitte von Vertretern verschiedener ökophysiologischer Strategien bei unterschiedlichem Lichteinfluss. Die Größenrelationen entsprechen den realen Verhältnissen (beim Buchenblatt ist die den Nadelquerschnitten jeweils entsprechende Blattdicke rechts vom Querschnitt angegeben; p = Pallidengewebe, sch = Schwammparenchym) (nach KIRCHNER et al. 1906).

Nebst diesen Gemeinsamkeiten mit der sklerophyllen Nadelstrategie muss jedoch hervorgehoben werden, dass sich der Nadeltypus der Eibe in mannigfacher Weise auch von jenem Typus abhebt. Er weist nämlich ebenfalls viele Strategiemerkmale auf, die sich eher an das Saisonblatt oder an das immergrüne Hartlaubblatt anlehnen.

b) morphologische Strategiemerkmale der Eibe:

Eibennadeln sind nach NOAK (1887, aus KIRCHNER et al. 1906) mechanisch die am schwächsten gebauten Nadeln unserer Koniferen. Die Eibe ist das einzige einheimische Nadelholz, dessen Nadeln ausser in den Gefässbündeln keinerlei Verholzung in den Zellen sowie kein sklerenchymatisches Hypoderm aufweisen (geringer kutikulärer Transpirationsschutz). Stereiden (= mechanische Elemente) fehlen vollständig (KIRCHNER 1906) (Abb. 5). Die Nadeln fühlen sich entsprechend weich an. Auch die relativ breitflächige Nadelgestalt, die schon physiognomisch ins Auge springt, gibt einen Hinweis auf die Verwandtschaft zum Saisonblatt. Dass der Schein nicht trügt, zeigen auch einige Vergleichszahlen von Skleromorphie-Indices, Ausdruck des Verhältnisses zwischen Trockensubstanz und Blattoberfläche:

Tab. 3. Skleromorphie-Indices von Blättern verschiedener Strategie-Typen (auf einfache Fläche bezogen)

| Typus | Art/Gattung/Gruppe | Sonnenblätter | Schattenblätter | Quellen |
|-------------------------|--|------------------|-----------------|---|
| Sommergrüne | <i>Fagus silvatica</i> <i>Fagus silvatica</i> | 0,74 0,5 | 0,27 0,2 | WALTER 1956* berechnet n. SCHULZE 1970 |
| Ozeanische Immergrüne | <i>Taxus baccata</i> <i>Ilex aquifolium</i> (pontischer Buchenwald) | 1,85 1,61 | 0,79 | eigene Untersuchungen WALTER 1956* |
| Skleromorphe Immergrüne | Hartlaubsträucher aus Kalifornien und Chile <i>Laurus nobilis</i> (Macchie, Anatolien) | 2,6 - 1,5 1,7 | | GIGON 1978 WALTER 1956* |

*) Da keine Angabe, ob sich die Werte auf einfache oder doppelte Oberfläche beziehen, sich jedoch durchwegs in der doppelten Grössenordnung der Zahlen bewegen, die andere Autoren auf einfache Fläche berechnet haben, wurden die Werte durch 2 dividiert.

Das erwähnte Verhältnis 3:1 zwischen skleromorphen immergrünen und sommergrünen Bäumen bezüglich der investierten Assimilationsprodukte in den Blattaufbau kommt hier deutlich zum Ausdruck. Die Eibennadeln stehen dazwischen.

Aehnliches gilt für die Anordnung der Blätter am Zweig: die auffallende dorsoventrale, meistens nur zweizeilige Auslegung der Nadeln erinnert in der Gesamtgestalt recht stark an das Laubblatt (runde "fichtenartige" Nadelanordnung findet sich bei der Eibe nur an stark lichtexponierten Zweigen). Auch im Hinblick auf die anschliessend diskutierten Strategiemerkale sind die Zweiggestalten beachtenswert: Nadelanordnungen rings um den Zweig (wie bei der Fichte) ermöglichen zwar keine optimale Ausrichtung der einzelnen Nadeln gegen das Licht hin, dürften jedoch einen ähnlichen Effekt bewirken, wie jener einer Behaarung: eine Art Isolation (Temperaturgradient) und geringere Windzugänglichkeit der Aestchen. Aehnliches kann sogar für die Gesamtgestalt der Bäume festgestellt werden. Die Zwischenstellung der Eibe äussert sich auch im Hinblick auf den stomatären Austrocknungsschutz: die Eibe ist beispielsweise die einzige Nadelbaumart, deren Nadeln keinen schützenden Wachspfropfen in der Spaltöffnungsgrube aufweisen, sondern lediglich durch kleine Papillen bei den Spaltöffnungen vor allzu starken Transpirationsverlusten etwas geschützt werden. KIRCHNER erblickt in diesen Tatsachen ganz allgemein den Ausdruck einer geringen xerophytischen Anpassung, was uns erneut in die Nähe der Saisonblatt-Strategie verweist. Ebenfalls in dieser Richtung weist die einzelne Eibennadel durch ihren ausgeprägten dorsoventralen Bau, der sich sehr stark vom Typus der skleromorphen Nadel unterscheidet. Unter unseren Nadelhölzern steht die Eibennadel in dieser Hinsicht der Weisstannennadel am nächsten.

c) physiologische Strategiemerkale der Eibe

- Dürerreristenz

Die morphologischen Tatsachen stehen in einem gewissen Widerspruch zur Aussage ELLENBERGGS (1978), wonach die Eibe zu den Arten mit geringer Dürreempfindlichkeit zu zählen ist. Die Ursache dieser in der ökologischen Realität mehrfach bestätigten Dürerreristenz (z.B. auf extremen Felsstandorten im Jura) kann denn bei der Eibe auch kaum aufgrund ihrer Blattmorphologie verstanden werden. Ein Teil der Erklärung kann in dem fein verästelten Wurzelwerk gesehen werden, doch dürfte vor allem die physiologische Konstitution

den Schlüssel zum Verständnis dieses Phänomens liefern: PISEK und BERGER (1938) haben gezeigt, dass die Eibe ähnlich hohe relative Wasserverluste erträgt wie *Pinus silvestris*, *Rhododendron ferrugineum* und *Arctostaphylos uva ursi* und mit diesen zusammen die Spitzengruppe einer ganzen Liste von verschiedenen austrocknungsempfindlichen Pflanzen bildet. Obschon die Wasserkapazität (= Wassergehalt bei Sättigung) dieser Arten relativ gering ist, verfügen sie, auf gleiches Gewicht bezogen, über ähnlich hohe absolute Wasserreserven, wie saftreiche Krautpflanzen. Das bedeutet im Verhältnis zum Trockengewicht viel höhere mögliche Wasserverluste (bis zu 45 Gewichts-%), was nur aufgrund der grossen Unempfindlichkeit gegenüber Wasserverlusten in den Geweben möglich ist. Quantitativ schlägt sich diese Tatsache in den sehr tiefen subletalen Wassergehalten dieser Arten nieder, wobei die Werte im Winter nochmals tiefer liegen, als jene während der Vegetationszeit (PISEK und LARCHER 1954, PISEK und LARCHER 1938). In diesem Zusammenhang vermutete ich, bereits aufgrund des unterschiedlichen Baues von Licht- und Schattennadeln eine Korrelation zwischen Skleromorphiegrad und momentanem Wassergehalt zu finden. Leider kam der Zusammenhang nicht schlüssig heraus (Tab. 4).

Tab. 4. Wassergehalt und Skleromorphie-Index von Eibennadeln mit unterschiedlichem Lichtgenuss (im selben Zeitpunkt untersucht)

| Nadeltyp (Herkunft): (aus einem Park an der Zürichbergstrasse) | Wassergehalt in % des Trocken- gewichtes | S_x Skleromorphie-Index Trockensubstanz einfache Blattfläche |
|---|--|--|
| 1. Schattenbaum, total unterdrückt (Stockausschlag unter anderen Eiben) | 204 | 0,79 |
| 2. Schattenzweig im Bestand | 181 | 1,03 |
| 3. Halbschattenzweig im Bestand | 188 | 1,07 |
| 4. Lichtzweig im Bestand | 231 | 1,22 |
| 5. Volllichtzweig, freistehender Gipfeltrieb | 172 | 1,85 |

Erstaunlich ist auf den ersten Blick auch der tiefe subletale Wassergehalt der recht dürreempfindlichen sommergrünen Laubhölzer (Tab. 5). Tatsächlich ertragen diese Blätter auch einen recht hohen Austrocknungsgrad, doch weisen sie im Unterschied zur genannten Gruppe noch viel geringere Wasserkapazi-

tät und damit sehr kleine absolute Wasserreserven auf, was jeden Unterbruch im Wassernachschub gefährlich macht.

ROTTENBURG und KOEPPNER (1972) ist es in einem Versuch mit Nadeln von Tanne und Eibe gelungen zu zeigen, dass die Eibe eine vergleichsweise sehr schnelle Reaktionsfähigkeit besitzt, welche die sofortige Schliessung der Stomata beim Eintreten eines Wassersättigungsdefizits bewirkt (rund viermal schneller als die Tanne). Ausserdem vermuten sie aufgrund der Ergebnisse, dass die Eibe im Vergleich zur Tanne bei trotzdem eintretenden Wasserverlusten ein höchst leistungsfähiges Wassernachschubsystem besitzt.

"Austrocknungsresistenz" ist nach HÖFLER (1943) die "Fähigkeit, starke Wasserverluste ohne Gefährdung des Lebens zu ertragen" und stellt die plasmatische Komponente der sogenannten "Dürreresistenz" dar. Letztere ist definiert als die "komplexe Eigenschaft, die der Pflanze das Ausharren auf wasserarmem Standort und das Ueberdauern von Trockenperioden ermöglicht". ELLENBERG meint mit Dürreresistenz offensichtlich ebenfalls dieses komplexe ökologische Konzept, welches über die rein plasmatische Resistenz hinausgeht. Tatsächlich ist ja letztere allein gegen Dürre nicht wirksam (wie die sommergrünen Laubhölzer zeigen), wenn die zwar relativ tiefen Grenzwerte des Wassergehalts aufgrund der übrigen Konstitution allzuschnell und oft erreicht werden. So ist beispielsweise ein leistungsfähiges Wurzelwerk wesentlich, welches sozusagen jedem Kubikzentimeter Boden alles verfügbare Wasser entzieht und so den Wassernachschub für die Assimilationsorgane auch noch gewährleistet, wenn Arten mit extensivem Wurzelsystem bereits unter Wasserstress leiden. Diese Eigenschaft hat die Eibe nach eigener Beobachtung und nach Mitteilung verschiedener Praktiker (u.a. GRÜNING, P. †) in hohem Masse. Sie wäre somit in diesem Punkt ebenfalls konstitutionell mit den mediterranen Hartlaubgehölzen verwandt, wobei sich jene grundsätzlich mit einem äusserst wirksamen kutikulären Transpirationsschutz gegen Wasserverluste wehren.

Ebenso ist das Verhältnis der Wurzelmasse zu den oberirdischen Organen als massgebliches Kriterium zu erwähnen: je grösser der Wasserstress, desto kleiner muss die Transpirationsfläche im Verhältnis zum wassersaugenden Wurzelwerk sein, extrem z.B. bei Steppenpflanzen (bis 10:1) (vgl. hierzu auch WALTER 1968). Auf feinerdereichen Standorten sind dabei grasartige Pflanzen mit fein verästeltem Wurzelwerk im Vorteil, wogegen auf steinig-felsigen

Standorten vor allem Bäume und Sträucher ausharren, deren Wurzeln tiefe Spalten erschliessen können.

- Frosthärte

An die Frage der Austrocknungsresistenz schliesst unmittelbar die Problematik der Frosthärte an, handelt es sich doch bei beiden um physiologische Phänomene, die zwar nicht identisch, funktionell aber doch recht eng miteinander verknüpft sind. PISEK, LARCHER und andere konnten zeigen, dass sich bei frostharten Gewächsen Kälte- und Austrocknungsresistenz durch exogene und endogene Faktoren meist gleichsinnig verändern und auf einer gemeinsamen plasmatischen Komponente beruhen müssen (LARCHER 1963, PISEK und LARCHER 1954). Echte Frosthärte, welche sich vor allem die sklerophyllen Nadelhölzer auf die winterliche Jahreszeit hin zulegen ("Abhärtung"), beruht auf der Fähigkeit, Eisbildung in den Geweben schadlos zu überstehen. Mit dieser "Abhärtung" geht gleichzeitig der weitgehende Verlust des stomatären Transpirationsvermögens einher (Spaltenstarre). Diese "echte Winterruhe" ist ein Schutz vor Austrocknung bei mangelndem Wassernachschub (gefrorener Boden, LARCHER 1972). Eisbildung bedeutet physiologisch ein schubweises Ausscheiden von oft mehr als 50 % des für die Gewebe verfügbaren Wassers, also eine Art Austrocknungs schock. TRANQUILLINI und HOLZER (1958) haben jedoch nachgewiesen, dass auch bei sehr tiefen Temperaturen stets 40-50 % des Wassers in ungefrorenem Zustand erhalten bleiben ("gebundenes Wasser"). Nach LARCHER (1963) ist die Eisbeständigkeit Ausdruck eines plasmatischen Zustandes, der die Zelle allgemein gegen Entwässerung, also auch gegen solche durch Wasserverdunstung widerstandsfähig macht.

Dem eisfesten Typus stehen viele immergrüne Arten gegenüber, welche durch Abhärtung im Herbst nur eine Scheinresistenz erwerben. Zu ihnen gehören vor allem die mediterranen Hartlaubgehölze (*Quercus ilex*, *Olea europaea*, usw.) sowie die Immergrünen mit ozeanischer Verbreitung (*Taxus*, *Abies*, *Ilex*, usw.). Ihre Winterstrategie ("unechte Winterruhe") beruht vor allem auf zwei Komponenten:

1. auf einem erhöhten Schutz vor Wasserverlust, indem die Transpiration auf einen Fünftel bis einen Zwanzigstel der Sommerwerte eingeschränkt wird (je kälter, desto mehr Einschränkung, LARCHER 1972).
2. auf einer erhöhten Kälteresistenz, die hauptsächlich durch die Erhöhung der

Zellsaftkonzentration (ohne Abnahme des Wassergehalts der Zellen) und der damit verbundenen Gefrierpunkterniedrigung erreicht wird (LARCHER 1972). Zusammen mit dem Gefrierpunkt sinkt auch das Temperaturminimum ab (von ca. -3° auf ca. -8° C), bei dem noch eine Nettoassimilation möglich ist, da Eisbildung und Stillstand der Assimilation etwa zusammenfallen. In strengen Wintern kann diese Abhärtung, d.h. die erreichte Gefrierpunkterniedrigung

Tab. 5. Charakteristische Werte zur Beurteilung der Austrocknungs- bzw. Dürerreristenz und der Frosthärt

| Strategietypus | Art | 1 | 2 | 3 | Temperatur $^{\circ}$ C | | | |
|--|--|-----------|--------------------|---------------|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|
| | | | | | 4 | 5 | 6 | 7 |
| dürerreristente mediterrane Hartlaubgehölze | <i>Olea europaea</i> <i>Viscum album</i> <i>Quercus ilex</i> | ~72 | | ~60* | -8 -7 -5 | -11 -18 -12 | <-14 <-22 <-16 | -10 -7 -5 |
| frostharte Koniferen mit kontinentaler Verbreitung | <i>Picea excelsa</i> <i>Pinus silvestris</i> | >29 | 170-160 189-166 | ~100 62-50 | ~-6,5 -7,2 | -26 | <-28 | -6,5 -6 |
| Immergrüne mit vorwiegend ozeanischer Verbreitung | <i>Abies alba</i> <i>Taxus baccata</i> <i>Hedera helix</i> | ~30 22 | 198-190 274-225 | 63 110-95 | -7,5 -8 -7,5 | -18 -21 -12 | - <-23 <-17 | -6,5 -6 5,5 (7,0) |
| sommergrüne Laubbäume | <i>Fagus silvatica</i> - Schatten - Sonne | | 150-143 130-107 | ~80 ~80 | -5 -6,5 | -4 -5 | -7 -7,5 | |

Kurz-Definitionen und Autoren der Zahlen:

- 1 osmotischer Maximalwert: Zellsaftkonzentration in atm, die ohne Schaden ertragen wird (nach WALTER 1929)
- 2 Wasserkapazität: Wassergehalt bei Sättigung in % des Trockengewichts (TG) (nach PISEK und BERGER 1938)
- 3 subletaler Wassergehalt: Wassergehalt, bei dem zwischen 5 und 10% der Blattfläche irreversibel geschädigt wird (PISEK und BERGER 1938) in %
- 4 Minimum-Temperatur: tiefste Temperatur, bei der noch eine Nettoassimilation stattfindet (PISEK et al. 1967)
- 5 Temperatur bei Schadenbeginn: Temperatur, bei der 5-15% der Blattfläche geschädigt werden nach 3-stündigem Frost (PISEK et al. 1967)
- 6 Temperatur bei Totalschaden: Temperatur, bei der mehr als 50% der Blattfläche abgetötet werden nach 3-stündigem Frost (PISEK et al. 1967)
- 7 Gefriertemperatur: Temperatur, Beginn Eisbildung in Geweben (PISEK et al. 1967), Pte. 5-7 nur Werte des harten Winters 1962/63, ausser *Fagus*

* nach OPPENHEIMER 1932

merklich grösser sein als in milden. Die jeweiligen Maximalwerte, die eine Pflanze schadlos erträgt, sind jahreszeitlich und artspezifisch stark verschieden. Der Wintermaximalwert des osmotischen Druckes der entsprechenden Zellsaftkonzentration von *Taxus* dürfte nach WALTER (1929) bei 30 atm, also vergleichsweise recht hoch liegen (vgl. Tabelle 5). Sobald jedoch Eisbildung eintritt, entstehen bei diesen Arten zugleich irreversible Schäden. Gefrieren und Erfrieren fallen hier im Prinzip ganzjährlich zusammen (LARCHER 1963). Immerhin gibt es auch hier Differenzierungen, wie Messungen von PISEK et al. (1967) zeigten: danach erleiden vor allem die Arten mit ozeanisch-mittteleuropäischem Verbreitungsgebiet (*Abies*, *Taxus*) erst bei wesentlich tieferen Temperaturen (um -23° C) Totalschäden als die mediterranen Immergrünen (um -10 bis -17° C) (vgl. Tab. 5). Beim eisbeständigen Typus ist winterliche Eisbildung im Gewebe hingegen keineswegs mit Schädigung gleichzusetzen.

Mit der Gefrierpunkterniedrigung entsteht beim eisempfindlichen Typus nicht automatisch eine höhere Austrocknungsresistenz. Letztere beruht bei diesen Arten auf einer sommerlichen Abhärtung durch Dürreperioden, wobei immerhin umgekehrt die enge Verkopplung mit der Kälteresistenz erneut deutlich wird, indem diese aufgrund des Anstiegs des osmotischen Wertes unter Wasserstress gleichzeitig auch zunimmt. Als "unechte Winterruhe" bezeichnet man den Zustand dieser Arten, der sie dafür auch mitten im Winter in die Lage versetzt, bei erhöhten Licht- und (oder) Wärmereizeien die Assimilation zu aktivieren (im Unterschied zu Arten mit "echter Winterruhe").

Für echte Widerstandsfähigkeit (Frost- und Austrocknungsresistenz) haben LEVITT (1956 und 1958, aus LARCHER 1963) und LARCHER (1970) den Begriff "tolerance" eingeführt, während sie die Fähigkeit des zweiten Typus, schädlichen Einwirkungen in einem gewissen Ausmass auszuweichen, mit "avoidance" umschrieben. Nach LARCHER (1970) wird das Ueberleben einer Pflanze bestimmt durch die Summe von Scheinresistenz (avoidance) plus Widerstandsfähigkeit (tolerance) plus zusätzlich die Fähigkeit, eingetretene Schäden wieder auszubessern (recovery).

Bei Kälteschäden müssen wir also grundsätzlich zweierlei Arten auseinanderhalten (vgl. WALTER 1970):

1. Direkte Kälteschäden (Erfrierungsschäden) aufgrund von Eisbildung beim empfindlichen Typus oder Zustand (v.a. beim "avoidance"-Typus).

2. Vertrocknungsschäden (Frosttrocknis) an Pflanzenorganen, die trotz völligem Unterbruch der stomatären Transpiration noch eine gewisse (unvermeidbare) kutikuläre Transpiration aufweisen, diesen Wasserverlust wegen des gefrorenen Bodens oder wegen Eisbildung in den Geweben (beim Tolerance-Typus) jedoch nicht ersetzen können.

Es fragt sich nun, wie sich die allgemein bekannte und auch oft belegte Frostempfindlichkeit der Eibe mit den doch erstaunlich tiefen Werten von -21°C für Schadenbeginn und -23°C für beginnenden Totalschaden vereinbaren und allenfalls erklären lässt (vgl. Tab. 5).

Einen Hinweis geben die von WALTER (1929) gemachten Beobachtungen, dass bei einer Eibe, die der Sonne ausgesetzt war, bis auf wenige Nadeln der schattseitigen Krone das ganze Nadelkleid erfror. Dagegen erlitt ein nur 20 m daneben stehender Baum, der im Schatten eines Hauses wuchs, kaum Frostschäden. Beim ersten wurde ein Anstieg des osmotischen Wertes des Zellsaftes bis auf über 50 atm gemessen, beim zweiten nur bis auf maximal 27.2 atm. Daraus lässt sich vermuten, dass der Anstieg der Zellsaftkonzentration zwar sehr weitgehend ein aktiver Schutz gegen Eisbildung im Gewebe ist, dass aber ein weiterer Anstieg (z.B. über 30 atm) durch erhöhte Transpiration (bei Sonneneinstrahlung) wohl "unfreiwillig" geschehen ist und einen Austrocknungsprozess der Gewebe anzeigen dürfte. Somit wären für die Frostempfindlichkeit der Eibe die folgenden Schlüsse zu ziehen:

- eigentliche Gefrierschäden im Sinne von Eisbildung im Gewebe treten im allgemeinen erst bei sehr tiefen Temperaturen (unter -23°C), also recht selten auf, sofern der Baum auf die Kälteeinwirkung genügend vorbereitet ist (Zeit zum Anstieg der Zellsaftkonzentration). Dann allerdings sind die Schäden oft fatal.
- Die häufiger beobachteten Frostschäden sind demnach vermutlich vorwiegend Vertrocknungsschäden (Frosttrocknis). Ein Teil ihrer Ursache liegt im vergleichsweise schlechten Transpirationsschutz der Eibennadeln (v.a. auch kutikulär). Diese Schadenart tritt bei exponierten, freistehenden Exemplaren (Sonneneinstrahlung, Wind) sicher wesentlich häufiger auf, als im Bestand (v.a. im Nadel- oder Mischbestand, der auch im Winter einen guten Schutz bietet). Es ist zu vermuten, dass die sprichwörtliche Frostempfindlichkeit der Eibe teilweise auch daher röhrt, dass die meisten Frostschäden an Eiben in "normalen" Wintern vorwiegend eben an solchen auffälligen, freistehenden

Exemplaren (in Pärken, Gärten, Friedhöfen) beobachtet wurden. Allein dadurch könnte ein etwas einseitiges Bild über die Frostempfindlichkeit entstanden sein, das zu sehr verallgemeinert wurde.

- Es kann nun aber durchaus geschehen, dass bei lange andauernden, mitteltiefen Wintertemperaturen (z.B. -10 bis -15° C) und wenig Schnee der Boden so tief gefriert, dass der Nachschub an Wasser durch die Wurzeln unterbunden wird. In dieser Situation können auch Eiben in geschützten Lagen mit mässiger Transpiration in Mitleidenschaft gezogen werden.
- Hinzukommt die Gefahr, dass all die Arten mit sogenannt "unechter Frostresistenz" wie die Eibe auch eine unechte Winterruhe durchmachen. Kurze, aber intensive Licht- und Wäremreize (z.B. eine Föhnlage) können die Eibe daher durchaus dazu verleiten, auch mitten im Winter vermehrt zu assimilieren. Sollte der Boden dann noch gefroren sein, so drohen in Kürze starke Vertrocknungsschäden (vgl. WALTER 1970, PISEK 1960).

- Spätfrostgefahr

Innerhalb des durch Frostgefahr stark eingeschränkten Areals ozeanischer Arten besteht auf vielen Standorten zusätzlich für früh austreibende Arten eine ausgesprochene Spätfrostgefahr. Das müsste eigentlich für all jene immergrünen Arten, welche bereits die Übergangsjahreszeiten produktiv nützen, in besonderem Masse zutreffen. Die Eibe ist nun aber (z.B. nach ELLENBERG 1978) gerade eine spätfrostharte Art, obschon sie in vielen Gebieten bereits im Februar/März austreibt. Die Lösung dieses scheinbaren Widerspruchs liegt in ihrer offensichtlich sehr wirksamen, kombiniert physiologisch-morphologischen Abwehrstrategie: Zum einen behält die Eibe einen erhöhten osmotischen Wert ihres Zellsaftes, das heißt eine gewisse winterliche Abhärtung (avoidance), bis weit in die Vegetationszeit hinein: die Nadeln erreichen erst im Juni wieder die Normalwerte des Vorjahres (STEINER 1933). Zum andern finden wir morphologische Schutzeinrichtungen: die vordersten Nadeln liegen eng um die Knospe herum an. Zudem haben die Knospenschuppen - als einzige sämtlicher Koniferen übrigens - Spaltöffnungen. Sie wachsen aktiv mit der austreibenden Knospe als "weissliche, membranöse Blättchen" noch einige Zeit aus und schützen so den neuen Trieb, bis er genügend widerstandsfähig geworden ist (vgl. KIRCHNER 1906). Zur Milderung des Frostklimas trägt natürlich auch der mikroklimatische Dämpfungseffekt des Bestandes wesentlich

bei. Das Bestandesklima, vor allem von Mischbeständen mit Nadelholz, gereicht der Eibe als ausgesprochenem Nebenbestandesbaum offensichtlich auch in dieser Hinsicht zum Vorteil.

- Schattenfestigkeit

Zusammen mit der hohen Schattenfestigkeit, die der Eibe auch in recht dunklen Beständen (bei ca. 7 % und weniger des Lichteinfalls auf das obere Kronendach) ein Überleben gestattet (vgl. LARCHER 1973, WALTER 1970), fügt sich das Gesagte zu einer nahezu idealen Nebenbestandes-Strategie zusammen. Die Eibe verkörpert so innerhalb der bisher besprochenen ökologischen Strategietypen sozusagen eine mikroklimatisch angepasste Strategie, welche ihr den Bestand als eine sehr häufig vorhandene ökologische Nische potentiell erschließt. Dass sie tatsächlich eine jener extrem schattenertragenden Arten ist, die schon bei minimalem Lichteinfall eine Nettoassimilation erzeugen können, zeigt eine Zusammenstellung der Lichtkompensationspunkte verschiedener Arten bei 20° C (nach ELLENBERG 1978):

| | | | |
|-------------------------|---------------|------------------------|-------------|
| <i>Taxus baccata</i> | 300 Lux | <i>Fagus silvatica</i> | 300-500 Lux |
| <i>Abies alba</i> | 300-600 Lux | <i>Quercus petraea</i> | 500 Lux |
| <i>Pinus silvestris</i> | 1000-5000 Lux | | |

Auch in Bezug auf den Temperaturfaktor weist die Eibe (bei optimalem Licht) von allen aufgezählten immergrünen Arten (zusammen mit *Olea europaea*) bei der tiefsten registrierten Temperatur (-8° C) noch eine positive Assimilationsbilanz auf.

Hohe Schattenfestigkeit bedeutet, wie erwähnt, bei Hauptbestandarten eine grosse Konkurrenzfähigkeit, indem sich diese Arten in einem gegebenen Waldbestand ansiedeln können, den Bestand durchwachsen und später mit ihrem eigenen Schattenwurf alle lichtbedürftigen Arten ausmerzen. Die Eibe verbleibt nun mit ihrem genetisch fixierten Niederwuchs sozusagen dauernd in jenem ersten Kampf stadium der Unterschicht. Sie hat nach KIRCHNER (1906) das geringste Längenwachstum aller europäischen Nadelhölzer. Da sie von fast allen unseren Baumarten gleichzeitig am meisten Schatten erträgt, ist ihr grundsätzlich auf all jenen Standorten, die ihr klimatisch und edaphisch genügen, die Vorherrschaft im Nebenbestand gesichert. Hat sie einmal Fuß gefasst, so lässt sie unter sich kaum mehr eine Verjüngung aufkommen. Ihr dunkler Schatten-

wurf ist nahezu sprichwörtlich. Um jedoch auf Dauer erfolgreich zu sein, genügt das blosse vegetative Ueberleben (vegetieren) des Einzelbaumes nicht. Es muss mindestens soviel Assimilationsüberschuss erzielt werden, dass eine Fruchtbildung und -reifung möglich ist. Diese Voraussetzung ist in allzu dunklen Beständen, z.B. der Buche, auch für die Eibe nicht mehr gegeben (vgl. TRANQUILLINI 1960, WILLERDING 1968). Sie kann sich daher unter solchen Verhältnissen nicht halten und fehlt im Naturwald.

Einen weiteren Hinweis auf ihre physiologisch höchst angepasste "Sparstrategie" geben die Messergebnisse von ROTTENBURG und KOEPPNER (1972) bezüglich der Stomata-Öffnung und -Schliessung bei Belichtung und bei Verdunkelung. Es zeigt sich, dass bei Belichtung die Spaltöffnungen der Eibe im Vergleich zur Tanne beispielsweise sich viel zögernd voll öffnen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Gasaustausch erst voll zugelassen wird bei Lichtstärken, die deutlich über dem Lichtkompensationspunkt liegen, jenem Punkt also, oberhalb desselben erst eine Nettoassimilation (statt ein Atmungsverlust) zustandekommt.

Auch in umgekehrter Richtung haben die gleichen Autoren gezeigt, dass sich die Spaltöffnungen der Eibe bei Verdunkelung sehr schnell schliessen (analog wie bei Eintreten von Wasserdefizit, vgl. S. 32). Der Vorteil davon - wieder im Vergleich zur Tanne - deutet in derselben Richtung: sobald keine Nettoassimilation mehr stattfinden kann, werden Atmungsverluste durch rasches Schliessen der Stomata verhindert.

- Langsame Alterung, Vitalität

Zur Strategie einer im Prinzip dauernd unterdrückten Art gehört auch eine aussergewöhnliche Zähigkeit: die physiologische Alterung der Eibe geht sehr langsam vor sich. Wenngleich frühere Ansichten, wonach Eiben in Einzelfällen Jahrtausende überdauern, heute z.Z. widerlegt bzw. sehr unsicher scheinen, so werden die Bäume doch oft hunderte von Jahren alt und behalten in eindrücklicher Weise ihre Vitalität (vgl. z.B. ELLENBERG 1978). Immerhin werden auch in neueren Publikationen uralte Eiben erwähnt, z.B. im Iran oder in England, die man 1'000 bis 2'000 Jahre als schätzt (teils mit über 100 cm Stammdurchmesser und 18 m Höhe) (MOSSADEGH 1971, EDLIN 1965).

Die Vitalität ist unter anderem gekennzeichnet durch die ausgeprägte Stockausschlag-Fähigkeit, welche die Eibe als einziges einheimisches Nadelholz

besitzt. Sie ist der Eibe sicher zur Zeit der Niederwaldbewirtschaftung zugute gekommen und hilft ihr z.B. in ihrem langen "Jugendstadium" Verbisschäden zu überleben. Sie kann allgemein als wirksamer Ueberlebensschutz bei Verstümmelung, Steinschlag, Brand und anderen Einwirkungen gewertet werden (schlafende Augen).

- Infektionsschutz, Abwehr

Ebenfalls als wichtiger Teil eines Ueberlebensschutzes (v.a. bei Verletzung) und im Hinblick auf ein hohes Lebensalter ist eine geringe Anfälligkeit auf Krankheiten sehr wesentlich. Diese für die Eibe erwiesene Resistenz (vgl. z.B. HEGI 1936) dürfte unter anderem durch den äusserst dichten, oft in Jahrtausenden nicht zersetzten Holzkörper (viele prähistorische Funde, vgl. Kap. 3.1.), vor allem aber auch durch das giftige Taxin erreicht werden. Das als "mässig giftig" bezeichnete Alkaloid Taxin ("amorphe" Nitrilbase: $C_{37}H_{52}O_{10}N$), das in seiner Zusammensetzung dem Veratrin (Germer-Gift) nahesteht, wirkt bei Mensch und Tier als Herzgift, doch sei eine Gewöhnung daran möglich (WIESNER 1927). Es nimmt bei *Taxus* als Schutzmittel die Stelle des Harzes anderer Baumarten ein und ist sonst von keiner Baumart bekannt. Taxin tritt in allen Pflanzenteilen der Eibe ausser im roten Samenmantel (Arillus) auf. Es ist z.B. zu 0,16 % in den Nadeln vorhanden (Näheres über Taxin bei BÖDEKKER 1958, GRAF 1956, WINTERSTEIN und JATRIDES 1921 ((aus HEGI 1936)) und anderen, weitere Literatur bei HEGI 1936 sowie bei KIRCHNER et al. 1906). Wie weit dem Taxin ausser dem wirksamen Infektionsschutz wirklich auch noch ein Schutz vor tierischen Schädlingen (Insekten, Nager, Wild usw.) zukommt, ist teilweise noch umstritten (vgl. auch Kap. 3.3.3.): zumindest für das Rehwild ist die Eibe doch eine der beliebtesten Aesungspflanzen (KLÖTZLI 1965).

Gegen eine besondere Art der Infektionsgefährdung, das sogenannte "Spechtringeln" (siehe 4.2.3.), reagiert die Eibe mit einer wirksamen Wundheilung durch Kallusbildungen im Holz. Dieser Heilungsprozess wurde von KUCERA (1972) im Detail untersucht. Wie weit das Taxin dabei allerdings als Infektionsschutz eine Rolle spielt, geht daraus nicht hervor.

Eine weitere Abwehr der Eibe ist die Gallenbildung als Reaktion auf den Einstich der Eiben-Gallmücke (*Taxomya taxi* syn. *Oligotrophus taxi*) in die Triebspitzen der männlichen Blütenknospen. Dabei entsteht eine rosenknospenartige Galle. Ein ähnliches Schadbild entsteht durch eine gallbildende Milbe

(*Eriophyes psilaspis*) (BRAUN 1970). Diese geringe Zahl an bekannten Schädlingen zeigt, wie wirksam die Eibe durch ihre Konstitution geschützt ist.

d) Verbreitungsbiologische Strategiemerkmale der Eibe

Ein weiteres Spektrum von Strategiemerkmalen kann an der Verbreitungsbiologie abgelesen werden: Die Verbreitung der sehr auffällig roten und, ausser dem Kern, ungiftigen Eiben"beeren" (Scheinbeere) erfolgt nach STÄGER (1910) vor allem durch Vögel (in Exkrementen): Amseln, Drosseln, Raben und Bachstelzen. WILLE (1913) und HAGER (1916) betonen zusätzlich die Bedeutung der Spechtmeise, welche die Eibensamen in Rindenspalten, Mauer- und Felsritzen versteckt und oft "vergisst". Viele natürliche Standorte erscheinen WILLE auf diese Weise gut erkläbar, so etwa Vorkommen an Fels- und Schluchtwänden oder gar auf alten Pappeln. Beachtenswert wäre in diesem Zusammenhang auch die Feststellung von WILLE, wonach die Eibe eine endotrophe Mykorrhizza hätte, welche ihr - ähnlich etwa den Orchideen - ein Wachstum auf rein organischem Material erlauben würde. Dieser Hinweis ist auch interessant im Hinblick auf die Fundorte von Eiben auf vorwiegend organischen Böden wie etwa rezent im "Bois de chêne" bei Lausanne, auf Torf (BURNAND und ROTH 1976) oder auf deutschen Heideböden (Oberboden) (WALTER 1927, ELLENBERG, mündlich), in postglazialen Torfmooren Englands (HOOPS 1905) sowie an prähistorischen Fundorten in schweizerischen Moorlandschaften wie Robenhausen, Moosseedorf, Burgäschisee usw. (NEUWEILER 1905, SCHWEINGRUBER 1967) (vgl. hiezu auch Kap. 3.4). Speziell in konvexen Lagen schroffer Steilhänge dürfte die Haftung des Samens durch das Begleitexkrement einen günstigen Einfluss auf die Ansammlung haben. Dies im Gegensatz zum Buchen- oder Eichenaufschlag, der leicht mit den Laubpaketen zusammen an flachere Stellen abrutscht. Nach KLÖTZLI (mündlich) kann aufgrund der Exkrementen auch eine vermehrte Einarbeitung des Samens in die oberen Bodenschichten durch Bodenlebewesen vermutet werden. Meine Beobachtungen an vielen Eibenkeimlingen könnten hierzu ebenfalls einen entsprechenden Hinweis geben, fand ich doch die Samenkerne meist schon leicht in den Boden eingebettet. Genau untersucht wurde diese Frage meines Wissens bisher jedoch nicht.

Als verbreitungsbiologischen Nachteil muss die Zweihäusigkeit der Art gewertet werden, denn die Befruchtungschancen sinken damit stark. Sicher

spielen hier verschiedene Faktoren eine korrektive Rolle. So etwa die Tatsache, dass der Flugpollen der Eibe die geringste Sinkgeschwindigkeit aller unserer Baumpollen hat (1.6 cm/sec., WALTER und STRAKA 1970), was seine Verbreitung auf grosse Distanz und damit den Transport zu entlegenen weiblichen Bäumen stark erleichtert (vgl. Lärche: 12.6 cm/sec., ebenda). Der Erfolg bezüglich Befruchtung und Samenentwicklung dürfte in Wirklichkeit noch von vielen weiteren Faktoren des jeweiligen Standortes abhängen, sprechen doch die einen Autoren von Bäumen, die jährlich reich fruchten (z.B. KIRCHNER et al. 1906), während andere umgekehrt betonen, dass die wenigen Samen, die jährlich zur Entwicklung gelangen, einer guten Verbreitung entgegenstehen (z.B. HEGI 1939). Es ist gemäss eigenen und anderen Beobachtungen jedoch anzunehmen, dass die Fruktifizierung praktisch ausschliesslich vom Lichtgenuss des Baumes abhängt.

Die Samen überliegen je nach Standortsverhältnissen ein bis vier Jahre. Nach MUHLE (1978) enthält der Samenmantel keimhemmende Stoffe: durch sofortiges Entfernen des Arillus bei Samenreife und 12-18 monatiger Stratifizierung der Samen kann die Keimung bereits im folgenden Jahr erzielt werden. Durch das Ueberliegen ist unter Umständen die Möglichkeit gegeben, optimale Startbedingungen abzuwarten, wodurch die Chance eines Verjüngungserfolges unter Umständen steigen kann (z.B. wenn der keimende Same bereits in Humus eingebettet ist). Es gibt jedoch auch Autoren, welche das Ueberliegen als strategischen Nachteil ansehen.

e) Zusammenfassung der Strategiemerkmale der Eibe (vgl. Tab.6 u.7)

Die Eibe besitzt eine ausgesprochene Kompromiss-Strategie: auf der einen Seite hat sie die besonders ausgeprägte "Allzeit-Bereit-Strategie" der ozeanischen Immergrünen mit dauernd relativ hoher Reaktionsbereitschaft, andererseits besitzt sie die Fähigkeit, ein Minimum an Energie (Licht und Wärme) sehr effizient auszunützen. Sie kann sich daher auch im eher kühlen ozeanischen Klima der nemoralen Zone in der Konkurrenz mit den wesentlich produktiveren Sommergrünen halten. Durch ihre Sonderstellung im Nebenbestand wird diese Tendenz noch verstärkt, indem die Eibe auch in der für die Vegetation günstigen Zeit mit vergleichsweise sehr wenig Energie auskommt. Umgekehrt werden aber durch das Bestandesklima gerade extreme Klimaeinwirkungen

Tab. 6. Zur ökophysiologischen Strategie der Eibe (*Taxus baccata*)

| Strategiemarkmal | Selektionsvorteile | Selektionsnachteile |
|---------------------------|---|--|
| immergrün | <ul style="list-style-type: none"> - Assimilationsapparat muss nicht jährlich neu aufgebaut werden = <i>Energie-Einsparung</i>. - "Allzeit-Bereit"-Prinzip ermöglicht Ausnützung von Licht- und Wärmespitzen vor Laubausbruch und nach Laubfall = <i>Verlängerung der Assimilationsperiode</i>. - Möglichkeit, durch frühe Bereitschaft im Frühling die im Winter akkumulierten Nährstoffe "wegzuschnappen". | <ul style="list-style-type: none"> - Die Assimilationsorgane müssen den <i>Winter schadlos überstehen</i> und daher (im Vergleich zum Saisonblatt) relativ grossen Aufwand für Kälte- und Transpirationsschutz leisten. |
| "geringer Lichtbedarf" | <ul style="list-style-type: none"> - Die Assimilation setzt schon bei relativ tiefen Temperaturen und bei geringem Lichteinfall ein = Möglichkeit, dank guter Lichtausnützung auch in relativ dunklen Beständen zu überdauern. - Diese Eigenschaft ermöglicht der Eibe, das lokal <i>gemilderte Bestandesklima</i> als weitere ökologische Nische auszunützen. | |
| weiche ("billige") Nadeln | <ul style="list-style-type: none"> - Im Vergleich zu skleromorphen Nadeln und Blättern ist der Energieaufwand für Transpirationsschutzeinrichtungen relativ gering = Möglichkeit, die wenige zur Verfügung stehende Energie <i>vermehrt für Wachstum und Fruchtbildung einzusetzen</i>. | <ul style="list-style-type: none"> - Weiche Nadeln besitzen eine <i>geringe Kälteresistenz</i> (Beschränkung auf ozeanisches Klima). |
| geringe Wuchshöhe | <ul style="list-style-type: none"> - Ausnützung des Stammraumes der Oberschicht als <i>räumlich-vertikale ökologische Nische</i>. - Ausnützung der <i>Bodener schliessung und des Nährstoffkreislaufes</i> der Oberschichtbäume. | <ul style="list-style-type: none"> - Kommt nie ans Tageslicht, muss mit ca. 7% des vollen Energieeinfalls auskommen = <i>wesentlich geringere Produktion</i>. |

besonders abgeschirmt (gepuffert), das heisst, die Eibe begibt sich innerhalb des ozeanischen Klimas gewissermassen zusätzlich in eine "lokal-ozeanische" Nische. Dieser doppelte Schutz ermöglicht der frostempfindlichen Art, auf energieaufwendige Schutzeinrichtungen gegen Kälte weitgehend zu verzichten.

Dasselbe gilt auch für die Austrocknungsgefahr, wobei die Eibe von ihrer gesamten Konstitution her auf Dürre viel weniger empfindlich ist als gegen Kälte (hohe Wasserreserven, tiefer subletaler Wassergehalt, intensives Wurzelwerk). Obschon die Eibenblätter sehr lange leben, sind sie aufgrund dieser Tatsache, recht wenig Aufwand für Schutzeinrichtungen zu treiben, auch der "Wegwerf-Strategie" der Sommergrünen verwandt (relativ billiges Material).

Wir haben es also in mancherlei Hinsicht mit einer "Sowohl-Als-auch"-Strategie zu tun, die zwar einerseits geschickt die Vorteile der Immergrünen (dauernde Reaktionsbereitschaft) und der Laubwerfenden (billiges Laubmaterial) vereinigt, auf der anderen Seite jedoch die gemeinsamen Nachteile (niedrige Produktion, Frostempfindlichkeit) ebenfalls teilweise in diesen Kompromiss einschliesst. Im Rahmen der Beschränkung auf den Nebenbestand und verschiedenste Spezialstandorte erweist sich dieser Kompromiss in der Natur immerhin als sehr tauglich, um eine weitverbreitete häufige ökologische Nische der ozeanisch bis mediterran getönten Vegetationsgebiete der nemoralen Zone auszunützen.

Tab. 7. Empfindlichkeit der wichtigsten eibenbegleitenden Baumarten
(vor allem nach ELLENBERG 1978)

| Baumart | Dürre | Spätfrost | Winterfrost (tiefe Temperaturen) |
|-------------------------|-------|-----------|-------------------------------------|
| <i>Fagus silvestris</i> | ++ | +++ | ++ |
| <i>Taxus baccata</i> | - | - | +++ |
| <i>Pinus silvestris</i> | -- | -- | - |
| (<i>Abies alba</i>) | + | +++ | + |

Empfindlichkeit: -- sehr gering
 - gering
 + mittelmässig
 ++ gross
 +++ sehr gross

Wie weit die Nebenbestandesstrategie auch eine gewisse Arealerweiterung ermöglicht, indem sich die Art gewissermassen unter dem Schirm der Oberschicht etwas weiter in kontinentale Gebiete vortasten kann, als eine entsprechende Art der Oberschicht, müsste durch genaue vergleichende Messungen von Mikro- und Makroklima erst untersucht werden.

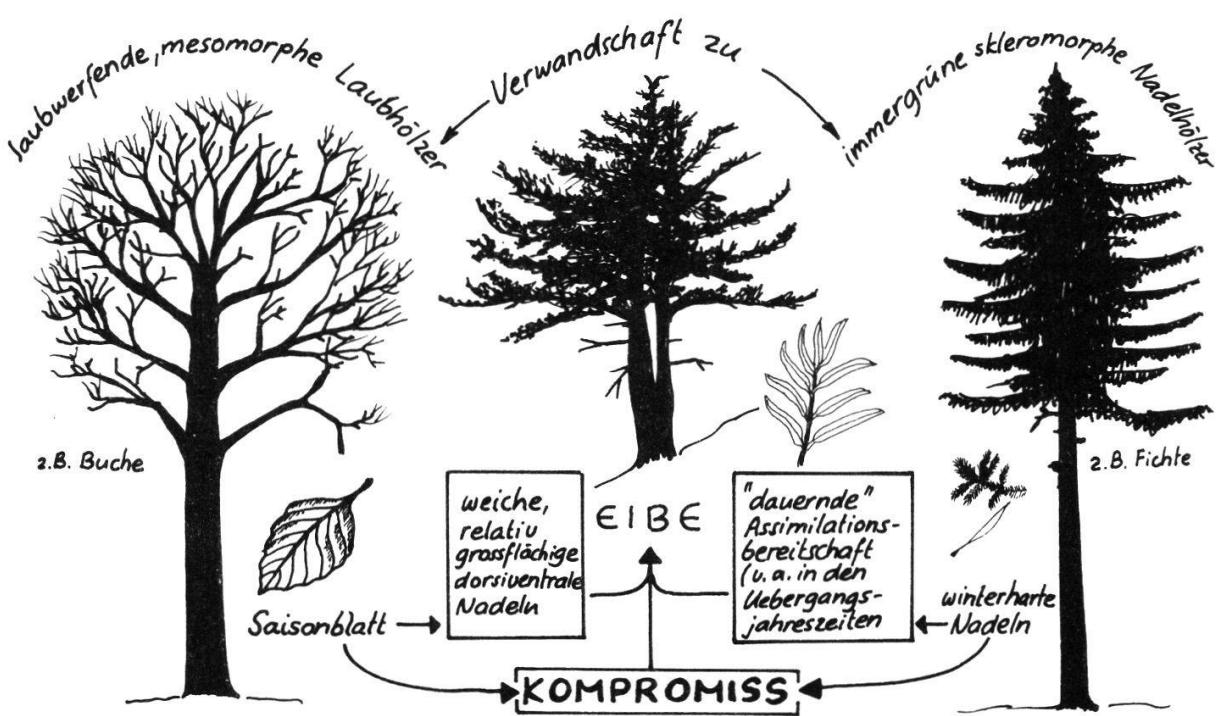


Abb. 6. Die ökophysiologisch-morphologische Zwischenstellung der Eibe

2.3.3. Strategie-Modell

Die folgenden Ausführungen stellen einen Versuch dar, die ökophysiologischen Merkmale der Eibenstrategie im Rahmen verschiedener Entwicklungsphasen von Wald-Oekosystemen einzuordnen. Da für die jeweiligen Sukzessionsstadien verschiedene Typen von Baumarten charakteristisch sind, lässt sich für die Eibe ungefähr testen, ob sie aufgrund ihrer ökophysiologischen Eigenschaften auch im Sinne des Sukzessionsablaufs eine ökologische Zwischenstel-

lung einnimmt. Abb. 7 zeigt am einfachsten Modell einer Oekosystem-Entwicklung, dem logistischen Wachstum, die wichtigsten Phasen auf (nach PIANCA 1970, aus KREBS 1972).

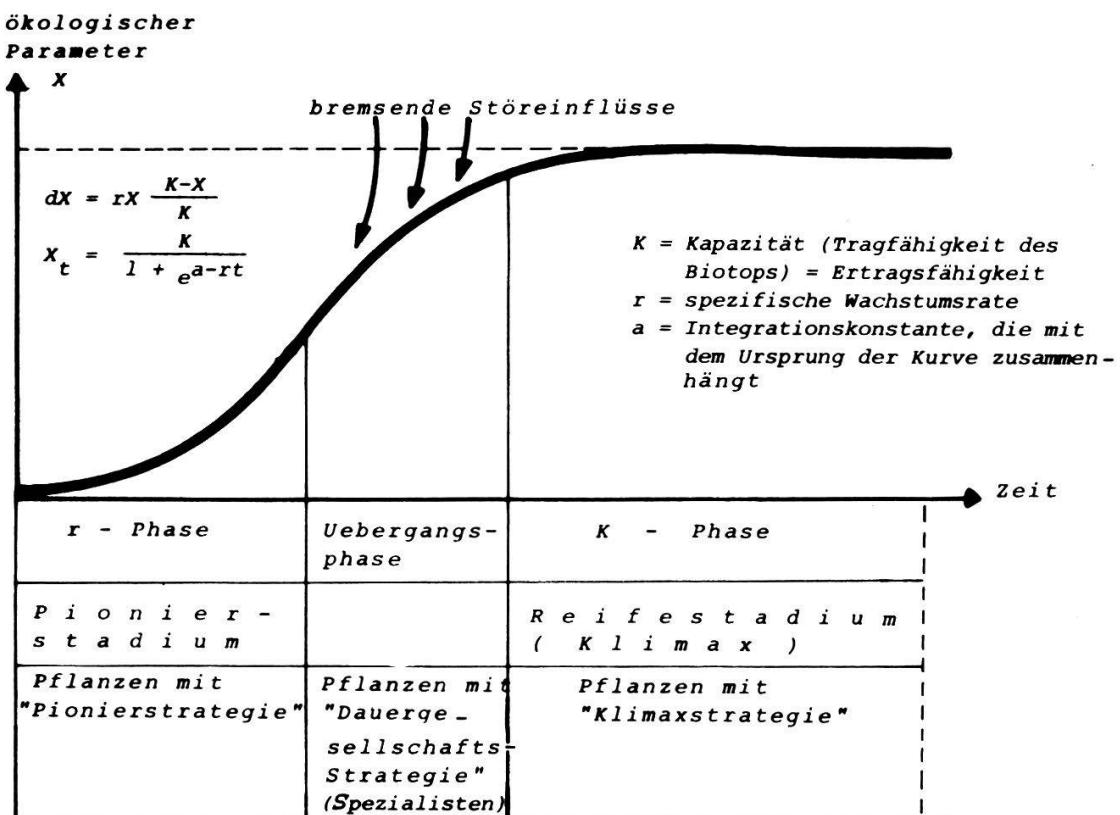


Abb. 7. Einfachstes Modell einer Oekosystem-Entwicklung: logistisches Wachstum (nach PIANCA 1970)

Überprüfen wir die Stellung der Eibe im Vergleich zu jener zweier typischer Vertreter der beiden polaren Sukzessionsstrategien (Pionier- und Klimaxstrategie) anhand verschiedener ökologischer Parameter, so bestätigt sich auch hier das Bild einer ausgeprägten Zwischenstellung. Dabei sind bereits Erkenntnisse über das Verhalten der Eibe bezüglich verschiedener ökologischer Faktoren mit einzubringen, die erst in den folgenden Abschnitten dieser Arbeit besprochen werden (Tab. 8).

Tab. 8. Vergleich des typischen Strategieverhaltens von Buche, Eibe und Föhre in ihren Verbreitungsschwerpunkten

| ökologischer Parameter (unabhängiger Standortsfaktor) | Pionierstrategie | | Klimaxstrategie | |
|---|----------------------------------|-----|-----------------|---------------------------|
| Beziehung zum Klima | | | | |
| - allgemeine Charakteristik | extrem/unsicher | △ | ■ ○ | ausgeglichen/voraussagbar |
| - Lichtbedarf | gross | △ | ○ ■ | gering |
| - Frostempfindlichkeit | gering | △ | ■ ○ | gross |
| - Spätfrostempfindlichkeit | gering | △ ■ | ○ | gross |
| - Trockenheitsempfindlichkeit | gering | △ ■ | ○ | gross |
| Beziehung zum Boden | | | | |
| - Entwicklungsgrad | gering | △ | ■ ○ | reif |
| - Wasserhaushalt | extrem | △ | ○ | ausgeglichen |
| - Nährstoffangebot | schlecht | △ | ○ | gut |
| Beziehung zum Relief | oft extrem z.B. Steilhang, Krete | △ ■ | ○ | mässig geneigt bis eben |
| Beziehung zur Vegetation | | | | |
| - inter- und intra-spezifische Konkurrenzkraft | gering | △ ■ | ○ | gross |
| - Wuchshöhe | (gering) | ■ △ | ○ | gross |
| - Wachstumsgeschwindigkeit | gross | △ | ○ ■ | gering |
| Beziehung zur Zeit | | | | |
| - phylogenetisches Alter | alt | △ ■ | ○ | jung |
| - biologische Alterung | schnell | △ | ○ ■ | langsam |

○ Buche

■ Eibe

△ Föhre

Aus dieser Zwischenstellung lassen sich bereits hier entsprechende Aussagen über das mutmassliche ökologische Standorts-Spektrum machen:

Die Eibe müsste vorkommen

- in Uebergangsgesellschaften (Durchgangsstadien in der Sukzession zwischen Pionier- und Klimax-Oekosystemen),
- in Dauergesellschaften (auch "azonale Vegetation" genannt): Oekosysteme, deren Weiterentwicklung zu reiferen Sukzessionsstadien durch einen oder mehrere Faktoren dauernd verhindert wird und sich in dem Sinne nicht zur Klimaxvegetation dieser Zone entwickeln kann,
- auf Extremstandorten, auf denen sie physiologisch gerade noch gedeihen kann, andere Arten jedoch aus physiologischen oder physikalischen Gründen im Konkurrenzkampf geschwächt oder ausgeschaltet sind.

Diese Arbeitsthesen werden in den folgenden Abschnitten im einzelnen zu bestätigen oder zu widerlegen sein.

3. Untersuchungsobjekte und Methoden

3.1. Die Untersuchungsobjekte

3.1.1. Objekte in grossräumiger Betrachtung

Um einen Ueberblick über die Standortsvielfalt der Eibe in der Schweiz zu erhalten, wurden über 80 eibenreiche Bestände in der Schweiz aufgesucht. Dabei musste ich mich aus das Gebiet nördlich der Alpen und einige Alpentäler beschränken. Die Auswahl erfolgte so, dass alle wichtigen Gebiete berücksichtigt wurden, sei es aufgrund der Häufigkeit oder wegen standörtlicher Besonderheiten (vgl. Verbreitungskarte 1970, Abb. 37, Seite 159). Trotz grosser Verlockung konnten die Vorkommen auf sauren Böden im Tessin sowie ausländische Objekte aus zeitlichen und arbeitstechnischen Gründen nicht miteinbezogen werden. Die meisten der genannten Objekte dienten vor allem einem vegetationskundlichen Ueberblick und bodenkundlichen Feldbetrachtungen. Für genauere ökologische Untersuchungen beschränkte ich mich auf drei nahe beieinander gelegene, ideale Untersuchungsobjekte.

3.1.2. Experimentell untersuchte Objekte

Tab. 9. Ueberblick über die Untersuchungsobjekte

| Name | "Unterwilerberg" | "Weid" | "Chläbhalde" |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Gemeinde | Baden | Erlinsbach | Auenstein |
| Probe- flächen (Einheiten) | A B C | E F G H (I) | (L M N O) |
| Objekt | Waldreservat der ETH | Waldreservat der ETH | "Forschungsbestand" Kreisforstamt IV (Diplomarbeit) |

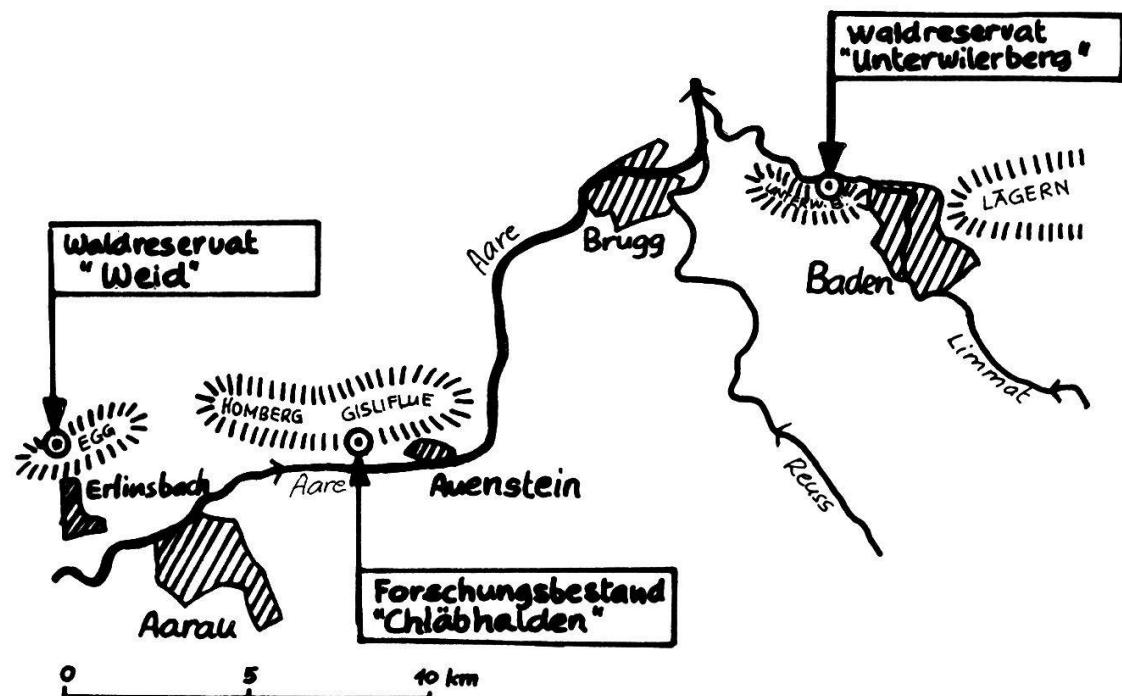


Abb. 8. Uebersicht über die Untersuchungsgebiete im Kanton Aargau

3.1.2.1. Das Waldreservat "Unterwilerberg" bei Baden (Kanton Aargau)

Allgemeines

Das Waldreservat "Unterwilerberg" liegt in den Stadtwaldungen von Baden, ca. zwei Kilometer westlich der Stadt (Koordinaten: 662 570 – 940/259 070 – 270). Es wurde 1962 durch Beschluss der Ortsbürgergemeinde begründet

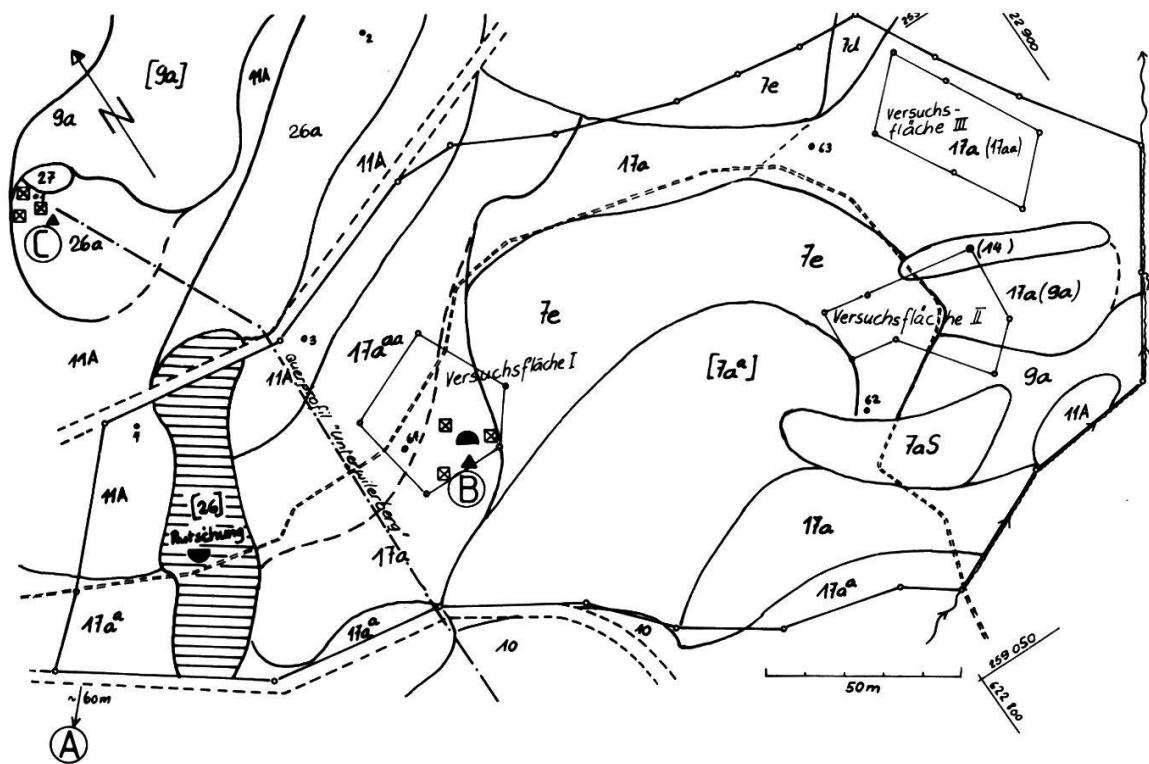


Abb. 9. Waldreservat "Unterwilerberg" bei Baden (AG) (die pflanzensoziologische Kartierung wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt)

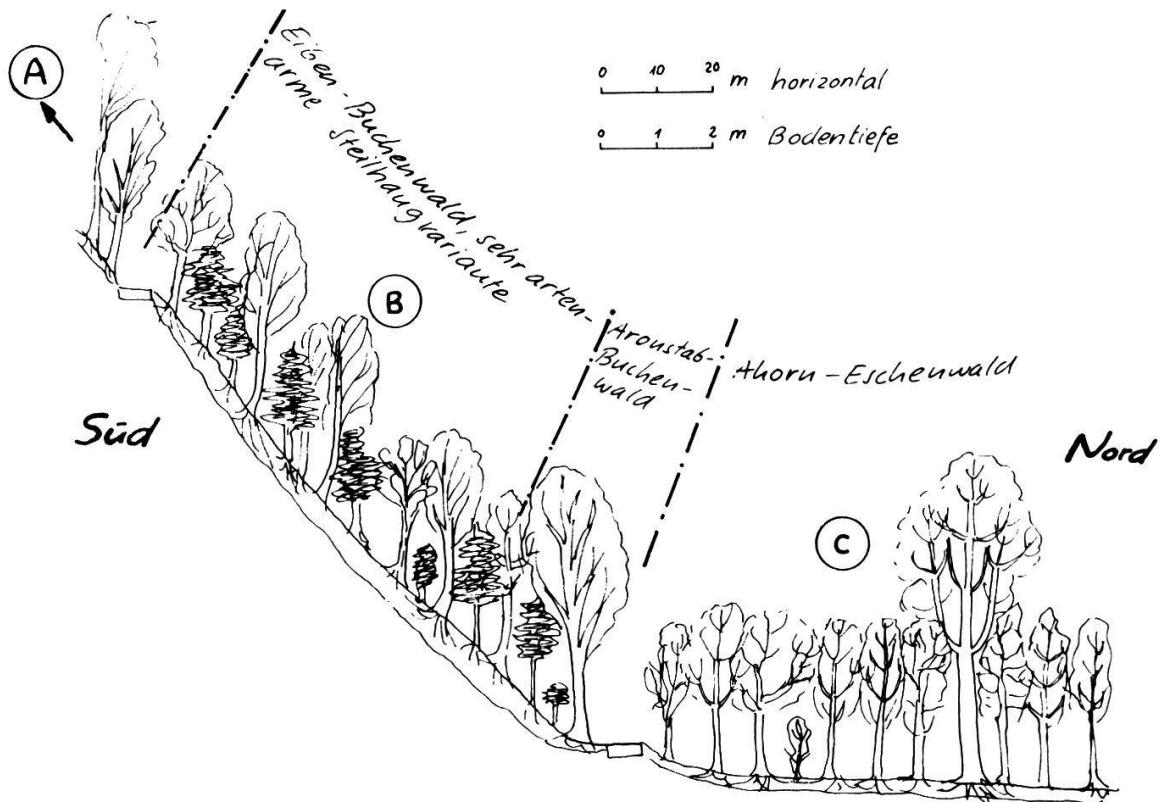


Abb. 10. Querprofil durch das Waldreservat "Unterwilerberg" und angrenzende Standorte (halbschematische Darstellung)

Legende zu den Abbildungen 9, 11 und 13

| | | | |
|---|--|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Tensiometerstation (Messblock) mit 4 Instrumenten (je 2 pro Tiefe) | Nummer nach ELLENBERG & KLOETZLI 1972 | Name der Pflanzengesellschaft |
|  | Wetterprofil Regenmesser | | |
|  | pflanzensozio- logische Aufnahme | "Weid" | |
|  | scharfe Vegetationsgrenze | | |
|  | unscharfe Vegetationsgrenze | | |
|  | Reservatsgrenze bzw. Gr. von Versuchsflächen, in "Chläbthalden" Gemeindegrenze | 12a, 12aC | Typischer Zahnwurz-Buchenwald (<i>Cardamino-Fagetum typicum</i>) , Zahnwurz nur bei C vorhanden |
|  | Abteilungsgrenze | 12a(14) | trockene Variante mit starkem Anklang an den Weissegg-Buchenwald |
|  | permanentes, nummeriertes Aufnahmeprofil | 12a(d) | sehr flachgründige, oberflächlich leicht versauerte Variante |
|  | Querprofil (Abb. 10, 12 und 14) | 13a(25), 13aC | Linden-Zahnwurz-Buchenwald (<i>Cardamino-Fagetum tilletosum</i>) , untypische Ausbildung am Südhang mit Verwandtschaft zum Turinermeister-Lindennischwald (25). Zahnwurz nur bei C vorhanden |
|  | Fahrweg | 14a(12a) | Typischer Weissegg-Buchenwald (<i>Carici albae-Fagetum</i>) mit Elementen des Zahnwurz-Buchenwaldes |
|  | Fussweg, z.T. befahrbar ("Chläbthalden") | 16, (16) | Blaugras-Buchenwald (<i>Seslerio-Fagetum</i>), in Klammer: undeutlich ausgebildet |
|  | "Unterwilderberg" | 65° | Alpenseidelbast-Föhrenwald (<i>Daphno-Pinetum</i> n. MOOR 1957 bzw. <i>Coronillo-Pinetum</i> n. RICHARD J.-L. 1972) • Nicht waldfähiger Standort im engeren Sinne. |
|  | Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt (<i>Pulmonario-Fagetum meilletosum</i>) | | |
|  | Aronstab-Buchenwald (<i>Aro-Fagetum</i>) | | |
|  | Linden-Zahnwurz-Buchenwald (<i>Cardamino-Fagetum tilletosum</i>) | | |
|  | unbedeutliche Ausbildung | 9a | Typischer Lungenkraut-Buchenwald (<i>Pulmonario-Fagetum typicum</i>) |
|  | Weissegg-Buchenwald (<i>Carici albae-Fagetum typicum</i>) | 10 | Lungenkraut-Buchenwald mit Immernblatt (<i>Pulmonario-Fagetum meilletosum</i>) |
|  | unbedeutliche Ausbildung | | wie oben, mit deutlichem Anklang an den Eiben-Buchenwald, eibenreiche Variante |
|  | Eiben-Buchenwald (<i>Taxo-Fagetum</i>) | 10 (17) | Typischer Weissegg-Buchenwald (<i>Carici albae-Fagetum typicum</i>) |
| | arteneichere Ausbildung, meist auf etwas besser konsolidierten Mergeln (weniger steil) | 14a | Träubenkirschen-Eschenwald (<i>Pruno-Fraxinetum</i>) |
| | "Eiben-Tobel-Buchenwald", artenarme Ausbildung (vorwiegend auf steilen Molassemergen) 17a aa | 30 | Ahorn-Eschenwald (<i>Aceri-Fraxinetum</i>) |
| | extrem artenarme Variante (sehr dunkel) | 26a | Pfeifengras-(Wald-)Föhrenwald (<i>Molinio-Pinetum sivestris</i>) |
| | Ahorn-Eschenwald (<i>Aceri-Fraxinetum</i>) | 61 | |
| | in Rutschung stark gestört: [] | | |
| | Seggen-Bacheschenwald (<i>Carici remote-Fraxinetum</i>) | 27 | |
| | Traubenkirschen-Eschenwald (<i>Pruno-Fraxinetum</i>) | 30a, (30a) | stellenweise undeutlich ausgebildet. () |

und seither zweimal, in den Jahren 1962 und 1971, forstlich aufgenommen. Es enthält drei Dauer-Versuchsflächen, die besonders genau vom Institut für Waldbau der ETH untersucht werden (vgl. Kap. 3.2.4. und 4.1.3.). Im westlichen Teil des Reservats ist der Wald unterbrochen durch eine ca. 30 Meter breite Mergelrutschung, die vermutlich durch den Wegebau verursacht wurde.

Unabhängige Standortsfaktoren

a) Geomorphologie

Höhenlage: 440-480 m

Exposition: N - NE

Neigung: durchschnittlich 80 % (60-120 %)

Relief: steiler bis schroffer, unregelmässig gewellter Hang
mit Rippen- und Muldenlagen

b) Klima (Station Baden, 1931-1960)

mittlere Jahrestemperatur: 8.6° C

mittlere Januartemperatur: -0.3° C

mittlerer Jahresniederschlag: 1024 mm

mittlere Zahl der Nebeltage: 49.8

mittlere Zahl der Tage mit

mehr als 1 mm Niederschlag: 131.1

Entsprechend der Nord- und Höhenlage dürften die Temperaturmittel um schätzungsweise 1/2 - 1° C tiefer liegen gegenüber der Klimastation.

c) Geologische Unterlage

Aquitaniens (untere Süßwassermolasse) auf z.T. anstehenden Bänken von Malmkalk (Standsteine und Mergelkalke).

Die drei untersuchten Objekte am "Unterwilerberg":

Probefläche A (etwas oberhalb des Reservats)

Ort und Lage: Koordinaten 662 540/259 140

Höhe über Meer 530 m

40-60 % steiler, leicht treppiger Hang, etwa 60 m oberhalb des Reservats, 10 m unter dem Forstweg

Bestand: ca. 30 m hoher, produktiver Buchenwald mit vereinzelten Eiben

im Nebenbestand

Soziologie: Uebergang vom Lungenkraut-Buchenwald zum typischen Zahnwurz-Buchenwald

Boden: tonreiche, mittelgründige Kalksteinrendzina (Uebergang zu Mergelrendzina)

Probefläche B

Ort und Lage: Koordinaten 662 730/259 180

Höhe ü.M. 460 m

60-100 % geneigter Steilhang im Zentrum des Reservats (Versuchsfläche I), von Rippen und Runsen durchzogen, oft treppenartige Mulden von kleinen Rutschungen.

Bestand: 20-25 m hoher, zweischichtiger Eiben-Buchenwald mit starker Beteiligung von Ulme, Bergahorn, Esche, Sommerlinde und Mehlbeere an der Oberschicht. Dichter Nebenbestand von 7-15 m hohen, vitalen Eiben. Boden fast kahl.

Soziologie: sehr, z.T. extrem artenarme Ausbildung des Eiben-Buchenwaldes

Boden: mässig konsolidierte Mergelrendzina

Probefläche C

Ort und Lage: Koordinaten 662 680/259 300

Höhe ü.M. 425 m

grössere, fast ebene Mulde am Hangfuss der eibenreichen Standorte (B). Vom Reservat durch unteren Forstweg getrennt.

Bestand: Junger Ahorn-Eschenwald von 15-20 m Höhe, in dem sowohl Eiben wie Buchen nicht vorkommen. Boden im Frühjahr vollständig mit Bärlauch bedeckt, später fast kahl.

Soziologie: Uebergang zwischen Aronstab-Buchenwald und Ahorn-Eschenwald (im Zentrum der Fläche)

Boden: staubreiche Mergelrendzina

3.1.2.2. Das Waldreservat "Weid" bei Erlinsbach (Kanton Aargau)

Allgemeines

Das Reservat liegt ca. 1.5 km nordöstlich von Obererlinsbach (nördlich Aarau) im westlichen Teil des Südhanges der "Egg" (Koordinaten 641 750-642 220/ 251 520-840). Nach oben ist die Felskrete natürliche Begrenzung, im Westen bildet ein jäher, grabenartiger Abbruch eines jungen Bergsturzes die Reservatsgrenze. Der oberste Forstweg markiert die untere Begrenzung des Reservats. Die Fläche von insgesamt 5.1 Hektaren gehört der Stadtforstverwaltung Aarau und wurde 1963 für die ETH durch Gemeinderatsbeschluss für mindestens 50 Jahre als Forschungsobjekt sichergestellt. Es enthält drei Profilstreifen, die vom Waldbauinstitut der ETH alle sieben bis zehn Jahre sehr genau aufgenommen werden. Die vier Abteilungen werden im gleichen Turnus kluppiert. Die beiden ersten Aufnahmen stammen von 1961 und 1968.

Unabhängige Standortsfaktoren

a) Geomorphologie

Höhenlage: 580-670 m ü.M.

Exposition: S

Neigung: im Mittel ca. 44 % (30-70 %)

Relief: Regelmässiger Hang mit einigen Rippen von Blockschutt.
Hangkrete als karstiger Felsrücken ausgebildet, im
Norden 8-10 m hoher Absturz.

b) Klima (nächste Station: Aarau, 1931-1960)

mittlere Jahrestemperatur: 8.3° C

mittlere Januartemperatur: 0.5° C

mittlerer Jahresniederschlag: 1061 mm

mittlere Zahl der Nebeltage: 63.4

mittlere Zahl der Tage mit

mehr als 1 mm Niederschlag: 132.5

c) Geologische Unterlage

Oolithische bis späte Kalke aus dem Hauptrogenstein (Dogger,
Jura).

Die Temperaturen dürften gegenüber den Werten von Aarau aufgrund der Höhenlage (ca. 200 m Höhenunterschied) ca. 1° C tiefer liegen, doch wird dies durch die

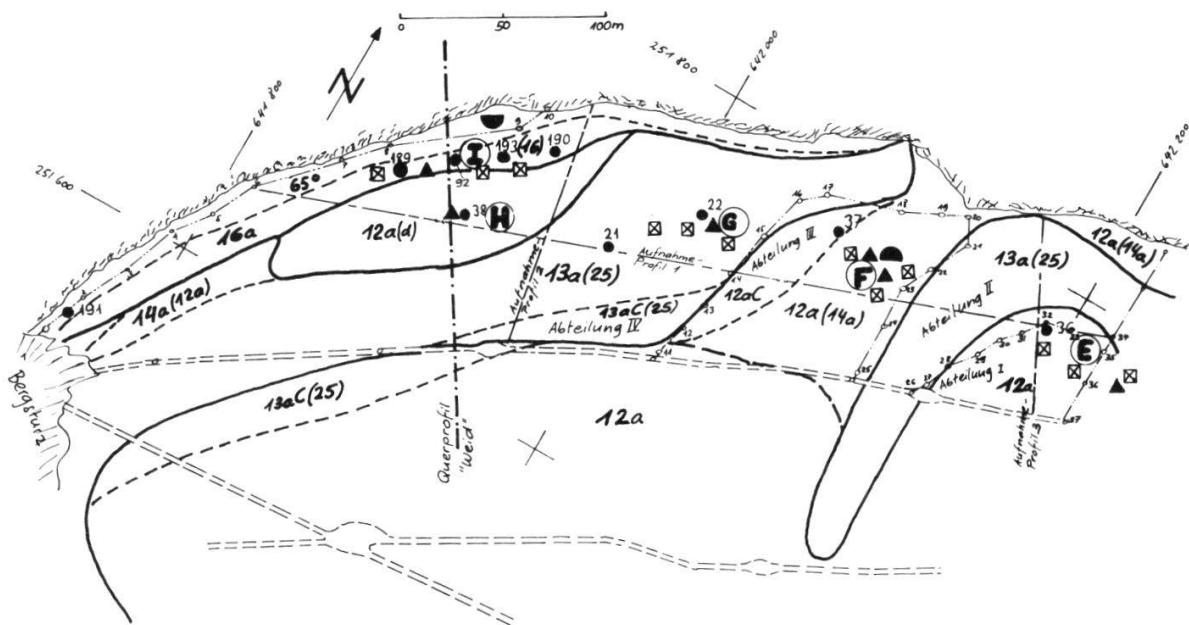


Abb. 11. Waldreservat "Weid" bei Erlinsbach (AG) (pflanzensoziologische Kartierung nach den Grundlagen von RICHARD J.-L. überarbeitet)

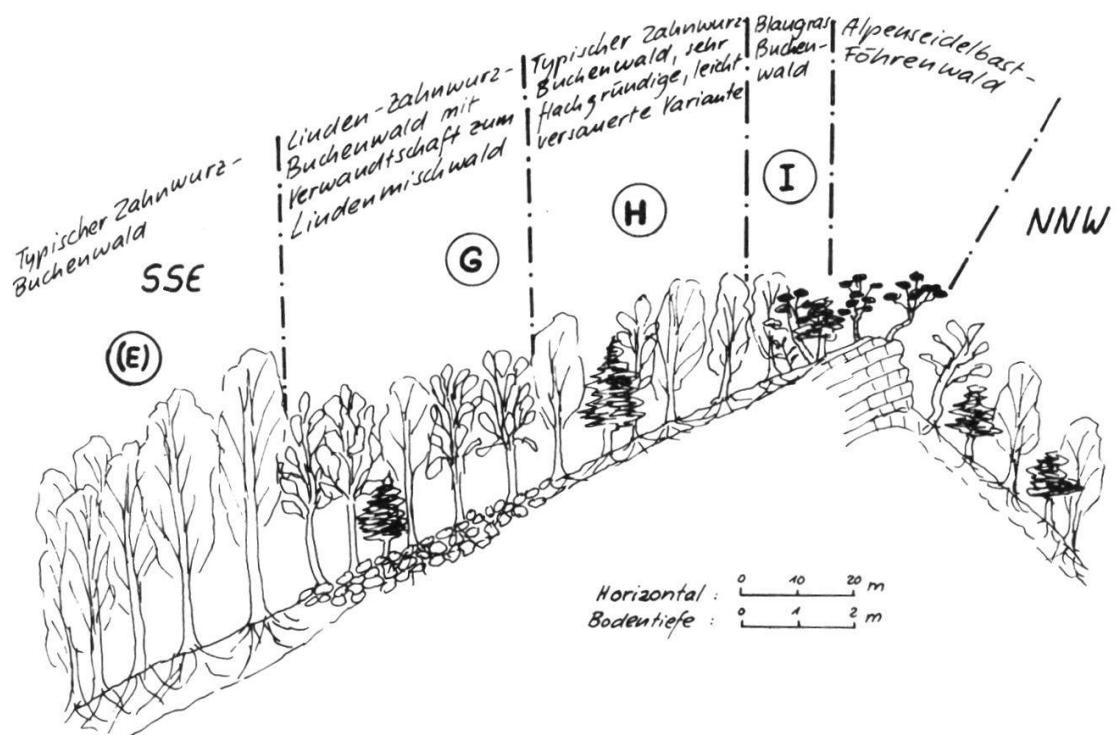


Abb. 12. Querprofil durch das Waldreservat "Weid" (halbschematische Darstellung)

höhere Einstrahlung aufgrund der extremen Südlage vermutlich mindestens kompensiert.

In Erlinsbach wurden fünf Objekte untersucht, wobei verschiedene Messungen auf der Felskrete (Objekt I) technisch nicht durchführbar waren (Bodenproben, Tensiometer).

Probefläche E

Ort und Lage: Koordinaten 642 200/251 770

Höhenlage 640 m

60 % geneigter, regelmässiger Hang im unteren östlichen Teil des Reservates.

Bestand: Ca. 30 m hoher, vitaler Buchenbestand, ungefähr mit Abteilung I des Reservates identisch. Eibe nur vereinzelt im Nebenbestand. Relativ viele Kernwüchse.

Soziologie: Uebergang zwischen Zahnwurz-Buchenwald und Weissegggen-Buchenwald.

Boden: Tiefgründige Kalksteinrendzina

Probefläche F

Ort und Lage: Koordinaten 642 100/251 760

Höhenlage 640 m

40-50 % geneigter, regelmässiger Hang, eingerahmt von zwei erhöhten "Zungen" mit Blockschutt.

Bestand: Etwa identisch mit Abteilung III. 25-30 m hoher, auffallend zweischichtiger Buchenbestand mit einem gegenüber E durchschnittlich höheren Anteil anderer Baumarten in der Oberschicht (Bergahorn, Sommerlinde, Esche, Föhre). Der Nebenbestand wird fast ausschliesslich von 15-20 m hohen Eiben gebildet. Stockausschläge und Kernwüchse derselben Arten stehen nebeneinander.

Soziologie: Arme Variante des Zahnwurz-Buchenwaldes.

Boden: Rendzinoide, flachgründige Kalksteinrendzina, leicht verbraunt.

Probefläche G

Ort und Lage: Koordinaten 642 020/251 740
Höhenlage 635 m
ca. 50 % steile Blockschutthalde im mittleren Teil des Reservats. Der Standort durchzieht das Reservat in zwei zungenartigen Streifen.

Bestand: Hauptteil der Abteilung IV. 20-25 m hoher Lindenmischwald, in dem die Buche nur gering vertreten ist. Neben der Sommerlinde sind Spitzahorn, Esche, Bergahorn und Ulme in der Oberschicht massgeblich mitbeteiligt. Der Nebenbestand wird von Hagebuchen und vor allem von der Eibe gebildet und ist maximal 15 m hoch. Die meisten Bäume sind Stockausschläge. Der Deckungsgrad der Krautschicht schwankt zwischen 30 und 80 %. Auffallend sind die dichten Moosteppiche auf den Skelettblöcken.

Soziologie: Linden-Zahnwurz-Buchenwald mit deutlichem Anklang an den wärmeliebenden Turinermeister-Lindenmischwald.

Boden: Skelettige, schwach entwickelte Kalksteinrendzina.

Probefläche H

Ort und Lage: Koordinaten 641 910/251 680
Höhenlage 630 m
50-60 % geneigter Hang im oberen westlichen Teil des Reservats. Übergangszone zwischen den Standorten G und den felsigen Kretenlagen (I).

Bestand: Bis 25 m hoher Mischwald, an dessen Aufbau die Buche zusammen mit Traubeneiche, Spitzahorn, Esche, Hagebuche, Sommerlinde und Eibe etwa zu gleichen Teilen beteiligt sind. Die Probe- flächen G und H bilden zusammen die Abteilung IV.

Soziologie: Übergangsgesellschaft zwischen Zahnwurz-Buchenwald und den trocken-warmen Kalkfelsgesellschaften (Alpenseidelbast-Föhrenwald).

Boden: Rendzinoide, flachgründige Kalksteinrendzina (KSR), verbraunt.

Probefläche I

Ort und Lage: Koordinaten 641 880/251 700

Höhenlage 640 m

Bis 50 % geneigte felsige Kretenlage mit Uebergängen zu den waldtragenden Südhangstandorten. Durch 5-10 m hohen Felsabsturz vom Nordhang abgetrennt.

Bestand: Nicht überall Wald im engeren Sinne. Auf der Krete selbst windgezeichnete, stark drehwüchsige Waldföhren von 8-10 m Höhe, z.T. abgestorben. Im Uebergang zum Südhang Waldsaum mit wärme-liebenden Bäumen und Sträuchern (Kreuzdorn, Mehlbeere, Stechpalme, Berberize, Sommerlinde, Flaumeiche((Kreuzung Traubeneiche - Flaumeiche)), Kronwicke, Eibe), steil aufstrebend zum Mischbestand von H. Aspekt der Bodenvegetation rasig, von Blaugras und Weissegge beherrscht.

Soziologie: Blaugras-Buchenwald mit Uebergängen zum Alpenseidelbast-Föhrenwald (RICHARD, J.-L., 1960) auf der Krete.

Boden: Initialstadium einer Bodenbildung. Zuoberst auf der Krete fast reiner anstehender Fels mit etwas Feinerde in Verwitterungsspalten und -mulden. Gegen den Südhang lose Skelettstücke, vor allem in plattiger Form, teilweise als sehr schwach entwickelte Kalksteinrendzina ansprechbar.

3.1.2.3. Der Forschungsbestand "Chläbhalde" bei Auenstein (Kanton Aargau)

Allgemeines

Bei den folgenden vier Standortseinheiten handelt es sich um Probe-flächen, die in meiner Diplomarbeit untersucht wurden. Obwohl die Untersuchungen damals wesentlich weniger ausführlich waren, geben sie doch wertvolle Anhaltspunkte zum Vergleich benachbarter Eibenstandorte am Jura-Südfuss.

Bei "Chläbhalde" handelt es sich um einen Mergelhang westlich der Gemeinde Auenstein, geographisch also zwischen den beiden vorgängig beschriebenen Reservaten gelegen. Umgrenzende Koordinaten: 649 730 - 650 150/ 252 190 - 450

Unabhängige Standortsfaktoren

a) Geomorphologie

Höhenlage: 450-580 m ü.M.

Exposition: S

Neigung: Durchschnittlich 50 % (40-90 %)

Relief: Unregelmässig gewellter Hang, im oberen Teil flacher, muldenartig, unten teilweise sehr steil und rutschig.

b) Klima

Wie für "Weid" ist Aarau die nächste Klimastation. Aufgrund der ausgeprägten Südhanglage mit grosser Einstrahlung dürfte eine durchschnittliche Korrektur der Temperaturen um 1-2° C nach oben gerechtfertigt sein (Schätzung).

c) Geologische Unterlage

Effinger-Mergel, im östlichen Teil Malmkalk

Probefläche L

Ort und Lage: Koordinaten 649 750/252 360

Höhenlage 555 m

20-30 % geneigte, wellig-muldige Hangschulter im oberen westlichen Teil des Untersuchungsgebiets.

Bestand: Hauptobjekt meiner Diplomarbeit (dort Fläche I): 15-18 m hoher Buchenwald mit Esche, Bergahorn, Kirsche, Mehlbeere und Elsbeere in der Oberschicht. Nebenbestand von 4-6 m hohen Eiben, teils in sehr dichten Gruppen beisammen. Ehemaliger Mittelwald.

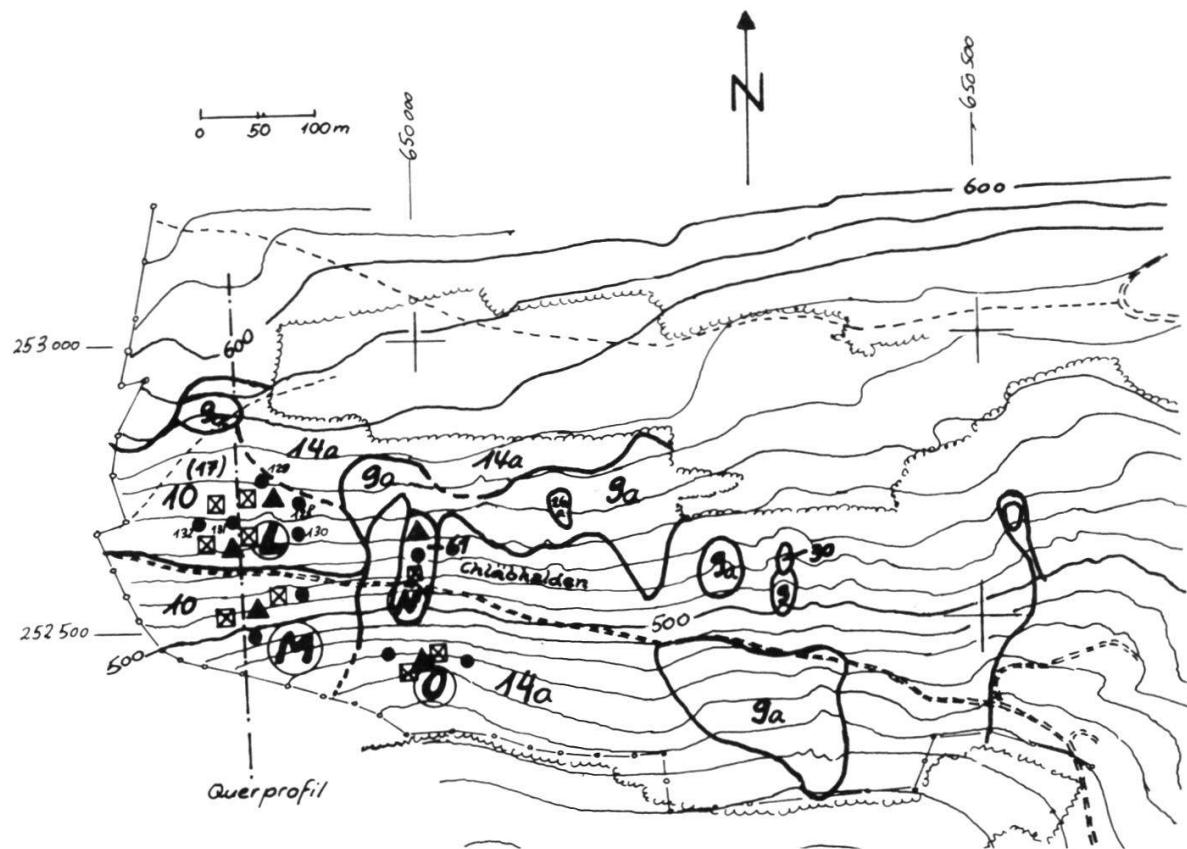


Abb. 13. Forschungsbestand "Chlähalden" bei Auenstein (AG) (die pflanzensoziologische Kartierung wurde im Rahmen der Diplomarbeit 1970 durchgeführt)

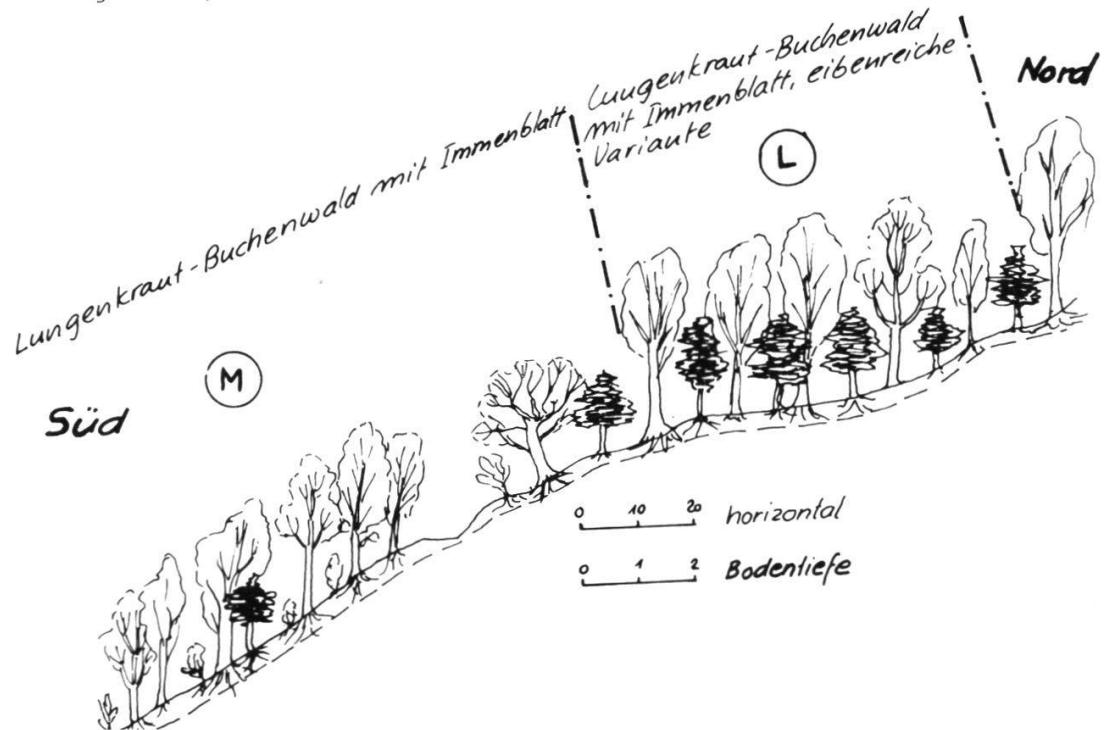


Abb. 14. Querprofil durch den Forschungsbestand "Chlähalden" (halbschematische Darstellung)

Bodenvegetation und Strauchschicht teils sehr üppig, unter Eibe fast kahl.

Soziologie: Eibenreiche Variante des Lungenkraut-Buchenwaldes mit Immenblatt.

Boden: Mässig entwickelte Mergel-Rendzina

Probefläche M

Ort und Lage: Koordinaten 649 750/252 260

Höhenlage 515 m

Unterhalb Weg an Standort L angrenzend, 50-60 % geneigter regelmässiger Hang.

Bestand: (Objekt II in meiner Diplomarbeit)

20-22 m hoher, vitaler Buchenwald mit vorwiegend Esche, Eiche, Mehlbeere, Elsbeere, Waldföhre, Feldahorn und Fichte in der Oberschicht. Die Eibe ist kaum vorhanden. Sehr auffällige 80-100 % deckende Strauchschicht. Krautschicht nahezu geschlossen.

Soziologie: Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt

Boden: Mergel-Rendzina, gut ausgebildet

Probefläche N

Ort und Lage: Koordinaten 650 000/252 320

Höhenlage 530 m

Ca. 15 m breite, 80-100 % steile Runse östlich des Bestandes von Probefläche L, orographisch deutlich von der Umgebung abgegrenzt.

Bestand: 10-13 m hoher Waldföhrenbestand, vereinzelt mit Bergahorn, Mehlbeere und Feldahorn durchsetzt. Buche nur in Randzonen in kümmerlichen Exemplaren. Eibe fehlt. Gut ausgebildete Strauchschicht, grasige, sehr dichte Krautschicht, von Pfeifengras dominiert.

Soziologie: Pfeifengras-Föhrenwald

Boden: Sehr schwach entwickelte, nicht konsolidierte Mergel-Rendzina.

Probefläche 0

Ort und Lage: Koordinaten 650 050/252 220

Höhenlage 470 m

Oestlicher Hangfuss des Untersuchungsgebiets mit 80-90 %

Neigung auf anderer geologischer Unterlage (Malmkalk).

Bestand: Ueber 30 m hoher produktiver Buchenwald mit einigen beigemischten Eschen, Tannen und Fichten in der Oberschicht. Dunkler straucharmer Hallenbestand ohne Eiben. Artenarme Krautschicht, stellenweise bis max. 40 % deckend.

Soziologie: Typischer Lungenkraut-Buchenwald mit starker Affinität zum Weisseggen-Buchenwald, vor allem auf lokalen Rippenlagen.

Boden: Gut entwickelte, tiefgründige Kalksteinrendzina.

3.2. Untersuchungsmethoden sowie Anmerkungen zu einigen methodischen Problemen

Allgemeine Vorbemerkungen:

Die vorliegende Arbeit möchte eigentlich zwei Ziele auf einmal erreichen: einerseits einen grossen Ueberblick über Probleme, Aufbau und Verteilung eibenreicher Wälder vermitteln und andererseits exakten Aufschluss über die ökologischen Grenzprobleme und die begrenzenden Standortsfaktoren geben. Zwischen diesen beiden Betrachtungsweisen besteht ein methodischer Konflikt, der im Rahmen einer solchen Arbeit nur unvollkommen zu bewältigen ist: Entweder man betrachtet die Einzelphänomene sehr exakt und achtet weniger auf die grossen Zusammenhänge oder aber man konzentriert sich auf das Verständnis der Zusammenhänge und verliert dabei den exakten Einblick in analytische Einzelheiten. Ich betrachte es als die Kunst ganzheitlicher Wissenschaft, sich diesem "entweder oder" nicht zu beugen und einen Weg zu suchen, der beiden Bedürfnissen genügt. Mittelwege bedeuten immer Abstriche, und diese sind Prioritätsentscheide. Sowohl im analytischen wie im systematischen Teil musste ich solche Abstriche vornehmen, obschon auf beiden Seiten die Verlokung zu weiterer Vertiefung bzw. Verbreiterung gross war. Die Breite des Ansatzes, die das Phänomen "Eibe" von den verschiedensten Seiten her beleuchtet sollte, schien mir in diesem Fall mindestens ebenso wichtig wie der analytische Teil, welcher zu vielen Einzelinformationen führt.

So liegt heute ein bewusster methodischer Kompromiss vor, bei dem sicher der Bodenanalytiker hier, der Waldbauer da, der Pflanzensoziologe, der Oekophysiologe, der Historiker anderswo gerne noch mehr Einzelheiten gewusst hätte. Grössere Breite und Tiefe lassen jedoch den Aufwand etwa exponentiell ansteigen und es scheint mir daher - nicht zuletzt aufgrund der gemachten Erfahrungen - sinnvoller, komplexe ökologische Probleme grösseren Umfangs in (nach Bedarf interdisziplinären) Forschergruppen zu bearbeiten. Ein Anfang dazu wurde an unserem Institut von einer Arbeitsgruppe von drei Doktoranden gemacht, von denen zwar jeder ein anderes Thema bearbeitete. Wir nahmen jedoch das Gemeinsame, nämlich die ökologischen Grenzprobleme im Walde, zum Anlass eines periodischen Kolloquiums über "Grenzprobleme und ökologische Strategien im Walde". Die unter 2.3 gemachten Aussagen entstammen teilweise dieser wertvollen Zusammenarbeit.

3.2.1. Historisch-geographische Methoden

3.2.1.1. Umfrage über Eibenvorkommen

VOGLER publizierte 1905 eine Untersuchung über die Eibe in der Schweiz. Diese enthält sehr viele genaue Angaben über Eibenvorkommen aus sämtlichen Landesgegenden. Eine Karte, welche sogenannte "Eibenbestände oder massenhafte Vorkommen der Eibe" und "Einzelvorkommen" unterscheidet, bildet eine wertvolle Ergänzung dazu. Eine Definition dieser Kategorien ist jedoch nirgends genauer gegeben und wurde von VOGLER und seinen Informanten (grössstenteils forstliche Laien) vermutlich von Fall zu Fall gutachtlich festgelegt. Ueber die Systematik des Vorgehens und die allenfalls unterschiedliche Bearbeitung verschiedener Landesgegenden ist leider auch nichts zu erfahren.

1970 führte ich bei den Kreisforstämtern der Voralpen, des Mittel-landes und des Jura eine analoge Umfrage durch, wobei ich mich vor allem für "haupt- und nebenbestandesbildende Vorkommen" sowie für "massenhafte Vorkommen" interessierte. Dies sind einigermassen klare forstliche Begriffe, die ohne grossen Aufwand im Gelände anwendbar sind. Damit wollte ich vor allem erreichen, dass nicht allzu viele rein anthropogen bedingte Wuchsorte mit Einzelvorkommen der Eibe gemeldet und erfasst wurden, die aufgrund der gemachten Erfahrungen auch Forstleuten als Kuriositäten oft besser im Kopfe bleiben,

als natürliche, vielerorts schwer zugängliche und unauffällige Wuchsorte. Ich nahm dabei die Gefahr in Kauf, Einzelvorkommen, welche Relikte grösserer früherer Eibenvorkommen sind, nicht zu erfassen. Ebenfalls könnten mir auf diese Weise allenfalls natürliche Einzelvorkommen am Rande des Verbreitungsgebiets entgangen sein. Immerhin fragte ich auch gezielt nach relikartigen Einzelvorkommen, von denen die Förster noch wissen, dass früher viel mehr Eiben da waren.

Auf Anhieb bekam ich sehr viele Antworten (Antwortquote über 70 %) und auf Rückfrage bei den übrigen Forstämtern kamen schliesslich rund 90 % der Fragebogen ausgefüllt zurück. Die meisten Förster wiesen in ihrer Antwort nun trotzdem auf viele Einzelvorkommen hin, offensichtlich auch aus der Erkenntnis heraus, dass grössere Vorkommen nur mehr sehr selten anzutreffen sind, die Eibe aber dennoch zur natürlichen Artengarnitur vieler Waldgebiete zu zählen ist. Ich habe daher in meiner Karte (Abb. 37) die Kategorie "meist vereinzelte bis zahlreiche Exemplare locker gestreut" eingeführt. Nicht genau lokalisierte Einzelvorkommen wurden in der Karte nur berücksichtigt, wenn es sich um Wuchsorte am Rande des Verbreitungsgebiets handelte. Das auf diese Weise erhaltene Ergebnis ist zumindest von der Benennung der Kategorien her relativ gut vergleichbar mit der Karte von VOGLER, was jedoch nicht eine einwandfreie Uebereinstimmung der Erhebungsmethoden vortäuschen soll.

Sicher ist, dass sowohl in VOGLER's wie in meiner eigenen Erhebung systematische wie auch viele zufällige Fehler enthalten sind. Systematische Fehler vor allem daher, weil die Untersuchungsgebiete, welche von VOGLER und von mir selbst besucht oder sogar genauer bearbeitet worden sind (bei mir z.B. der Jura-Südfuss um Aarau), in der Regel wesentlich präziser erfasst wurden, als die übrigen Gebiete. Zufallsfehler stammen vor allem aus unterschiedlichen Ansprachekriterien der einzelnen Informanden, aus ihrer unterschiedlichen Ortskenntnis sowie aus deren verschieden starkem Interesse an der Sache (Vollständigkeit).

Im Unterschied zu VOGLER habe ich 1970 für meine Arbeit die Alpensüdseite aus arbeitstechnischen Gründen wie erwähnt weggelassen. Von den gemeldeten Vorkommen (ca. 1000) habe ich etwa einen Fünftel an Ort und Stelle aufgesucht und davon etwa die 80 interessantesten pflanzensoziologisch aufgenommen und bodenkundlich begutachtet.

3.2.1.2. Historische Recherchen

Wo immer möglich, vor allem jedoch in den Gebieten, die besondere Probleme aufgaben oder die auch sonst genauer untersucht wurden (z.B. die 3 Untersuchungsgebiete), befragte ich alte Leute, wenn möglich Förster oder Bauern, nach der Eibe. Dabei trat vor allem bei Laien oft die Schwierigkeit auf, dass Eibe und Stechpalme verwechselt wurden. Solche Missverständnisse konnten mit der Zeit von Anfang an aufgrund der gemachten Erfahrungen besser vermieden werden.

Weiter zurückreichende und vor allem besser verbürgte Aussagen fand ich zum Teil in Forstarchiven, alten Wirtschaftsplänen oder Wirtschaftsschriften von Gemeinden. Diese Arbeit ist jedoch in der Regel sehr zeitraubend und mühsam im Verhältnis zum Ertrag. Um beispielsweise den Ursachen der grossen Eibenfehlstellen im Emmental besser auf den Grund zu gehen, wäre ein grosser, aber in diesem Fall vermutlich lohnender Einsatz an Zeit erforderlich, welcher den Rahmen dieser Untersuchung eindeutig gesprengt hätte.

3.2.2. Vegetationskundliche Methoden

3.2.2.1. Vegetationsaufnahmen

In rund 80 eibenreichen Beständen der Nordschweiz wurden pflanzensoziologische Aufnahmen gemacht, und zwar nach der weiterentwickelten Methode von Braun-Blanquet (Schule Zürich-Montpelier), die in ELLENBERG (1956) beschrieben ist. In allen Aufnahmen ist die Eibe in der Baum- oder Strauchschicht anwesend. Eine besondere Schwierigkeit bei der Aufnahme von Eibenbeständen ergibt sich durch den dunklen Schattenwurf der Eibe, welcher nur wenigen Pflanzen das Gedeihen erlaubt. Sobald die Eibe geschlossene Nebenbestände bildet oder in Gruppen auftritt, ist der Boden meist völlig kahl. Die Versuchung des Pflanzensoziologen, die Bodenvegetation von "nebenan" aufzunehmen, liegt daher nahe. Oft bleibt keine andere Wahl, soll der Standort aufgrund einer Artenkombination und nicht bloss durch die Kahlheit charakterisiert werden. Dieses Verfahren darf jedoch nur angewandt werden, wenn die Untersuchungsfläche genügend grosse Ausdehnung hat und sich ausser im Eibenbewuchs (Lichtfaktor) nicht von jenen Stellen unter Eiben unterscheidet. Wo immer möglich wurden daher Stellen mit regelmässig locker eingesprengten Eiben

gewählt, die eine einigermassen aussagekräftige Vegetation trugen. Die Aufnahmeflächen mussten oft, den kleinstandörtlichen Verhältnissen entsprechend, z.B. als lange Streifen auf einer Hangrippe, ausgewählt werden. Genau analoge Verhältnisse finden sich sehr oft nahe beisammen am gleichen Hang, jedoch beispielsweise durch kleine Runsen oder Mulden abgetrennt. Um überhaupt genügend repräsentatives Material für eine Aufnahme zu erhalten, wurden daher hier und da solche analogen Flächen zusätzlich nach weiteren Arten abgesucht und letztere in Klammer in die Aufnahmen miteinbezogen. Die eigentlichen Aufnahmeflächen sind aus diesem Grunde im Vergleich zur abgesuchten Fläche auf der standörtlich homogenen Probefläche oft relativ klein (z.B. 100 m^2 gegenüber 300 m^2). Notiert wurde die abgesuchte Fläche. Damit ist auch die Erklärung gegeben, weshalb in der Vegetationstabelle speziell viele Klammerausdrücke vorkommen.

Durch dieses Vorgehen wird zwar die Gefahr, nicht ganz homogene Flächen zu beschreiben, vergrössert, umgekehrt aber die Wahrscheinlichkeit verringert, nicht repräsentative Zonen zufällig aus einem Steilhang herauszugreifen, z.B. weil sie eine besonders gut ausgebildete Krautschicht tragen oder sogar nur, weil man zur Aufnahme an einem bestimmten Ort besser stehen kann als nebenan (oft über 100 % Neigung auf rutschigem Mergel).

3.2.2.2. Tabellenauswertung

Um eine Streuung über das ganze Vegetationsspektrum eibenreicher Waldgesellschaften der Alpennordseite zu erhalten, wurden Aufnahmen aus der Literatur und aus dem Material, das ELLENBERG und KLÖTZLI für die "Waldgesellschaften der Schweiz" (1972) verwendet hatten, beigezogen. Mit ganz wenigen Ausnahmen enthalten alle Aufnahmen die Eibe entweder in der Baum- oder in der Strauchschicht. Lediglich einige wenige Aufnahmen aus eibenfreien Flächen, die als Probeflächen der Reservate und der Forschungsbestände ökologisch untersucht wurden, sind in die soziologische Tabelle miteinbezogen. Total wurden 260 Aufnahmen mit insgesamt 515 Arten verarbeitet.

Die Auswertung solcher Größenordnungen von Hand ist aus zeitlichen und technischen Gründen nicht mehr sinnvoll. Es hat sich gezeigt, dass aber auch die Computerauswertung, bei der alle Daten auf Lochkarten abgelocht sind, grosse Probleme brachte. Es wurde im wesentlichen mit drei Programmen ergänzt.

zend gearbeitet:

1. Zuordnungsverfahren zu Repräsentativ-Aufnahmen (nach Programm von

O. WILDI; vgl. hierzu auch WILDI 1977):

Prinzip: Es werden möglichst repräsentative Aufnahmen für bestimmte Standorte gutachtlich bestimmt und als Vergleichsbasis vorgegeben. Alle übrigen Aufnahmen werden nach einem mathematisch definierten Ähnlichkeitsmaß zur ähnlichsten der ausgewählten Aufnahmen zugeordnet. Das selbe Verfahren kann auch mit den Arten gemacht werden. Daraus ergeben sich mögliche Gruppierungen, aufgrund derer die Arten- und Aufnahmenreihenfolge in der Tabelle dann festgelegt werden.

2. Verfahren mit "Minimum spanning tree" (nach Programm KUHN):

Dieses Verfahren wurde von KUHN und SCHMID (1971) entwickelt und beschrieben.

Prinzip: Aufnahmen und Arten werden nach bestimmten Ähnlichkeitskriterien im euklid'schen Raum angeordnet und nach kleinsten Abständen zueinander (= grösste Ähnlichkeit) aufgereiht (Näheres siehe bei KUHN 1970, weiterführende Methodendiskussion bei WILDI 1977)).

3. Handordnungsverfahren (nach MATTER):

Prinzip: Die Reihenfolge von Arten und Aufnahmen wird wie früher immer wieder gutachtlich festgelegt und dem Computer zur Niederschrift eingegeben. Der Computer dient hier sozusagen als grosse Schreibmaschine.

Dieses Programm eignet sich vor allem für mittlere Grössen von Tabellen, die von Auge noch einigermassen überblickbar sind, von Hand jedoch bereits sehr grossen Aufwand an Umschreibarbeit ergeben. Vor allem, wenn der Autor seine Aufnahmen selbst sehr gut kennt, ist dieser Weg wohl der schnellste. Immerhin birgt er die Gefahr, mehr als jener von KUHN, subjektive Kriterien einfließen zu lassen.

Alle drei Verfahren, vor allem die ersten zwei, haben sich im vorliegenden Fall wertvoll ergänzt, indem aus den verschiedenen Zuordnungskriterien verschiedenartige Verwandtschaften zwischen Arten und Aufnahmen besser sichtbar wurden. Vor allem hat auch der Vergleich einer Ordnung nach Kuhn mit und ohne Gehölze wertvolle Information über den Stellenwert der Baum- und Strauchschicht geliefert. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass es sich bei

den genannten Verfahren zwar um sehr wertvolle Hilfsmittel handelt, dass diese jedoch ein detailliertes Durcharbeiten der Tabelle von Hand keineswegs erübrigen.

Sicher ist das vorliegende Material besonders komplex, indem es einerseits Aufnahmen aus den verschiedensten Florengebieten der Schweiz umfasst und andererseits einige von Einzelautoren stark geprägte Aufnahmegruppen enthält (vgl. Abschnitt 4.2.6.1.). Ausserdem stammen die Aufnahmen von Standorten, die ökologisch und soziologisch oft Übergangsstandorte sind, d.h. sie enthalten Elemente verschiedener Verbände und Assoziationen. Diese Tatsache ist nicht auf eine schlechte Materialauslese zurückzuführen, sondern hängt mit der soziologischen Stellung der Eibe selbst zusammen.

3.2.3. Oekologische und ökophysiologische Methoden

3.2.3.1. Morphologische Bodenbeschreibung

Die Bodenprofile der verschiedenen Standorte wurden nach den Methoden von F. RICHARD (z.B. 1970) aufgenommen. Es wurden auch grobe pH-Bestimmungen im Feld mit dem Hellige-Universalindikator durchgeführt. Die in der "Ergebnistabelle" angegebenen pH-Werte entstammen jedoch genauen Labormessungen. Der Kalkgehalt von Feinerde und Skelett wurde im Felde mit dem Salzsäuretest nur qualitativ (vorhanden oder nicht) und ebenfalls erst im Labor exakt ermittelt.

3.2.3.2. Physikalische Bodenuntersuchung

a) Volumenanteile von Feinerde, Skelett, Poren

Die Böden von "Weid" sind derart skelettreich und quantitativ schwierig zu erfassen, dass die Untersuchung der Feinerde nur durch eine an diese Verhältnisse angepasste Methode möglich war. Damit die Ergebnisse vergleichbar wurden, habe ich auch bei den skelettärmeren Mergelböden in Baden dieselbe Methode angewandt:

- Aushebung eines beliebigen Bodenvolumens, je im untersuchten Bodenhorizont, wobei in den beiden Tiefen (20 und 50 cm) je 10 cm nach oben und nach unten Material entnommen wurde.
- Auffüllen des Loches mit einem Granulat, wobei das jeweils zugegebene Volumen vorher gemessen wurde (Messzylinder).

- Herauslesen der Blöcke ($> 50 \text{ mm } \varnothing$) aus dem Aushubmaterial.
- Sieben des Restes mit 2 mm-Sieb ergibt Feinerde bis maximal 2 mm \varnothing sowie ausgesiebtes Restmaterial: grobe Wurzeln und Steine 2-50 mm \varnothing .
- Blöcke + Steine + Wurzeln = Skelett (die Wurzeln wurden wie Skelett behandelt, da man annehmen kann, dass sie in der Regel wassergesättigt sind und sich bei Wassergehaltsschwankungen des Bodenkörpers volumenmässig ähnlich auswirken wie Skelettstücke). Die Volumina der verschiedenen Komponenten wurden aufgrund ihrer Wasserverdrängung ermittelt.
- Die Porenanteile der Feinerde ergeben sich aus den Desorptionskurven. Die Porenanteile des Skeletts entsprechen dem Rest zum gesamten ausgehobenen Bodenvolumen, und zwar für Blöcke, Steine und Wurzeln zusammen. (Eine entsprechende Aufteilung wurde geschätzt.)

b) Bestimmung der Wasser-Desorptionskurven der Böden

- Die Desorptionskurven der Böden aus den beiden Waldreservaten "Unterwilerberg" und "Weid" wurden im bodenphysikalischen Labor der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) nach der dort bewährten Methode bestimmt (vgl. z.B. RICHARD 1953a+b, BRUELHART 1969). Die Böden der Probeflächen A-E konnten natürlich gelagert entnommen und entsprechend problemlos verarbeitet werden. Bei den Böden der Flächen F, G und H enthielten die entsprechenden Horizonte dagegen so wenig Feinerde zwischen dem Skelett, dass diese herausgekratzt und in entsprechend gestörtem Zustand untersucht werden musste (geschüttete Proben). Für alle Böden wurden so gut als möglich die Proben aus den Tiefen 20 und 50 cm entnommen (genaue Tiefen siehe Ergebnisse). Bei den natürlich gelagerten Böden wurden die Druckstufen 1, 5, 10, 20, 40, 80, 160, 345, 690, 2'000 und 15'000 cm Wassersäule gemessen, bei den geschütteten Proben nur die Stufen 10, 80, 345, 690. Für alle untersuchten Böden aus "Weid" (E-H) fielen die Hochdruckstufen 2'000 und 15'000 cm WS infolge einer Laborpanne aus und konnten aus zeitlichen Gründen nicht mehr wiederholt werden.
- Einige Vergleichswerte für den Wassergehalt und die Wasserkapazität der Böden sind zudem aus den Wassergehaltsbestimmungen dreier Serien von Frischproben und einer in der Feuchtkammer bei 100 % Luftfeuchtigkeit gesättigten Serie von Bodenproben zu gewinnen (siehe d).

c) Messung des Saugspannungsverlaufs im Boden

Ebenfalls in den beiden Tiefen 20 und 50 cm wurde während zweier Vegetationsperioden (1971 und 1972) der Verlauf der Saugspannungen im Boden verfolgt. Dies gilt für die Probeflächen A, B, C ("Unterwilerberg") und E, F, G, H ("Weid"). Als Messinstrumente wurden Tensiometer benutzt, deren Funktionsweise bei BRUELHART (1969) im Detail beschrieben ist. Im Unterschied zu BRUELHART wurden hier vor allem sehr tonhaltige Mergelböden einerseits und sehr feinerdearme Skelettböden (z.B. Blockschutt) andererseits untersucht. Die Schwierigkeiten, die sich daraus ergeben, betreffen im ersten Falle vor allem die Gefahr, dass einmal bei der Bohrung eine starke "Verkleisterung" der Bohrlochwände entstehen kann, vor allem wenn der Mergel nahe an der Fliessgrenze ist. Diese lokal verdichtete "Tapete" kann den freien Wasseraustausch zwischen Boden und Instrument stark hemmen und die Werte verfälschen. Diese Gefahr kann vermindert werden, wenn mit einem kleineren Bohrer vorgebohrt wird und beim Bohren des endgültigen Loches dadurch nicht der ganze Leerraum des Bohrers mit Material aufgefüllt wird. Das Bohren in mehreren kleinen Etappen mit dem endgültigen Durchmesser ist nicht zu empfehlen, da durch mehrmaliges Einführen und Herausziehen wiederum eine Verkleisterung der Lochwand zustandekommt. Zum zweiten wird die "Kerze" selbst in diesen Böden beim Einführen ins Bohrloch sehr leicht so stark verschmiert, dass die Poren des Keramikkörpers verstopft werden und dadurch der K-Wert des Instruments verändert wird. Vor allem bei niedrigen Saugspannungen können daraus starke Verzögerungen und Verfälschungen der Messresultate eintreten. Durch eine leicht zu grosse Bohrung und durch Einsticken der Kerzen ohne Drehung kann dieser Effekt ebenfalls verringert werden. Außerdem empfiehlt es sich, die Instrumente in möglichst trockenem, entquollenem Zustand der Böden zu setzen.

Die Schwierigkeiten, die sich in extrem skelettreichen Böden ergeben, sind noch grösser und genau entgegengesetzt. Erstens kann hier kaum je ein Bohrloch bis in die gewünschte Tiefe durchgetrieben werden, und auch dann ist unwahrscheinlich, dass der Keramikkörper in genügend innigem Kontakt zur umgebenden Feinerde steht (Hohlräume, Steine). Meistens ist nicht zu umgehen, sorgfältig ein grosses Loch auszuheben, das Instrument in der gewünschten Tiefe mit der entsprechenden Feinerde künstlich einzubetten und das Loch mit möglichst naturgetreuem Aufbau wieder zu schliessen. Sowohl die direkt umge-

bende Feinerde, die u.a. Feinwurzeln enthält, als auch der Profilaufbau sind dadurch gestört, doch ist dies wohl die einzige Möglichkeit, will man im Felde überhaupt Anhaltspunkte über den Verlauf des Wasserhaushalts solcher Böden erhalten.

Die Tensiometer wurden 1971 während ca. 175 Tagen (Ende Mai - Mitte November), 1972 während ca. 220 Tagen (Mitte April - Mitte November) dreimal wöchentlich abgelesen, wobei mir das örtliche Forstpersonal eine unschätzbare Hilfe leistete. So ergaben sich Ablesungsintervalle von zweimal zwei und einmal drei Tagen. Im Winter 1971/72 wurden die Instrumente entleert, aber im Boden stehen gelassen, damit im Frühjahr 1972 mit den gleichen Voraussetzungen weitergearbeitet werden konnte. Schäden in Form von Undichtigkeiten traten dadurch nur vereinzelt auf. Einige Instrumente wurden mutwillig zerstört und mussten ersetzt werden. Pro Probefläche wurden drei Blöcke zu je 4 Instrumenten gesetzt (Abb. 9, 11, 13), also 12 Tensiometer, wobei je 6 in 20 cm und 6 in 50 cm Tiefe. Insgesamt waren 84 Instrumente in Betrieb. Die Entscheidung, die Messtiefen zu vereinheitlichen, wurde aus der Ueberlegung heraus gefällt, dass die Standorte auf diese Weise besser vergleichbar werden. Die Wahl der Tiefe nach individuellen morphologischen und physiologischen Kriterien der jeweiligen Profile (entsprechende Horizonte), wie ich sie in der Diplomarbeit bestimmt hatte, wurde aus den genannten Gründen (schwere Vergleichbarkeit der Standorte) fallengelassen.

Zum Vergleich werden aber jene Messreihen trotzdem hier angeführt. Es handelt sich um 4 untersuchte Standorte während der Zeitspanne von Mitte Mai - Mitte November 1969 (ca. 190 Tage), wobei 4 Ablesungen pro Woche gemacht wurden. Die Horizonttiefen wurden, wie erwähnt, nach morphologischen Kriterien des Profils festgelegt und sind bei den Kurvendarstellungen ersichtlich (LEUTHOLD 1969).

d) Einzelne Wassergehaltsbestimmungen

An den Bodenproben für die Stickstoffbestimmungen wurden im Labor ebenfalls die Wassergehalte bestimmt. Dies bei drei frischen Serien und einer in der Feuchtkammer 6 Wochen lang gesättigten Probenserie. Nach Trocknung der Böden bei 105° C wurde der Wassergehalt (-Verlust) in % des Trockengewichts berechnet (nach STREUBING 1965).

3.2.3.3. Chemische Bodenanalysen

a) Bodenreaktion (pH)

Messung von Mischproben in wässriger KCl-Lösung (Aufschlämmung) mit Glaselektrode (pH-Meter Beckmann "zeromatic II"; vgl. auch STEUBING 1965). Die Durchschnitte konnten dank kleinen Abweichungen direkt (ohne Entlogarithmierung) berechnet werden.

b) Karbonatgehalt (CaCO_3)

Bestimmung des Karbonatgehalts mit dem Passon-Gerät (Zersetzung mittels 20 %-iger Salzsäure und volumetrische Messung des entstehenden Kohlendioxyds, vgl. STEUBING 1965).

c) Humusgehalt

Der organisch gebundene Kohlenstoff des Bodens wird durch eine Lösung von Kaliumbichromat in konz. Schwefelsäure unter Hitze vollständig abgebaut ("nasse Verbrennung"). Dabei entsteht Kohlendioxid, das in Kalilauge absorbiert und gewogen wird. Der Humusgehalt in % entspricht dem prozentualen Gewichtsanteil an Kohlenstoff. Die Bestimmungen wurden an Proben aus den A und A-E-Horizonten durchgeführt.

d) Stickstoffhaushalt

Bestimmt wurden Nitrat-, Ammonium- und Gesamtstickstoff an Frischproben sowie an 6 Wochen lang im entsprechenden Bodenhorizont an Ort und Stelle sowie an Proben mit 6-wöchiger Feuchtkammer- "Bebrütung" (vgl. GIGON 1971, ELLENBERG 1964, ZÖTTL 1958). Die Proben wurden den physiologisch relevanten Horizonten (A und A-E) in je zwei Tiefen entnommen (genaue Tiefen siehe Resultate).

Ammonium-Bestimmung (NH_4^+): Mikrodiffusionsmethode nach CONVAY (1962)
(Nessler-Reagens)

Nitrat-Bestimmung (NO_3^-): 2,4 Xylenolmethode

Die Werte wurden kolorimetrisch mit dem Beckmann-Spektralphotometer gemessen (detailliertere Beschreibung siehe STEUBING 1965, GIGON 1968).

Stellvertretend für das gesamte Nährstoffangebot der Standorte wurden nur Humusgehalt und Stickstoffangebot berücksichtigt. Selbstverständlich ergibt sich daraus nicht ein für die Versorgung mit allen anderen Nährstoffen

schlüssiges Bild, aber doch immerhin ein brauchbarer Anhaltspunkt, enthält doch der Humus neben dem Kohlenstoff noch sehr viele andere Nährstoffe.

3.2.3.4. Klimatische Messungen

a) Niederschläge

Während der Tensiometer-Messperioden wurden am "Unterwilerberg" und auf "Weid" je mit einem Regenmesser, der an einer offenen Stelle nahe der Probenflächen stand, wöchentlich 1mal der Niederschlag gemessen. Der genaue Tag der Niederschläge wurde damit nicht erfasst, sondern nur die Summen der Kurzperioden.

b) Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Bestand

In zwei Eibenbeständen, am "Unterwilerberg" auf Probefläche B, in "Weid" auf Probefläche F, wurden Wetterhäuschen aufgestellt, um den Temperaturgang und die Luftfeuchtigkeit mit Thermoxygographen kontinuierlich zu beobachten. Mit Maximal- und Minimal-Thermometern wurden ausserdem wöchentlich einmal die Temperaturextrema abgelesen. Die an sich recht genauen Alkohol-Thermometer haben sich dabei schlecht bewährt, da ihre Handhabung durch Hilfspersonal trotz mehrmaliger Instruktion zu kompliziert war. Sehr viele Werte wurden unbrauchbar, da entweder nicht richtig zurückgestellt oder das Instrument vor der Ablesung bewegt wurde. Auch fiel eine grosse Zahl von Instrumenten durch Funktionsfehler (Luft in Kapillaren) aus.

3.2.3.5. Bestimmung der Skleromorphie-Indices von Eibennadeln

Von Eiben am Zürichberg (alle vom gleichen Wuchsorit) wurden für frische und getrocknete Nadeln die Gewichte und die Flächen im Frischzustand im selben Zeitpunkt bestimmt. Es wurden Nadeltypen 5 verschiedener Lichtstufen (von Vollschatten bis Volllicht) untersucht. Als Proben dienten pro Typ 150 Nadeln, bestehend aus je 75 von zwei gleichartigen, eng benachbarten Zweigen.

Die Flächen wurden mit einem optisch-elektronischen Gerät ("Lamda" Aerea-Meter) ermittelt, welches mir das Institut für Pflanzenbau der ETH freundlicherweise zur Verfügung stellte. Das Prinzip ist sehr einfach, indem die zu bestimmenden Nadelflächen auf ein langsam rotierendes, transparentes Band gelegt und beim Durchlauf durch das Gerät photoelektronisch abgetastet werden. Die Flächenaufsummierung wird direkt in einer Digitalanzeige angegeben.

Das Gerät arbeitet auf 1 mm^2 genau, doch dürfte diese Genauigkeit in der Praxis selten erreicht werden, da das Material nicht immer genau plan liegt oder sich kleine Schmutzpartikel auf der Folie festsetzen.

3.2.4. Waldbaulich-ertragskundliche Methoden

Auf eine waldbauliche Bestandesbeschreibung wurde hier verzichtet, da zu allen Beständen soziologische Aufnahmen vorliegen, welche diese Beschreibung exakter liefern. Andererseits geben die Abb. 28-35 zusammen ein sehr detailliertes Bild vom Bestandesaufbau nach Stammzahlen, Stärkeklassen, Baumarten und Schichten.

3.2.4.1. Strukturanalyse von Beständen

Die waldbaulichen "Versuchsflächen" (\equiv Dauerflächen) 1 und 3 am "Unterwilerberg" liegen räumlich bzw. standörtlich so, dass sie für die Verhältnisse der Probefläche B repräsentativ sind. Die Aufnahmen der Dauerfläche 2 wurden nicht ausgewertet, weil sie erstens standörtlich nicht homogen sind und zweitens andere Standorte betreffen, als die hier untersuchten (siehe auch Fussnote Seite). Die ökologisch untersuchten Probeflächen A und C liegen zwar am selben Hang, jedoch ausserhalb des Reservats. Im Reservat "Unterwilerberg" wurden zwar zwei waldbauliche Aufnahmen gemacht (1962 und 1971), 1962 leider jedoch nur die Stammzahlen erhoben. Auf eine entsprechende Gegenüberstellung wurde hier deshalb ganz verzichtet.

Im Reservat "Weid" liegen dagegen zwei vollständige Aufnahmen vor (1961 und 1968), bei denen die Bestände auch nach Iufro-Kriterien angesprochen wurden (Schicht, Vitalität und Dynamik).

Im Unterschied zum Reservat "Unterwilerberg" sind hier nicht Dauerflächen auf einem bestimmten Standort, sondern drei Profilstreifen angelegt worden. Zwei davon verlaufen in der Falllinie des Hanges, einer etwa horizontal. Um eine sinnvolle ökologische Aussage zu erhalten, mussten die Streifen nach Standorten unterteilt und die jeweiligen zusammengehörigen Abschnitte zu einer Berechnungseinheit nach Baumnummern zusammengefasst werden. Die Flächengrössen bzw. Stammzahlen liegen z.T. an der unteren Grenze, um statistisch genügend gesichert auf Hektarwerte umgerechnet zu werden (v.a. auf den Standorten, die den Probeflächen F und I entsprechen).

Für die Strukturanalyse beschränkte ich mich hier fürs erste auf die Betrachtung der Stammzahlen, obschon auch Kreisflächen-Berechnungen vorliegen. Die Aufnahmen wurden vom Institut für Waldbau gemacht. Die Kluppierung erfolgte in 1 cm-Durchmesserstufen ab 4 cm. Die Bäume der Versuchsflächen und Profilstreifen, welche hier ausschliesslich ausgewertet werden, sind einzeln nummeriert, so dass auch Abgänge und Einwüchse genau erfasst werden. Es ist daher sinnvoll, auch das tote Material mit einzubeziehen.

4. Ergebnisse und Diskussion der einzelnen Faktoren

Der experimentelle Teil der Arbeit war ursprünglich darauf angelegt, im Idealfall von einem oder zwei Standortsfaktoren nachweisen zu können, dass sie für bestimmte Verbreitungsgrenzen der Eibe entscheidend sind und es war geplant, ihren Einfluss wenn möglich zu quantifizieren. Dabei wurden vorwiegend Grenzbereiche ins Auge gefasst, in denen die Eibe mit grosser Wahrscheinlichkeit aus physiologischen Gründen ausgeschaltet würde, Grenzen also, die sich sozusagen auf den "äusseren Rand" der Eibenvorkommen in ihrem Verbreitungsgebiet beziehen (vgl. Oekogramm, Abb. 42 a).

Die Vermutung, dass innerhalb des engeren Testgebiets (3 Untersuchungsgebiete) solche extreme Grenzbereiche existierten, die physiologischen Möglichkeiten der Eibe also überschritten würden, hat sich weitgehend bestätigt, bezog sich jedoch vorwiegend auf den Wasserfaktor. In den beiden Reservaten "Unterwilerberg" und "Weid" boten sich hierzu denn auch beinahe ideale Verhältnisse an: von extrem trockenen Felsgrat-Lagen über verschiedenste Standorte mit mittlerer Wasserversorgung bis zu stark wechselfeuchten und (stau-)nassen Böden konnte auf kleinem Raum und unter relativ gut vergleichbaren Bedingungen dieses sehr breite Standortsspektrum erfasst werden. Auf der nassen Seite dieser Standortsreihe fehlt die Eibe ganz und im extrem trockenen Flügel kommt sie zwar noch vor, aber mit reduzierter Vitalität. Die Annahme, dass auf diesen sehr verschiedenartigen Standorten auch das Nährstoffangebot stark variieren würde, hat sich zwar ebenfalls erhärtet, aber dieser Faktor hat sich für die Eibe als von eher geringer Wichtigkeit herausgestellt (stell-

vertretend für den Nährstoffhaushalt wurden allerdings nur das Stickstoff- und Humusangebot untersucht).

Im Laufe der Untersuchungen wurde immer deutlicher, dass diese Faktoren im gesamten Untersuchungsgebiet (Nordschweiz, Voralpen, Jura) nicht als Haupt- oder gar alleinige Ursachen für das Fehlen der Eibe auf bestimmten Standorten oder in bestimmten Gebieten in Frage kamen. Vor allem war bald zu erkennen, dass hier bedeutende Ueberlagerungen durch weitere, zum Teil in den Faktoren Mensch, Zeit und Wild bedingte Einflüsse vorhanden waren, die oft nur sehr unvollkommen abzuklären sein würden. Dadurch wurde auch die Erfassung einzelner physiologisch bedingter Verbreitungsgrenzen im vorgesehenen experimentellen Rahmen teilweise illusorisch.

Nach den gewonnenen Erkenntnissen dürfte es an den meisten ökologischen Grenzen der Eibe gar nicht so sein, zumindest nicht in der heutigen Landschaft, dass ein Hauptfaktor für die Begrenzung verantwortlich ist, sondern es dürften meistens mehrere Faktoren in komplexer Weise zusammenwirken. Es ist ja zudem bekannt, dass gerade da, wo eine Art durch einen bestimmten Minimumfaktor geschwächt wird, sich alle weiteren negativen Einflüsse umso stärker auswirken können: z.B. das Wild nahe an einer Verbreitungsgrenze einer Art (das "Seltene" wird auch vom Wild besonders geschätzt).

So konnte mit dem experimentellen Teil entsprechend kein Resultat gefunden werden, das diesen oder jenen Standortsfaktor in quantifizierter Form für das Fehlen der Eibe verantwortlich erklärt. Vielmehr dient dieser Teil der Arbeit in seiner heutigen Form dazu, die verschiedenen Standortsverhältnisse an einigen markanten Wuchsarten der Eibe genauer zu beschreiben. Darauf aufbauend sind innerhalb der vorliegenden Arbeit, aber auch mit den Untersuchungen anderer Autoren, einigermassen differenzierte Vergleiche möglich. Die wichtigsten Ergebnisse wurden reservatsweise zusammengestellt und die einzelnen Faktoren, soweit nötig, an Ort und Stelle kommentiert ("Tab." 10, S. 91).

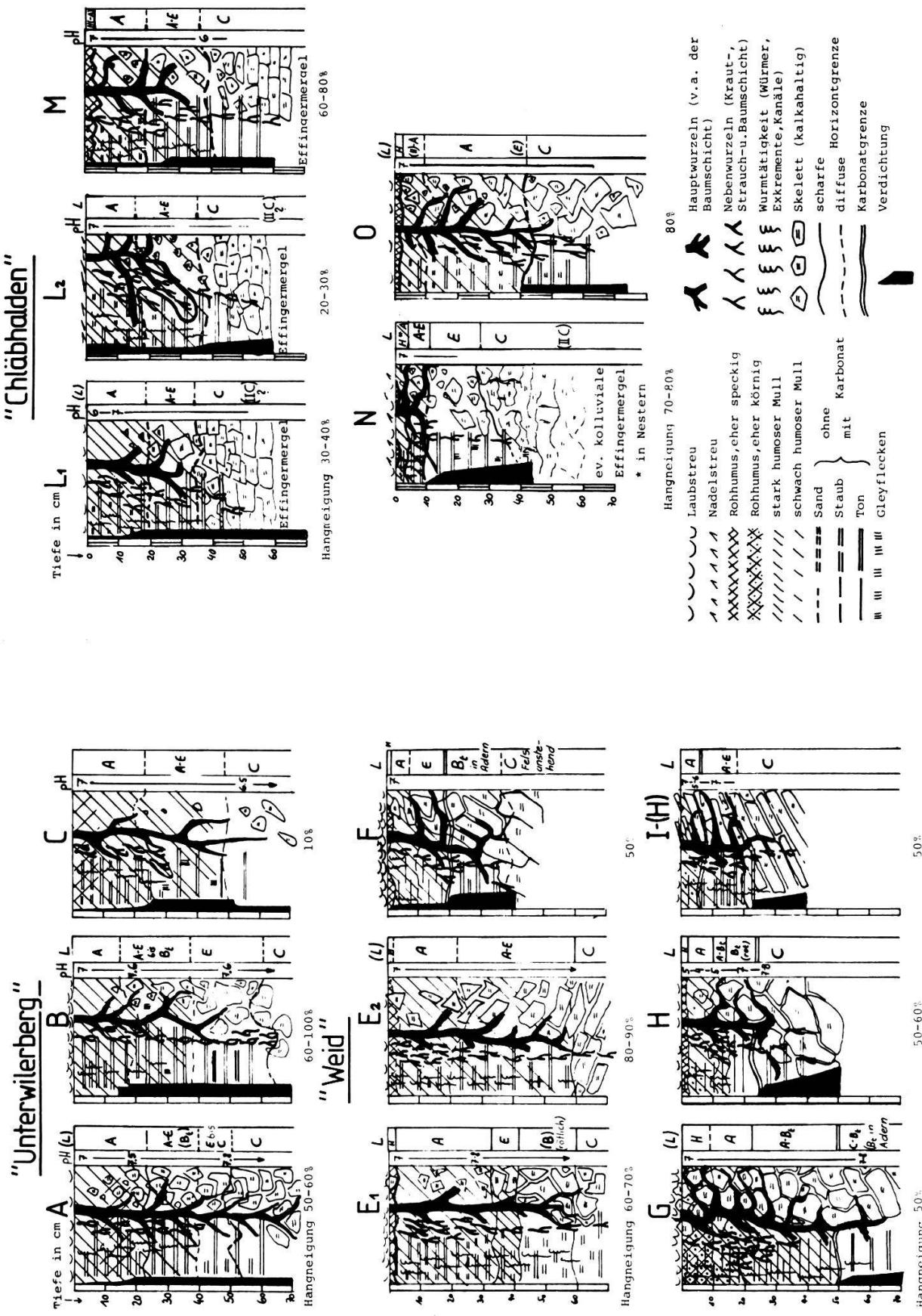


Abb. 15. Bodenprofile der Probeflächen in den drei Untersuchungsgebieten

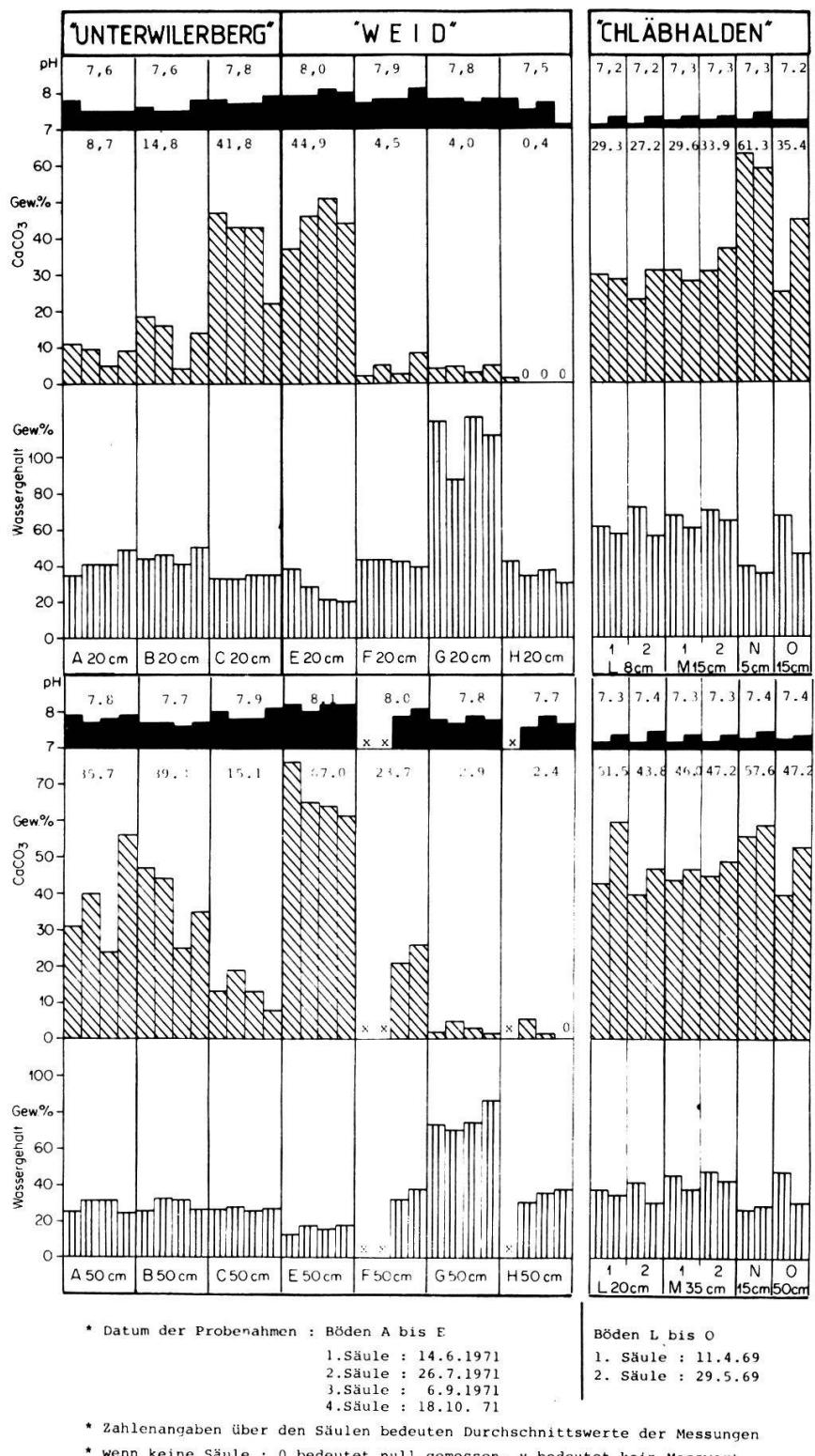


Abb. 16. pH-Werte, Karbonat- und Wassergehalte von Mischproben aller Probe-
flächen zu vier bzw. zwei verschiedenen Zeitpunkten in der Vegeta-
tionsperiode

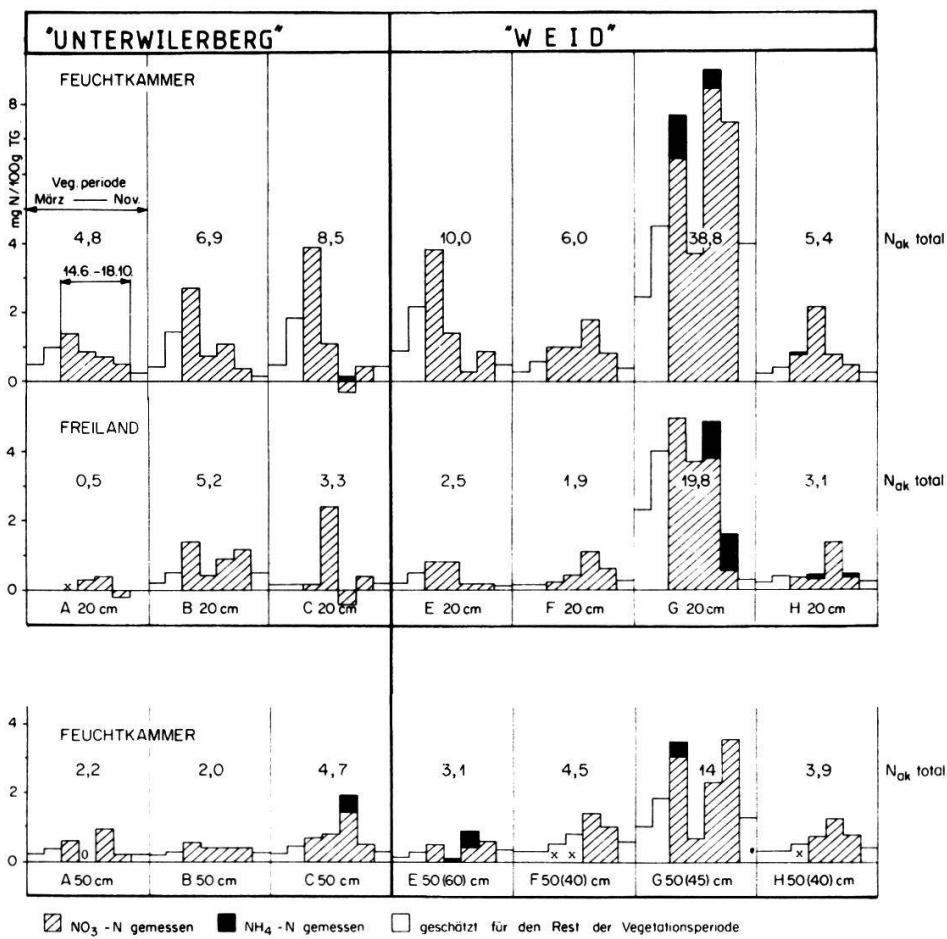


Abb. 18. Stickstoffakkumulation der Böden im 6-wöchigen Brutversuch im Freiland (nur 20 cm Tiefe) und in der Feuchtkammer. Angaben in mg Stickstoff pro 100 g Boden (Trockengewicht). S. auch Fussnote zu Abb. 16.

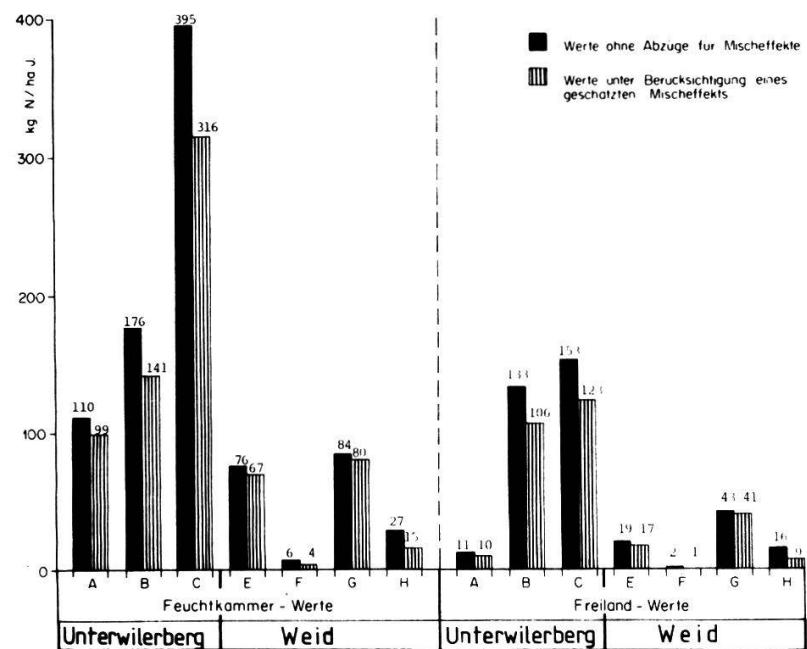


Abb. 19. Stickstoffakkumulation der Böden im Feuchtkammer- und im Freiland-Brutversuch, umgerechnet in kg Stickstoff pro Hektar und Jahr (entspricht etwa der pflanzenverfügbaren Stickstoffmenge)

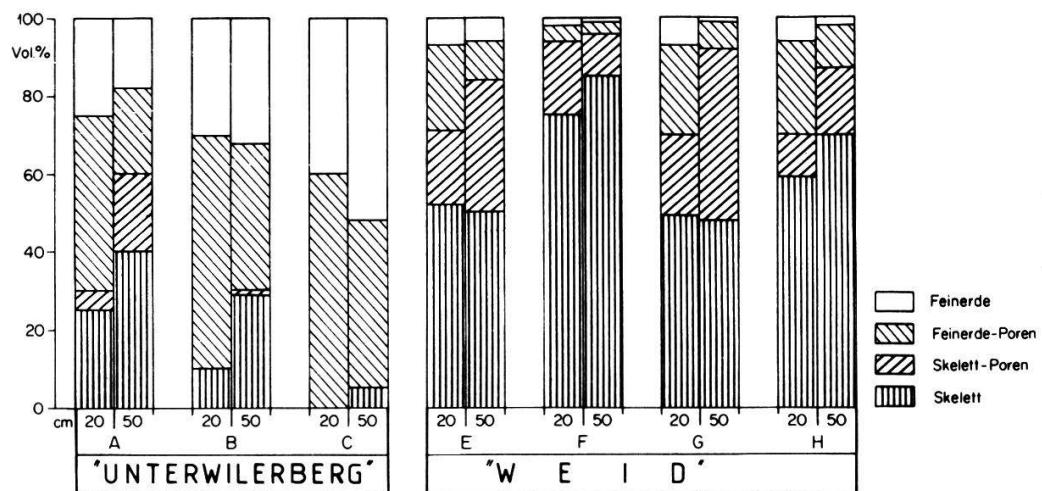


Abb. 20. Volumenanteile an Feinerde, Skelett und Poren

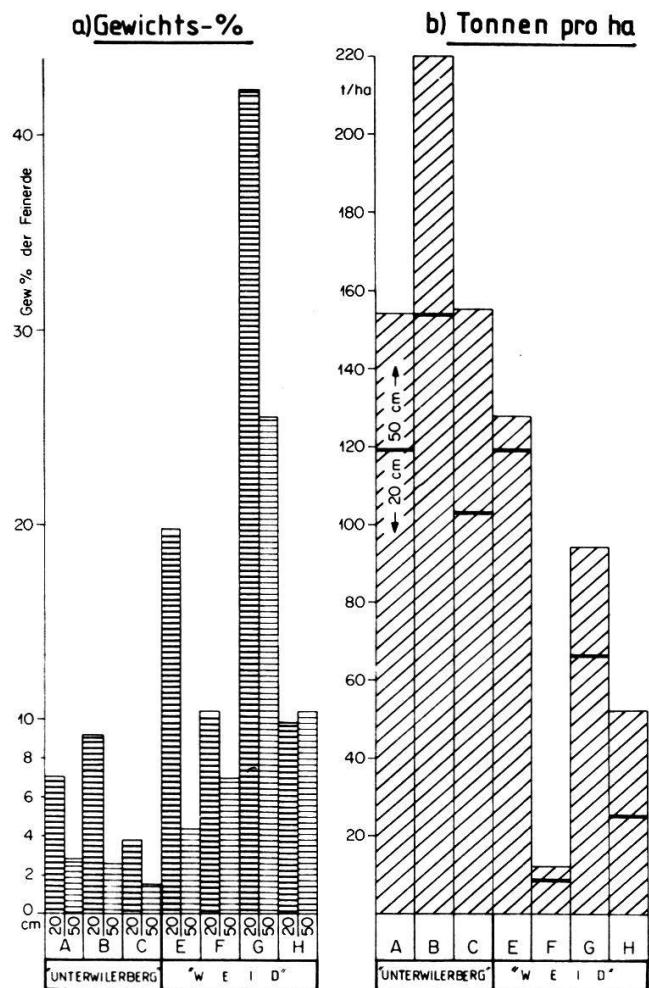


Abb. 17. Humusgehalt der Feinerde in Gewichtsprozenten und Tonnen pro Hektar

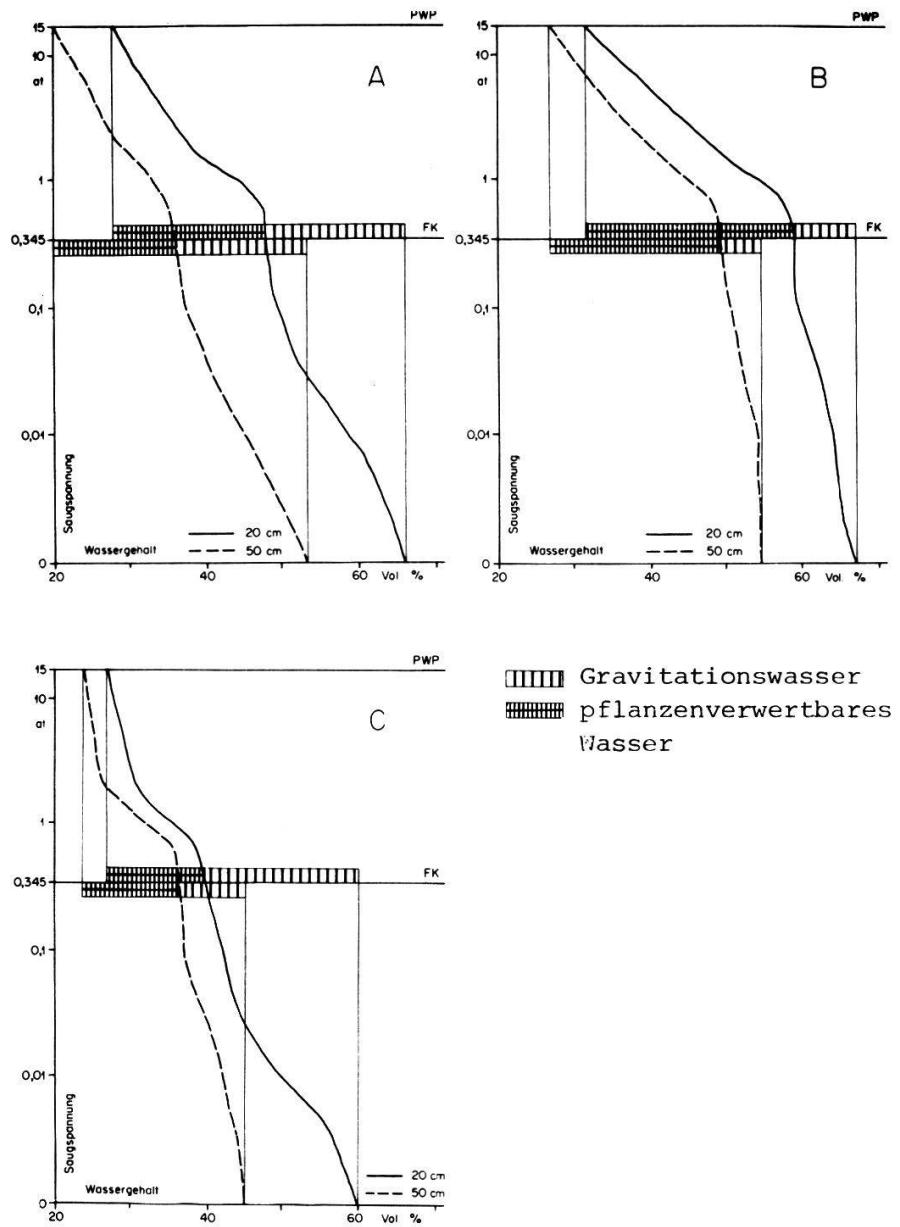


Abb. 21a-c. Desorptionskurven der Böden am "Unterwilerberg" in 20 cm und 50 cm Tiefe (vgl. auch Abb. 24)

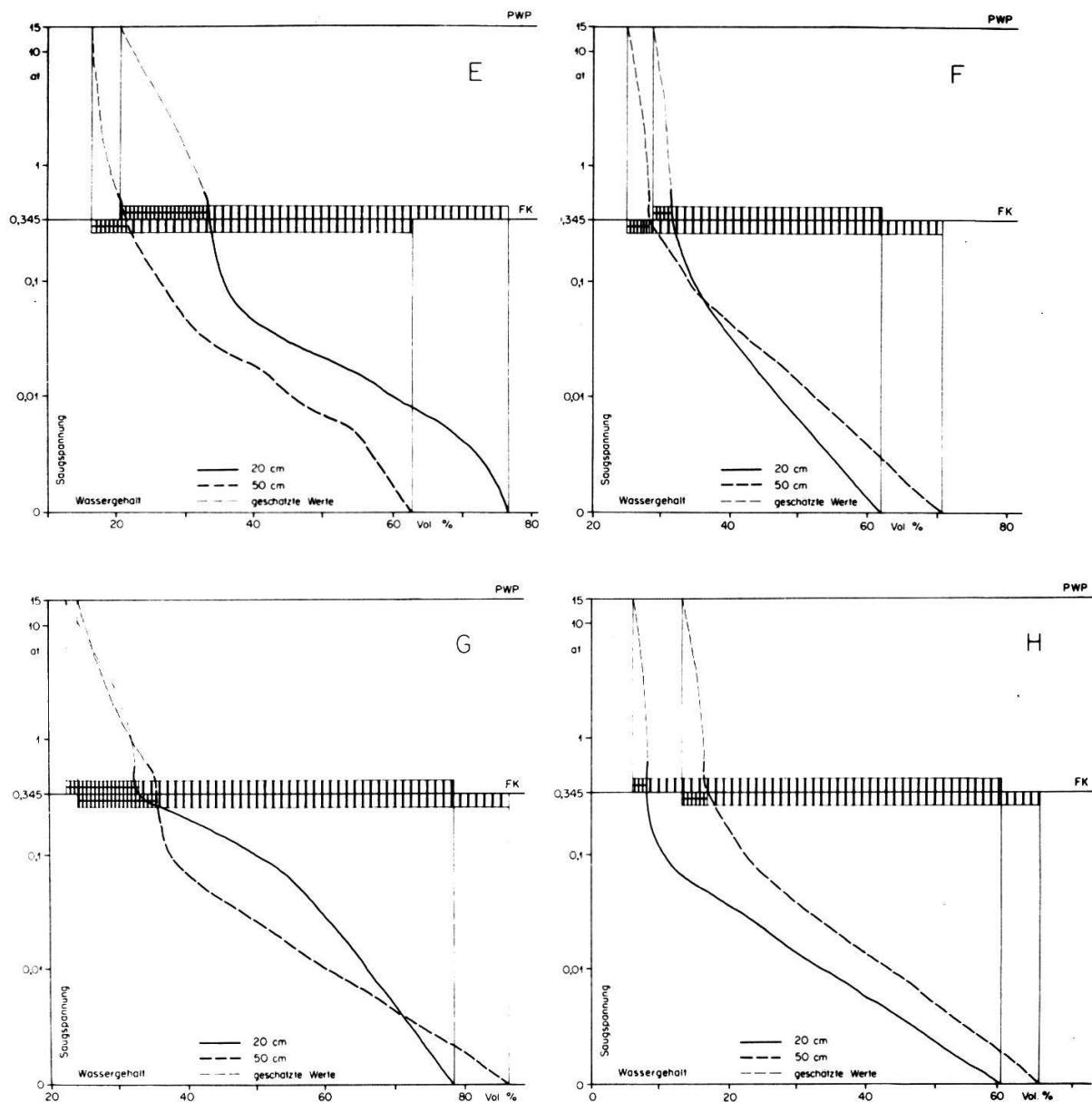


Abb. 21e-h. Desorptionskurven der Böden auf "Weid" in 20 cm und 50 cm Tiefe
(vgl. auch Abb. 24 und Legende zu Abb. 21a-c)

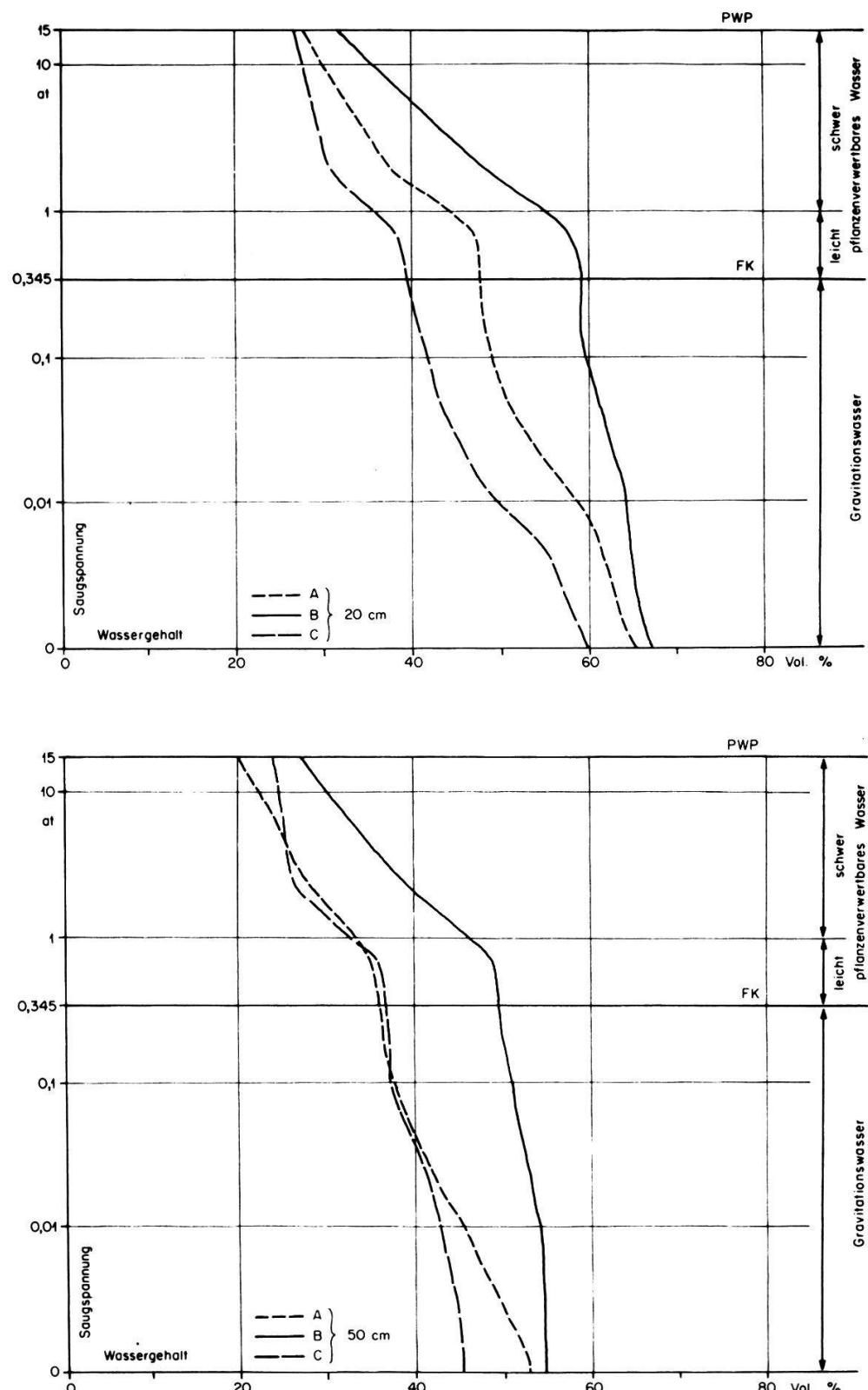


Abb. 22a. Vergleichende Darstellung der Desorptionskurven der Böden am "Unterwilerberg", je in 20 cm und 50 cm Tiefe

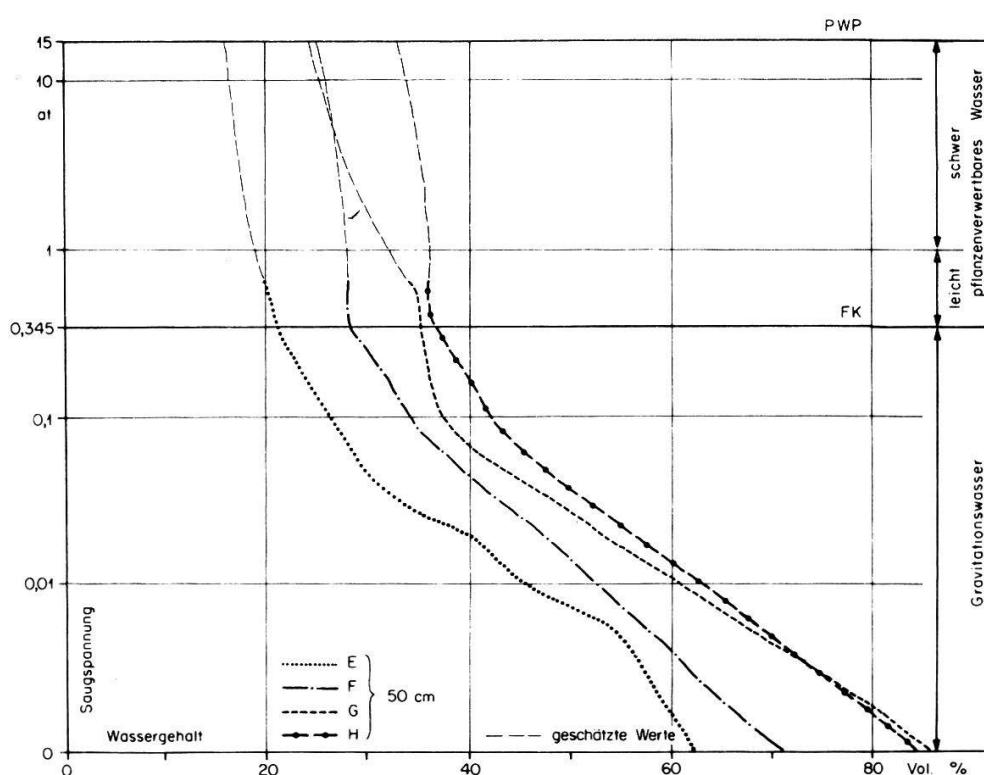
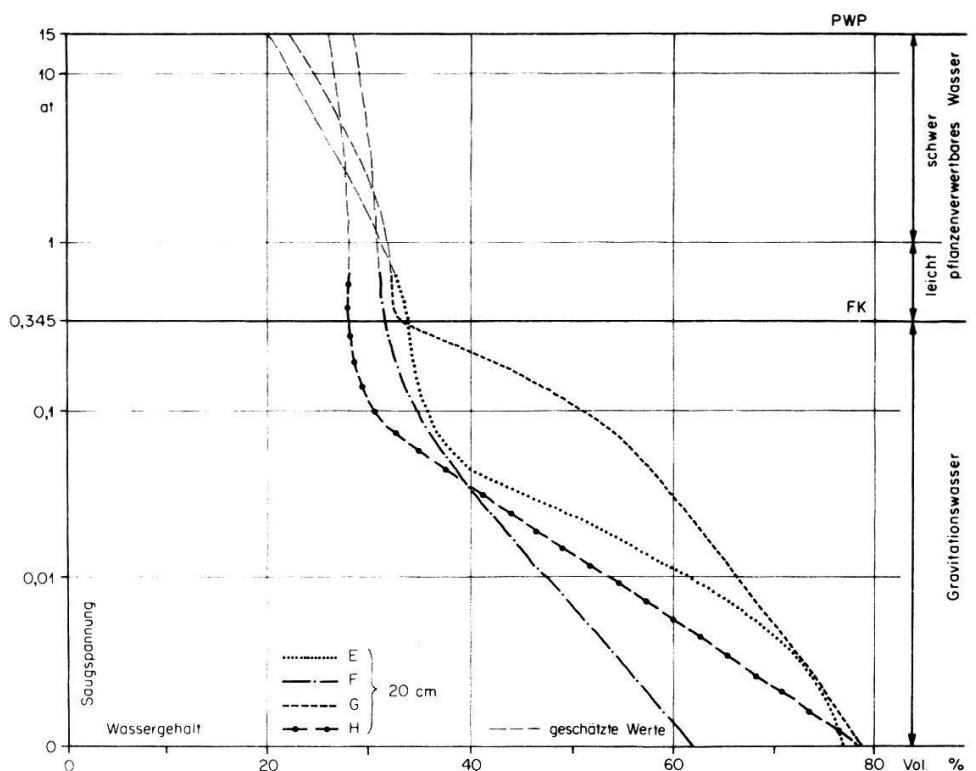


Abb. 22b. Vergleichende Darstellung der Desorptionskurven der Böden auf "Weid", je in 20 cm und 50 cm Tiefe

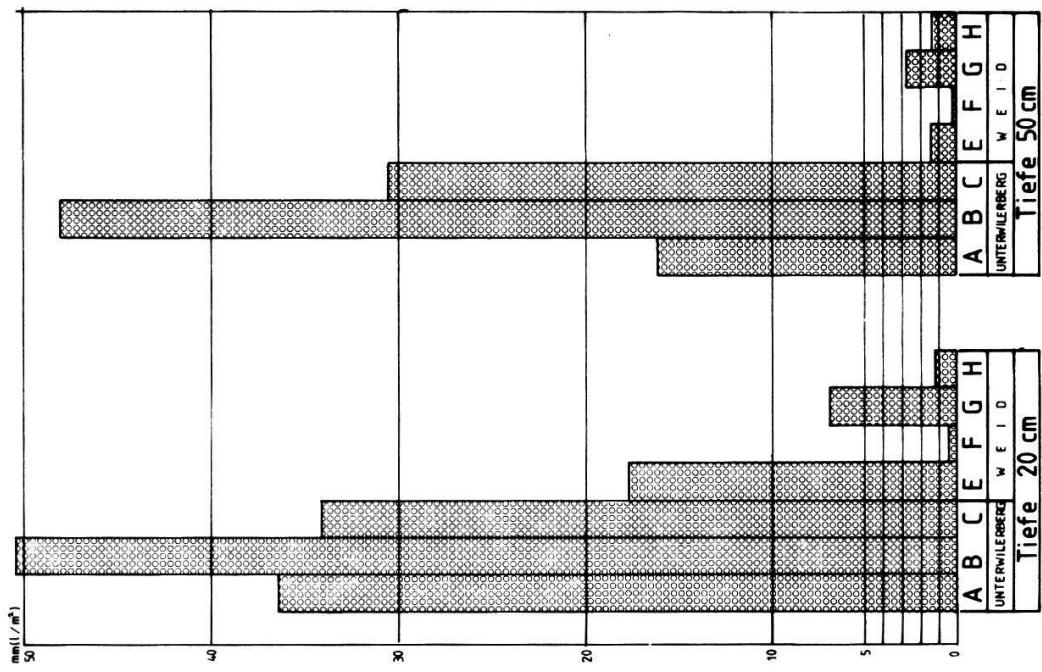
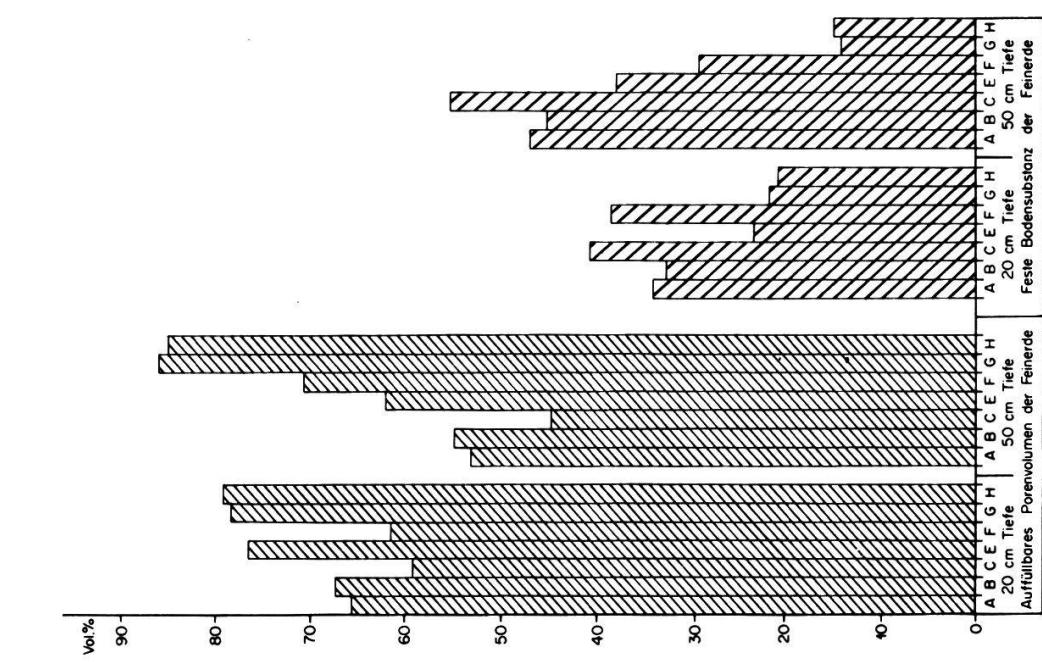


Abb. 23. Auffüllbares Porenvolumen und feste Boden-
substanz der Feinerde in Volumen-%

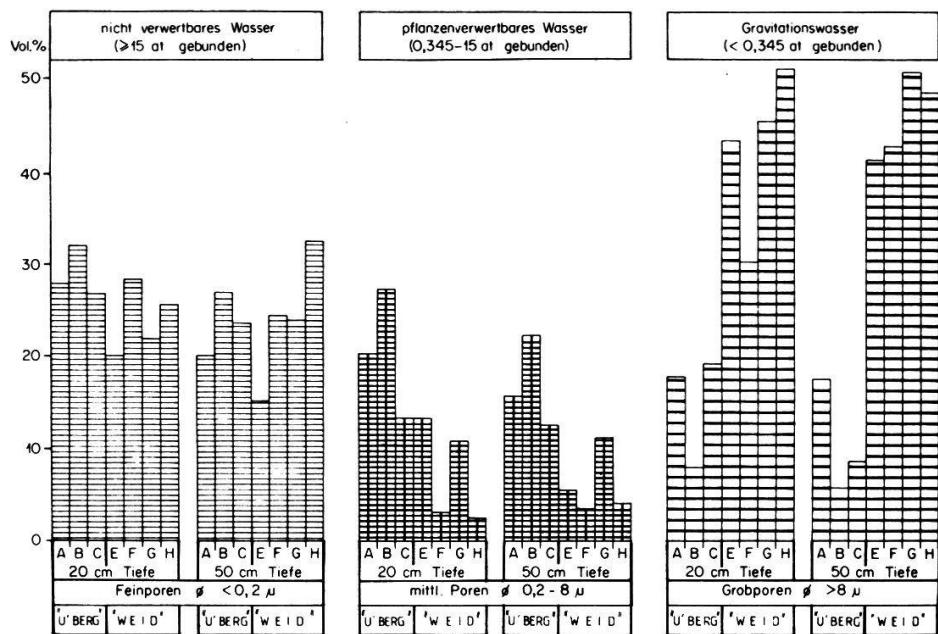


Abb. 24a. Uebersicht über die Verwertbarkeit des Wassers in Volumenprozenten der Feinerde, je in beiden untersuchten Bodentiefen

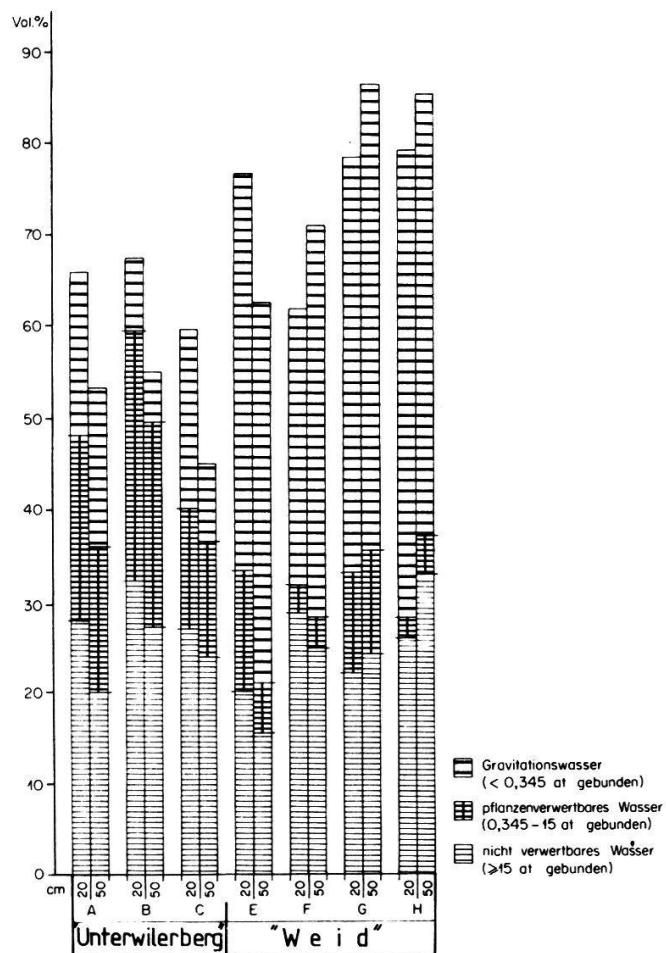
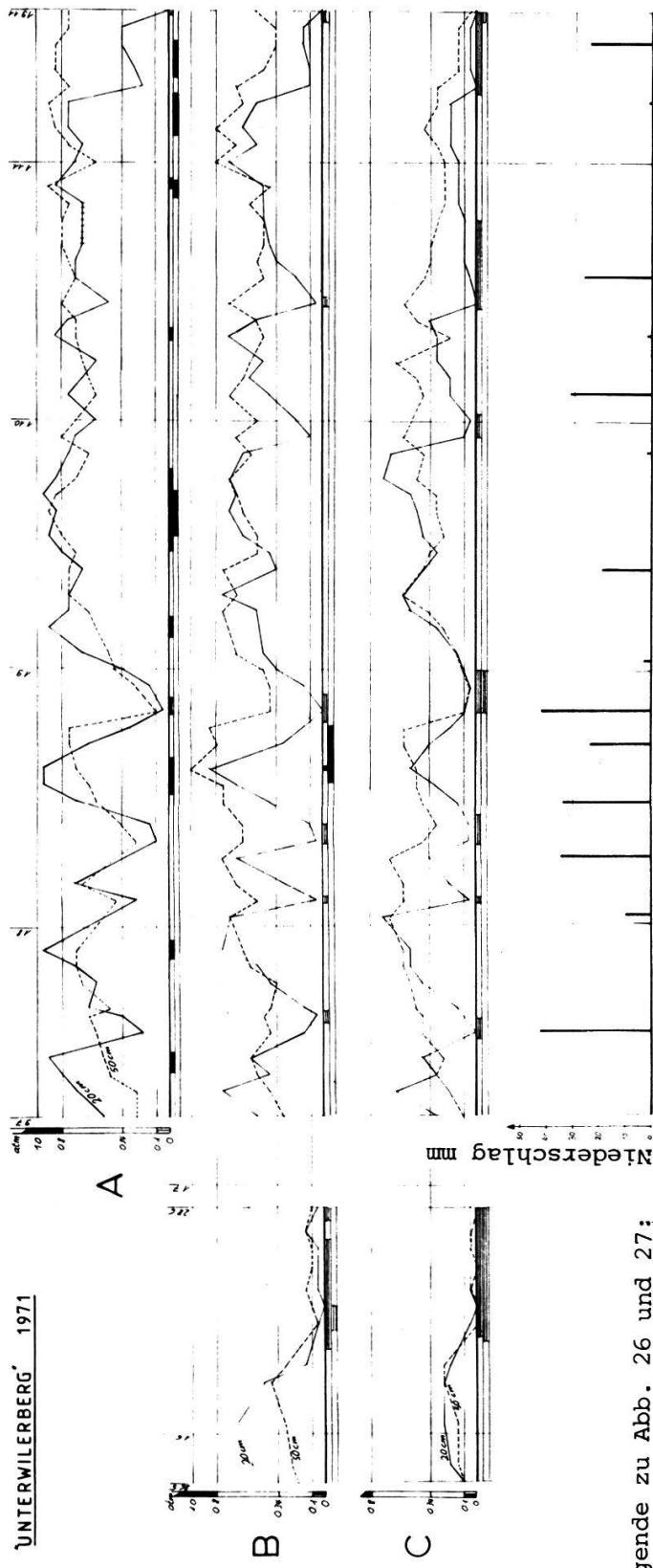


Abb. 24b. Vergleichende Gegenüberstellung der Wassergehalte der Böden bei Sättigung, unterteilt nach ihrem Grad der Verwertbarkeit für die Pflanze, je für beide Messtiefen (betrifft nur Feinerde)



Legende zu Abb. 26 und 27:

- 0-10 cm Phasen mit Saugspannungen nahe Sättigung (-0.1 atm)
- 10-20 cm Phasen mit Saugspannungen im pflanzenverfügbaren Bereich (0.1-0.8 atm)
- 20-30 cm Phasen mit Saugspannungen im Bereich schwerer Verwertbarkeit (0.8-15 atm)
- 30-40 cm Messtiefe
- 40-50 cm Messtiefe

Interpolierter Kurvenverlauf zwischen statistisch gesicherten Kurvenpunkten, z.T. durch Zwischenpunkte abgestützt, die jedoch statistisch nicht gesichert sind (Werte von Einzelinstrumenten als Anhaltpunkte). Diese Kurven könnten sich zum Teil während langerer Trockenperioden, wo für alle Instrumente der obere Messbereich der Saugspannungen überschritten wurde, erheblich über einer Atmosphäre bewegt haben, was in dieser Graphik nicht zum Ausdruck kommt.

statistisch gesicherte Einzelpunkte

Abb. 26a. Kurvenverlauf der Saugspannungen der untersuchten Böden am "Unterwilerberg" und Niederschlagssummen von etwa einwöchigen Messintervallen, Messperiode: 26.5.-19.11.1971 (Tensiometerablesung 3mal wöchentlich)

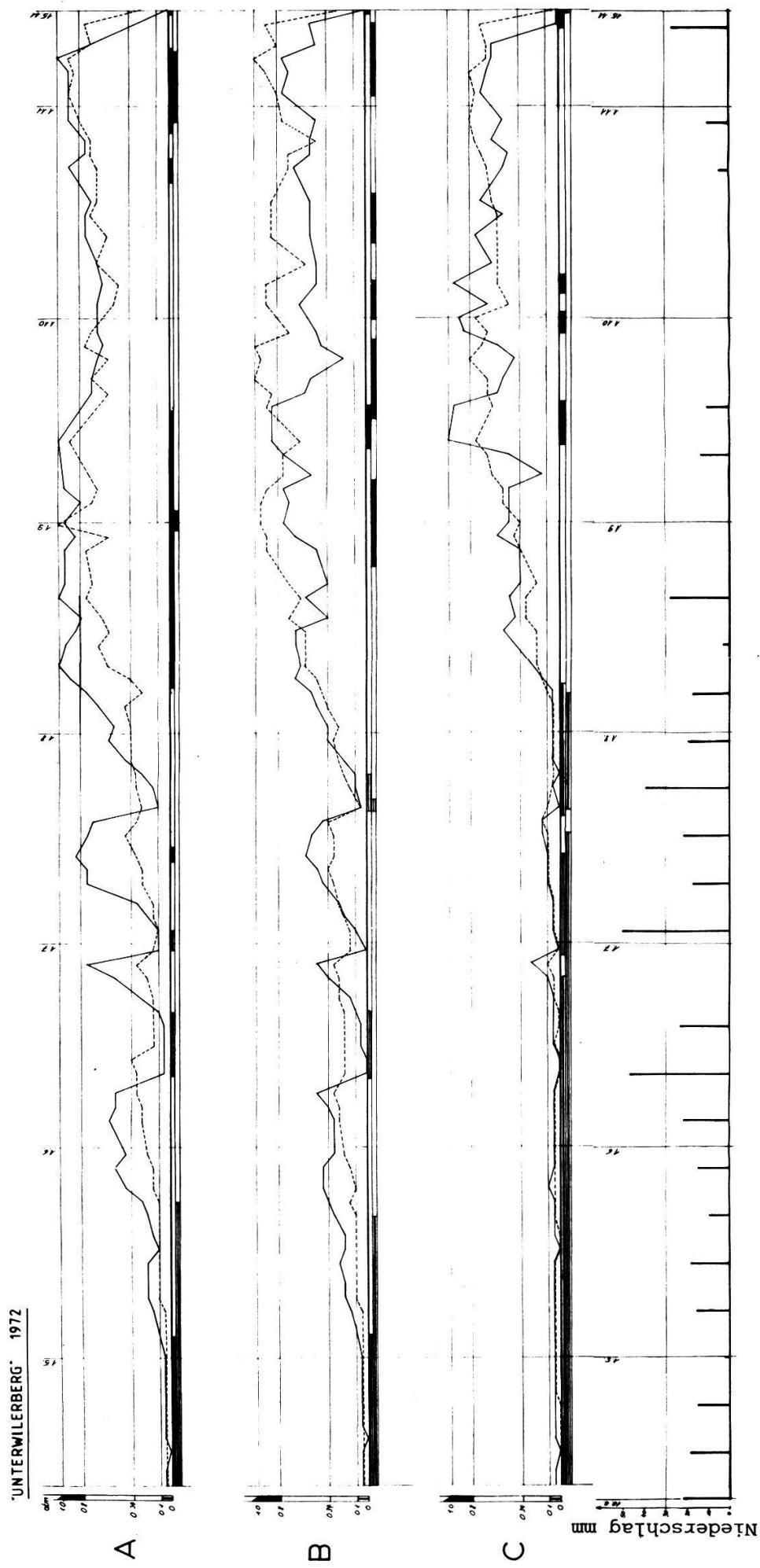


Abb. 26b. Kurvenverlauf der Saugspannungen der untersuchten Böden am "Unterwilerberg" und Niederschlagssummen von einwöchigen Messintervallen, Messperiode: 10.4.-15.11.1972 (Tensiometerablesung 3mal wöchentlich)

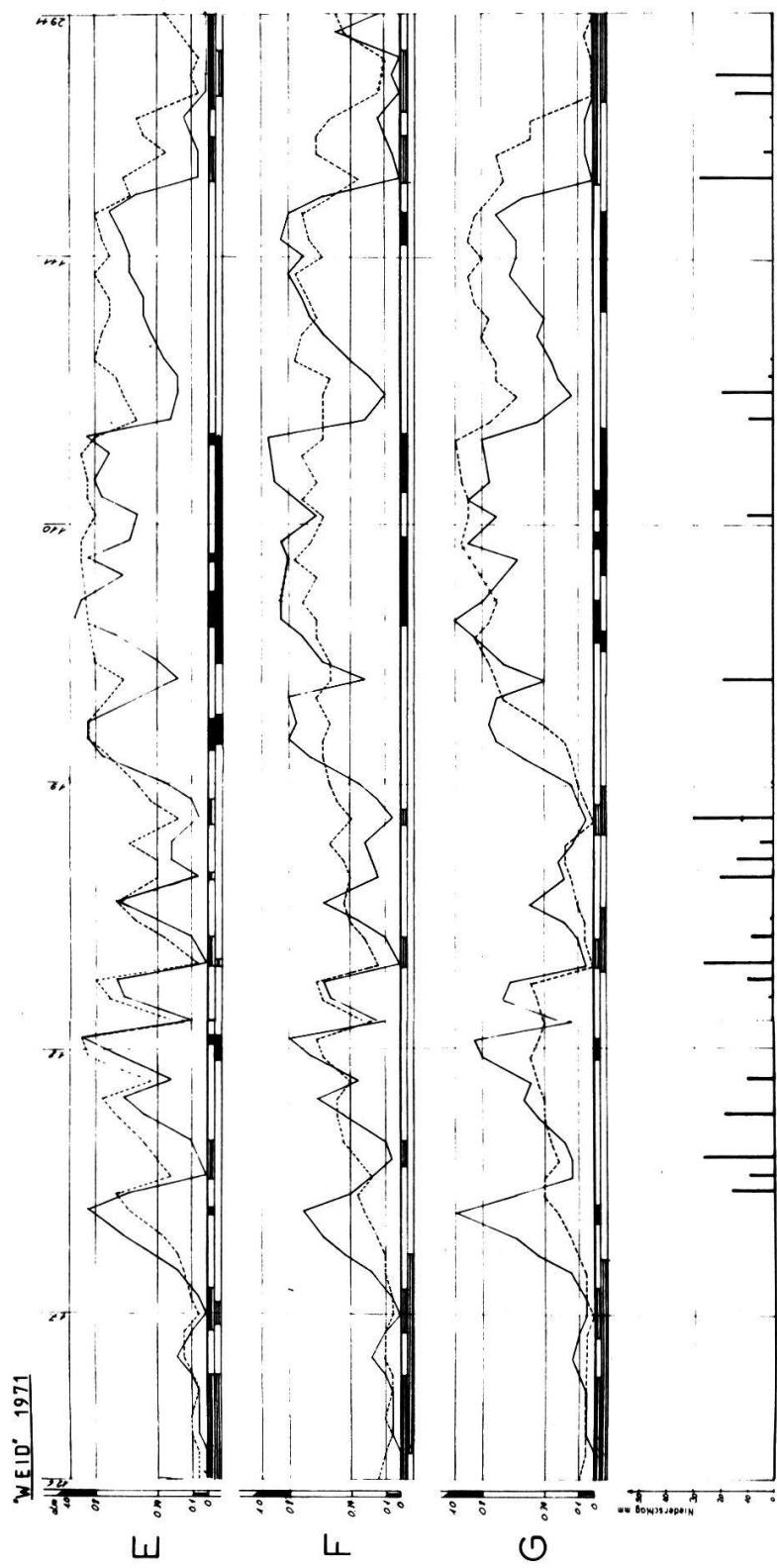


Abb. 27a. Kurvenverlauf der Saugspannungen der untersuchten Böden auf "Weid" und Niederschlagssummen, Messperiode: 12.6.-29.11.1971 (Tensiometer- und Regenmesserablesung im Prinzip 3mal wöchentlich, letztere z.T. unregelmässig)

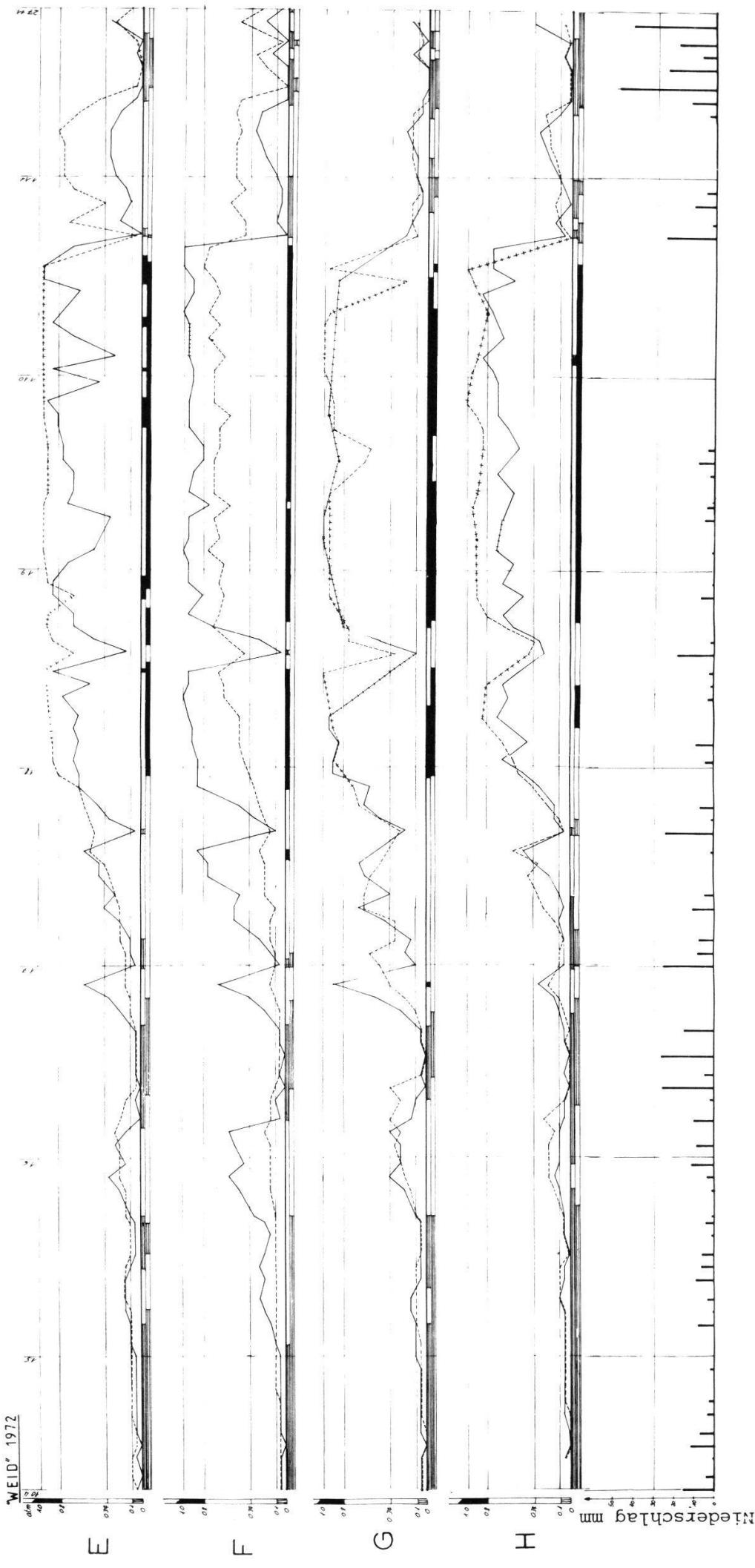


Abb. 27b. Kurvenverlauf der Saugspannungen der untersuchten Böden auf "Weid" und Niederschlagssummen
 Messperiode: 10.4.-27.1.1972 (Tensiometer- und Regenmesserablesung im Prinzip 3mal wöchentlich,
 letztere z.T. unregelmässig)

4.1. Charakterisierung und Vergleich der Untersuchungsgebiete und Probeflächen

4.1.1. Soziologisch-ökologische Charakterisierung der einzelnen Probeflächen in den drei Untersuchungsgebieten

Tab. 10. Geraffte Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse (Die Gegenüberstellung der jeweiligen Faktoren aller Probeflächen ((reservatsweise)) war ursprünglich in eigentlicher Tabellenform vorgesehen, aus Gründen der ungleich langen nötigen Erklärungen aber hintereinanderge stellt. Nur für eigentliche Zahlenergebnisse wurde die Tabellenform beibehalten; Kommentare sind schräg geschrieben. S. 87-117.)

4.1.1.1. Untersuchungsgebiet "Unterwilerberg" bei Baden

Die Sequenz der drei übereinanderliegenden Probeflächen ist insofern ein Glückssfall, als sich von den unabhängigen Standortsfaktoren auf kurzer Strecke nur zwei entscheidend ändern, nämlich die beiden teilweise gekoppelten Faktoren Relief und Muttergestein. Dadurch lassen sich die entscheidenden Standortsfaktoren der jeweiligen Ökosysteme relativ gut erfassen und vergleichen.

a) Pflanzensoziologie (vgl. auch Abb. 9 und 10)

Probefläche A (Aufnahme-Nr. 60, 134, 135 in der Vegetationstabelle) :

Typischer Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum typicum*, 12)

Klare Dominanz der bis 30 m hohen Buche. Bergahorn, Winterlinde herrschen in der Oberschicht mit, Ulme, Traubeneiche und Fichte können sich stellenweise durchsetzen. Die Eibe ist nur vereinzelt in der Unter schicht eingesprengt, bildet jedoch keinen eigentlichen Nebenbestand. In der Strauchschicht dominiert stellenweise Buchen-Verjüngung im Dickungsstadium, Geissblatt, Bergahorn, Ulme, Linde und Hasel sind sporadisch vertreten.

Die Krautschicht deckt nur zwischen 10 + 20%. An konkaven Stellen ist eine Verwandtschaft zum typischen Lungenkraut-Buchenwald (9) durch Arten wie *Lathyrus montanus*, *Anemone nemorosa*, *Phyteuma spicatum*, *Paris quadrifolium* usw. vorhanden, während an besonders steilen oder konvexen Lagen eine deutliche Affinität zum Weisseggen-Buchenwald (14) besteht (*Euphorbia amygdaloides*, *Cephalanthera damasonium*, *Polygonatum officinale*).

Die etwas unhomogene soziologische Stellung der Vegetation dieses Hangabschnittes dürfte einerseits auf jüngere und ältere menschliche Eingriffe an der Bodenoberfläche (neue und zugewachsene Wege), andererseits auf Übergänge im Muttergestein (Malmkalk/Molasse-Mergel) zurückzuführen sein.

Probefläche B (Aufnahme-Nr. 64 in der Vegetationstabelle)

Dunkler Eiben-Buchenwald (extrem artenarme Steilhangvariante des *Taxo-Fagetum*, 17a^{aa})

Die Buche ist zwar immer noch Hauptbaumart der etwa 20 m hohen Ober- schicht, überlässt jedoch andern Baumarten wie Mehlbeere, Esche, Ulme, Bergahorn und Winterlinde einen erheblichen Spielraum. Die Mittelschicht und Unterschicht wird von einem dichten Eiben-Nebenbestand gebildet. Die Eibe gedeiht hier dank des grossen Einfalls an Seitenlicht sehr vital und fruchtet regelmässig. Sie macht durch ihren extremen Schattenwurf dem Unterwuchs das Leben schwer, der hier auch ohne Eibe mit den Verhältnissen des schröffigen Hanges zu kämpfen hätte (teilweise unkonsolidierter Boden, teils Steinschlag, Abrutschen von Streupaketen, Schwemmen bei Regengüssen). *Mercurialis perennis*, *Anemone nemorosa*, *Prenanthes purpurea* sowie *Cephalanthera damasonium* und *Lilium martagon* an etwas lichteren Stellen sind überhaupt die einzigen gefundenen Arten in der Fläche B.

Diese Arten lassen allein keine eindeutige soziologische Zuordnung zu, weshalb es auch nicht erstaunlich ist, dass die Aufnahme Nr. 64 nur auf Grund negativer Kriterien (Artenarmut) zur extremsten *Taxo-Fagetum*- Variante gestellt wurde. Soziologisch typische Artengruppen für das *Taxo-Fagetum* fehlen vollständig.

Neben der Kahlheit und Artenarmut der Krautschicht sind die auffälligsten Merkmale der teils ausgeprägte Säbelwuchs der Bäume und die relativ geringe Wuchsleistung der Buche. Die Buche steht sehr oft in kleinen lokalen Mulden hinter einem "Buckel" abgerutschten Mergelbodens, vermutlich auf Grund besserer Ansammlungsbedingungen (Schutz vor Abrutschen, Humus und Feuchtigkeit unter Streupaketen; vgl. hierzu Kap. 4.2.6.4.).

Probefläche C (Aufnahme-Nr. 1, 2)

Ahorn-Eschenwald (*Aceri-Fraxinetum*, 26)

Der relativ junge Bestand (ca. 30-jg.) besteht fast ausschliesslich aus schlanken, geraden Eschen und Bergahorn von ca. 15-20 m Höhe. Die Buche bleibt kümmerlich in der Strauchschicht. (Ein eng benachbarter analoger Standort zur Probefläche C trägt einen alten, 30-40 m hohen Ahorn-Eschenwald mit mächtigen Eschen, Bergahorn und Ulmen. Nussbäume, Winterlinde und an einer besser drainierten Stelle eine grosse Fichte beteiligen sich ebenfalls an der Baumschicht.). Im Unterwuchs eingepflanzt, ca. 30-jg. Fichten sind kümmerlich oder tot. An beiden Stellen ist eine etwa 30% deckende, eher spärlich wirkende Strauchschicht vorhanden. Der Frühjahresaspekt wird von vollständiger Deckung des Bodens mit Bärlauch geprägt. Ab Mitte Juni-Juli ist der Boden fast kahl. Die Eibe fehlt vollständig, auch in der Krautschicht.

b) Boden

- Bezeichnung und Profilaufbau (Abb. 15 und 20)

Probefläche A:

mittelgründige Kalksteinrendzina (KSR)
(L)/A/A-E(B_T)/E-C/C

Probefläche B:

unregelmässig konsolidierte, im Unterboden mässig bis stark verdichtete;
lokal vergleyte Mergelrendzina
L/A/A-E(B_T)/E/C

Probefläche C:

schwach entwickelte kolluviale Mergelrendzina
A/A-E/C

- Streu

Probefläche A

Laubstreu meist nur einjährig in Nestern.

Probefläche B:

Laubstreu, teils mehrjährig, in abgerutschten Paketen, konvexe Stellen kahl.

Probefläche C:

Vorjahresstreu vollständig abgebaut.

- Feinerdekörnung und Skelettgehalt

Probefläche A:

Im Oberboden Staub und Ton zu etwa gleichen Teilen. Tonanteil zwischen 25 und 40 cm wesentlich zunehmend. Grobskelett ab 20 cm in zunehmender Menge, ab 40 cm fast keine Feinerde mehr.

Probefläche B:

Vorwiegend tonige Mergel, im Oberboden mit etwas Staub, Tonanteil ab 25 cm stark zunehmend. Ab 40 cm stark abnehmender Anteil an Feinerde (E). Skelett ab 20 cm aus verwitterten Mergelbrocken bestehend, ab 40 cm Anteil stark zunehmend.

Probefläche C:

Tonige, vermutlich eingeschwemmte Mergel, im Oberboden mit Staub, im Unterboden vermehrt mit Sand. Oberste 50 cm praktisch skelettfrei, ab 50 cm zunehmend harte Kalkbrocken, relativ stark verwittert.

| Tiefe | Skelettgehalt | Probeflächen | | |
|-------|-------------------|--------------|------|-----|
| | | A | B | C |
| 20 cm | Steine (0,2-5 cm) | 16 % | 10 % | 0 % |
| | Blöcke (> 5 cm) | 9 % | 15 % | 0 % |
| 50 cm | Steine (0,2-5 cm) | 16 % | 0 % | 0 % |
| | Blöcke (> 5 cm) | 24 % | 14 % | 5 % |

- Gefüge

Probefläche A:

Nur in den obersten 10 cm einzelne Krümel, bis 25 cm meist blockige Aggregate, in tonreicher Zone bei feuchtem Boden pastig-klebrig.

Probefläche B:

Im Oberboden blockig, Mull unregelmässig gekrümelt. Ab 10 cm bereits bei geringem Wassergehalt pastig-klebrig, wenig aggregiert. Ab 15-20 cm starke Verdichtung.

Probefläche C:

In den obersten 20-30 cm mässige Krümelung, teils pastig. Ab 30 cm stark verdichtete Zone mit blockiger Textur.

- Kalkgehalt (Abb. 16) (* in % des Trockengewichts der Feinerde)

| Bodentiefe | Probeflächen | | |
|------------|------------------|---------------------|---------------------|
| | A | B | C |
| 20 cm | 8,7%* (4,1-9,6%) | 14,8% (4,16-25,28%) | 41,84% (22,7-53,1%) |
| 50 cm | 35,7% (23,3-56%) | 39,3% (25,6-68,0%) | 15,1% (8,0-19,2%) |

Probefläche A:

Sowohl in Feinerde wie Skelett profilumfassend Kalk vorhanden. Deutliche Kalkauswaschung im Oberboden und Anreicherung in der Tiefe, jedoch ohne Kalkflaum-Ausscheidungen.

Probefläche B:

In Feinerde + Skelett profilumfassend kalkhaltig. Eine gewisse lokale Auswaschung im Oberboden ist vorhanden, doch sind die Schwankungen zwischen den einzelnen Proben sehr gross, was sehr unregelmässige Verhältnisse anzeigt.

Probefläche C:

Kalk profilumfassend in Skelett und Feinerde vorhanden. Die Zahlen sprechen deutlich für die Gewinnlage der Mulde am Hangfuß (Einwaschung > Auswaschung).

Die ungewöhnliche Kalkverteilung stützt die Vermutung, dass die oberen Bodenschichten kolluvialer Herkunft sein könnten, was in Anbetracht der grossen Mergelrutschung oberhalb sehr plausibel erscheint.

- pH (Abb. 16) (* Durchschnitte von je 4 Werten)

| Bodentiefe | Probeflächen | | |
|------------|------------------|--------------------|-------------------|
| | A | B | C |
| 20 cm | 7,5* (7,5 - 7,6) | 7,6* (7,45 - 7,75) | 7,75* (7,7 - 7,9) |
| 50 cm | 7,8 (7,6 - 7,9) | 7,6 (7,6 - 7,8) | 7,92 (7,8 - 8,1) |

- biologische Aktivität

Probefläche A:

Bis 25 cm sehr gut, bis 40 cm gut. Hauptanteil der Nebenwurzeln zwischen 10 und 30 cm. Hauptwurzeln z.T. bis tiefer als 60 cm ins Muttergestein hinabreichend. Wurmtätigkeit bis ca. 40 cm feststellbar, bis 25 cm stark.

Probefläche B:

Bis 20 cm gut, bis 40 cm mässig. Hauptwurzeln und die meisten Nebenwurzeln bis 40 cm, vereinzelte Nebenwurzeln bis ins Muttergestein (60-80 cm). Wurmtätigkeit nicht tiefer als 30 cm festgestellt.

Probefläche C:

Bis ca. 30 cm gut, zwischen 30 und 60 cm deutlich abnehmend. Hauptwurzeln tiefer als 50 cm hinabreichend, Nebenwurzeln bis ca. 30 cm, vor allem in Mulltaschen. Intensive Wurmtätigkeit nur bis 30 cm Tiefe festgestellt.

- Humusgehalt (Abb. 17a+b) (in Gewichtsprozent der Feinerde und in Tonnen)

| | Probeflächen | | |
|------------------------------|--------------|----------|----------|
| | A | B | C |
| Gewichtsprozent der Feinerde | | | |
| Bodentiefe: 20 cm | 7,03 % | 9,09 % | 3,79 % |
| 50 cm | 2,76 % | 2,52 % | 1,48 % |
| Gesamtgehalt | 155 t/ha | 220 t/ha | 155 t/ha |

Die relativ niedrigen prozentualen Humusgehalte erstaunen für diese doch recht produktiven Standorte auf den ersten Blick, vor allem im Vergleich zu jenen der vier untersuchten Böden in Erlinsbach ("Weid"). Zieht man jedoch die Feinerdemenge des Bodenprofils in Betracht, so ändert das Bild schlagartig: Der Boden C mit dem geringsten prozentualen Humusanteil in der Feinerde rückt an die zweitvorderste Stelle, die Mergelrendzina (B) gar an die Spitze. Gesamthaft erweisen sich somit die 3 Böden am "Unterwilerberg" sogar als die drei humusreichsten, bezogen auf Fläche und Profiltiefe.

- Stickstoffhaushalt (N) (Abb. 18+19)

| | Probeflächen | | |
|-----------------------------------|--------------|--------|--------|
| | A | B | C |
| Stickstoffangebot in kg/ha · Jahr | 10 kg | 106 kg | 123 kg |

Vergleiche:

- *Carici-Fagetum primuletosum* 8-67 kg N/ha u.Jahr
- *Lathuro-Fagetum* auf Rendzina 80-148 kg N/ha u.Jahr
(mittelgründig) 113-187 kg N/ha u.Jahr } (ELLENBERG 1978)
- *Eschen-Ulmen-Mischwald* auf
reicher Braunerde mit saurer
Unterlage 77-106 kg N/ha u.Jahr }
- *Nardetum* 10 kg N/ha u.Jahr (GIGON 1971)

Alle drei Böden weisen eine gute bis sehr gute Stickstoffversorgung auf, und zwar von A nach C in zunehmendem Masse. Die Spitzenstellung des biologisch sehr aktiven Ahorn-Eschenwald-Bodens (C) war zu erwarten,

doch ist im Freiland-Brutversuch die N-Akkumulation im Boden A vergleichsweise gering. Auch nach Abzug eines Anteils für den sog. Mischeffekt (vgl. GERLACH 1973) bleiben für die Standorte B und C jährliche Mineralstickstoffangebote, welche mit den besten mitteleuropäischen Waldstandorten Schritt halten. Im Jahresverlauf kann man bei A und B, den beiden mergelhaltigen Böden, eine Tendenz zu einem Sommer- bis Herbstminimum feststellen, während das Bild bei C aufgrund der nur einen Messperiode kaum eine entsprechende Aussage erlaubt.

- Luft- und Wasserhaushalt (Abb. 20)

Sauerstoff im Boden:

Probefläche A:

Keine Anzeichen von Vergleyung, dauernd gutes Sauerstoffangebot im Wurzelraum.

Probefläche B:

Vereinzelte Gleyflecken zwischen 20 und 40 cm (leichte Marmorierung) weisen auf lokal zeitweise ungenügende Sauerstoffversorgung hin.

Probefläche C:

Zwischen 30 und 50 cm lassen vereinzelt bis regelmässig auftretende, deutliche Gleyflecken auf periodische Wassersättigung des Bodens schliessen.

Feinerde, Skelett, Poren (Abb. 20):

| | Probeflächen | | |
|--|--------------|-------------|--------------|
| | A | B | C |
| Feinerdeanteil inkl. Feinerdeporen Bödentiefe: 20 cm | 70 % (Vol.) | 90 % (Vol.) | 100 % (Vol.) |
| 50 cm | 40 % | 70 % | 95 % |

Alle drei Böden besitzen einen recht hohen Feinerdeanteil am gesamten Bodenvolumen, und zwar von A nach C zunehmend.

pflanzenverwertbares Wasser: (vgl. Desorptionskurven Abb. 21 a-c, 22 a, 23-25)

Bei allen drei Böden ist ein Anteil zwischen 20 und 30 % des Porenwassers mit mehr als 15 atm. gebunden, also den Pflanzen unzugänglich. Die oberen Horizonte (20 cm Tiefe) weisen dabei durchwegs höhere Werte auf als das Material in 50 cm Tiefe, was auf Grund normaler Tonverlagerung in die Tiefe meistens eher umgekehrt ist. Bei B wurden in beiden Horizonten die höchsten Prozentzahlen von den Böden am "Unterwilerberg" (A-C) gemessen. Ebenfalls nicht, bzw. nur für kurze Zeit pflanzenverwertbar ist das Gravitationswasser der Grobporen, welches nach drei Tagen abgeflossen ist. Die Böden am "Unterwilerberg" zeigen hier alle wesentlich tiefere Werte als diejenigen von "Weid" (E-H). Dabei wurden bei B mit Abstand die geringsten, bei A durchschnittlich die höchsten

Anteile festgestellt. Bei C zeigten sich im Oberboden wesentlich mehr Grobporen als in der Tiefe, während die beiden anderen Böden in beiden Tiefen diesbezüglich etwa gleiche Werte ergaben. Das verbleibende Porenvolumen der Feinerde, welches in den Mittelporen das ökologisch entscheidende pflanzenverwertbare Wasser enthält (zwischen 0,345 atm (Feldkapazität) und 15 atm (permanenter Welkepunkt) gebunden), beträgt im Durchschnitt der beiden gemessenen Horizonte: A: 17 %, B: 25 %, C: 13 %.

Um jedoch die tatsächliche Menge des pflanzenverwertbaren Wassers eines Bodens zu ermitteln, müssen wir einerseits den Skelettanteil am Bodenkörper in Abzug bringen und andererseits die Mächtigkeit des entsprechenden Profils berücksichtigen (vgl. hiezu auch MEYER 1976).

| | Probeflächen | | |
|--|--------------|------|------|
| | A | B | C |
| Mittelporenvolumina in Litern/m ² (= mm) | | | |
| Bodentiefe: 0-20 cm | 36,4 | 50,4 | 34,0 |
| 20-50 cm | 16,0 | 48,0 | 30,5 |
| ganzes Profil | 52,4 | 98,4 | 64,5 |

Wir dürfen annehmen, dass der Feinporenkörper in der Regel mit Wasser gefüllt ist (Bindung ≥ 15 atm), da sonst bei der Vegetation irreversible Welkeerscheinungen auftreten müssten (Überschreitung des permanenten Welkepunktes). Fallen nun in kürzeren Abständen ausgiebige Niederschläge, welche den Mittelporenkörper auffüllen und überfüllen, bevor die Vegetation das dann vorhandene Wasser ausschöpfen konnte, so läuft der Überschuss ungenutzt weg. Ob der volle Jahresniederschlag, der auf den Boden gelangt, verwertet werden kann, hängt also wesentlich von der Frequenz und der jeweiligen Menge des Niederschlags ab.

Anhand der Saugspannungskurven kann man sich darüber ein gutes Bild machen, indem in all jenen Momenten, in denen die Kurve unter Werte von 0,1 atm (theoretisch sogar bereits unter die Feldkapazität = 0,345 atm) absinkt, Wasser in den Grobporen vorhanden ist (Gravitationswasser).

Das ist in den drei vorliegenden Böden, vor allem bei B, im Oberboden häufig, im Unterboden selten der Fall. Daraus kann geschlossen werden, dass das abfließende Gravitationswasser des Oberbodens normalerweise vom Mittelporenkörper des Unterbodens aufgefangen wird. In der ersten Hälfte der Vegetationsperiode 1972 fiel regelmäßig soviel Niederschlag, dass beide Horizonte fast dauernd Gravitationswasser enthielten. Nach BURGER (1933) beträgt der Niederschlagsverlust für den Waldboden eines Buchenwaldes durch die Interzeption des Kronendaches im Sommer mehr als 70 %, im Winter nur 15 %. Da wir es mit eher lockeren Beständen und zudem mit Steilhanglagen zu tun haben, dürfte der Interzeptionsverlust geringer sein. Die relativ hohe Gewitterhäufigkeit erhöht den Anteil des auf den Boden gelangenden Niederschlagswassers ebenfalls, so dass eine Annahme von ca. 50 % Interzeptionsverlust realistisch erscheint (wie Nadelwald nach BURGER 1933). Die direkte Wasserverdunstung von der Bodenoberfläche dürfte an diesem Nord-Steilhang sehr gering und in

Anbetracht der groben Interzeptionsschätzung zu vernachlässigen sein. Von den rund 1000 mm Jahresniederschlägen fallen ca. 50 % im Sommer und davon gelangt nach unseren Annahmen nochmals nur die Hälfte auf den Boden.

Am Mergelsteilhang (Probefläche B) ist zusätzlich ein beträchtlicher Oberflächenabfluss einzurechnen, der vor allem bei gewitterartigen Regenfällen beobachtet wurde. In solchen Fällen dürften 20-30 % Verlust eine realistische Schätzung sein, durchschnittlich für alle Niederschläge jedoch nicht weit über 10 % liegen. An dem Steilhang ist umgekehrt aber relativ starker hangparalleler Seitenzufluss im Boden vorhanden, weshalb das Gravitationswasser etwas länger als in ebener Lage mit normaler Durchlässigkeit im Wurzelhorizont und somit pflanzenverfügbar bleibt. Dadurch erhöht sich der verwertbare Niederschlagsanteil wieder. Wie weit sich die beiden Effekte ausgleichen, ist schwierig abzuschätzen und müsste Gegenstand einer speziellen Untersuchung sein. Im Boden der Probefläche C spielt die vergleichsweise geringere Wassermenge aufgrund der Porenverteilung ökologisch kaum eine Rolle, da die Muldenlage mit häufigem Hangwasserzufluss einerseits und der gehemmt durchlässige Unterboden andererseits dafür sorgen, dass keine Austrocknung droht. Im Gegenteil sind hier auch die Grobporen sehr oft lange mit Wasser aufgefüllt, was Sauerstoffmangel und für einige Baumarten die damit verbundenen physiologischen Probleme verursacht (Buche, Fichte, Eibe?).

- Saugspannungsverlauf (Abb. 26 a und b)

Probefläche A:

Der obere Horizont hat aufgrund des Saugspannungsverlaufs die Tendenz, relativ schnell und oft in den Bereich schwerer Wasserverwertbarkeit zu geraten, und bei entsprechenden Trockenperioden unter Umständen empfindlich auszutrocknen (z.B. Anfang August bis Mitte September 1972). Der Bereich in 50 cm Tiefe hingegen war in beiden Messperioden wesentlich ausgeglichener und scheint nicht besonders gefährdet, so dass sich der Standort von der Wasserversorgung her im Unterboden und damit vor allem für Bäume und Sträucher als ausgeglichen erweist.

In Trockenjahren könnten allerdings noch nicht tief genug wurzelnde Bäumchen durchaus Schäden erleiden.

Probefläche B:

Der Mergelboden dieses typischen Eibensteilhanges hat die Tendenz, vor allem von unten her auszutrocknen, was ROTH (1979) für Böden von *Molinio-Pineten* entsprechend nachgewiesen hat. Bei unregelmässiger Verteilung der Niederschläge, z.B. durch Gewitter, befindet sich der Oberboden umgekehrt sehr schnell im Bereich nahe der Sättigung. Im Hinblick auf die relativ grossen Mittelporenvolumen erstaunt dies hier einigermassen und lässt sich wohl vor allem durch das Fehlen von Grobporen einerseits und durch die gehemmte Durchlässigkeit im Unterboden andererseits erklären: es entsteht wahrscheinlich ein Wasserrückstau, bevor das ganze Profil mit Wasser aufgefüllt ist. Während der beiden Messperioden wurde jedoch keiner der beiden Zustände über Zeiträume festgestellt, während derer der Wasserfaktor für empfindliche Baumarten zu

einem ökologischen Problem oder gar zum Minimumfaktor hätte werden können.

Die von ROTH gefundene Ursache der Ausschaltung der Buche auf extremen Mergelböden, der O_2 -Mangel bei Vernässung des Oberbodens, dürfte hier somit vor allem dank der weiter fortgeschrittenen Bodenentwicklung nicht eintreten.

Probefläche C:

Dieser Boden zeigt deutliche Unterschiede im Verlauf der Saugspannungskurven gegenüber den Standorten A und B: Die starke Tendenz zur profilumfassenden Wassersättigung ist für diesen Standort charakteristisch und für einige Baumarten während feuchter Wetterperioden gleichzeitig das ökologische Todesurteil. 1971 hätten sich aufgrund der Messungen zwar nur über kurze Perioden Sauerstoffprobleme im Boden ergeben, doch war der Boden 1972 vom Beginn der Vegetationsperiode bis Anfang August praktisch profilumfassend nahezu wassergesättigt. Hier kann sowohl die Buche wie offensichtlich auch die Eibe nicht mehr überleben, und zwar aus physiologischen Gründen (O_2 -Mangel).

c) Mesoklimatische Faktoren

Der Höhenunterschied zwischen Probefläche A (530 m) und C (425 m) von 105 m dürfte sich bezüglich Temperatur kaum bemerkbar machen, denn dem Temperatur-Gradienten laufen die Tatsachen entgegen, dass die Mulde der am tiefsten gelegenen Probefläche C mitten im kühlen Nordhang liegt, während sich Probefläche A bereits am Übergang zur wärmeren Plateaulage befindet. Insgesamt ist jedoch das kühle und eher lichtarme Nordhangklima ein signifikantes Merkmal aller drei Standorte.

d) Der Einfluss des Wildes

Allgemein ist der Wildbestand am "Unterwilerberg" sehr hoch. Die Gebiete der beiden oberen Probeflächen A und B sind reich mit Wildwechseln durchsetzt und es wurden öfter auch Rehe beobachtet. Im *Aceri-Fraxinetum* bei der Probefläche C fehlen entsprechende Indizien, da vermutlich vor allem Bärlauch im Frühjahr keine gute Aesung ist, was auch KLÖTZLI (1965) aufgrund des als sehr gering festgestellten Blattverbisses bestätigt.

Nach KLÖTZLI (1965) ist die Gesamtaktivität des Rehwildes in dieser Ausbildung des Ahorn-Eschenwaldes niedrig. Ob der weiche, nasse Boden dabei auch eine Rolle spielt, ist mir nicht bekannt.

Bei Probefläche A sind viele Buchen-Dickungen vorhanden, die auch als Einstand benutzt werden. Trotzdem dürfte das Reh der hier gut vertretenen Verjüngung wesentlich weniger schaden, als in den fast kahlen Eibenbeständen (bei B), wo schon aus Gründen des Lichtmangels kaum etwas aufkommt. Einjährige Eibensämlinge sind in A und B zwar häufig zu beobachten, jedoch trifft man kaum je älteren Jungwuchs an.

Das Wild ist massgeblich für den totalen Ausfall des Eiben-Nachwuchses verantwortlich (vgl. auch KLÖTZLI 1965 u.a.).

e) Der Einfluss des Menschen

Probefläche A:

Der Wald wurde noch bis zur stehenden Baumgeneration als Mittelwald bewirtschaftet. Stockausschläge wechseln mit Kernwüchsen ab. Die Bewirtschaftung wird heute als normale Auslesedurchforstung betrieben. Der Bestand dürfte in den nächsten 10-20 Jahren verjüngt werden.

Der lokale menschliche Einfluss auf den Boden ist, wie unter a) erwähnt, für die Eigenschaften dieses Standorts mindestens so bedeutungsvoll wie die Einwirkungen auf den Bestand selbst.

Probefläche B:

Der geringe wirtschaftliche Wert des Eibenbestandes in neuerer Zeit sowie seine extreme Steilhanglage hat den menschlichen Einfluss gering gehalten. Eher ist der Eibe seit geraumer Zeit hier Schutz und Hege der Waldbauer zuteilgeworden, gibt es doch kaum sonst irgendwo in der Gegend so alte und schöne Eibenwälder. Stöcke, die auf frühere Nutzungen hinweisen, sind kaum anzutreffen. Der Begriff Urwald ist nahezu angebracht.

Probefläche C:

Die erwähnte Hangrutschung ist wohl die Hauptursache für die Entstehung dieses Bestandes vor 30-40 Jahren. Ob die alten Bäume damals geschlagen wurden oder abstarben, konnte ich nicht herausfinden. Reichliche Unterpflanzungen mit Fichten, die allesamt eingegangen sind, weisen auf ein eher unglückliches menschliches Eingreifen bei der Bestandesverjüngung hin. Der heutige Ahorn-Eschenbestand ist dagegen ein gut gepflegtes, starkes Stangenholz, das vermutlich aus Naturverjüngung stammt.

4.1.1.2. Untersuchungsgebiet "Weid" bei Erlinsbach

Auch dieses Waldreservat ist ein Glücksfall für ökologische Untersuchungen, ändern sich doch über die fünf ausgewählten Standorte hinweg einzig die edaphischen Verhältnisse.

a) Pflanzensoziologie (Abb. 11 und 12)

Probefläche E (Aufnahme-Nr. 36 in der Vegetationstabelle):

Typischer Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum typicum*, 12)

mit Anklängen an den Typischen Weisseggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum typicum*, 14), der weiter östlich den Hang grossflächig überzieht (*Cephalanthera alba*, *Convalaria majalis*, *Neottia nidus-avis*).

Die Buche gedeiht hier optimal und beherrscht klar die Oberschicht. Die Eibe ist vereinzelt vorhanden, vermutlich aber aus Gründen der Bewirtschaftung untervertreten.

Probefläche F (Aufnahme-Nr. 37 in der Vegetationstabelle):

Typischer Zahnwurz-Buchenwald, artenarme, sehr flachgründige Variante (*Cardamino-Fagetum typicum*, 12a^a)

Gegenüber E in der Krautschicht nur negativ definierbar: Lichtarmut unter *Taxus* und Laubstreu lassen nur einen kümmerlichen Bodenbewuchs zu. Im Unterschied zu E auffällig zweischichtiger Bestandesaufbau, wobei die Unterschicht durch einen 15-20 m hohen Eiben-Nebenbestand gebildet wird.

Die auffällige Dominanz der Buche in der Baumschicht erstaunt eigentlich im Hinblick auf die kärglichen edaphischen Bedingungen. Es ist anzunehmen, dass sie wirtschaftlich besonders gefördert wurde. Offensichtlich ist jedoch auch die geröllarme Bodenoberfläche für die Buche sehr günstig.

Probefläche G (Aufnahme-Nr. 21, 22 in der Vegetationstabelle):

Lindenreicher Zahnwurz-Buchenwald, Immenblatt-Variante (*Cardamino-Fagetum tilietosum*, 13e)

Mit dem *Tilieto-Fagetum* von MOOR (1952) nahe verwandt, obschon auf atypischer Südlage.

Die Südlage bewirkt eine auffällige Verwandtschaft zu wärmeliebenden Lindenmischwäldern, wie sie TREPP (1947) aus nordalpinen Föhntälern beschrieben hat (*Asperulo taurinae Tilietum*). Die Buche ist auf dem Blockschnitt nur noch sehr beschränkt konkurrenzfähig, wodurch für Arten wie Sommerlinde, Spitzahorn, Hagenbuche, *Ulme*, Esche, Bergahorn, Traubeneiche und Eibe ein ökologischer Freiraum entsteht. Der auffällige Moosbewuchs von bis zu 40 % Deckungsgrad auf groben Blöcken wäre nach MOOR (1952) ein typischer Hinweis auf den Hirschzungen-Buchenwald. Für das ihm standörtlich nahe verwandte "Tilieto-Fagetum" fehlen hier typische Standortsfaktoren, die nach MOOR entscheidend sind (z.B. Schutt-rieseln). Der Standort nimmt daher in mancherlei Hinsicht eine soziologische Zwischenstellung ein.

Probefläche H (Aufnahme-Nr. 38 in der Vegetationstabelle):

Typischer Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum typicum*, 12)

Sehr flachgründige Variante, standörtlich tiefgründiger, aber ärmer bezüglich Nährstoffversorgung als F. In der artenreichen, nur 25 m hohen Baumschicht fällt die Buche anteilmässig deutlich zurück, zugunsten von Esche, Spitzahorn, Traubeneiche und Linde. Sogar Nebenbestandarten wie Eibe und Hagenbuche nehmen stellenweise am Aufbau der Oberfläche teil. Die Linde tritt gegenüber G stark zurück zugunsten mässig vitaler Buchen. Die Krautschicht enthält nebst einigen Arten mittlerer Standorte (*Asarum europaeum*, *Phyteuma spicatum*) auch wärmeliebende und trockenheitsertragende Pflanzen wie *Melittis melissophyllum*, *Melica nutans*, *Acer campestre*, welche den Übergang zu I markieren.

Stellenweise kann eine Verwandtschaft zum "Lithospermo-Quercetum" festgestellt werden, wie dies auch RICHARD (1960) erwähnt.

Probefläche I (Aufnahme-Nr. 189-193 in der Vegetationstabelle):

Kalkfels-Föhrenwald (*Daphno-Pinetum*, MOOR 1972, ≈ *Coronillo-Pinetum*, RICHARD 1972)

Die extreme Kretenlage auf teils blossem Kalkfels ist kein Waldstandort im engeren Sinne.

SCHWEINGRUBER (1973) hat aus den seenahen Föhntalgebieten des Brienzer- und Vierwaldstättersees ähnliche Gesellschaften beschrieben.

Auf der eigentlichen Krete herrscht die Waldföhre (*Pinus silvestris*) in bizarren, windgezeichneten, stark drehwüchsigen Formen. Mehr als 50 % des 1-5 m breiten Gratstreifens ist baumlos, der Boden von einem dichten Blaugras-Weisseggenrasen bedeckt, der viele wärmeliebende, sonst anspruchslose Arten enthält (vgl. *Potentillo-Hieracetum*, RICHARD 1972). Der Waldsaum, der den Uebergang zum südlich anschliessenden Bestand bildet, ist ökologisch teilweise noch zum Standort I zu zählen. Er enthält ebenfalls wärme- und kalkliebende Arten wie *Coronilla vaginalis*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, *Sorbus aria*, *Tilia platyphyllos*, *Taxus baccata*, *Carpinus betulus* usw. Die Uebergangzone, die einen in der Breite wechselnden Saum zwischen dem Grat und dem eigentlichen Bestand bildet, ist dem Blaugras-Buchenwald (*Seslerio-Fagetum*, 16) zuzurechnen. Er besiedelt jedoch nirgends genügend grosse Flächen, um in typischer Ausbildung aufzutreten.

b) *Boden* (vgl. Profile Abb. 15 und 20)

Im Unterschied zum "Unterwilerberg" sind hier alles Kalksteinrendzinen verschiedener Ausbildungen vorhanden. Ihr Skelettanteil ist auf Kosten der Feinerde signifikant höher.

- Bezeichnung und Profilaufbau (Abb. 15)

Probefläche E:

gut ausgebildete Kalksteinrendzina (KSR)
(L)/H/A/A-E/E-(B_T)/C

Probefläche F:

flachgründige, tonreiche Kalksteinrendzina
(H)/A/E/B_T/C

Probefläche G:

extrem skelettreiche Kalksteinrendzina
(L)/H/A/A-B_T/C-B_T

Probefläche H:

sehr flachgründige, tonreiche Kalksteinrendzina, rostfarben
L/(H)/A/A-B_T/B_T/C

Probefläche I:

ansatzweise entwickelte Kalksteinrendzina, teils Fels
(L)/A/A-E/C

- Streu

Probefläche E:

Einjährige, lockere Buchenlaubstreu mit Uebergängen zu Moderpaketen.

Probefläche F:

Mehrlagige Buchenstreu, zum Teil in Moderpakete übergehend.

Probefläche G:

Streu gering, nur in vereinzelten Mulden zwischen Blöcken, vor allem unter Buchen.

Probefläche H:

Lockere Buchenstreu, einjährig.

Probefläche I:

Nur lokal etwas vertrocknetes Laub, das nicht weggeweht wurde.

- Feinerdekörnung und Skelett (Abb. 20)

Probefläche E:

Staub- und Sandfraktion vorherrschend, im Oberboden etwas Ton.

Probefläche F:

Deutlich mehr Ton als bei E in Tiefen unter 20 cm, extrem hoher Skelettanteil ab 20 cm.

Probefläche G:

Im Oberboden herrscht Staub und Sand vor, allerdings durch den sehr hohen Humusanteil mittels Fühlprobe schwer erkennbar. Ab 40 cm vor allem tonreiche Adern zwischen Skelett.

Probefläche H:

Schon ab 10 cm hoher Tonanteil in den sehr geringen Mengen an vorhandener Feinerde.

Probefläche I:

Geringer Verwitterungsgrad des Gesteins, sehr wenig Tongehalt in der spärlichen Feinerde.

| Tiefe | Skelettanteil (Vol.%) | Probeflächen | | | |
|-------|-----------------------|--------------|------|------|------|
| | | E | F | G | H |
| 20 cm | Steine (0,2-5 cm) | 38 % | 22 % | 17 % | 34 % |
| | Blöcke (> 5 cm) | 14 % | 53 % | 32 % | 25 % |
| | Total | 52 % | 75 % | 49 % | 59 % |
| 50 cm | Steine (0,2-5 cm) | 25 % | 11 % | 7 % | 12 % |
| | Blöcke (> 5 cm) | 25 % | 74 % | 41 % | 58 % |
| | Total | 50 % | 85 % | 48 % | 70 % |

(in Probefläche I nur Felduntersuchungen)

Alle Böden haben 50 Volumenprozent oder mehr Skelettanteil, mit den zugehörigen Skelettporen noch wesentlich mehr. Erstaunlich ist, dass der Blockschuttboden, dessen Physiognomie (bis an die Oberfläche ohne Feinerdeschicht) von weitem auffällt, von den vier Böden in beiden untersuchten

Tiefen die geringsten Skelettanteile besitzt. Das bis in die Tiefe lockere Steingefüge ("geschüttet", statt am Ort verwittert) enthält offensichtlich mehr feinerdegefüllte Hohlräume, als die übrigen, flachgründigen Juraböden. Die Verhältnisse im Oberboden entsprechen diesbezüglich denjenigen der gut entwickelten Rendzina von E.

- Gefüge, Verdichtung

Probefläche E:

Einzelkorn bis feinkörnig. Feste Kalcium-Humat-Krümel mit teils blockiger Textur. Lockerer Profilaufbau.

Probefläche F:

Blockiges Gefüge, ab 25 cm sehr stark verdichtet.

Probefläche G:

Feinerde im trockenen Zustand feinkörnig und locker, bei Nässe sofort pastig-schmierig. Ab 50 cm blockiger "Spaltenkitt", sehr stark verdichtet zwischen den Blöcken.

Probefläche H:

Bis ca. 20 cm vorwiegend Einzelkörner, weiter unten zunehmend pastig in Spaltenfugen.

- Kalkgehalt (Abb. 16)

Probefläche E:

Kalkgehalt in Feinerde und Skelett profilmfassend sehr hoch: höchste Werte aller gemessenen Böden (ausser N in "Chläbhalde").

Probefläche F:

Bis ca. 25 cm praktisch karbonatfrei.

Probeflächen G und H:

Die geringen Kalkgehalte in der Feinerde von G und H fallen vor allem gegenüber E auf. Feinerde bis 30 cm weitgehend entkarbonatet.

| Boden-tiefe | Probeflächen | | | |
|-------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | E | F | G | H |
| 20 cm | 44,9 % (37-51 %) | 4,5 % (1,9-8,3 %) | 4,0 % (2,9-4,6 %) | 0,4 % (0-1,4 %) |
| 50 cm | 67,0 % (61-76 %) | 23,7 % (21-26 %) | 2,9 % (1,6-5,1 %) | 2,4 % (0-5,6 %) |

(Ca-Gehalt in % des Trockengewichts der Feinerde)

- pH (Abb. 16) (* Durchschnitte von je 4 Werten)

| Boden-tiefe | Probeflächen | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | E | F | G | H |
| 20 cm | 8,0 * (8,0-8,2) | 7,9 * (7,7-8,1) | 7,8 * (7,7-7,8) | 7,5 * (7,1-7,8) |
| 50 cm | 8,1 (8,0-8,2) | 8,0 (7,9-8,1) | 7,8 (7,7-7,9) | 7,7 (7,6-7,9) |

- biologische Aktivität

Probefläche E:

- Bis 40-50 cm sehr gut, solange Feuchtigkeit vorhanden ist.
- Nebenwurzeln bis zur Aufschlussstiefe in 100 cm.
- Würmer vor allem in den obersten 40 cm, jedoch bis 60 cm vorhanden. In Trockenzeiten vermutlich noch tiefer gehend.

Probefläche F:

- Mässig bis gering aktiv, ab 25 cm schlecht.
- Nebenwurzeln bis 50 cm feststellbar, Hauptwurzeln nur bis 30 cm.
- Wurmtätigkeit nur in den obersten 10-15 cm.

Probefläche G:

- Da, wo Feinerde vorhanden ist, ausserordentlich hohe Aktivität.
- Nebenwurzeln bei 10-30 cm netzartig, sehr dicht, Hauptwurzeln noch bei 70 cm und tiefer, jedoch sehr oft "eingeqetscht" zwischen blossem Skelett.
- Würmer z.T. sehr intensiv tätig, Riesenexemplare von 20 cm Länge und 1 cm Dicke (!) nicht selten, bis 60 cm feststellbar.
- Die Laubstreu wird sehr rasch abgebaut.

Probefläche H:

- Unter 20 cm geringe bis keine Aktivität.
- Bei ca. 20 cm Ansammlung sehr vieler Nebenwurzeln, darunter wenige Hauptwurzeln in Felsspalten und Blöcke eingezwängt, bis ca. 40 cm (und vermutlich teilweise noch viel tiefer).
- Wurmtätigkeit nur in den obersten 20 cm festgestellt, spärlich.

- Humusgehalt (Ergebnisse siehe Abb. 17)

Die hohen prozentualen Humusanteile dieser Böden dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die vier Böden von "Weid" allesamt wesentlich geringere absolute Humusmengen pro Fläche aufweisen als jene vom "Unterwilerberg". Obschon die schwarze Feinerde von G beispielsweise fast zur Hälfte aus Humus besteht, steht dieser Boden von allen sieben untersuchten Böden nur an fünfter Stelle bezüglich Humus- bzw. Nährstoffangebot. Der teilweise extrem hohe Skelettanteil führt zu sehr geringen Feinerdemengen und ist etwa im Falle von G ausserdem für den Spezialstandort verantwortlich. Wenn hoher Skelettanteil und extreme Flachgründigkeit (geringe Aufschlussstiefe) zusammenfallen (z.B. bei F, H und I), werden die Standorte sehr unproduktiv.

- Stickstoffhaushalt (N) (Ergebnisse siehe Abb. 12 und 19)

Ein ähnliches Bild wie beim Humus ergibt sich beim pflanzenverfügbaren, beziehungsweise pro Zeiteinheit in mineralisierter Form angebotenen Stickstoff: der deutlich aktivste Boden ist G, während die Brutversuche für die Böden von "Weid" sonst vergleichsweise ungünstig abschneiden. Bei F und H dürfte dies mit der Flachgründigkeit und der teilweisen Austrocknung der sonst aktiven oberen Bodenschichten zusammenhängen. Im Oberboden bildet einzig G zeitweise nennenswerte NH_4 -Mengen (Ammoni-

um), während der Stickstoff sonst in Nitratform (NO_3) angeboten wird. Unter Berücksichtigung der Feinerdemenge pro Fläche entsteht dasselbe Bild wie beim Humusangebot, jedoch noch extremer: es handelt sich bezüglich Stickstoff um arme bis sehr arme Standorte, mit Ausnahme von G, der eine Mittelstellung im Vergleich zu anderen Waldstandorten einnimmt.

- Luft- und Wasserhaushalt (Abb. 21 e-h, 22 b, 23, 24, 25)

Vorgängig seien nochmals die grossen methodischen Probleme betont, die sich bei der Untersuchung des Wasserhaushaltes skelettreicher Böden ergeben (vgl. 3.2.3.2. a+b, sowie MEYER 1976).

Porenverteilung der Feinerde, Desorptionskurven:

Am stärksten springt der grosse Grobporenanteil dieser Bodentypen ins Auge; umgekehrt erstaunt aber auch der im Vergleich zu den Mergelböden vom "Unterwilerberg" etwa gleichhohe Feinporenanteil (Tonfraktion). Insgesamt besitzen die Böden von "Weid" ein grösseres prozentuales Porenvolumen in der Feinerde, was zu einem guten Teil eine Folge der Schüttung der Bodenproben sein dürfte (nicht natürliche Lagerungsdichte bei Entnahme der Proben).

Ein Vergleich des Kurvenschwarms der Böden vom "Unterwilerberg" und von "Weid" ergibt auf den ersten Blick, dass alle vier letzteren Böden ein wesentlich höheres entwässerbares Porenvolumen aufweisen (Abb. 22a+b). Der Kurvenknick liegt im Bereich von 0,1 atm, d.h. das meiste Wasser ist in Grobporen enthalten und daher als Gravitationswasser der Pflanze wenig nützlich.

Der Porenanteil im mittleren Bereich, also der Speicher pflanzenverwertbaren Wassers, ist dagegen auffallend kleiner als bei den Mergelböden. Die entsprechenden Volumenprozente nehmen nach folgender Reihe ab:

$$\begin{aligned} 20 \text{ cm: } & E > G > F > H \\ 50 \text{ cm: } & G > E > H > F \end{aligned}$$

Unter Berücksichtigung der sehr hohen %-Anteile des Skeletts am gesamten Bodenkörper sowie der Profiltiefen ergibt sich in absoluten Zahlen ein noch wesentlich schlechteres Bild:

| | E > G > H > F | | | |
|--------------------------|-----------------|-----|-----|--------|
| Oberboden | 17,6 | 6,8 | 1,2 | 0,4 |
| Unterboden | 1,4 | 2,7 | 1,3 | 0,2 |
| Total | 19,0 | 9,5 | 2,5 | 0,6 mm |
| Verhältnis (gerundet) | 32 : 16 : 4 : 1 | | | |

Es versteht sich, dass die extrem niedrigen Werte nur als Hinweise gelten können und nicht als exakte Messwerte einzustufen sind. Tendenziell lässt sich jedoch für diese Böden immerhin aussagen, dass die Speichervolumina für pflanzenverfügbares Wasser sehr klein sind. Die Pflanzen sind einerseits auf regelmässige Niederschläge angewiesen (häufige Som-

mergewitter am Jura-Südfuss), andererseits auf die Möglichkeit, durch ein reich verzweigtes Wurzelwerk in tiefe Gesteinsspalten vorzudringen, welche noch lange verfügbares Wasser enthalten. Die Bodenvegetation, welche nur in den obersten 10-20 cm wurzelt, wurde denn auch 1972 des öfters stark welkend angetroffen. Eindrücklich sind aber vor allem auch die Unterschiede des Wasserangebots von 1 zu 32 zwischen den Böden F und E.

Alle Niederschlagsmengen, welche die momentane Freikapazität des Mittelporenvolumens überschreiten, gehen grundsätzlich den Pflanzen als Gravitationswasser verloren, was in Anbetracht der minimalen Werte bei H und F fast bei jedem Regenfall eintreten dürfte. Wie weit die porösen Kalksteine als Wasserspeicher mitwirken, ist mir nicht bekannt.

Gemessene Niederschlagswerte in der Vegetationsperiode:

Σ 1971 : (12.6. - 29.11.) 357,5 mm

Σ 1972 : (10.4. - 27.11.) 555,6 mm (nur ab 12.6.72 : 431,6 mm)

- Saugspannungsverlauf (Abb. 27 a+b)

Probefläche E:

Der Kurvenverlauf weist in beiden gemessenen Jahren, vor allem 1972, eine ausgeprägte Tendenz zur Austrocknung des Unterbodens auf. Während der Oberboden auf die fallenden Niederschläge sofort reagiert und den Saugspannungsverlauf im mittleren, für die Pflanzen günstigen Bereich hält, treten in 50 cm Tiefe über teils recht lange Zeitspannen (bis 2 1/2 Monate) gemessen knappe, jedoch selten extreme Wasserverhältnisse auf.

Wie stark die Saugspannungen in diesen Phasen tatsächlich angestiegen sind, konnte mit dem Tensiometer allerdings nicht mehr zuverlässig verfolgt werden (Ueberschreitung des obersten Messbereichs bei den meisten Instrumenten). Ausgleichend wirkt auf diesem Standort die grosse Profiltiefe und der für die Böden von "Weid" relativ hohe Feinerdeanteil im Unterboden: der geringe verfügbare Wasseranteil muss mit dem entsprechenden Feinerdevolumen multipliziert werden.

(Ueberschreitung des obersten Messbereichs bei den meisten Instrumenten). Ausgleichend wirkt auf diesem Standort die grosse Profiltiefe und der für die Böden von "Weid" relativ hohe Feinerdeanteil im Unterboden: der geringe verfügbare Wasseranteil muss mit dem entsprechenden Feinerdevolumen multipliziert werden.

Die geringen Wassermengen im Unterboden könnten unter anderem auch mit dem vergleichsweise dichten Kronendach und den dadurch hohen Interzepitionsverlusten zusammenhängen. Die bis auf den Boden gelangenden Niederschläge würden demnach bei kurzen Regenperioden gar nicht bis in tiefere Bodenschichten vordringen. Im weiteren beträgt der Mittelporenanteil im Vergleich zum Oberboden nur knapp die Hälfte, so dass die Speicherkapazität im pflanzenverfügbaren Bereich recht gering ist. Das Phänomen des Austrocknens von unten her stellt diesen Boden ökologisch in die Nähe der Mergelböden am "Unterwilerberg": allerdings sind die pflanzenverwertbaren Wassermengen im Unterboden hier nur etwa halb so gross.

Probefläche F:

Der Oberboden weist eine deutliche Tendenz zu extremeren Wasserverhältnissen auf, als dies in 50 cm Tiefe der Fall ist. Die sprungartigen Reaktionen auf Niederschläge und Trockenheit sind schon aufgrund des sehr geringen Mittelporenvolumens zu erwarten: sobald das Gravitationswasser, das ca. 30 % des Feinerdevolumens ausmacht, abgeflossen ist, bleiben noch ganze 3 % des Feinerdeporenvolumens mit verwertbarem Wasser gefüllt. Das restliche Porenwasser ist mit mehr als 15 atm gebunden. Umso mehr erstaunt der ausgeglichene Saugspannungsverlauf in 50 cm Tiefe, wo ja nicht mehr Mittelporen vorhanden sind. Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass die meisten Bäume ihr dichtestes Wurzelnetz oberhalb 50 cm anlegen, weil das Bodenprofil sehr flachgrünig ist. Die meisten Saugwurzeln reichen also nicht bis in die tieferen Bodenschichten hinab, was eine umso schnellere Entwässerung der oberen Horizonte zur Folge hat. Vereinzelte starke Verankerungswurzeln, die den feinerdegefüllten Spalten entlang trotzdem in die Tiefe reichen, dürften in "Notzeiten" einen gewissen Wassernachschub für die Bäume sicherstellen. Im Hinblick auf den hier geringsten aller gemessenen Volumenanteile des Feinerdekörpers (Abb. 20) wäre diese Möglichkeit von besonderer physiologischer Bedeutung.

Probefläche G:

Der Verlauf der Kurven beider Messtiefen ist sehr oft nahe beisammen, wobei der Oberboden grössere Tendenz zu einer sprunghaften Charakteristik aufweist. In Trockenzeiten herrschen in beiden Horizonten sehr oft über längere Zeit hohe Saugspannungen, was in Anbetracht des geringen Feinerdevolumens (30 bzw. 8 %) eine sehr geringe absolute noch pflanverfügbare Wassermenge bedeutet. Diese Tatsache wird durch die ausserordentlich gute Krümelung und den für die Verhältnisse der Böden dieses Hanges relativ hohen Mittelporenanteil etwas abgeschwächt.

Probefläche H:

Auf diesem Standort, nahe der Hangkrete, wurde nur 1972 eine Saugspannungsreihe gemessen. Die äusserst hohen Skelettanteile (ähnlich wie bei F) haben grosse messtechnische Schwierigkeiten verursacht (Boaenkontakt), weshalb grosse Teile der Kurven, vor allem des Unterbodens, mit Vorsicht zu geniessen sind.

(Die künstliche Anhäufung von Feinerde um die Tonkerze dürfte wesentlich günstigere Verhältnisse bewirkt haben, als sie in Wirklichkeit vorhanden sind.)

Der Kurvenverlauf weist die grösste Ähnlichkeit mit jenem auf Versuchsfäche E auf. Die Verhältnisse sind aber in Wirklichkeit sicher wesentlich extremer, was schon rein quantitativ aus der verfügbaren Wassermenge des geringen Feinerdevolumens hervorgeht. Im übrigen ist die Bestokung viel lichter und niedriger, was auch eine geringere Bodenentwässerung durch Transpiration der Pflanzendecke bedeutet.

Die bei beiden Böden (E und H) gefundene Tendenz, eher vom Unterboden her auszutrocknen, ist einigermassen überraschend.

c) Mesoklimatische Faktoren

Alle Standorte, ausser jenen in Gratenähe, befinden sich in einem Meso-klima, das praktisch über den ganzen Hang homogen sein darf. Von der Höhenlage der Standorte sind kaum Unterschiede gegeben. Einzig die gratenahen Lagen sind klimatisch stärker exponiert, sowohl im Hinblick auf die Sonneneinstrahlung als auch bezüglich der Windverhältnisse. Diese Standorte sind durch eine sehr starke Verdunstung, d.h. Austrocknungsgefahr gekennzeichnet.

d) Der Einfluss des Wildes

Wie in den beiden anderen Untersuchungsgebieten ist der Wildbestand hier sehr hoch und darf laut forstlichen Schätzungen über 20 Rehe pro 100 ha liegen. Genaue Angaben aus diesem Gebiet fehlen jedoch. An den intensiven Aesungsspuren lässt sich dieser Tatbestand qualitativ überprüfen, insbesondere auch an der hoffnungslosen Stellung der zahlreichen Eibensämlinge. Verschiedene Rehwechsel führen quer durch alle Standorte, wo auch regelmässig Rehe zu beobachten sind. Einstandsmöglichkeiten im Unterholz bieten sich allerdings nur wenige an. Sie konzentrieren sich vor allem auf die waldsaumartigen Zonen entlang des Grats.

e) Der Einfluss des Menschen

Die Bestände sind nach übereinstimmender Ansicht der Förster und von J.L. Richard aus ehemaligem Niederwald hervorgegangen. Damit darf z.T. die Tendenz einer Uebervertretung von Lichtbaumarten (*Hagebuche, Eiche*) gegenüber dem Naturwald erklärbar sein. Es sind auch noch viele entsprechende Stockausschläge zu erkennen. Der Wirtschaftsplan von 1925 gibt ein Bestandesalter von durchschnittlich 26 Jahren an, wobei 60 % Buchen, 10 % Eichen und 30 % Tannen, Lärchen, Douglasien und Weymouts-föhren den Bestand aufbauten. Die Nadelhölzer durften fast ausnahmslos eingepflanzt worden sein und haben sich später z.T. sehr schlecht bewährt (Tannensterben 1948/49). Trotzdem nahm ihr Anteil an der Bestandesmasse bis 1965 noch zu:

| | | | |
|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Nadelhölzer = 36 % | : Tanne = 26 % | Laubhölzer = 64 % | : Buche = 46 % |
| | Föhre = 6 % | | Eiche = 6 % |
| | Lärche = 4 % | | übrige = 12 % |

(Angaben von Stadtoberförster Wehrli Aarau)

Diese Zunahme der Nadelholzmasse deutet auf eine waldbauliche Lenkung hin, welche die Nadelhölzer weiterhin auf Kosten der Buche stark begünstigt hat. In den letzten 10-20 Jahren scheint allerdings keine Bewirtschaftung mehr erfolgt zu sein.

4.1.1.3. Untersuchungsgebiet "Chläbhalde" bei Auenstein

a) Pflanzensoziologie (Abb. 13 + 14, Tab. 14)

Probefläche L (Aufnahme-Nr. 128-132 in der Vegetationstabelle):

Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt, "eibenreiche Variante" (*Pulmonario-Fagetum melittetosum*, 10)

Probefläche M:

Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt (*Pulmonario-Fagetum melittetosum*, 10)

Probefläche N:

Pfeifengras-Föhrenwald (*Molinio-Pinetum silvestris*, 61)

Probefläche 0:

Weisseggen-Buchenwald mit Uebergängen zum typischen Lungenkraut-Buchenwald (*Carici-Fagetum*, 14, *Pulmonario-Fagetum typicum*, 9)

Die Vegetationsaufnahmen der Probeflächen M-0 sind nicht in die Vegetations-tabelle dieser Arbeit aufgenommen worden, da sie keine Eiben enthalten (Original-Nr. in Diplomarbeit: Probefläche M: 6/7, Probefläche N: 8/9, Probefläche 0: 10).

Die soziologische Abgrenzung, wie sie in der Diplomarbeit provisorisch versucht wurde, war durch die Anzahl der damals gemachten Aufnahmen zu wenig abgesichert und ist nur sehr lokal brauchbar. Daneben bietet jedoch die Beschreibung der wichtigsten ökologischen Faktoren, wie sie damals analysiert wurden, gute Vergleichsmöglichkeiten. Dies vor allem, um dem nordexponierten Mergelhang "Unterwilerberg" die Verhältnisse eines entsprechenden Mergelhangs in Südexposition am Jurasüdfuss, also in ähnlicher topographischer Lage einerseits sowie die nicht mergeligen, gleich exponierten Flächen von "Weid" andererseits gegenüberstellen zu können.

b) Boden

- Bezeichnung und Profilaufbau (Abb. 15 + 20)

Probefläche L:

Mergelrendzina, skelettig-lehmmergelige Ausbildung mit etwas hartkal-kigem Skelett
(L)/A/A-E/C(IIC?)

Probefläche M:

Mergelrendzina, gut entwickelt mit relativ mächtigem Uebergangshorizont A-E (20 cm)
H(-A)/A/A-E/C

Probefläche N:

sehr tonreiche, schlecht entwickelte Mergelrendzina, kaum sichtbare Horizontdifferenzierung
L/(H)Nester/A/A-E/E/C/(IIC)

Probefläche 0:

gut ausgebildete Kalksteinrendzina
(L)/H/(H)-A/A/A/(E)/C

- Streu

Probefläche L:

Nadeln unter *Taxus*, sonst nur vereinzelte Laubstreunester.

Probefläche M:

Keine Streu.

Probefläche N:

Mehrjährige Streu, vor allem aus Föhrennadeln und Strohschicht aus vorjährigen Gräsern.

Probefläche 0:

Nur lokal etwas Buchenstreu.

- Feinerdekörnung und Skelett

Probefläche L:

Kalkmergel, ab 35-40 cm merklich abnehmender Verwitterungsgrad. Einzelne harte, unverwitterte Kalksteine. Tonfraktion profilumfassend "tonabbindend", im Oberboden etwas Staub und Sand beigemischt.

Probefläche M:

Im Oberboden vor allem Sand und Staub. Ab 30 cm Tiefe vorwiegend Lehm.

Probefläche N:

Staub nur in obersten 10-15 cm deutlich vorhanden, sonst sehr tonig-lehmig bis zum Muttergestein (Mergel).

Probefläche 0:

Profilumfassend sehr hoher Skelettanteil (bis 50 %), Sand- und Staubfraktion im Mullhorizont vorherrschend, in der Tiefe Tonanteil leicht zunehmend.

- Gefüge

Probefläche L:

A gut und stabil gekrümelt, (A-E) in nicht vernässtem Zustand gut gekrümelt, bei Wassergehalten nahe Sättigung klebrig. Übergang zur Struktur des Muttergesteins unscharf (aufgespaltene Mergelbänke).

Probefläche M:

Bis ca. 20 cm feinkörnig, meist gut aggregiert (Einzelkorn); unter 20 cm blockiges Gefüge.

Probefläche N:

Sehr schwache Krümelbildung; höchstens in den obersten 10-15 cm ansatzweise.

Probefläche 0:

Feinkörnig bis zum Muttergestein, in verdichteten Zonen zu blockigen Körnern zusammengepresst.

- Kalkgehalt (Abb. 16) (in % des Trockengewichts der Feinerde)

| Boden-tiefe | Probeflächen | | | |
|-------------|--------------|--------|----------|--------|
| | L | M | N | O |
| 5 cm | | | * 61,3 % | |
| 8 cm | 32,2 % | | | |
| 10-15 cm | | | 57,6 % | 35,4 % |
| 15 cm | | 28,3 % | | |
| 20 cm | 46,7 % | | | |
| 30-35 cm | | 47,7 % | | |
| 40-50 cm | | | | 47,2 % |

* Der höhere Wert in geringerer Tiefe deutet evtl. auf seitliche Zufuhr von Kalk hin (Hangwasser).

In drei Profilen wurde eine leichte Kalkauswaschung im Oberboden festgestellt, wobei die Werte aller vier Profile entsprechend der Herkunft des Muttergesteins immer noch sehr hoch liegen (Effingerschichten).

- pH (Abb. 16)

Die Werte sind sehr regelmässig leicht über 7, wobei in der Tiefe leicht höher, was auch mit den höheren Kalkgehalten übereinstimmt.

| Boden-tiefe | Probeflächen | | | | O |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|----|
| | L | M | N | O | |
| 20 cm | 7,2(7,15-7,25) 4* | 7,2(7,05-7,30) 4* | 7,3(7,15-7,35) 2* | 7,2(7,2) | 2* |
| 50 cm | 7,3(7,15-7,40) 4* | 7,4(7,20-7,45) 4* | 7,4(7,30-7,45) 2* | 7,4(7,3-7,4) | 2* |

* = Probenzahl

- biologische Aktivität

Probefläche L:

- Aktivität vor allem in den obersten 10 cm sehr gut, bei 25 cm gut.
- Hauptwurzelhorizont zwischen 10 und 25 cm, einzelne Feinwurzeln bis 60 cm, z.T. in Humustaschen.
- Wurmtätigkeit vor allem in den obersten 5 cm, vereinzelt bis in 35 cm Tiefe beobachtet.

Probefläche M:

- Die etwas tiefer gehende Humusdurchmischung als bei L lässt auf eine leicht höhere biologische Aktivität schliessen. Hauptwurzeln bis ca. 30 cm, Nebenwurzeln bis 60 cm.
- Wurmtätigkeit vor allem zwischen 0 und 20 cm, vereinzelt bis 45 cm.

Probefläche N:

- Humus nur bis 10 cm Tiefe vereinzelt feststellbar.
- Die Hauptwurzeln beschränken sich ebenfalls auf die obersten 10 cm, einzelne Nebenwurzeln reichen bis in 50 cm Tiefe.
- Praktisch keine Wurmtätigkeit feststellbar.

Probefläche 0:

- Humus bis gut 50 cm tief reichend.
- Hauptwurzeln bis 40 cm und mehr, Nebenwurzeln über 60 cm.
- Starke Wurmtätigkeit bis 40 cm, bis 60 cm vereinzelt noch feststellbar.

- Humusgehalt (in Gewichtsprozent der Feinerde und in Tonnen)

| Gewichtsprozent der Feinerde | Probeflächen | | | |
|---------------------------------|--------------|----------|---------|----------|
| | L | M | N | O |
| Bodentiefe: 5 cm | | | 4-5 %* | |
| 8 cm | 8 %* | | | |
| 15 cm | | 10 %* | 0 %* | 20 %* |
| 20 cm | 2 %* | | | |
| 35 cm | | 2 %* | | |
| 50 cm | | | | 4 %* |
| Gesamtgehalt ** | 160 t/ha | 250 t/ha | 25 t/ha | 165 t/ha |

* Geschätzte Werte in Gewichtsprozent der Feinerde

** Zum Vergleich Ueberschlagswerte in Tonnen/ha

Der Quervergleich der einzelnen Böden ist sehr schwer zu führen, da Horizonte mit analoger ökologischer Bedeutung analysiert wurden und die Werte somit immer für andere Tiefen gelten. Zieht man jedoch zur Gesamtbilanz die Horizontmächtigkeit bei, so ergeben sich sowohl innerhalb dieser 4 Böden wie auch im Hinblick auf die anderen Probeflächen vergleichbare Anhaltspunkte. Dabei wurden für die Mergelböden L, M und N ähnliche Annahmen getroffen, wie sie etwa für den Mergelboden B gelten, für O entsprechend etwa wie für E (Q_a , Feinerde-Anteile).

- Stickstoffhaushalt (vgl. Abb. 18 + 19)

Die 1969 anlässlich der Diplomarbeit ausgeführten Stickstoffmessungen unterlagen zwischen den einzelnen Probeentnahmen ausserordentlich hohen Schwankungen; die Werte stammen vom Feuchtkammer-Brutversuch und betreffen die N-Akkumulation N_{ak} (in g N/100 g Trockengewicht) unter Idealbedingungen während 6 Wochen (vgl. STEUBING 1965):

| Serie * | Probeflächen | | | | | | | |
|------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | L | | M | | N | | O | |
| | I | II | I | II | I | II | I | II |
| Bodentiefe: 5 cm | | | | | 0,34 | 0,67 | | |
| 8 cm | 6,92 | 1,53 | | | | | | |
| 15 cm | | | 7,26 | 1,45 | 0,50 | 0,85 | 8,64 | 2,75 |
| 20 cm | 6,27 | 1,12 | | | | | | |
| 30 cm | | | 4,36 | 2,12 | | | | |
| 50 cm | | | | | | | 6,15 | 1,74 |

* Serie I (11.4.69), Serie II (29.5.69)

Die Werte der ersten Serie (I) vom 11. April 1969 sind auffallend viel höher als jene der zweiten Ende Mai (II). Dies hängt vermutlich mit der sog. "Vernalisation" zusammen: bis zum Zeitpunkt der ersten Probeentnahme konnten offenbar die Reserven an totem organischem Material, die sich im Winter am Standort akkumuliert hatten, noch nicht vollkommen mineralisiert werden. Unter den optimalen Laborbedingungen ist nun vermutlich ein Abbau zu NO_3 direkt in einem Schub erfolgt. Auch die damals gefundenen, noch relativ hohen momentanen Werte an unvollkommen mineralisiertem N in Ammonium-Form (NH_4) weisen in derselben Richtung. Zum Vergleich mit den Proben der Probeflächen von "Weid" und "Unterwilerberg" (erste Entnahmen am 14.6.71) eignet sich daher die zweite Proben-Serie (29.5.69) wesentlich besser. Im internen Vergleich zwischen den Standorten von "Chläbhalde" bietet die Kalksteinrendzina am meisten pflanzenverfügbaren Stickstoff an, während der schwach entwickelte Mergelboden des Pfeifengras-Föhren-Waldes erwartungsgemäß deutlich am Schluss der Reihe steht:

NO_3 - Angebot: $0 > M > L \gg N$

Interessant sind die höheren Werte des Unterbodens der beiden Böden M und N, sogar in beiden Probenserien. Zum Vergleich seien hier jeweils die Werte jener beiden Böden der übrigen Probeflächen danebengestellt, welche in möglichst analoger Tiefe die ähnlichsten Juniwerte aufwiesen.

Probefläche L: $A_{20*} > L_{20} > F_{20}$
 $(1,45 > 1,12 > 1,08)$

Probefläche M: $A_{20} = M_{15} > F_{20}$
 $(1,45 = 1,45 > 1,08)$

Probefläche N: $F_{20} > N_{15} > H_{20}$
 $(1,08 > 0,83 > 0,75)$

Probefläche 0: $E_{20} > O_{15} > B_{20}$
 $(3,82 > 2,75 > 2,73)$ (* Index = Probentiefe)

Damit zeigt sich eine von der Exposition weitgehend unabhängige Verwandtschaft in der Stickstoffversorgung von ähnlich entwickelten Mergelrendzinen einerseits (extreme Nord- zusammen mit Südlagen) sowie eine gute Uebereinstimmung von Kalksteinrendzinen am Jurasüdfuss. Bei den beiden flachgründigsten und tonreichen Kalksteinrendzinen H und F herrschen ausserdem ähnliche Verhältnisse wie in der ebenfalls sehr flachgründigen und schlecht entwickelten Mergelrendzina (N).

Da während der Diplomarbeit nur zwei Proben im Laufe der Vegetationsperiode untersucht wurden, wäre eine Berechnung des Jahres-Stickstoff-Angebotes durch Schätzungen und Interpolation zu unsicher, um schlüssige Vergleiche zu den anderen Standorten anzustellen. Einzig kann der Einblick in die tatsächlichen Verhältnisse des Stickstoffangebots durch die Berücksichtigung der biologisch aktiven Profiltiefe (aufgeteilt nach Horizontmächtigkeit) noch etwas verbessert werden:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Probefläche L:} & 1,53 \times 16 \text{ cm} & = 24,5 \text{ cm} \\
 & 1,12 \times 18 \text{ cm} & = \underline{20,2 \text{ cm}} \\
 & & 44,6 \text{ cm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Probefläche M:} & 1,45 \times 20 \text{ cm} & = 29,0 \text{ cm} \\
 & 2,12 \times 20 \text{ cm} & = \underline{42,4 \text{ cm}} \\
 & & 71,4 \text{ cm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Probefläche N:} & 0,67 \times 10 \text{ cm} & = 6,7 \text{ cm} \\
 & 0,83 \times 10 \text{ cm} & = \underline{8,3 \text{ cm}} \\
 & & 15,0 \text{ cm}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Probefläche O:} & 2,75 \times 30 \text{ cm} & = 82,5 \text{ cm} \\
 & 1,74 \times 30 \text{ cm} & = \underline{52,2 \text{ cm}} \\
 & & 134,7 \text{ cm}
 \end{array}$$

(Ueberschlagsrechnung: 6 Wochen-Feuchtkammerwerte (in gN/100 g Trocken-gewicht) multipliziert mit der jeweiligen Horizontmächtigkeit ergibt einen relativen Vergleichswert.)

in einfachen Verhältniszahlen:

Probeflächen

$$L = 3 \quad M = 5 \quad N = 1 \quad O = 9$$

Die Reihenfolge bleibt also auch unter Berücksichtigung der Horizont-mächtigkeit unverändert:

$$O > M > L > N$$

- Luft- und Wasserhaushalt

Zu diesen Probeflächen wurden während der Diplomarbeit keine physikalischen Laboruntersuchungen vorgenommen. Es ist daher nicht möglich, genauere Aussagen über Skelettanteil, Feinerde und Porenverteilung zu machen, als dies in der morphologischen Bodenbeschreibung erfasst wurde. Tendenziell weisen jedoch die Böden von "Chläbhalde" zu den folgenden Böden der beiden Reserve die nächste Verwandtschaft auf:

| Probefläche | L | M | N | O |
|-------------|------|---------|-------|------|
| zu B | zu B | (und A) | keine | zu E |

- Saugspannungsverlauf (Kurven in LEUTHOLD 1969)

Probeflächen L und M:

Die Kurven dieser beiden Böden sind mit jenen von B ("Unterwilerberg") verwandt und bestätigen die Eigenschaft des Mergels, beim Ausbleiben von Niederschlag sehr bald nur noch schwer verwertbares Wasser (mit 0,8 - 15 atm gebunden) zu enthalten. Ebenso schnell ist jedoch das Mittelporenvolumen wieder aufgefüllt, so dass - mit Ausnahme von extremen Trockenjahren - wohl keine ernsthaften Austrocknungsprobleme auftreten. Die Profile scheinen umgekehrt auch genügend Grobporen zu enthalten

(gute Krümelung), um nach starken Niederschlägen bald wieder Sauerstoff zu enthalten, obschon vorübergehende Wassersättigung des Bodens doch öfter im Jahr vorkommen kann. Dem relativ sprunghaften Kurvenverlauf ist zu entnehmen, dass der prozentuale Anteil an Mittelporen, d.h. der Anteil an verwertbarem Wasser, sowie die absolute Menge des auffüllbaren Porenvolumens eher kleiner ist als bei B. Diese oft und schnell wechselnden Wasserverhältnisse scheinen einige Baumarten bereits in ihrer Konkurrenzschaft einzuschränken, so etwa Buche, Fichte und Tanne. Davon profitieren deutlich sonst konkurrenzschwächere Arten wie die Eibe oder die Mehlbeere. Die Verhältnisse in Probefläche M sind etwas ausgeglichener als in L.

Probefläche N:

Der sehr schwach entwickelte Mergelboden dieses Standortes weist einen extrem sprunghaften Saugspannungsverlauf auf, der die morphologischen Kenntnisse untermauert: Es gibt ein nur sehr kleines auffüllbares Porenvolumen und eine sehr geringe Menge an Mittelporen. Sowohl Regenfälle wie Trockenzeiten führen sehr schnell zu ökologischen Problemen für die Pflanzen, erstere bezüglich der O₂-Versorgung (-Mangel), letztere wegen des fehlenden Wassernachschubs.

Bei andauernden Regenfällen ist ohne weiteres anzunehmen, dassprofil-umfassend Sauerstoffmangel durch Vernässung eintritt, was nach ROTH (1979) eine der Hauptursachen für die Konkurrenzschwäche der Buche auf solchen Föhren-Standorten ist.

Probefläche O:

Dank der recht grossen "Wasser-Pufferung" dieses Bodens erweist er sich vor allem bezüglich Vernässung (O₂-Mangel) als unempfindlich. Die vielen Grobporen dürften kaum je mit Wasser aufgefüllt werden, was durch die sehr gute Durchlässigkeit des Unterbodens im Vergleich zu den drei Mergelböden (L, M, N) noch verstärkt wird. Umgekehrt ist eine latente Tendenz zur Austrocknung dieses Bodens deutlich erkennbar, wobei immerhin die grosse Profiltiefe einer tatsächlichen Austrocknungsgefahr günstig entgegenwirkt. Das Porenvolumen, in welchem noch (schwer)verwertbares Wasser enthalten ist, ist wesentlich grösser als bei flachgründigen oder noch skelettreicheren Böden. Trotzdem haben hier bereits verschiedene Baumarten wie Tanne, Ulme und Esche physiologische und dadurch Konkurrenzprobleme gegenüber der sehr vital gedeihenden Buche.

c) Mesoklimatische Faktoren

Ein auffälliges, durch das Relief bedingtes Merkmal unterscheidet den Standort L von den drei übrigen: L liegt auf einer Hangschulter mit nur geringer Neigung. Sie ist fast ausschliesslich mit dem untersuchten eibenreichen Lungenkraut-Buchenwald bestockt. Die Versuchung liegt nahe, diesen signifikanten Standortsunterschied an diesem sonst einheitlich steilen Hang als einen der entscheidenden Standortsfaktoren anzusehen, und zwar v.a. bezüglich der Wirkung auf das Mesoklima. So hatte ich in der Diplomarbeit vermutet, dass die weniger exponierte Südhanglage lokal ozeanischere Verhältnisse schaffe und damit die Eibe - auch aufgrund der dadurch begünstigten Bodenbildung - gefördert werde. Dies vor allem aufgrund der mir damals noch fehlenden Erfahrung (auch aus der

Literatur), dass Eibenbestände durchaus auch an steilen Jurasüdhängen gut gedeihen können. So auffällig dieses Merkmal im Unterschied zu den drei übrigen Standorten desselben Hanges ist, muss ich heute seinen ökologischen Einfluss auf die Begünstigung der Eibe stark relativieren, zumal ich keine weiteren Beispiele finden konnte, bei denen analoge Verhältnisse mit ähnlicher Wirkung hätten belegt werden können.

d) Der Einfluss des Wildes

Aehnlich wie in den beiden Untersuchungsgebieten "Unterwilerberg" und "Weid" wurde auch hier der Einfluss des Wildes nur anhand einiger Feldbeobachtungen und durch Aussagen des Forstpersonals miteinbezogen. Die Eibenverjüngung wird an ihrem Aufkommen konsequent gehindert und es besteht ebensowenig Zweifel wie andernorts, dass die hohen Wildbestände für das Fehlen einer jungen und mittleren Eibengeneration verantwortlich sind.

e) Der Einfluss des Menschen

Durch Dokumente (Wirtschaftspläne, Aussagen älterer Forstleute, etc.) ist die weit über 100-jährige Existenz dieser Wälder belegt. Ebenso ihre Nutzung, teils im Kahlschlag- teils im Mittelwaldbetrieb. Vor allem die Baumschicht des Eibenbestandes L sei nach einem teilweisen "Kahlhieb" aufgekommen, wobei einige Kernwüchse und vermutlich auch die (natürlichen) Eiben geschont worden seien. Der früher hohe Anteil an alten Nadelhölzern (Föhre, Fichte, Tanne) und Eichen wurde weitgehend durch Buche, Ahorn, Hagebuche, Esche und Mehlbeere abgelöst. Da nach Auskunft des früheren Gemeindeförsters und aufgrund aktueller Belege die Eibe früher im Gebiet für Rebstickel sehr beliebt gewesen war und neben ihrer Nutzung auch gehegt wurde, ist es durchaus denkbar, dass sie teilweise sogar angepflanzt oder zumindest zeitweise besonders geschont wurde. *Wenn dies im Hinblick auf spätere Nutzung geschah, so vermutlich mit Vorzug an eher zugänglichen, flachen und erschlossenen Stellen (Weg).*

Somit wäre der besonders vom Relief geprägte Eiben-Standort durchaus auch als anthropogen begründet oder zumindest stark beeinflusst erklärbar, begleitet durch besonders günstige ökologische Bedingungen. Diese Erklärung erscheint mir aus der heutigen Sicht eher die wahrscheinlichere als jene vorwiegend "natürliche" in meiner Diplomarbeit.

4.1.2. Oekologischer Vergleich der drei Untersuchungsgebiete und der Probe- flächen: entscheidende Standortsfaktoren

Die drei Untersuchungsgebiete weisen bezüglich der unabhängigen Standortsfaktoren nur im Relief und im Muttergestein Unterschiede auf. Beziüglich der Faktoren Grossklima, Organismen und Zeit sind sie praktisch identisch.

4.1.2.1. "Unterwilerberg" - "Chläbhalde"

Die beiden Mergelhänge "Unterwilerberg" (Baden) und "Chläbhalde" (Auenstein) unterscheiden sich vor allem durch die Hangneigung und die Exposition (Nord bzw. Süd). Letztere hat ein wesentlich anderes Lokalklima zur Folge: Der "Unterwilerberg" ist schattig kühl, während "Chläbhalde" im ausgesprochen warmen und einstrahlungsreichen, typischen Klima des Jurafusses liegt. Trotzdem sind eibenreiche Wälder an beiden Hängen möglich. Die tonreichen Mergelböden wirken aber derart dominant auf die Vegetations- und Standortsentwicklung, dass beiderorts ähnlich vitale Eibenbestände entstehen konnten (Probeflächen B und L). Die Buche und andere Hauptbaumarten sind in ihrer Konkurrenzkraft entsprechend zurückgedrängt. Sobald wir den Bereich des Mergelbodens verlassen und das Muttergestein zunehmend durch Jurakalke gebildet wird (A, 0), treten beiderorts Kalksteinrendzinen oder Uebergänge dazu auf, welche eine vermehrte Dominanz der Buche zulassen. Die Eibe wird sofort zurückgedrängt. Die ökologisch entscheidende Ursache dazu ist die Verbesserung des Wasser- und Lufthaushalts im Boden. Die absolute pflanzenverfügbare Wassermenge nimmt zwar trotz zunehmender Profiltiefe sogar ab, weil die Feinerdemenge aufgrund des grossen Skelettanteils wesentlich geringer ist. Die entscheidende Wirkung geht somit primär vom besseren Lufthaushalt (mit der Folge höherer biologischer Aktivität und Wurzelatmung) und nicht von der verfügbaren Wassermenge aus.

Aehnlich wie die verfügbare Wassermenge, ist auch der absolute Humusgehalt der Kalksteinrendzina kleiner als jener der Mergelböden (nur die prozentualen Anteile sind grösser). Dies ist für die Stickstoffversorgung noch ausgeprägter der Fall. Für die Konkurrenzkraft der Buche und anderer Hauptbaumarten spielt somit die gute Bodendurchlüftung eine wesentlichere Rolle als die Menge der vorhandenen Nährstoffe (in gewissen Grenzen).

Die extremeren Standorte C und N der beiden Untersuchungsgebiete beruhen auf einer entgegengesetzten Situation: ihre Böden neigen zu periodischer Vernässung und weisen einen schlechteren Lufthaushalt als die Eibenstandorte auf. Sie unterscheiden sich allerdings insofern stark, als der Boden von C wesentlich tonärmer, tiefgründiger und biologisch aktiver ist und in einer Mulde liegt, während bei N ein schlecht konsolidierter, kaum entwickelter tonreicher Mergelboden in einer Steilhanglage vorliegt. Der extreme Wasser- bzw. Lufthaushalt wirkt zwar in beiden Fällen vorwiegend für die Buche (und

Eibe) limitierend, bei C entsteht jedoch aufgrund des guten Nährstoffangebots ein produktiver Ahorn-Eichenwald, wogegen auf N nur ein kärglicher Pfeifen-gras-Föhrenwald mit unvollkommenem Kronenschluss zu gedeihen vermag.

Die beiden eibenreichen Standorte B und L sind physiognomisch und auch pflanzensoziologisch recht verschieden, namentlich was die Krautschicht betrifft. In der Baumschicht sind die Unterschiede hinsichtlich Artenkombination und Aufbau eher gering.

Die ökologisch auffälligsten Unterscheidungsmerkmale, Exposition und Hangneigung prägen den Baumbestand somit wesentlich weniger als das gemeinsame Merkmal des ähnlich entwickelten Mergelbodens. Der von BACH (1950) und MOOR (1952) angeführte "entscheidende" Standortsfaktor Exposition für "Taxo-Fagetum" in der Montanstufe des Mittellandes wird durch diese Tatsache stark relativiert.

4.1.2.2. "Unterwilerberg" - "Weid"

Zwischen diesen beiden Gebieten variieren vor allem die Exposition (N bzw. S), das Muttergestein (Mergel bzw. Kalk), die Hangneigung und die Höhenlage (um ca. 140 m). Die eher zurücktretende Wirkung der Exposition für die unterschiedlichen Eibenstandorte wurde bereits erwähnt. Auch der vorhandene Höhenunterschied hat hier keinen nennenswerten Einfluss, zumal die höhergelegenen Standorte der "Weid" auch noch nicht zur oberen Montanstufe zu zählen sind, in der BACH und MOOR eine spezielle Subassoziation, das *Taxo-Fagetum festucetosum*, als Höhenvikariat abgetrennt haben. Ausserdem wirkt hier zwischen dem tiefer gelegenen N-Hang und dem S-Hang die Exposition klimatisch leicht ausgleichend zur Höhenlage. Es bleiben als Hauptunterschiede das Muttergestein und die Hangneigung. Die bestimmende Wirkung des Kalkgesteins und des Mergels auf Standort und Vegetation wurde an den Beispielen "Chläbhalde" und "Unterwilerberg" sowie im Kommentar zu den Ergebnissen (Kap. 4.1.) bereits besprochen. Die mit dem Muttergestein teilweise verkoppelte Hangneigung ist ein weiterer wichtiger Standortsfaktor, der die beiden Reservate unterscheidet. Er wirkt in zweierlei Hinsicht auf den für die Eibe entscheidenden Lichtfaktor im Bestand ein: einmal direkt, indem bei extremen Steilhanglagen wie am "Unterwilerberg" wesentlich mehr Seitenlicht in den Bestand eindringt. Damit kann die Eibe in Bestände "schlüpfen", deren Buchendach unter ebenen

Verhältnissen vermutlich zu wenig Licht einfallen liesse. Hier liegt also zum ersten einmal ein Begünstigungseffekt der Eibe, nicht v.a. eine Schwächung der Buche vor. Trotzdem wirkt in zweiter Linie das extreme Relief doch auch direkt über die Schwächung der Konkurrenzkraft der Buche, wobei hier vor allem die Verbindung des Mergels mit der Steilhanglage zu schlecht konsolidierten Bodenverhältnissen führt, die ihr Mühe machen.

Im Gegensatz zur "Weid" sind es am "Unterwilerberg" also weder die Flachgründigkeit noch die teilweise damit verknüpften Probleme der Wasserversorgung, die der Vitalität der Buche entgegenwirken, sondern vor allem verschiedene, grösstenteils bodenmechanische Auswirkungen des Reliefs.

Als weiteres neues Element kommt bei der "Weid" hinzu, dass hier nun unter den Kalksteinrendzinen auch extreme und mergelfreie Ausbildungen vertreten sind, deren flachgründige Profile fast nur noch aus Kalkskelett bestehen (F, H, I). Hier geraten wir in den Bereich akuter Austrocknungsgefahr: die pflanzenverfügbare Wassermenge kann zum Minimumfaktor werden. (Umgekehrt entfällt hier, im Unterschied zu den Mergelböden, die Gefahr von Sauerstoffmangel im Wurzelbereich bei hohen Niederschlagsmengen.) Trotzdem wurde hier nur auf den extremsten dieser Standorte nochmals ein deutlicher Rückgang der Vitalität der Buche beobachtet, während die Eibe, zumindest in einzelnen vitalen Exemplaren, mit Eichen, Föhren und Elsbeere bis auf fast nackte, nicht mehr eigentlich waldfähige Felsstandorte wacker durchhält (Coronillo – Pinetum, RICHARD 1972). Die Eibe erweist sich vor allem bei dieser Art von Extremstandorten als in höchstem Masse überlebensfähig. Als Spezialstandorte sind auch die grobblockigen Schutthalden zu betrachten, die den Hang der "Weid" über beträchtliche Flächen überziehen. Auch hier ist die Buche nicht konkurrenzfähig, da zu wenig Feinerde vorhanden ist. Offensichtlich kommt es jedoch zusätzlich zur Menge der im Hauptwurzelhorizont vorhandenen Feinerde auch wesentlich auf deren Verteilung im Boden an. Denn auf den Böden von F und H mit den extremsten Skelettanteilen ist die Buche gut, bei F sogar sehr stark vertreten, während sie auf dem bis zur Oberfläche reichenden Blockschutt (mit sogar etwas mehr Feinerde dazwischen) bestenfalls an bestimmten günstigen Stellen gerade noch gedeiht. Die obersten 10-20 cm der Böden bei H und L bestehen immerhin aus einem kompakten, wenn auch sehr flachgründigen Feinerdekörper, welcher

für die Buche offenbar wesentlicher ist als die absolute Menge an Feinerde. Die Struktur und Beschaffenheit des Wurzelwerks der Baumarten dürfte hier eine ausschlaggebende Rolle spielen. Der Buche scheint es schlecht zu gelingen, die lose und weit zwischen den Skelettbrocken verteilte Feinerde zu erschliessen und sich darin genügend zu verankern. Die Linde ist dafür ein ausgesprochener Spezialist und beherrscht hier – neben Esche, Traubeneiche, Ulme, Hagebuche, Spitz- und Bergahorn – die obere Baumschicht. Nur vereinzelte Buchen halten mit. Die Eibe bildet jedoch, vor allem zusammen mit der Hagebuche, eine gut ausgebildete, vitale Unterschicht, die beweist, wie gut sich die beiden Arten an diese edaphischen Spezialbedingungen anpassen können.

Die vitalsten Vorkommen der Eibe im Untersuchungsgebiet "Weid" sind jedoch auf Standort F zu finden, deren flachgründige Kalksteinrendzina einen immerhin 25-30 m hohen Buchenbestand trägt, durchsetzt mit Bergahorn, Linde, Esche und Waldföhre.

Wird die Kalksteinrendzina tiefgründiger (E), so tritt die Eibe unter dem Schirm der absolut herrschenden Buche sofort stark zurück.

4.1.2.3. "Weid" – "Chläbhalde"

Die beiden benachbarten Jura-Südhänge weisen neben einem durchschnittlichen Höhenunterschied von 130 m vor allem Unterschiede im Muttergestein auf.

Das Fehlen der Eibe auf der Kalksteinrendzina in "Chläbhalde" ist mit Bestimmtheit nicht auf lokalklimatische Unterschiede (Höhenlage), sondern vielmehr auf die Tatsache zurückzuführen, dass dieser Standort (0) zu gut und die Buche entsprechend zu vital ist, um der Eibe einen Existenzraum zu überlassen. Ein Standort mit vergleichbar "schlechter" Kalksteinrendzina wie auf der "Weid" wurde bei "Chläbhalde" nicht untersucht.

Auch hier ist das Muttergestein die Hauptursache für die verschieden ausgebildeten Eibenbestände: auf Mergel ("Chläbhalde") entstehen stark mit denjenigen am "Unterwilerberg" verwandte, also *Taxo-Fagetum*-ähnliche Bestände; auf Kalkstein finden sich eibenreiche *Cardamino*- und *Carici-Fagetum*-Ausbildungen bis hin zum extremen *Coronillo-Pinetum* oder zum *Taxus*-reichen *Tilio-Fagetum*.

Zusammenfassend können aus dem Standortsvergleich der drei Untersuchungsgebiete folgende, für die Eibe wesentlichen Feststellungen abgeleitet werden: Die entscheidenden Chancen für die Eibe liegen in besonderen Verhältnissen des Reliefs oder des Muttergesteins, sowie in deren Zusammenwirken. Diese Chancen sind:

1. Begünstigung der Eibe, mehr oder weniger unabhängig von der Vitalität der Buche, aufgrund des Einfalls von Seitenlicht in extremen Steilhanglagen, wie "Unterwilerberg", Standort B.
Ursache: Relief (Steilheit)
2. Begünstigung der Eibe durch besonders luftfeucht-kühles ("lokal-ozeanisches") Klima, wodurch die empfindlich reagierenden Spaltöffnungen bei Tag länger geöffnet bleiben und dadurch eine bessere Assimilationsbilanz erreicht werden kann, z.B. am "Unterwilerberg".
Ursache: Relief (Exposition)
3. Schwächung der Buche durch extrem steile Hangneigungen, kombiniert mit einem Material des Muttergesteins, das in Bewegung ist (z.B. periodisch fliessende Mergel oder Kalkgeröll). Im Fall "Unterwilerberg", Standort B, dürfte zusätzlich zur rein mechanischen Komponente eine ungünstige Wirkung von den doch oft wechselnden Wasserverhältnissen im Boden ausgehen (wenn auch nicht so extrem, wie bei "Chläbhalde").
Ursache: Relief und Muttergestein
4. Schwächung der Buche durch periodischen oder dauernden Sauerstoffmangel (Wassersättigung) im Boden. Hierzu ist allerdings zu sagen, dass die Eibe diesbezüglich vermutlich nur unwesentlich mehr permanenten Sauerstoffmangel im Boden erträgt (Randzone zu Standort C am "Unterwilerberg"). Vernässung des Bodens kann sowohl durch das Muttergestein (gehemmte Durchlässigkeit), als auch durch das Relief (Muldenlage) bedingt sein.
Ursache: Muttergestein oder/und Relief
5. Schwächung der Buche durch stark wechselnde Verhältnisse im Boden zwischen periodischem Sauerstoffmangel (Wassersättigung) und ungenügender Wasserversorgung (schwere Verwertbarkeit). Vgl. "Chläbhalde", Standort L.
Ursache: Muttergestein
6. Schwächung der Buche durch periodischen starken Wasserstress, z.B. aufgrund eines zu kleinen mittelporigen Feinerdevolumens (absolut), wie im

Falle der Standorte F, H und I auf "Weid".

Ursache: Muttergestein

7. Schwächung der Buche aufgrund spezieller Bodenverhältnisse wie Blockschutt (bis an die Oberfläche), wo sie sich nicht verankern kann.

Ursache: Muttergestein

4.1.3. Waldbauliche Ergebnisse (Abb. 28-35)

4.1.3.1. Strukturanalyse von Eibenbeständen

In der Folge wird die Struktur der untersuchten Eibenbestände nach Stammzahlen, Schichtung, Vitalität und Dynamik (Ansprache nach IUFRO-Klassifikation) näher betrachtet. Dabei steht die Eibe im Zentrum und es werden vor allem Ergebnisse diskutiert, welche für das Verständnis des ökologischen Verhaltens dieser Baumart interessant erscheinen (eine eingehendere Auswertung des reichen aufgearbeiteten Materials ist im Rahmen einer speziellen forstlichen Publikation geplant.).

In der Strukturanalyse der Bestände haben sich drei Haupttypen herauskristallisiert:

- 1. Typ (Probefläche B, Versuchsflächen* 1 und 3, Waldreservat "Unterwilerberg")

Die Stammzahlen pro ha sind ausserordentlich hoch, obschon es sich nicht um junge Bestände handelt (Abb. 28 a+b). Die Gesamtkurve weist insbesondere in Versuchsfläche 1 nahezu eine Normalverteilung mit sehr steilem Anstieg und Abfall auf, d.h. es gibt neben einem sehr stark vertretenen Anteil an mittleren Durchmessern (Stärkeklassen II-IV) nur wenige geringe

* Die Bezeichnung "Versuchsfläche" wird streng nur für die vom Institut für Waldbau fest ausgeschiedenen Untersuchungsflächen verwendet (man könnte sie auch als "Dauerflächen" bezeichnen). Im Unterschied dazu habe ich die verschiedenen, nach ökologischen Gesichtspunkten ausgewählten Einheiten dieser Arbeit als "Probeflächen" bezeichnet. Eine "Probefläche" kann eine oder mehrere "Versuchsflächen" enthalten. Es gibt jedoch verschiedene "Versuchsflächen", die standörtlich nicht eindeutig einer Probefläche zurechenbar sind und deren Daten hier deshalb nicht weiter ausgewertet wurden. Im Waldreservat "Weid" existieren anstelle von "Versuchsflächen" Profilaufnahmen von ebenfalls einzeln durchnummerierten Bäumen. Um eine vergleichbare Datenbasis zu schaffen, wurden hier die Profilaufnahmen nach einheitlichen Standortstypen unterteilt, indem ich die einzelnen Bäume im Gelände nach Nummern (von - bis) einer Standortseinheit (\equiv Probefläche) zuordnete.

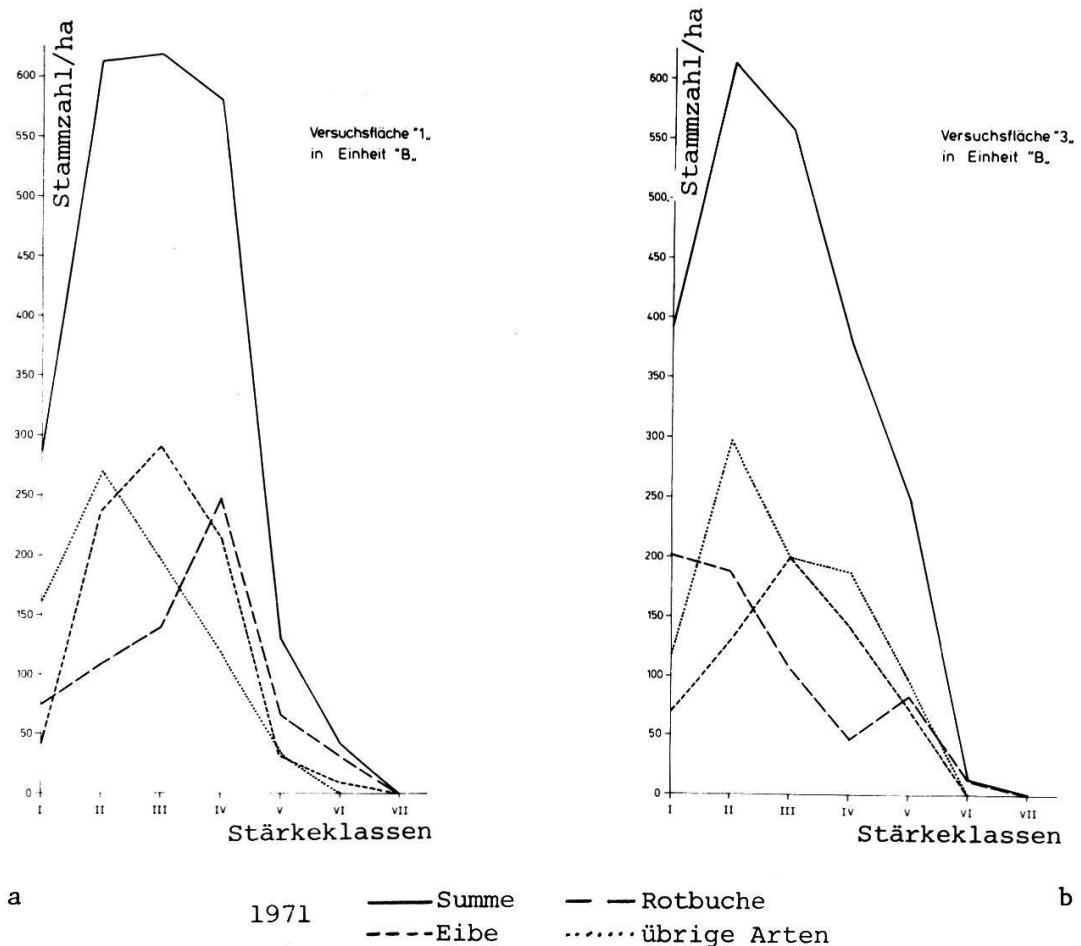
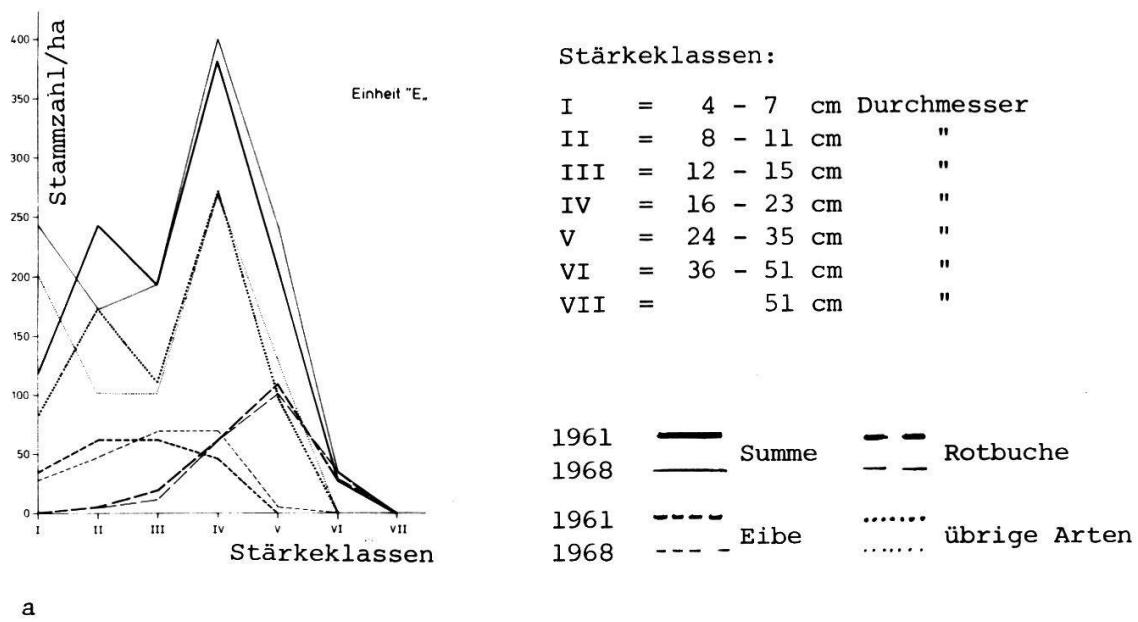
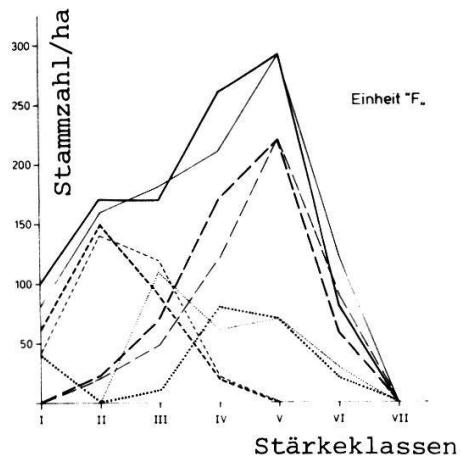
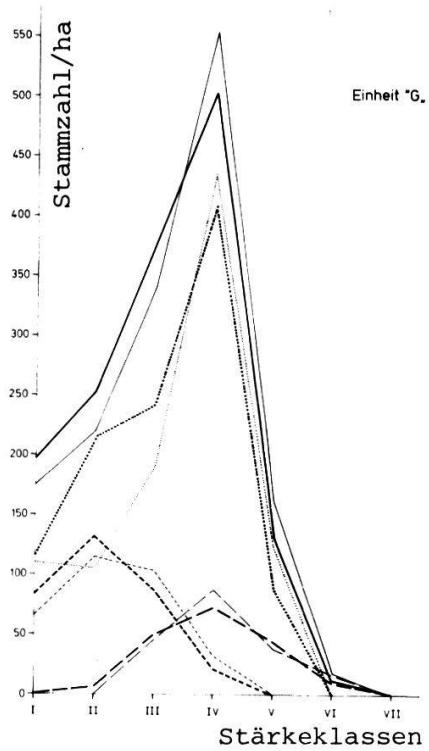


Abb. 28a+b. Stammzahlverteilung nach Stärkeklassen (lebende und tote Bäume) in den Versuchsflächen 1 und 3, Waldreservat "Unterwilerberg", Einheit B, Aufnahme 1971

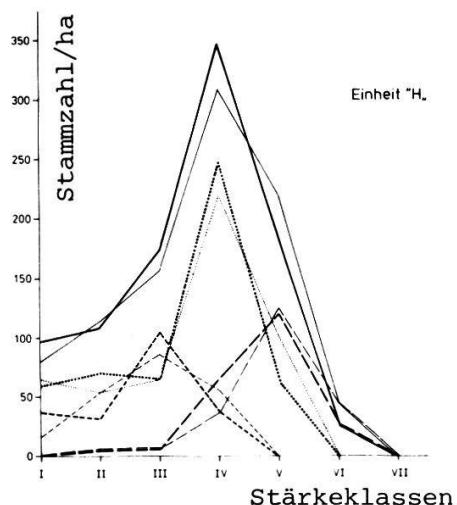




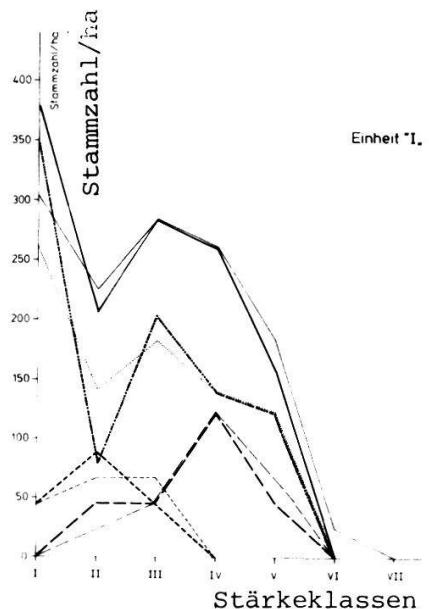
b



c



d



e

Abb. 29a-e. Stammzahlverteilung nach Stärkeklassen (lebende und tote Bäume) im Waldreservat "Weid" in den Einheiten E-I, Aufnahmen je 1961 und 1968

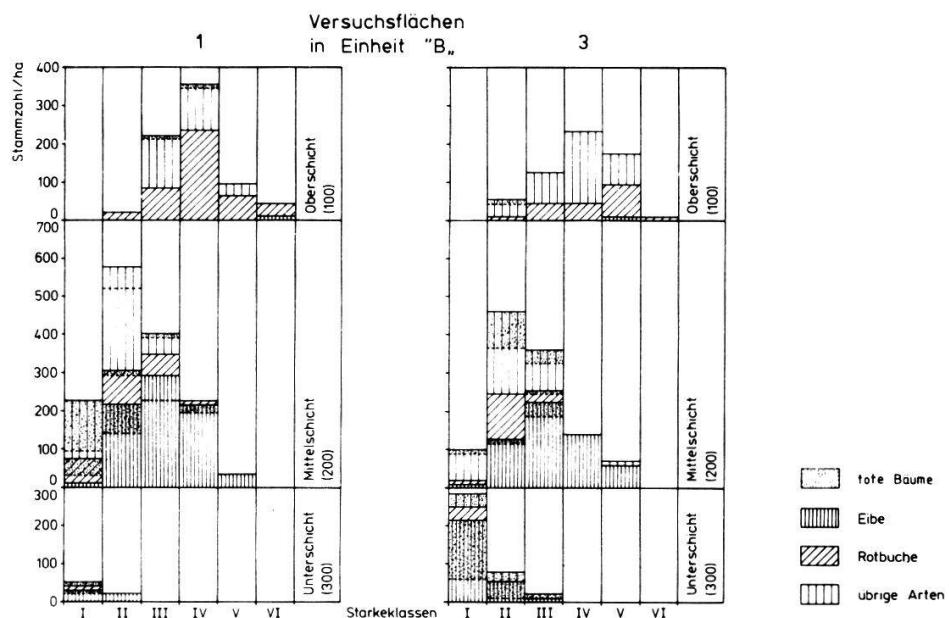


Abb. 30a+b. Stammzahl pro Hektar nach Schichten, Baumarten und Stärkeklassen (lebende und tote Bäume), Waldreservat "Unterwilerberg", Versuchsflächen 1 und 3 in Einheit B, Aufnahme 1971

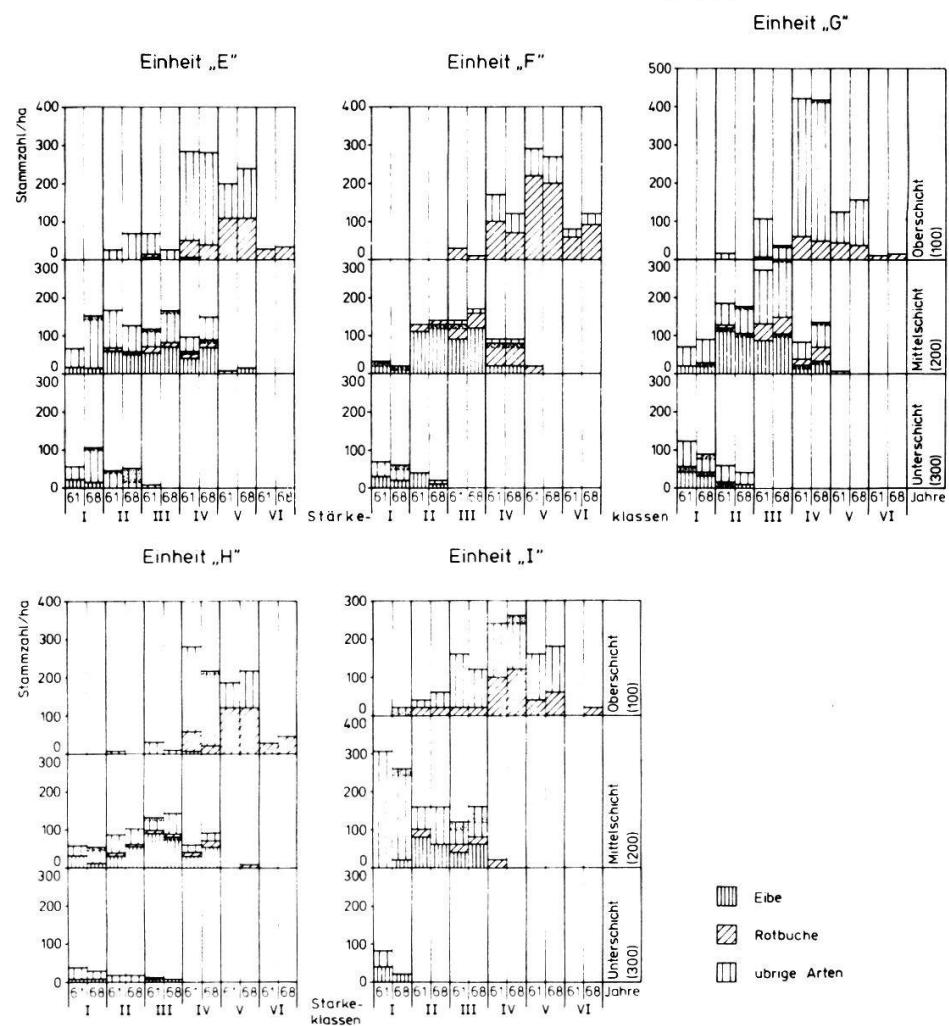


Abb. 31a-e. Stammzahl pro Hektar nach Schichten, Baumarten und Stärkeklassen (lebende und tote Bäume), Waldreservat "Weid", Einheiten E-I, 122 Aufnahmen je 1961 und 1968

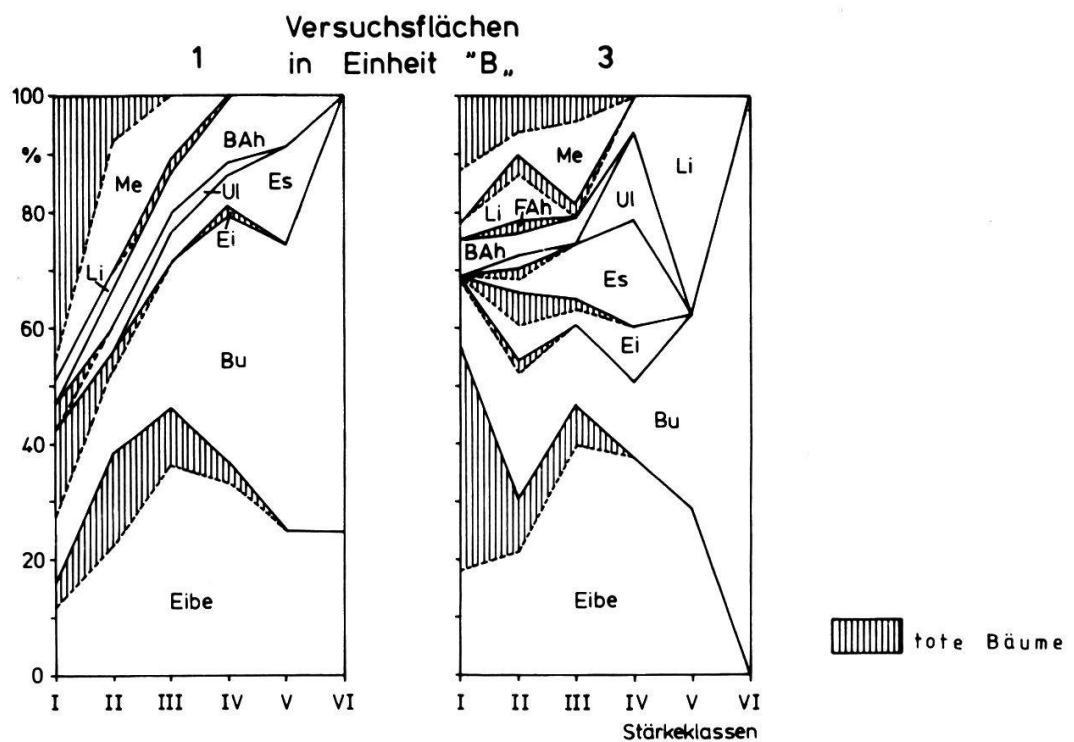
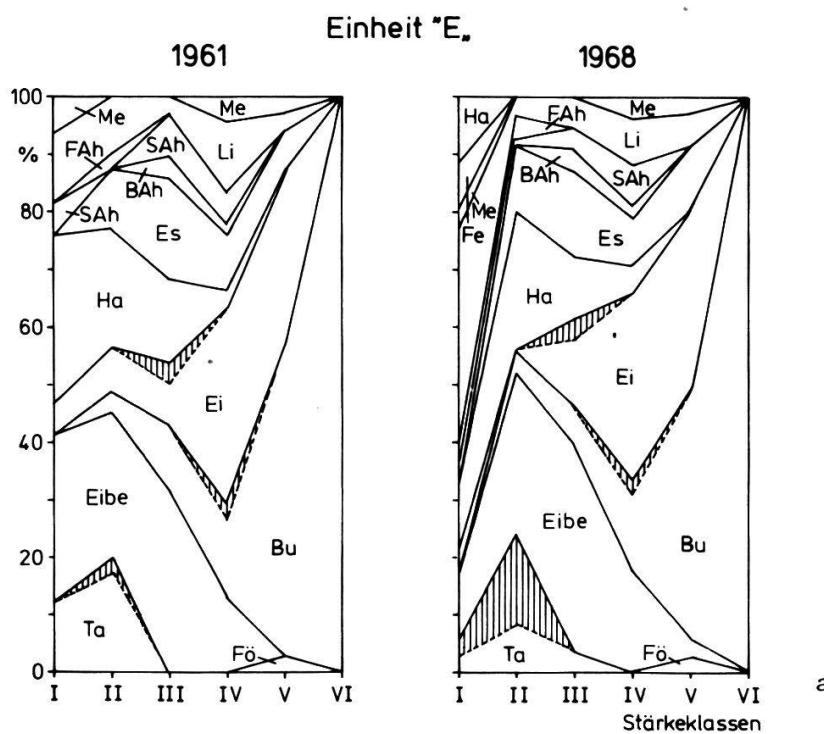
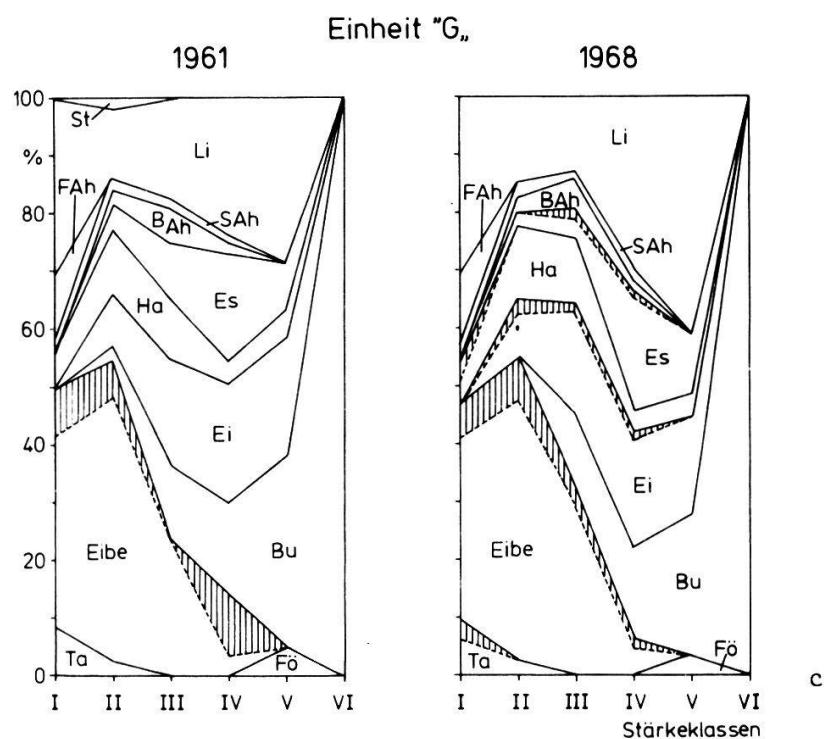
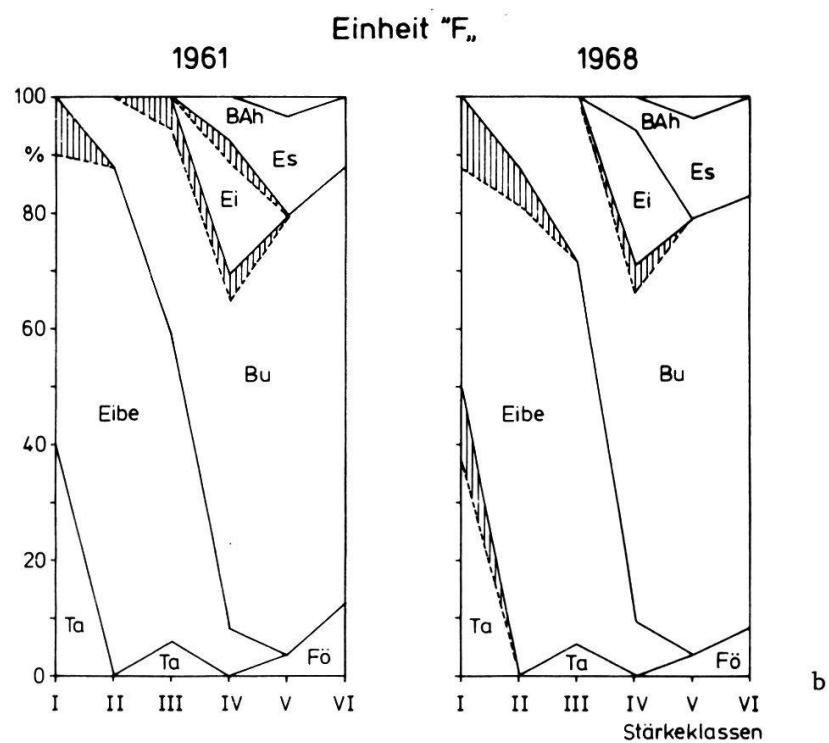


Abb. 32a+b. Stammzahl nach Baumarten in % und nach Stärkeklassen (lebende und tote Bäume) im Waldreservat "Unterwilerberg", Versuchsflächen 1 und 3, Einheit B, Aufnahme 1971





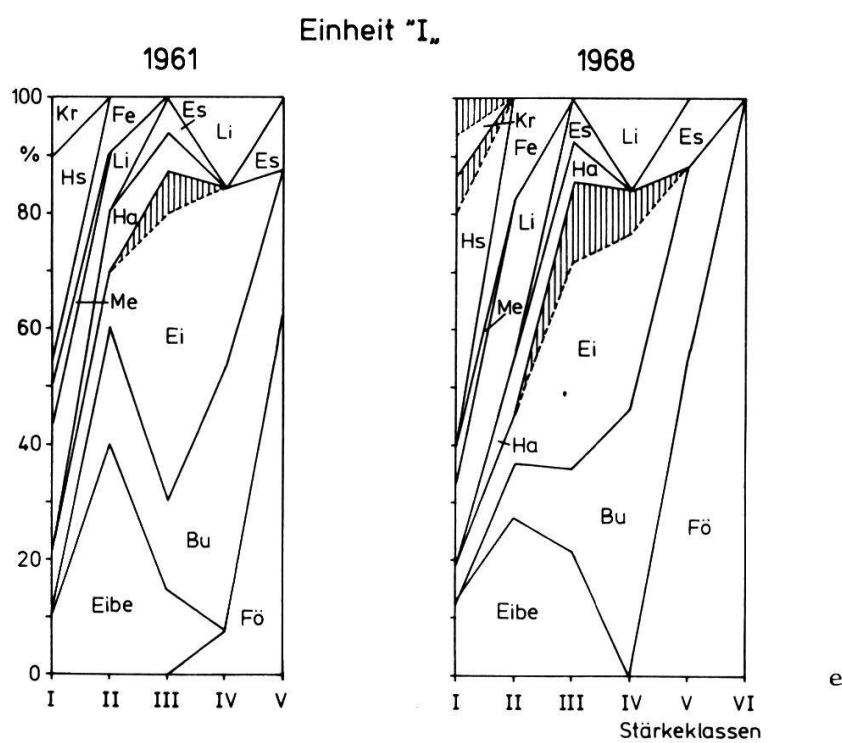
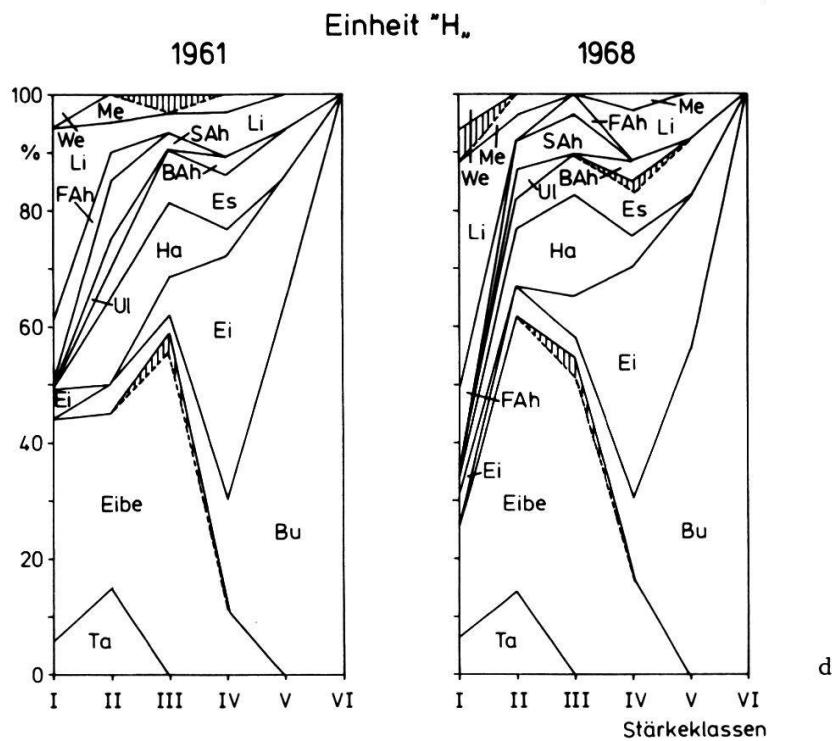
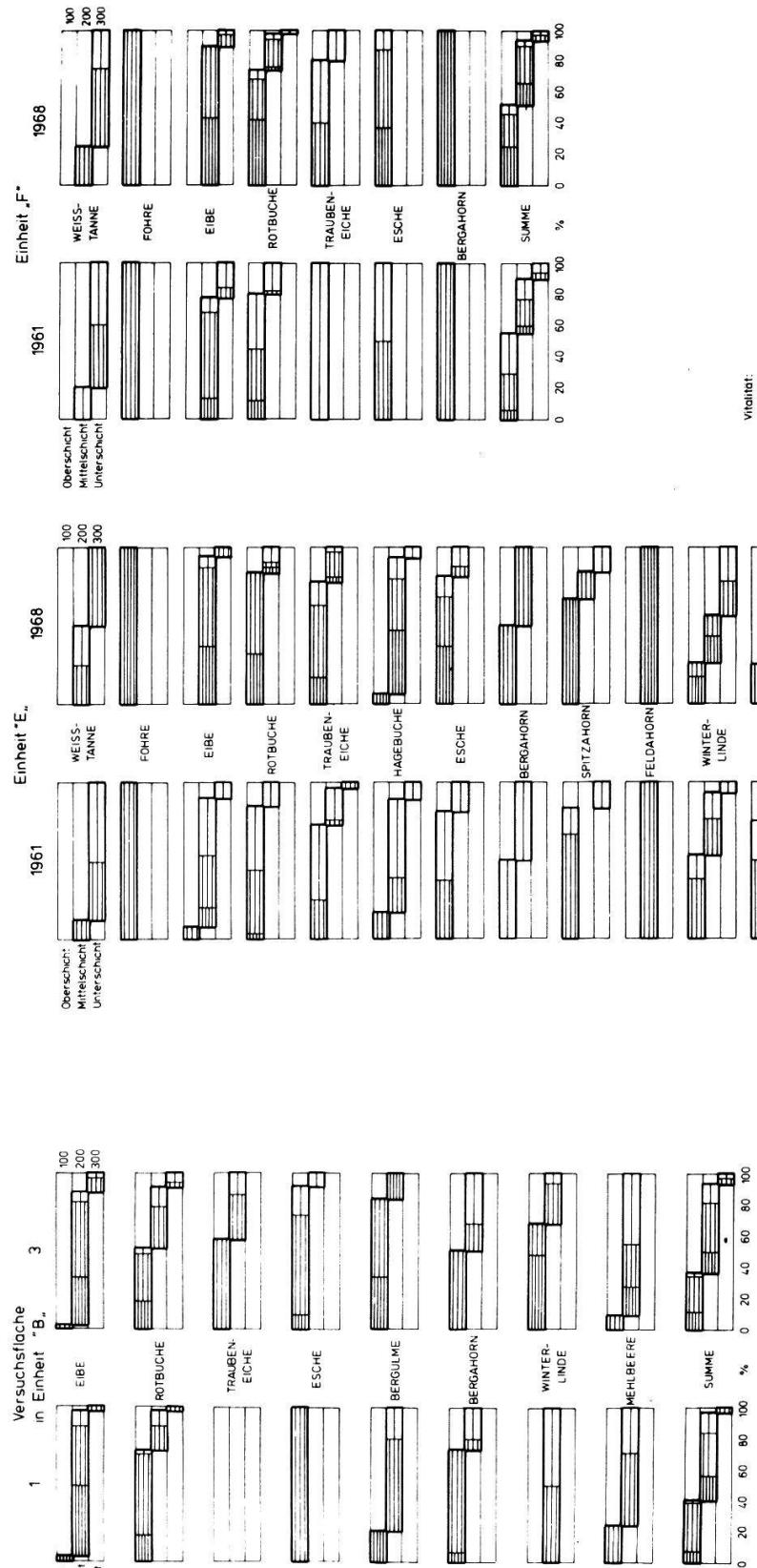
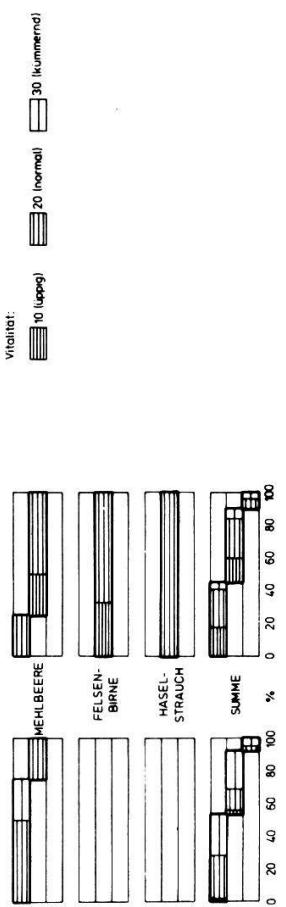


Abb. 33a-e. Stammzahl nach Baumarten in % und nach Stärkeklassen (lebende und tote Bäume) im Waldreservat "Weid", Einheiten E-I, Aufnahmen je 1961 und 1968

1 Versuchsfäche
in Einheit "B."
3



a



b

Abb. 34a+b. Vitalität der Baumarten nach Schichten im Waldreservat "Unterwilerberg", Versuchsfächen 1 und 3, Einheit B, Aufnahme 1971

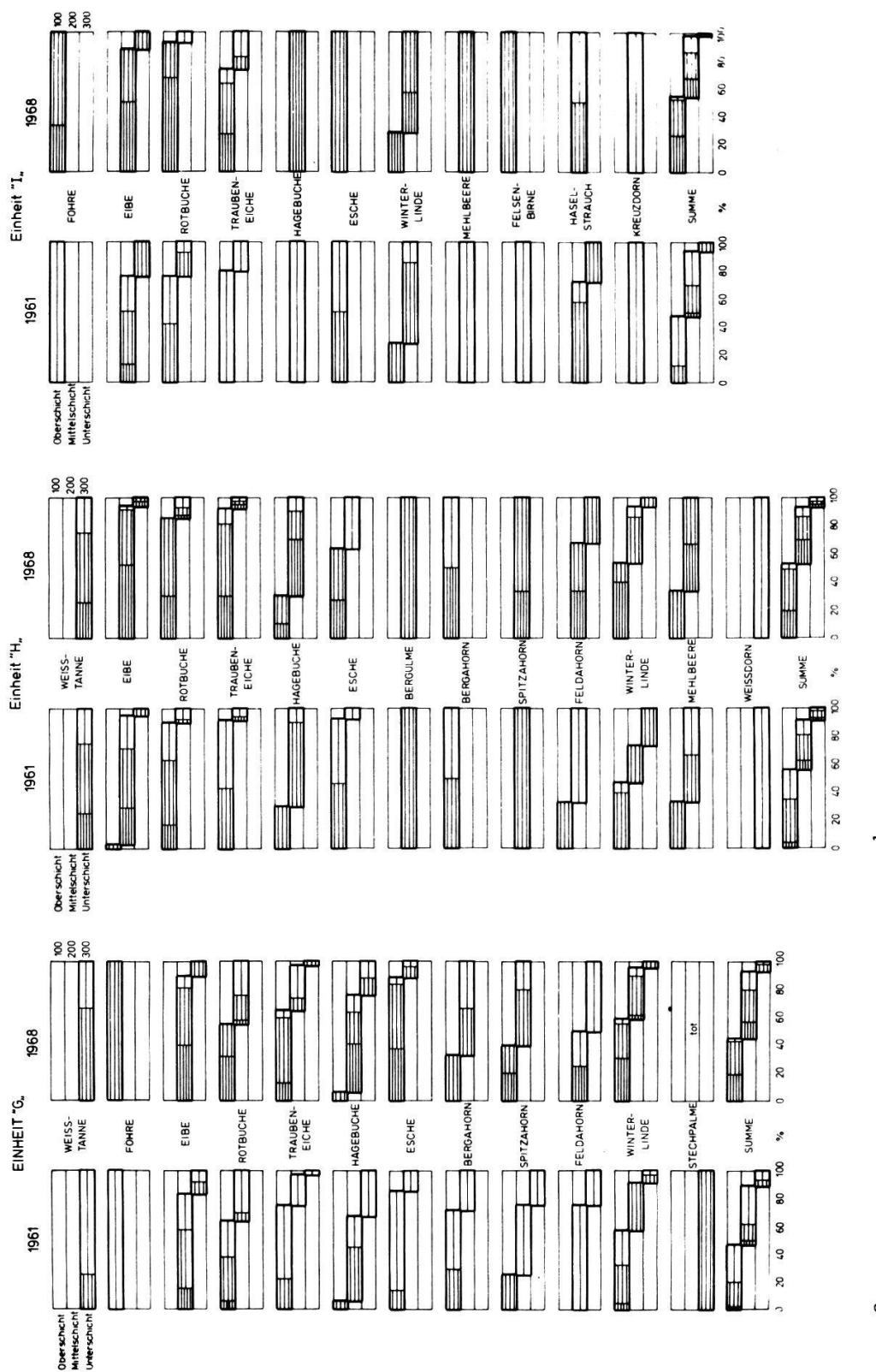


Abb. 35a-e. Vitalität der Baumarten nach Schichten (JUFRO-Klassifikation) im Waldreservat "Weid", Einheiten E-I, Aufnahmen je 1961 und 1968

und wenige starke Stämme. Dieses Mittelfeld wird zahlenmäßig klar von der Eibe dominiert, die ihrerseits annähernd einer Normalverteilungskurve folgt. In den unteren Stärkeklassen sind vor allem die sogenannten "übrigen" Baumarten vertreten, während die Buche vor allem die stärksten Durchmesser stellt. Dies ist in der Versuchsfläche 1 deutlicher ausgeprägt als in Versuchsfläche 3.

Die Artenkombination und die prozentualen Anteile der "übrigen Arten" je Stärkeklasse sind aus Abb. 32 a+b ersichtlich, wobei vor allem die starke Vertretung der Mehlbeere in den mittleren Durchmessern auffällt. Wie stark diese "übrigen" Baumarten durch die Konkurrenz von Buche und Eibe bedrängt sind, wird vor allem in Versuchsfläche 1 durch den hohen Anteil an toten Bäumen deutlich (Abb. 30a).

In beiden Beständen ist die Eibe die Hauptbaumart der Mittelschicht und ragt nur mit wenigen Exemplaren der Stärkeklasse VI (1) bzw. V (3) in die Oberschicht (Abb. 30 a+b). In der Fläche 3 spielen neben der Buche die Esche, Winterlinde und Ulme eine wichtige Rolle. Die Eibe zeigt beiderorts eine sehr gute Vitalität und nur einen sehr geringen Anteil kümmernder Exemplare (Abb. 34 a+b). Hingegen ist die Vitalität der "übrigen Arten", wie z.B. der Winterlinde und Mehlbeere, deutlich beeinträchtigt, vor allem in Versuchsfläche 3.

Die Analyse der Dynamik (Graphika nicht beigefügt) gibt etwa das-selbe Bild: mehr als 70 % der Eiben sind in beiden Beständen mitwachsend, der Rest ist zurückbleibend. Bei der Buche fallen in der Versuchsfläche 3 einige vorwachsende neben einem grossen Anteil zurückbleibender Exemplare auf. Es ist aus der leider nur einen Aufnahme schwer auszumachen, ob dies ein Hinweis auf einen noch im Gange befindlichen, natürlichen "Ueberführungsprozess" ist.

Sonst deuten verschiedene Anzeichen auf einen an diesem Hang eher stationären Zustand hin (Dauergesellschaft). Die gefundenen Strukturmerkmale dieses Typus lassen gesamthaft erkennen, dass die Buche dank ihrer etwas eingeschränkten Vitalität einer ziemlich grossen Zahl von Arten, die auf besseren Standorten gegen sie nicht konkurrenzfähig sind, einen grossen Entfaltungsspielraum überlässt. Das Kronendach der Oberschicht, gebildet etwa je zur Hälfte von Buche und "übrigen Arten", lässt sogar für die Be-

dürfnisse von Licht- und Halbschattenarten noch genügend Licht in die Mittelschicht einfallen. Für die Eibe genügt diese Lichtmenge ohnehin für eine optimale Entfaltung. Die extreme Steilhanglage spielt dabei wegen des einfallenden Seitenlichts als Strukturelement auch eine wesentliche Rolle.

- 2. Typ (Probeflächen E, G, H, I, Waldreservat "Weid")

Im Bereich der mittleren Durchmesser ist hier das starke zahlenmässige Uebergewicht der "übrigen Arten" gegenüber Buche und Eibe auffällig. Die Stammzahlen pro ha sind wesentlich kleiner als beim 1. Typ. Der Bestandesaufbau ist nicht von Buche und Eibe dominiert.

Die Abb. 29 a,c,d,e lassen anhand der Stammzahlkurven von Eibe und Buche eine viel deutlichere Auf trennung in untere und obere Stärkeklassen erkennen, wogegen die Eiben des 1. Bestandestypus viel stärker auch in mittleren Durchmessern vertreten sind.

Trotzdem sind in der Bestandesschichtung nicht entsprechende Unterschiede vorhanden (vgl. Abb. 30 a+b mit 31 a,c,d,e). In beiden Fällen geht die Eibe nicht über die Mittelschicht hinaus (was aus genetischen Gründen über einer gewissen Bestandeshöhe nicht möglich ist). Dafür bieten sich zwei mögliche Erklärungen: Entweder ist der Standort des 2. Typus für die Eibe so viel schlechter, dass bei gleicher soziologischer Stellung nur Stämme der unteren Durchmesser entstehen können, oder dann ist einfach das Alter der Eiben geringer.

Für einzelne der Eiben am "Unterwilerberg" dürfte zutreffen, dass sie viel älter sind als die übrigen. Auf der anderen Seite ist auch die häufige Ueberschätzung des Eibenalters aufgrund des Phänomens bekannt, dass mehrere Stockausschläge zu starken Scheinstämmen zusammenwachsen können. Generell habe ich jedoch keine Anhaltspunkte gefunden, wonach die Eiben auf der "Weid" wesentlich jünger sein müssten.

Somit trifft eher die erste Erklärung zu, wonach die Eibe auf den Standorten des 2. Typus eine geringere Bonität aufweist. Das wiederum müsste sich in der Bestandeshöhe bzw. in der Höhe der Mittelschicht doch auch niederschlagen. Leider wurden bisher aber keine Höhenmessungen vorgenommen, doch unterstützen auch meine diesbezüglichen Beobachtungen eher diese These.

Der 2. Typus lässt sich, wie anhand der Stammzahlstruktur (Abb. 29 a, c,d,e) ersichtlich ist, nochmals in zwei ökologisch relevante Untertypen aufteilen:

- 1. Untertyp: (Bestände G und I) (Abb. c + e)

Die "übrigen Arten" dominieren zahlenmäßig bis in die obersten vorhandenen Stärkeklassen oder stellen zumindest einen wesentlichen Anteil dieser Stämme (Abb. 29 c+e). Die Buche ist in diesem Bereich nicht dominant. Diese Tatsache bestätigt sich auch in der Schichtung: in beiden Beständen ist der Anteil der Buche an der Oberschicht gering (Abb. 31 c+e). Im Bestand G dominiert vor allem die Linde, die neben Buche und Eibe die beste Vitalität aufweist. Im Bestand I wird das unvollkommen geschlossene Kronendach vor allem durch Traubeneiche und Föhre gebildet. Die Eibe und die Buche gehören jedoch auch hier zu den vitalsten Baumarten. Trotz der zahlenmäßig nicht mehr so dominanten Beteiligung der Eibe an der Mittelschicht bleibt sie ein wesentliches strukturelles und physiognomisches Merkmal (Abb. 33 c+e).

Die eher untergeordnete Rolle der Buche entspricht auch der soziologischen Stellung der Pflanzengesellschaften: Der Linden-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum tilietosum*) weist eine deutliche Verwandtschaft zum Turi-nermeister-Lindenmischwald (*Asperulo taurinae-Tilietum*) auf, welcher nicht mehr dem Fagion-Verband angehört (vgl. hierzu Kap.4.2.6.).

Ebenso steht natürlich der Kalkfels-Föhrenwald (*Coronillo-Pinetum*) ausserhalb der Buchenwälder.

- 2. Untertyp: (Bestände E und H) (Abb. a und d)

Die "übrigen Arten" treten bei den oberen Stärkeklassen zugunsten der Buche stark zurück, welche die stärksten Stämme stellt (Abb. 29 a+d). Die Bestände sind auch entsprechend geschichtet (Abb. 31 a+d). Die Rolle der Eibe ist zu jener in den beiden soeben besprochenen Beständen kaum verschieden. In der Artenkombination unterscheiden sich die beiden Bestandestypen ebenfalls kaum, was auch die gemeinsame pflanzensoziologische Zugehörigkeit zum Zahnwurz-Buchenwald (*Cardamino-Fagetum*) bestätigt. Die vorwiegend gute Vitalität von Föhre, Spitzahorn und

Feldahorn (E) bzw. Traubeneiche, Spitzahorn und Hagebuche (H) bekräftigen jedoch die deutlich eingeschränkte Herrschaft der Buche im Haupt- und der Eibe im Nebenbestand.

Insgesamt lässt sich zum 2. Typus feststellen, dass Eibe und Buche auch hier markante Strukturelemente sind. Sie sind jedoch aufgrund der von Austrocknungstendenz und dem hohen Skelettgehalt der Böden geprägten Standortsbedingungen in ihrer Vitalität soweit eingeschränkt, dass die "übrigen Arten" das Hauptgefüge des Bestandes prägen und auch den grössten Anteil an mittleren Stämmen stellen.

Die Bestände wurden früher vermutlich unterschiedlich stark vom Menschen beeinflusst, weshalb sich einzelne unter ihnen noch in starker Entwicklung befinden dürften. Die beiden Aufnahmen, die mit nur 7 Jahren Zwischenzeit aufgenommen wurden, lassen diesbezüglich noch keine abschliessenden Folgerungen zu. Immerhin lässt sich sagen, dass die Bestände G und H langsamere Veränderungen zeigen als E und I. Sowohl die Kurven der "übrigen Arten" als auch jene der Eibe haben sich in dieser Zeit relativ stark nach rechts verschoben. Ebenfalls als Indiz für eine noch unstabile Situation kann der Verlauf der Gesamtkurve betrachtet werden, der an den exponentiellen Kurvenverlauf ungleichförmiger Bestände erinnert.

Hauptursache dafür ist der sehr hohe Anteil kleiner Durchmesser bei den "übrigen Arten". Vorsicht ist bei der Interpretation allerdings insofern geboten, als diese Struktur nicht nur auf Ungleichaltrigkeit (plenterartige Struktur) beruht, sondern ein guter Teil der Arten standörtlich oder genetisch bedingt gar nicht über diese Durchmesser hinauswachsen kann (strauchförmige Bäume, Krüppelwuchs usw.).

- 3. Typ (Probefläche F, Abb. b)

Der Bestand besteht zahlenmässig fast nur aus Eibe und Buche (Abb. 29b). Die Buche hat bei den oberen, die Eibe bei den unteren Stärkeklassen einen markanten Schwerpunkt. Die "übrigen Arten" spielen eine sehr untergeordnete Rolle und zeigen die grösste Häufigkeit bei den mittleren Durchmessern.

Die Stammzahlen pro Hektar sind gering und entsprechen etwa jenen des Bestandes H. Daraus geht hervor, dass der Kronenschluss locker ist.

Die deutliche Trennung von Eiben und Buchen aufgrund der Stärkeklassen bestätigt sich auch in der Bestandesschichtung (Abb. 31b): Der Nebenbestand wird fast ausschliesslich von der Eibe gebildet und weit darüber ist das Kronendach eines fast reinen Buchen-Hauptbestandes, dem zu geringen Anteilen einige Lichtholzarten beigemischt sind.

Die Artenzahl ist gering, die Artenkombination vermutlich stark anthropogen beeinflusst.

Die Vitalität (Abb. 35b) der edaphisch eher anspruchsvolleren Lichtholzarten Esche und Eiche zeigt eher negative Tendenz, wogegen sich Bergahorn und Föhre noch gut zu halten scheinen.

Die gute Vitalität der Buche (wie auch ihre z.T. aufsteigende dynamische Tendenz) lässt vermuten, dass noch eine gewisse Ausbreitung der Buche in der Oberschicht auf Kosten von Esche und Eiche erfolgen wird.

Im Nebenbestand erweist sich die vorwiegend anthropogen eingebrachte Tanne als wenig vital und wird über kurz oder lang von der Eibe verdrängt werden.

Da an diesem Konkurrenzgeschehen nur wenige Konkurrenten von Buche und Eibe beteiligt sind, muss die Bestandesstruktur hier doch als nahe einem stationären Zustand angesehen werden. Diese strebt eher eine noch stärker ausgeprägte Zweischichtigkeit von Eibe und Buche an. Der ökologischen Frage, weshalb die Buche gerade auf diesem flachgründigen und mageren Standort zur ausgeprägten Herrschaft gelangt ist, wurde in Abschnitt 4.1.2. nachgegangen.

4.1.3.2. Zusammenfassung der strukturanalytischen Ergebnisse

- Die Strukturanalyse aufgrund der Stammzahlen, Stärkeklassen und Schichtzugehörigkeit der wichtigsten Baumarten gibt gute Anhaltspunkte über deren Wettbewerbsfähigkeit auf den verschiedenen Standorten.

In den Untersuchungsgebieten kann die Vertretung der Buche nach Menge und Stammdurchmesser mit einigen Ausnahmen (F) als Gradmesser für die edaphische Standortsgüte verwendet werden.

Die allgemein bekannte Erscheinung, dass die Buche Böden, welche zur Austrocknung neigen, schlecht erträgt (extreme Dürreempfindlichkeit, vgl. auch Tab. 5 und 8), bestätigt sich hier am spezifischen Unterschied zwi-

schen dem gut mit Wasser versorgten Mergelboden am "Unterwilerberg" und den verschiedenen Kalksteinrendzinen auf der "Weid". Allerdings ist zu betonen, dass die Vitalität der Buche auf schwach entwickelten, tonreichen Mergelrendzinen eher noch drastischer zurückgeht, sobald diese Böden zu länger andauernden Vernässung neigen. Hinzu kommt, dass die Buche ausserdem schlecht reagiert auf ungenügende Konsolidierung des Bodengefüges einerseits, sowie auf steinigen bis blockigen Oberboden andererseits. Offensichtlich hängen auch diese letztgenannten Schwierigkeiten nicht nur mit den erschwerten Keimungsbedingungen zusammen, wie die Wuchsform und -leistung aufgekommener Buchen zeigen. Diese Einflüsse treten an beiden Hängen örtlich auf. Durch sie wirken sich die Reaktion der Buche auf andere ökologisch kritische Faktoren wie den Wasserhaushalt umso empfindlicher aus (Typ 2, 1. Untertyp).

- Der wichtigste Unterschied zwischen der Bestandesstruktur auf den schroffen Mergelhängen am "Unterwilerberg" und derjenigen auf den Kalksteinrendzinen auf der "Weid" stammt jedoch von der unterschiedlichen Stellung der Eibe, welche bei vergleichbarer Vitalität der Buche auf den verschiedenen Standorten am Mergelsteilhang eine entscheidend bessere Position einnimmt. Diese äussert sich sowohl in den Stammzahlen als auch in den Stärkeklassen: nur gerade in den stärksten und in den geringsten Durchmessern ist die Eibe schlecht vertreten, prägt aber im ganzen Mittelfeld den Bestandescharakter. Vor allem ist es der grössere Einfall an Seitenlicht in der extremen Steilhanglage, welcher der Eibe bei gleicher Vitalität der Buche vergleichsweise bessere Lebensbedingungen gewährt. Ausserdem verstärkt die Nordlage das von der Eibe bevorzugte schattig-luftfeuchte Mesoklima, welches ihre Vitalität unterstützt.
- Auf den Kalkböden der "Weid" hat die Buche vor allem in der Oberschicht eine starke bis herrschende Stellung, sofern nicht extrem skelettreiche Oberböden auftreten.

Ganz allgemein weisen diese Bestände jedoch wesentlich geringere Stammzahlen auf als jene am "Unterwilerberg". Diese dürften massgeblich vom hohen Skelettgehalt des Bodens abhängen: Die geringe Feinerdemenge bedeutet ökologisch ein kleines pflanzenverfügbares Wasserangebot und geringe Nährstoff-

- dichte pro Fläche. Daraus ergibt sich ein ähnliches Phänomen wie bei trockenem Naturgrasland (Trockensteppe, Savanne), wo die oberirdischen Teile der Pflanzen nicht die ganze Bodenfläche decken, welche zur Wasserversorgung der Pflanzen notwendig ist. Die daraus resultierenden lichten Bestände - auch im Naturwald - lassen somit aufgrund anderer Ursachen genügend Licht für einen Nebenbestand durch, als Bestände in Steilhanglagen.
- Die drei Strukturtypen auf der "Weid" sind Ausdruck verschiedener Ausbildungen von Kalksteinrendzinen: auf jenen Stellen, wo die Buche aufgrund der Bodenverhältnisse in der Oberschicht stark zurücktritt, wird sie von Licht- und Halbschattenbaumarten ersetzt. Diese lassen erst recht genügend Licht in den Bestand einfallen, was die ökologische Stellung der Eibe so lange stärkt, als sie nicht selbst an andere physiologische Grenzen stösst. Generell ist an diesem Südhang die Vitalität und die Produktivität der Eibe jedoch geringer als am "Unterwilerberg".

Die eher schlechten edaphischen Verhältnisse und das lufttrockene Südhangklima der "Weid" werden immerhin teilweise durch den hohen Lichtgenuss aufgewogen, welcher gemeinsam durch Südexposition und geringe Bestandesdichte zustande kommt.

Anmerkungen

- Als gute Ergänzung zu den Stammzahlen wäre eine detaillierte Betrachtung der Kreisflächen wünschenswert. Diese ist im Rahmen der erwähnten, speziell waldbaulich-ertragskundlichen Zusatzpublikation vorgesehen.
- Mit Hilfe von Höhenangaben könnten über die Bonität der jeweiligen Standorte wesentlich genauere und mit andern Standorten besser vergleichbare Angaben gemacht werden. Leider liegen entsprechende Erhebungen zu diesen Beständen noch nicht vor.
- Die Auswertung der Ansprachen von Vitalität und dynamischer Tendenz der Baumarten nach Schichten und Stammzahlen hat sich als eher problematisch erwiesen. Zwar lassen sich bereits aus jeweils einer Aufnahme interessante generelle Trends feststellen und für einzelne Baumarten wertvolle Erkenntnisse gewinnen. Sobald es sich jedoch darum handelt, präzisere Unterschiede und längerfristige Entwicklungstendenzen herauszuarbeiten, fällt im vorhandenen Material sofort auf, dass die Unterschiede in der Ansprache zwischen den beiden Aufnahmen oft grösser sind als jene zwischen den einzelnen Arten innerhalb derselben Aufnahme. Dies oftmals in so krasser Weise, dass kaum an eine entsprechend starke Bestandesveränderung zwischen den beiden Aufnahmen geglaubt werden kann. Offensichtlich liegen hier sehr starke Unterschiede in der subjektiven Beurteilung von Vitalität und Dynamik vor. Der

systematische Fehler dürfte somit vielerorts grösser sein als die angestrebte Präzision der Aussage. Auf die Mitlieferung der graphischen Darstellung der Dynamik wurde hier daher verzichtet und nur jene der Vitalität beigelegt. Da und dort wurde die dynamische Tendenz trotzdem erwähnt.

4.2. Die Eibe in der Schweiz

4.2.1. Die Einwanderungsgeschichte der Eibe in die Nordschweiz und umliegende Gebiete (s. Tab. 11, Anhang)

Für paläobotanische Nachweise der Eibe war man lange Zeit fast ausschliesslich auf Makroreste, fossile Funde oder Abdrücke von Holz, Zweigen oder Samen angewiesen. Unter günstigen Bedingungen bleibt das Holz auch rezent sehr lange gut konserviert (z.B. in Mooren) und ist an den Spiralfasern leicht kenntlich (MUELLER-STOLL 1947). Vereinzelt wurde schon im letzten Jahrhundert Eibenpollen gefunden, doch scheint sein einwandfreier Nachweis sehr schwierig, und es wurde erst in den sechziger Jahren eine zuverlässige Methode dafür entwickelt. Es gibt daher erst relativ wenige pollenanalytische Arbeiten, welche gute Aussagen über die Eibengeschichte ermöglichen.

Die ältesten Belege von *Taxus* für Mitteleuropa sind fossile Funde von Nadeln und Zweigen im Tertiär (MUELLER-STOLL 1947). Die damalige "subtropische" Vegetation dürfte viele klimatisch relativ anspruchsvolle Arten enthalten haben, die dann während der folgenden Eiszeiten stark dezimiert oder vernichtet wurden.

Immerhin zitiert ROSENKRANZ (1939) für Niederösterreich auch Nachweise der Eibe aus dem Hochglazial, zusammen mit Föhre, Tanne, Fichte und Esche, aufgrund von gefundenen Ueberresten in Nagerhöhlen. Nicht weniger erstaunlich sind *Taxus*-Nachweise aus der Risseiszeit in Nordfrankreich im Verband mit einer sehr kontinentalen bis subalpinen Artenkombination: *Picea*, *Pinus mugo*, *Larix decidua*, *Juniperus*, *Betula*, *Alnus viridis* und *incana*, *Loiseleuria procumbens* (P. FLICHE aus LUEDI 1953). Die meisten und reichsten Eibenfunde in unseren Breiten stammen jedoch aus klimatisch günstigeren Phasen, während umgekehrt in Kaltzeiten vor allem refugiale Vorkommen von *Taxus* in wärmeren Regionen Südeuropas (Apennin und Pyrenäen) belegt sind (WALTER und STRAKA 1970). So taucht *Taxus* in Pollendiagrammen aus Irland z.B.

bereits im vorletzten Interglazial (Riss-Mindel-Warmzeit) auf, zusammen mit *Buxus*, *Rhododendron* und *Juniperus*.

Vor allem für das letzte Interglazial (Eem-Warmzeit) wurden viele Beweise für die Beteiligung der Eibe am Aufbau der damaligen Pflanzendecke beigebracht, die zum Teil recht wertvolle Einblicke in die frühere Vegetationszusammensetzung gewähren: LÜDI (1953) erwähnt, dass im Pleistozän des nördlichen Alpenvorlandes ausgedehnte Tannenwälder vorhanden waren, zu deren charakteristischer Begleitvegetation u.a. *Taxus* gehörte. Dies trifft vor allem für die beiden letzten Zwischen-Eiszeiten, die sogenannte "Holstein-Warmzeit" und die "Eem-Warmzeit" zu (siehe auch WALTER und STRAKA 1954). Die weiteren genannten Arten passen im übrigen recht gut ins Bild eibenreicher *Abieti-Fageten*, wie sie auch heute bei uns vorkommen (vgl. Vegetationstabelle): *Picea omorica*, *Ajuga reptans*, *Rubus idaeus*, *Petasites* sp., *Carex pendula*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium*, *Thuidium*, *Fissidens taxifolius*, *Hypnum cupressiforme*, *Eurhynchium striatum*.

Die Laubmischwälder, die zu jener Zeit bei uns eher selten waren, dürften nach der gleichen Arbeit vor allem durch *Quercus robur* und *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata* und *Tilia platyphyllos*, *Acer platanoides*, *Ulmus*, *Ilex aquifolium* und *Taxus baccata* charakterisiert gewesen sein. Die Rolle von *Fagus* war offenbar noch untergeordnet.

Diese Waldzusammensetzung entspricht ziemlich gut dem Bild, wie es heute oft da anzutreffen ist, wo die Buche ökologisch nicht voll konkurrenzfähig ist. Die damaligen klimatischen und edaphischen Gegebenheiten entsprachen ökologisch wahrscheinlich ungefähr denjenigen der heutigen Standorte, auf denen die Eibe ihre aktuellen Verbreitungsschwerpunkte und ökologischen Nischen hat.

Für die Eibe und andere ozeanische Elemente müssen anschliessend die ökologischen Verhältnisse vor allem von Klima und Konkurrenz sehr günstig gewesen sein: Die Pionierwälder von Birke und Föhre (Kiefer) wurden sukzessive von Eichenmischwäldern abgelöst, welche vermehrt wärmeliebendere und anspruchsvollere Arten enthielten, jedoch durchaus so lichte Bestände bildeten, dass die Eibe in ihnen gut gedeihen konnte. So wird aufgrund ihres häufigen Auftretens in Mitteleuropa von WALTER und STRAKA (1954/70) sogar vorgeschlagen, die letzte Entwicklungsphase dieser Epoche nach Eiche, Hasel und Eibe zu be-

nennen: auf die "Birken" und die "Kiefer-Birken-Zeit" folgte demnach die "Eichenmischwald-Hasel-Eibenzeit".

Entsprechend den sehr hohen Pollenanteilen der Eibe (bis 24.2 %) in der Eem-Warmzeit Nordwestdeutschlands wählt K.F. BEHRE (aus WILLERDING 1968) für die Zeit des Eiben-Maximums den selben Namen. Bereits aufgrund wesentlich älterer Nachweise von Pollen, Samen und Holz der Eibe wurde vor allem die Lindenphase der Eichenmischwald-Zeit als besonders eibenreich angesehen (WILLERDINGS 1968). AVERDIECK (1971) schliesst für nordwestdeutsche Gebiete aus den sehr hohen Pollenanteilen der Eibe, dass sie damals (im Interglazial) "stellenweise beherrschende Bestände gebildet haben muss, und zwar sicher nicht allein in der Rolle des Unterholzes".

Im Interglazial wurden dann Hasel, Linde und andere Arten durch Massenausbreitung der Hagebuche (*Carpinus*) stark zurückgedrängt und verschwinden in den Diagrammen schliesslich parallel zum massiven Aufkommen von Tanne und Föhre zum Teil fast ganz. WALTER (1927) führt für diesen eibenreichen Zeitraum eine Verbreitung von *Taxus* und *Ilex* an, die weit über deren heutige osteuropäische Verbreitungsgrenzen bis nach Mittelrussland hinausragt, was auch AVERDIECK (1971) in seiner Arbeit über die postglaziale Verbreitung der Eibe in Nordwestdeutschland festhält. Eine grosse Zahl von Pollen- und Holzfunden, von West-Irland über England und Ostjütland bis nach Polen und Russland (weitere Literaturangaben daselbst) beweist die enorme damalige Verbreitung der Eibe, vor allem im Holstein-Interglazial (vorletzte Warmzeit).

Nach einer letzten Zurückdrängung dieser interglazialen Pflanzenwelt durch Vergletscherung (Würm), begann die eigentliche Entwicklung und Rückwanderung jener Vegetation, die sich bis zum heutigen Zeitpunkt im Raume nördlich der Alpen ausgebildet hat. Für das Verständnis unserer heutigen Verhältnisse, hier speziell der Stellung der Eibe, ist diese postglaziale Vegetationsgeschichte am wichtigsten. Die meisten der heute noch vorhandenen, wärmeliebenden bzw. ozeanischen Arten eroberten die Gebiete unserer breiten von ihren südeuropäischen Eiszeit-Refugien aus zurück (MEUSEL 1943). WALTER (1927) nennt in diesem Zusammenhang allerdings eine Reihe von Arten, die ihr früheres Areal nicht mehr voll zurückgewinnen konnten und daher in unserer heutigen Vegetation wesentlich seltener sind: z.B. *Taxus*, *Tilia platyphyllos*,

Trapa natans, Ilex aquifolium. Spätestens an der Wende der mittleren zur späteren Wärmezeit (Atlantikum-Subboreal) ist die Eibe in birken- und erlenreichen Eichenwäldern und Mooren des nordwestdeutschen Flachlandes nachgewiesen, also bevor die Buche auftrat oder sich massenhaft ausbreiten konnte (FIRBAS 1949 und 1952). Analoges kann nach verschiedenen Autoren für den nördlichen und südlichen Alpenrand angenommen werden (WILLERDING 1968). Immerhin nennt ROSENKRANZ (1934) die Eibe für Niederösterreich nur im Zusammenhang mit der Buche als sogenannten "Buchenbegleiter", wobei die Buchenausbreitung dort offenbar bereits im Atlantikum erfolgte.

Mehrere neolithische Funde von NEUWILER (z.B. 1905 und 1925) und RYTZ (1912) bestätigen die damalige Anwesenheit der Eibe auch im Schweizer Mittelland. Die These von WILLERDING (1964), wonach der subboreale Rückgang der Eibe durch zwei teils überlagerte Ursachen bedingt war, scheint mir auch für die Verhältnisse im schweizerischen Mittelland vertretbar. Zum einen wurde die Eibe durch die Lichtkonkurrenz der sich damals stark ausbreitenden Buche zunehmend bedrängt. Ganz im Gegensatz zur Eibe wurde die Buche durch die Klimaverschlechterung in ihrer Ausbreitung eher begünstigt und wirkte so umso unerbittlicher als Konkurrent. Zum andern erfolgte ein erster deutlicher Einfluss des Menschen durch die Pfahlbauerkulturen der Bronzezeit, der etwas später einen zusätzlichen Schub des Eibentrückgangs brachte (vgl. auch BEUG 1964, Pollendiagramm am Ledrosee westlich des Gardasees). AVERDIECK (1971) sieht allerdings in diesen Erklärungen z.B. für die küstennahen Gebiete Nordwestdeutschlands, wo die Buche nur spärlich vorhanden war, keine hinreichenden Ursachen für das Fehlen der Eibe. Er vermutet vielmehr, dass sich unter anderem etwa die späte Mannbarkeit der Eibe und ihre schlechte Keimungsbiologie (bis 4-jähriges Überliegen der Samen), kombiniert mit der selektiven Eibennutzung durch den Menschen, so negativ ausgewirkt haben, dass die Eibe diese Gebiete nicht erreichen konnte. Dazu müsste man jedoch ein ebenso grosses Fragezeichen setzen, denn weshalb wäre sie dann trotz des ungleich stärkeren Konkurrenzdruckes der Buche bis in hinterste Winkel des (für die Buche) klimatisch günstigen Alpenraumes gelangt?

Die grosse Bedeutung der Eibe für die Pfahlbauerkulturen ist durch zahlreiche Arbeiten gut belegt und hat u.a. HOFMANN (1924) dazu bewogen, von einer eigentlichen "Eibenkultur" zu sprechen. Die vielen Funde von Pfählen,

Bogen und ungezählten Gebrauchsgegenständen aus Eibensholz können eine Ahnung davon vermitteln, wie intensiv man diese Baumart damals selektiv genutzt haben mag, aber auch davon, wie häufig sie vertreten gewesen musste (vgl. auch 4.2.2.).

Seit der ersten Buchenmischwaldzeit im Subboreal (bis etwa 800 v.Chr.) wird zwar noch eine ganze Reihe verschiedener Waldperioden unterschieden, die teilweise klimatischen Schwankungen entsprechen, doch dürfte für die Entwicklung der Eibe der menschliche Einfluss durch die Nutzung und Bewirtschaftung der Wälder von da an ein wesentlich wichtigerer Faktor gewesen sein, der alle übrigen Einflüsse überdeckte.

4.2.2. Die Wandlung der kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Eibe und ihr Einfluss auf deren nacheiszeitliche Verbreitung

Um sich von der Bedeutung einer Baumart wie der Eibe in einer Kultur ein Bild machen zu können, müssen vor allem die folgenden Faktoren untersucht werden:

- Die Rolle des Waldes und die Art seiner Nutzung und Bewirtschaftung
- Die wirtschaftliche Rolle der Baumart (Verwendungszwecke)
- Die mythologische Bedeutung der Baumart

4.2.2.1. Eibewälder im Spiegelbild der Rolle des Waldes und der sich wandelnden Bewirtschaftungsweise

Über die Beziehung der Menschen zum Wald in vorgeschichtlichen Zeiten weiß man relativ wenig. Sicher wurde der Wald lange Zeit vom Menschen kaum angetastet und man trat ihm höchstens in erfurchtvoller und "empfanger" Haltung gegenüber. Alte Volkssagen (z.B. aus dem germanischen Raum) künden in vielfältiger Art von diesen Beziehungen zum Wald. Er war für den Steinzeitmenschen unergründliches Geheimnis und Quelle seiner Nahrung. Die ersten landwirtschaftlichen Kulturen wurden ihm durch Rodungen abgerungen. Dass landwirtschaftliche Kulturen einen kulturellen Fortschritt bedeuteten, geht schon aus dieser Verwendung des Begriffs "Kultur" hervor. So galt der Wald später lange Zeit als "Kulturfeind". Beide diese Attribute hafteten ihm auch bei uns teilweise noch bis ins letzte Jahrhundert an.

Besonders wertvolle Hölzer wurden vermutlich seit jeher selektiv genutzt, wie das bei der Eibe vor allem durch die Funde von Pfahlbauerkulturen belegt ist. Von einer Waldbewirtschaftung im heutigen Sinne kann hier wohl kaum gesprochen werden. Diese Nutzungsweisen haben in bestimmten Gegenden zur Uebernutzung einer Art und damit zu deren Rückgang geführt, wie dies z.B. WILLERDING für den erwähnten Eibenrückgang in Mitteldeutschland zur Pfahlbauerzeit vermutet. Die Haltung eines eher "erfürchtigen Nehmens" von der Natur dürfte schon damals periodisch in ein forderndes bis ausbeuterisches Verhalten umgeschlagen haben.

Sobald dem Wald nicht nur mehr einzelne Baumarten entnommen wurden, sondern eine ganze Wirtschaftsweise mit der Waldnutzung einherging, wurden jedoch ganz neue Dimensionen des menschlichen Eingriffs wirksam. Dies ist der Schritt von der planlosen (Be-)Nutzung (oft Raubbau) zur Bewirtschaftung mit System.

Für die Eibe haben sich die verschiedenen Phasen der Bewirtschaftung sehr unterschiedlich ausgewirkt: Der Mensch begann nach der Buchenzeit, die Wälder durch Schlag- und Weidebetrieb systematisch aufzulichten und schuf damit wieder ähnliche Waldverhältnisse, wie sie zur Eichen-Mischwald-Zeit existierten. Die Eibe war der Beanspruchung durch Waldweide und Schneiteilung dank ihrer grossen Stockausschlagsfähigkeit vermutlich relativ gut gewachsen. Immerhin dürfte ihr die Ziege sehr stark zugesetzt haben, wie auch neuere Berichte bekräftigen (u.a. auch eigene Umfrage 1970). Dies umso mehr, als Wiederkäuer auf Taxin nicht stark reagieren sollen (nach MUHLE 1978 wurden Eibenzweige früher sogar als Laubstreu verwendet). Bis ins Mittelalter und bis zu den Anfängen moderner Hochwald-Bewirtschaftung entwickelten sich die verschiedensten Formen des Nieder- und Mittelwaldbetriebes, die der Eibe vermutlich alle irgendwie günstige Verhältnisse boten. Dass die Eibe noch zur Römerzeit bei uns auffallend häufig war, belegt z.B. eine Bemerkung des "Nichtbotanikers" Julius Cäsar: "taxo, cuius magna in Gallia Germaniaque copia est" (Bellum Gallicum 6, 31 aus HOOPS 1905). Seine Aeusserungen könnten sich sehr wohl auf eher stark bewirtschaftete Wälder, d.h. auf relativ gut zugängliche, teils erschlossene Wälder (z.B. entlang von Strassen) bezogen haben. Der weiteren Ausbreitung der Eibe, etwa wie in der Wärmezeit, stand nun aber vor allem im Mittelalter der doch massive Druck ihrer selektiven Nutzung entgegen. Vor allem ihre

Nutzung als Bogenholz (siehe unten) führte in England und Schottland zu einem derartigen Raubbau, dass die Art dort Ende des 15. Jahrhunderts beinahe ausgerottet war. Aus den Alpenländern (v.a. Oesterreich) und den Karpaten wurden von da an riesige Mengen Eibenholtz via Danzig nach Holland und England exportiert, später auch aus der Schweiz und aus Süddeutschland (HOOPS 1905). BRANDSTETTER (1902) weiss sogar zu berichten, dass die Eiben Europas in noch älteren Zeiten den Weg bis nach Ostindien gefunden hätten. ELLENBERG (1978) erwähnt auch, dass das eibenreiche Albisgebiet bei Zürich ein altes Eibenholtz-Exportgebiet für Bogen war. (Somit hätte also die Region Zürich eine uralte Tradition im Waffenexport.)

Bereits um 1500 mussten in Süddeutschland Eiben-Schonzeiten eingeführt werden (ATTENBERGER 1964, aus WILLERDING 1968), und Bayern erliess 1589 ein Schlagverbot für die Eibe (ROSENKRANZ 1934). Damit ist ein neues Bewusstsein in entgegengesetzter Richtung dokumentiert: Die Schonung, Hege und sogar die aktive Förderung der Eibe. Aus der Erwähnung von Eiben-"Heistern" in alten Forstarchiven (1617/18) zieht WILLERDING (1968) ebenfalls analoge Schlüsse.

Bestimmt ist der Gedanke an eine nachhaltige Bewirtschaftung der Eibe vielerorts auch schon früh aufgetaucht. Zumindest könnte die auffällige Häufung von Eibenvorkommen in der Nähe mittelalterlicher Burghügel einen Hinweis in dieser Richtung geben (vgl. auch ELLENBERG 1978). KOLLMANN (1909) spricht in diesem Zusammenhang sogar von "wachsenden Waffenkammern". Viele dieser steilen Standorte sind ohnehin vom Relief her "eibenfreundlich", doch scheint auch hier die Menschenhand stark mit im Spiel gewesen zu sein. Wie dem auch sei, 1689 sind aufgrund des fortdauernden Raubbaus auch in den Ostalpen keine schlagbaren Eiben mehr zu finden gewesen (SCHARFETTER 1938).

HOOPS (1905) erwähnt noch weitere mögliche Ursachen für den massiven Eibenrückgang, etwa die Entwässerung (!) weiter Gebiete, sowie Kahlhiebe. Wie die vorliegende Untersuchung jedoch zeigt, müssten etwa Entwässerungen, zumindest im extrem nassen Bereich, die Eibe eher gefördert haben. Wie weit das direkte Verpflanzen von jungen Eiben aus dem Walde in Pärke, Gärten, Friedhöfe usw. als wirksamer menschlicher Eingriff in Betracht kommt, ist sehr schwer abzuschätzen (v.a. könnte er ebensogut positiv zur Erhaltung der Art gewirkt haben).

Die Eibe hat seit der nacheiszeitlichen Ausbreitung der Buche dauernd

deren starkem Konkurrenzdruck ausweichen müssen. Sie wurde dadurch vermehrt auf die bekannten Spezial- und Extremstandorte wie Felswände, Mergel-Steilhänge und Blockschutthalden abgedrängt. Das sind gleichzeitig Gebiete, die einer regelmässigen Bewirtschaftung schlecht zugänglich waren. Von daher erklärt HOOPS (1905) auch, dass die Eibe in Deutschland heute vorwiegend ein Gebirgsbaum sei. Von diesen "Refugien" her sind in jeweils für die Eibe günstigeren Phasen auch Wiederbesiedlungen besserer Standorte erfolgt (vgl. auch WILLERDING 1968).

In den letzten 70 Jahren ist die Eibe in der Schweiz nachweislich stark zurückgegangen (vgl. 4.2.4.), obwohl gleichzeitig auch das wirtschaftliche Interesse an ihr abgenommen hat. Der von den beiden Zustandsanalysen umschlossene Zeitraum fällt in eine moderne Bewirtschaftungsepoke, die den Wald sehr stark verändert hat. Vor 100-150 Jahren begann man, von der Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung generell zu Hochwaldformen überzugehen.

Mit dem modernen Waldbau nahm aber nicht nur die örtliche Pflege- und Nutzungsintensität, sondern auch die Fläche der als Hochwald bewirtschafteten Wälder stark zu (Erschliessung). Damit wurden unsere Waldbestände allgemein wieder wesentlich dunkler (im Vergleich zum Mittelwald) und der ökologische Spielraum der Eibe in der Unterschicht der Hallenbestände erneut eingeschränkt. WILLERDING (1968) bezeichnet diesen neuen Waldtypus entsprechend auch als "Dunkelwald". Der Vorgang lässt sich in bezug auf die Eibe durchaus mit dem ersten natürlichen Eiben-Rückgang zur Zeit der Buchenausbreitung vergleichen, wenngleich ganz andere Ursachen dahinterstehen.

Die eigentliche intensive Bewirtschaftung des Waldes brachte es aber auch mit sich, dass das Pferd im Walde sehr häufig als Arbeitskraft eingesetzt wurde. Als Pferdegift wurde die Eibe deshalb in den meisten Nutzungsbeständen und entlang von Saumpfaden oder Pferdeweiden oft konsequent herausgehauen (LEIBUNDGUT, alte Förster und Bauern mündlich, sowie zahlreiche Literaturstellen, z.B. HESS et al. 1967, KLÖTZLI 1965). HEGI (1936) erwähnt, dass auf Grund der Giftigkeit der Eibe für die Pferde in Zürich seinerzeit ihre Entfernung entlang aller Strassen angeordnet, dass dieser Beschluss aber dank des Einspruchs der Zürcher Botanischen Gesellschaft wieder aufgehoben wurde - ein schon früher Naturschutzerfolg zugunsten der Eibe! Diese Art selektiven menschlichen Eingrifens hat mit Sicherheit zusätzlich die Tendenz verstärkt,

dass die Eibe aus den flacheren, forstlich leichter zu bewirtschaftenden Gebieten verschwunden ist.

Mit dem Aufkommen neuer Werkstoffe war man zudem immer weniger auf das harte Holz der Eibe angewiesen und auch von daher nicht mehr besonders an ihrer Hege interessiert. Steht die Eibe zu dicht im Nebenbestand eines schlagreifen Waldes, so kann sie im weiteren einen einzuleitenden Verjüngungsprozess durch ihren Schattenwurf sehr stark behindern. Viele Förster haben sie auch aus diesem Grunde aus dem modernen Waldbetrieb entfernt (div. Anmerkungen in der Umfrage 1970).

Bei uns, so muss man folgern, ist der letzte, durch die Hochwaldbewirtschaftung verursachte Eibenrückgang seit der Würmeiszeit wohl der stärkste gewesen und hat durch die Vielzahl der gleichgerichteten Wirkungen für die Verbreitung der Eibe die empfindlichsten Folgen gehabt. Kann man aus vielen Zeugnissen schliessen, dass die Eibe den mittelalterlichen Raubbau – zumindest in unseren Wäldern – doch relativ gut überstanden hat und sich später sogar wieder ausbreiten konnte (vielleicht auch dank einer teils gleichzeitigen Hege auf Grund des wirtschaftlichen Interesses an ihrem Holz), so stellen wir heute doch einen massiven, für grosse Gebiete fast totalen Ausfall fest, der zum überwiegenden Teil anthropogen verursacht ist.

4.2.2.2. Die wirtschaftliche Bedeutung der Eibe und die Wandlung ihrer Verwendungszwecke

Dass die Eibe ganze Kulturen geprägt oder mitgeprägt hat, wurde bereits unter 4.2.1. hervorgehoben. HOFFMANN (1924) hat, wie erwähnt, in diesem Zusammenhang auf Grund des hohen Eibenzanteils an Pfahlbauten den Begriff "Eibenkultur" verwendet. Erst die Vielfalt der Verwendung des Eibenz kann jedoch auch vom qualitativen Gesichtspunkt her die tatsächliche kulturelle Bedeutung dieses Baumes erhellen.

Bereits im alten Aegypten war die Eibe offenbar im Gebrauch und wurde vor allem für kultische Gegenstände wie Särge, Kopfskulpturen usw. verwendet (MARZELL 1928). Der älteste bekannte Speer ist aus Eibenz und gehörte einem Neandertaler. Er wurde in Südengland gefunden (GODWIN 1956). Zahlreiche prähistorische Funde, vor allem aus schweizerischen Moorprofilen, zeugen von einer vielfältigen Eibenzverwendung von der jüngeren Steinzeit bis ins

Mittelalter (NEUWEILER 1905, 1910, 1924, MESSIKOMMER 1887, SCHWEINGRUBER 1965, HAGER 1961).

Wichtigste Verwendungszwecke von Eibenholtz:

Jagd: Langbogen, Armbrustbögen, Keulen, Lanzen, Gewehrschäfte, Schilder für Jagdtrophäen.

Haushalt: Messer, Bleistifthülsen, Salatbestecke, Papiermesser, Nadelbüchsen, Strumpfkugeln, Zahnstocher, Schüsseln, Löffel, Nadeln, Trinkgefässe, Weberschiffchen, Pfeifenköpfe, Massstäbe, Lineale.

Landwirtschaft: Rechenzähne, Peitschenstöcke, Bergstöcke, Leitersprossen, Fasshahnen und -Pippen, Grenzpfosten, Zaunpfähle, Rebstickel, Tragbügel, Axtholmen, Beilfassungen, Hacken, Erntemesser, Hauspfähle (Pfahlbau), Werkzeugstiele (z.B. Hammerstiele), Griffe für Instrumente, Hobel, Wagnereigegenstände (z.B. Radachsen), Schlittenkufen.

Der bekannteste und wohl auch über lange Zeiten kulturell bedeutungsvollste Verwendungszweck der Eibe war die Herstellung von Bogen und Armbrüsten aus ihrem Holz. Dies auf Grund seiner hervorragenden Zähigkeit und Federkraft. Wie eng die Eibe im Bewusstsein der Römer und bis ins Mittelalter mit diesem Verwendungszweck verknüpft war, zeigen Wortverwandtschaften wie *taxus* (lat.) mit dem griechischen *τοξον* (= der Bogen). Analog heisst im Althochdeutschen "iwa" Bogen (HEGI 1936). Auch heute noch ist das Eibenholtz - und vermutlich wieder immer mehr - beliebt für spezielle Verwendungszwecke in der Drechslerei, im Kunsthandwerk, für Spielsachen (Achtung: nicht für Kleinkinder, die das giftige Holz lutschen!). In der aktuellen Umfrage wurde auch vielerorts hingewiesen auf die noch heute beliebte Verwendung des Holzes als Rebstickel (Jura), Marchpfähle (Innerschweiz, Graubünden) und allgemein überall dort, wo hartes, zähes oder dauerhaftes Holz in Haus und Hof gebraucht wird.

Neben dem Holz waren nach HEGI (1936) im Zürcher Oberland die Eibenzweige lange Zeit als Stubenbesen sehr beliebt gewesen und verschiedenenorts, z.B. im südtürkischen Amurgebiet, dienen die "Beeren" als Speise. "Holzknechte" und Kinder essen diese oft als durstlöschendes Mittel. Dies zweifellos ohne Schaden, solange der Kern nicht zerbissen wird (das Fleisch ist nicht giftig, nur der Kern!).

4.2.2.3. Die Eibe - ein Baum der Mythen und Volksbräuche

Ob die Aegypter die erwähnten Särge und Kopfskulpturen auf Grund der guten Holzeigenschaften oder aus mythologischen Gründen aus Eibenholtz anfertigten, ist hier nicht auszumachen. Sicher belegt und zum Teil auch heute noch gepflegt ist ein reiches und sehr ambivalentes Volksbrauchtum um diesen Baum aus den verschiedensten Lebensbereichen von den alten Griechen, Kelten und Germanen bis in unsere Zeit.

- Kultisch-mythologischer Bereich:

"Abwärts senkt sich der Weg,
von trauernden Eiben umdüstert
führt er durch Schweigen stumm
zu den unterirdischen Sitzen." (OVID, Metamorphosen IV, 432)

Nach HESS et al. (1967) hatte die Eibe bei den alten Griechen kultische Bedeutung als Symbol der Trauer. Für Römer wie Kelten war die Eibe ein den Todesgöttern geweihter, heiliger Baum, der möglicherweise als "Totenbaum" der Eburonen zu deren Namen beigetragen hat (ibos = Eibe auf irisch). Friedhöfe in früher keltischen Gebieten (Irland, Schottland, Bretagne) sind oft noch reich mit Eiben bepflanzt. Dieser nordische Mythos wurde vom Christentum weitgehend und z.T. umgedeutet übernommen: ähnlich, wie andere immergrüne Bäume, wird die Eibe auch heute noch auf christlichen Friedhöfen als Symbol des ewigen Lebens angepflanzt (vgl. WAGNER 1959). Im christlichen Kulturbereich werden die Eibenzweige vielerorts als "Friedenspalme" bei den katholischen Gottesdiensten des Palmsonntags verwendet, weshalb die Eibe z.B. im Vorderrheintal (Graubünden) auch "Palmèr" genannt wird.

In sonst eibenarmen Gebieten (z.B. Panix, Andest) galten die Eibenwuchsorte (z.B. das Flimser Bergsturzgebiet) als Geheimnis der Kirchenküster (HAGER 1916). Auch wird in Graubünden mancherorts die Türe der Braut mit Eiben bekränzt. In Niederösterreich werden zu Allerheiligen die Gräber und zu Weihnachten die Krippen mit Eibengrün geschmückt (ROSENKRANZ 1934).

Die mythologische Bedeutung der Eibe in germanischen Göttersagen soll nach HOFMANN (1924) von den Pfahlbauer-"Eibenkulturen" stammen. Im Mittelalter galt die Eibe im germanischen Sprachraum vor allem als "zauber-

wehrend" (antidämonisch). In Thüringen (Angelrode) legte man beispielsweise noch bis Ende des 19. Jahrhunderts Eibenzweige kreuzweise in Keller, Stuben und Küchen gegen stehlende Zwerge und andere Ungeister. Auch hat dort das "Ausrändern" der Zimmer mit Eibenholt den Sinn, "unreine Geister" zu vertreiben. Eibenzweige in Korn und Stroh sollen gegen Mäuse und Ratten und vermutlich auch gegen anderes Ungeziefer gewirkt haben. Ihrer Verwendung als Streu im Viehstall kam demnach vielleicht eine ähnliche Bedeutung zu. (Einzelne Bauern nutzen eine analoge Wirkung heute noch bei der Verwendung von Adlerfarn als Streu; mündlich von Bauern im Jura). Ganz allgemein besagt ein alter unterfränkischer Volksspruch: "Bei den Eiben kann kein Zauber bleiben!" Entzauberungen durch Berührung mit Eibenzweigen kommen entsprechend in Sagen und Märchen vor (MARZELL 1928). Außerdem soll der Genuss von "Eibenbeeren" "fest" (= schussfest) machen.

Die Kosaken tragen Talismane aus Eibenholt und in Bosnien soll sich die Eibe selbst als Mittel gegen Vampire und Hexen bewähren. Mohammedaner binden Kühen aus den gleichen Gründen Eibenhölzlein an die Hörner, fertigen Messerstiele aus Eibe und tragen eibenhölzerne Kreuzlein an den Kleidern (MARZELL 1928). In Spanien soll die Eibe sogar den Blitzschlag bannen und wird ähnlich wie in Süddeutschland und in der Schweiz als "Palm"-zweig verwendet.

Aber auch als Unglücksbringer hat die Eibe ihren wichtigen Platz in der Volksmythologie: Plinius (Arkadien) und Dioskorides (Narbonien) berichten, dass jemand, der unter Eiben ruhe, sterben oder schwer geschädigt werden könne und dass der Genuss von Wein aus Eibenbechern todbringend wirken könne. Auch Caesar wusste zu erzählen (De Bello Gallico), dass sich der Herrscher der Eburonen beim Vordringen der Römer mit Eiben das Leben genommen habe. Im mittelalterlichen Volksglauben ging ferner die Sage um, dass junge Obstbäumchen, die mit einem Eibenstickel gestützt werden, unfehlbar verdorren. So ist auch verständlich, dass die "Zaubereibe" in alt-schwäbisch-bayrischen Sagen als verhexender, todbringender Baum dargestellt wird. Die letzteren, todbringenden Eigenschaften dürften zu einem guten Teil auf tatsächlichen Erfahrungen mit der Giftwirkung der Eibe, teilweise aber auch auf übertriebenen Vorstellungen von deren Giftigkeit beruhen (MARZELL 1928)

- Volksmedizinischer Bereich:

Die wohl bekannteste Wirkung der Eibe ist jene als Abortivum, wenn der Absud ihrer Blätter getrunken wird. Sie heisst auf siebenbürgisch daher "Verbodä Bum" (verbotener Baum). Die Eibe wurde aber auch gegen Schlangenbisse und Insektenstiche eingesetzt und galt ferner als Mittel für die Steigerung der Milchabsonderung bei Kühen sowie gegen Ungeziefer am Vieh. Das Sägemehl soll im weiteren gegen Hundetollwut ("Tollholz") und als Medizin gegen den Kropf bei Pferden verwendet worden sein. Hierzu der Kuriosität halber ein Rezept von 1882:

"Wenn das Vieh rünglich (drehkrank?) wird, so nimb Meyenwürmlein (= Maiwurm, Oelkäfer, *Meloe proscarabaeus*, ein altes Tollwutmittel) todt oder lebendig, lege sie in Honig, schabe Eibenholz darzu und giebs dem Vieh auff Brod zu essen." (BOEHME, M.: "Kurze, doch bewährte Vieh-Artzney 1882", aus MARZELL 1928)

- Die Bedeutung der Eibe im Spiegel von Namen und Sprachgebrauch:

Wie volkstümlich schliesslich dieser Baum über lange Zeiträume unserer Vorgeschichte gewesen sein muss, kann man aus der eindrücklichen Vielzahl und Vielfalt von Flur-, Orts- und Familiennamen sowie aus anderen Bezeichnungen und deren Verwandtschaft zum Worte Eibe erahnen.

Die direkte Verwandtschaft zwischen dem lat. *taxus* und dem griechischen *tōxon* (Bogen) wurde bereits erwähnt. Auch das altnordische Wort "yr" heisst nach MARZELL (1928) gleichzeitig Eibe und Bogen.

BRANDSTETTER (1902) vermutet zwischen dem Althochdeutschen *īwa* (Eibe, Bogen) und *ewa* (Ewigkeit) eine symbolische Beziehung (immergrüner, sehr alt werdender Baum). KLUGE (1967, in BOSSHARD 1978) bestätigt diese Herkunft und ergänzt sie durch weitere althochdeutsche Formen wie *Twe*, *Tha* (weiblich), *Tgo* (männlich) oder das altsächsische *Ich* (genauere Angaben bei BOSSHARD 1978).

In der Schweiz sind die verschiedensten Bezeichnungen für Eibe gebräuchlich, zum Teil noch in vielen Namen versteckt:

- *Ey, Eya, Eye, Eia, Eiä* (Kantone Baselland, Jura, Solothurn, Zürich, Zug, Bern, Aargau, Luzern)
- *Iba, Ibä, Iibä, Iib, Ible, Ibf, Ibli* (Graubünden, Fürstentum Lichtenstein, Schaffhausen, Schwyz, Aargau, Appenzell, St. Gallen)

- I, Ii, Iibe, Ibe, I-Boum, I-Buum, Iholz (Luzern, Bern)
- Iie, Iiä, Ien (Glarus)
- Y, Ye, Yä (Urkantone)
- Ywa, Ywe, Yali, Yäli, Yli, Yelä (Schwyz, Zug)
- Iche (Luzern)

Eine weiterführende Zusammenstellung nach Regionen findet sich bei BOSSHARD (1978).

Von den "Beeren" her inspiriert sind Bezeichnungen wie "Rotzbaum" und "Schnuderbeeribom" (Thurgau). Ortsnamen wie Ibrig, Ibach, Igraben, Iwi, Yenwald, Ibikon, Iental, Ifel (If = Eibe, franz.) und viele mehr sind alleamt von der Eibe abgeleitet (BRANDSTETTER 1902).

ROSENKRANZ (1934) führt eine weitere Liste aus Oesterreich an. Daraus nur: Taxberg (Taxe = Eibe, vgl. auch HEGI 1936), Eibensessel, Eibenberg, Eibeck, Eybenstein.

Aus Deutschland stammen Ortsnamen wie Ibenstein, Eibach, Eibensee und Eyba, letzterer Ort sogar mit einem Eibenbaum im Wappen (HEGI 1936).

Auch Vornamen wie Iwo, Ibo, Iwald stammen von der Eibe und Eib, Eibel, Eibner sind einige entsprechende Familiennamen dazu (MARZELL 1928, HEGI 1936).

Ausführlichere Angaben und weitere Literatur zu den vorgängigen Abschnitten sind bei den genannten Autoren zu finden, vor allem bei MARZELL (1928), HEGI (1936) und ROSENKRANZ (1934).

4.2.3. Der Einfluss der Fauna auf die Eibe

An verschiedenen Stellen wird in dieser Arbeit auf die Bedeutung des Wildes für die Eibe hingewiesen. Im Vordergrund stehen vor allem die argen Verbisschäden durch Reh- und Rotwild sowie Fegeschäden (KLÖTZLI 1965), aber auch Verbiss durch den Feldhasen und das Kaninchen werden genannt (MUHLE 1978).

Das Auftreten der hohen Wilddichten in unseren Wäldern in den letzten 50-80 Jahren muss allgemein als Folge einer Störung des ökologischen Gleichgewichtes in unserer modernen Kulturlandschaft angesehen werden. Die praktisch vollständige Ausmerzung der natürlichen Feinde (Luchs, Wolf, Bär) von Reh und Hirsch ist wohl die Hauptursache, doch könnte diese Störung mit einer ökolo-

gisch vernünftigeren Bejagung durch den Menschen weitgehend aufgefangen werden. Die künstlich von Jägerkreisen extrem hoch gehaltenen Wildbestände verursachen ungeheure Schäden. Für die Eibe ist diese Situation in doppelter Hinsicht fatal: einerseits wird sie vom Wild geradezu als "Delikatesse" bevorzugt, extrem dort, wo sie am seltensten vorkommt (KLÖTZLI 1965) und andererseits bleibt sie, durch ihren langsamem Wuchs bedingt und aufgrund ihrer genetisch fixierten geringen Baumhöhe, äusserst lange dem Verbiss ausgesetzt. Die Wirkung der hohen Wilddichte im Wald wird zusätzlich noch dadurch verschärft, dass die an den Wald angrenzenden Ökosysteme in unserer Kulturlandschaft immer mehr verarmen oder für das Wild gänzlich unzugänglich gemacht werden (Siedlungen, Strassen, Industrieanlagen usw.). Dadurch verengt sich das Aesungsangebot noch mehr alleine auf den Wald. Ein Wildschaden, der da und dort zu beobachten ist (vom Autor z.B. 1979 am "Born"-SE-Hang bei Olten, Kt. Solothurn, festgestellt) ist das sogenannte "Spechtringeln". Nach KUCERA (1972) ist es vor allem der grosse Buntspecht (*Dendrocopos major* L.), der Stamm und Aeste von der Basis bis in die Krone in geschlossenen Ringen anhakt. Pro Ring wurden bis 26 einzelne Hackstellen gezählt. Die Ringe liegen oft wenige Zentimeter übereinander, so dass pro dm^2 bis zu 56 Verletzungen beobachtet wurden. Nach den Untersuchungen von KUCERA reichen nicht alle bis ins Kambicium und verheilen während der Dauer von 1-6 Jahren unter Wundholzbildung. Nach eigener Beobachtung sind sehr stark geringelte Bäume nicht abgestorben, in ihrer Vitalität aber doch stark geschwächt worden (sehr dünnes Nadelkleid).

Ausser den direkten Schäden sind durchaus auch noch weitere Veränderungen in der Fauna zu vermuten, die sich für die Eibe negativ auswirken könnten. So ist z.B. das Artengefüge der Tiere in einem als Hochwald intensiv bewirtschafteten "Dunkelwald" vermutlich sehr anders als in einem Mittelwald oder Urwald. Wie weit sich z.B. eine veränderte Zusammensetzung der Vogelbestände, der Kleinsäuger und Nagetiere für die Eibe verbreitungsbiologisch negativ auswirken könnte, kann hier nur als Frage aufgeworfen werden. Auch der heute allgemein beobachtete, zivilisatorisch bedingte Rückgang der Singvögel (z.B. Singdrossel), gehört in diese Überlegungen einbezogen. Es wurde leider kein Hinweis gefunden, wonach die Folgen dieser Veränderungen der Tierwelt erstens einigermassen quantifizierbar würden und zweitens gewisse Rückschlüsse-

se auf die Eibe zuliessen.

4.2.4. Der Verbreitungszustand der Eibe 1905 und 1970 im Vergleich

(Abb. 36, 37)

In Bezug auf die Verbreitungsschwerpunkte der Eibe hat sich 1970 das Bild von VOGLER von 1905 recht gut bestätigt. Nach wie vor verläuft eine sehr markante Zone dem Jura-Südfuss entlang, die sich vom Lac de Joux bis zu den Lägern erstreckt. Der Jura bei Genf ist fast eibenleer. Weitere Juratäler und -rücken weisen (vor allem im Gebiet des Vallon de St. Imier und des Val de Travers) ebenfalls eine recht grosse und nur wenig zurückgegangene Eibendichte auf.

Im Osten schliesst sich als grösstes, regelmässig mit Eiben bestocktes Gebiet das Zürcher Oberland bis zum Bodensee und ins St. Galler Rheintal an. Auch hier hat sich die Eibe, mit Ausnahme einiger Verschiebungen und einer gewissen Abnahme um St. Gallen (wo VOGLER selbst gearbeitet hat!), recht gut gehalten.

Weitere Schwerpunkte sind die Föhntäler der Alpennordseite: Aus dem Vorderrheintal und dem Prättigau wurden zwar in beiden Aufnahmen viele übereinstimmende Vorkommen notiert, doch stiess die Eibe bei Vogler noch konsequent weiter in den inneralpinen Bereich vor, namentlich im Hinterrheintal und im Albulatal. Das Walenseegebiet ist nach wie vor sehr eibenreich.

Im Gebiet des Vierwaldstättersees und des Zugersees wurde zwar ein deutlicher Rückgangstrend, aber trotzdem noch eine häufige Vertretung der Eibe festgestellt. Der nördliche Ausläufer davon, die Albis-Uetlibergkette und das Sihltal, der gleichsam die Brücke zu den Jura-Vorkommen bildet, ist wie eh und jeh sehr gut mit Eiben bestockt.

Einen sehr deutlichen Rückgang kann man hingegen im Bereich des Thuner- und Brienzersees, im unteren Haslital, im Kander-, Simmen- und Aaretal feststellen. Nördlich davon, im Emmental/Entlebuch, ist ein fast totaler Ausfall zu verzeichnen. Schon 1905 hat Vogler hier nur Einzelvorkommen registriert. Sicher sind auch heute noch solche vorhanden, die in meiner Umfrage nicht erfasst wurden.

Als letzter grosser Schwerpunkt ist das Rhonetal unterhalb Martigny und das obere Genferseegebiet zu erwähnen. Auch hier muss - trotz immer noch

guter Vertretung – ein deutlicher Rückgang registriert werden, dies vor allem im Bereich um Martigny und im kontinentaleren Bereich des Wallis. Erfreulich sind immerhin die auch heute noch vorhandenen vitalen Vorkommen im Lötschental und im Bietschthal.

Gesamthaft fällt ein grosser Verlust an Eibenvorkommen auf, der bestimmt nicht auf Fehler der Umfragen zurückzuführen ist. Auch wurden etliche heutige Fehlstellen, wo Vogler noch Eiben notierte, an Ort und Stelle überprüft und in fast allen Fällen das Resultat der neuen Umfrage bestätigt. Besonders eindrücklich ist der Eiben-Rückgang im westlichen Mittelland, vom Genfersee bis hin zur Albiskette und der Innerschweiz. Dieser dürfte zu einem guten Teil mit der Intensivierung der Waldbewirtschaftung zusammenhängen. Dieser Vorgang hat sicher auch schon wesentlich vor der Umfrage Voglers (1905) begonnen, gibt es doch weder klimatische noch edaphische Ursachen, welche zu den schon damals riesigen Unterschieden zwischen Emmental/Entlebuch und Zürcher Oberland geführt haben könnten. Denn diese Gebiete sind klimatisch und geomorphologisch so ähnlich, dass die Ursachen entweder in biotischen Faktoren oder im Faktor Zeit (andere Floengeschichte) zu suchen sind. Im Vordergrund steht der menschliche Einfluss:

Das Gebiet des Emmentals war früher besiedelt als das Zürcher Oberland. Zumindest von heute aus beurteilt entsteht bei einem Vergleich von Wald und Höfen dieser Landschaften zudem der Eindruck, dass die Emmentaler "ordnungsliebendere" Menschen sind, als die Zürcher Oberländer (Miststöcke, Bauerngärten, stattliche, verzierte und geschmückte Bauernhäuser). Die Wälder im Emmental sind sichtbar besser und intensiver gepflegt. Da die Eibe oft als störendes Element der Unordnung empfunden wird, vor allem, wenn zudem intensiv mit Pferden im Wald gearbeitet wird, könnte vielleicht auch darin eine Tendenz zu ihrer Ausmerzung verankert liegen.

Wohl die wichtigste Erklärung könnte darin liegen, dass der Plenterwald des Emmentals – im Unterschied zum Zürcher Oberland – zu den typischen Weisstannengebieten gehört, wo die Tannen vom Menschen auch konsequent gefördert wurden. Die gestuften Plenterbestände wären an sich von den Lichtverhältnissen her sicher nicht ungünstiger als ehemalige Laubmittelwälder. Die Eibe dürfte jedoch unter dem Dach der immergrünen Tannen und Fichten vor allem dadurch stärker benachteiligt sein, dass im Unterschied zum Laubwald der Bestand

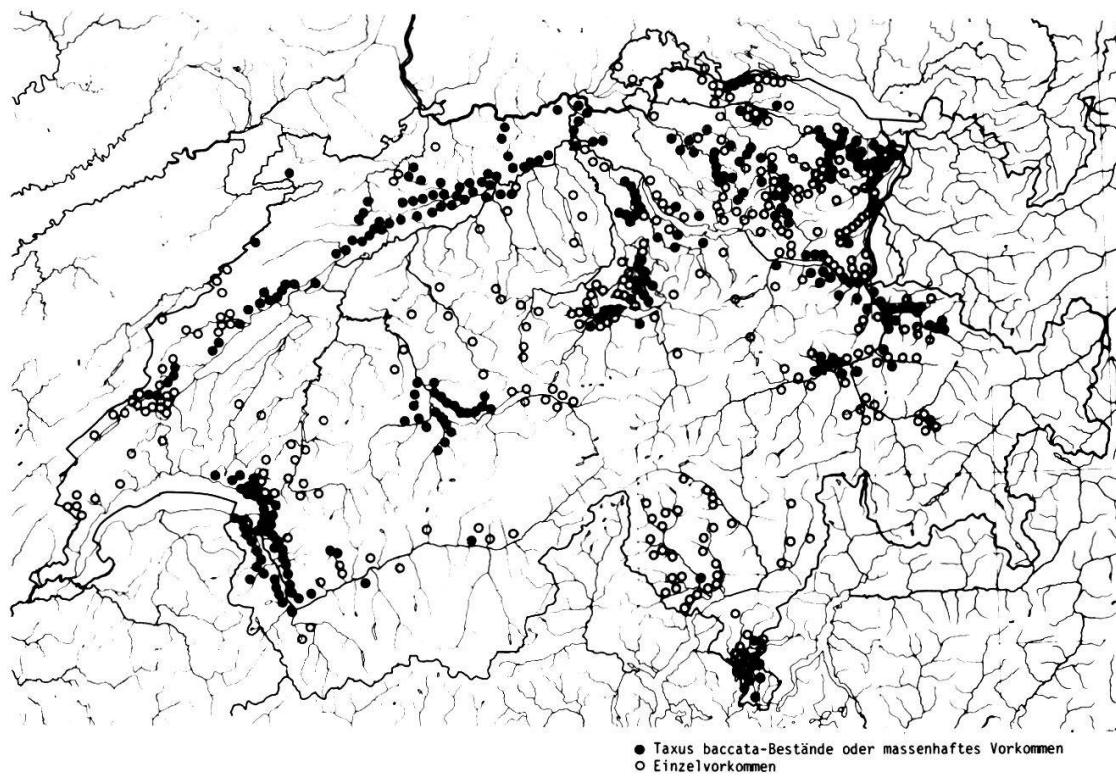


Abb. 36. Verbreitungskarte von *Taxus baccata* in der Schweiz 1905 nach VOGLER.

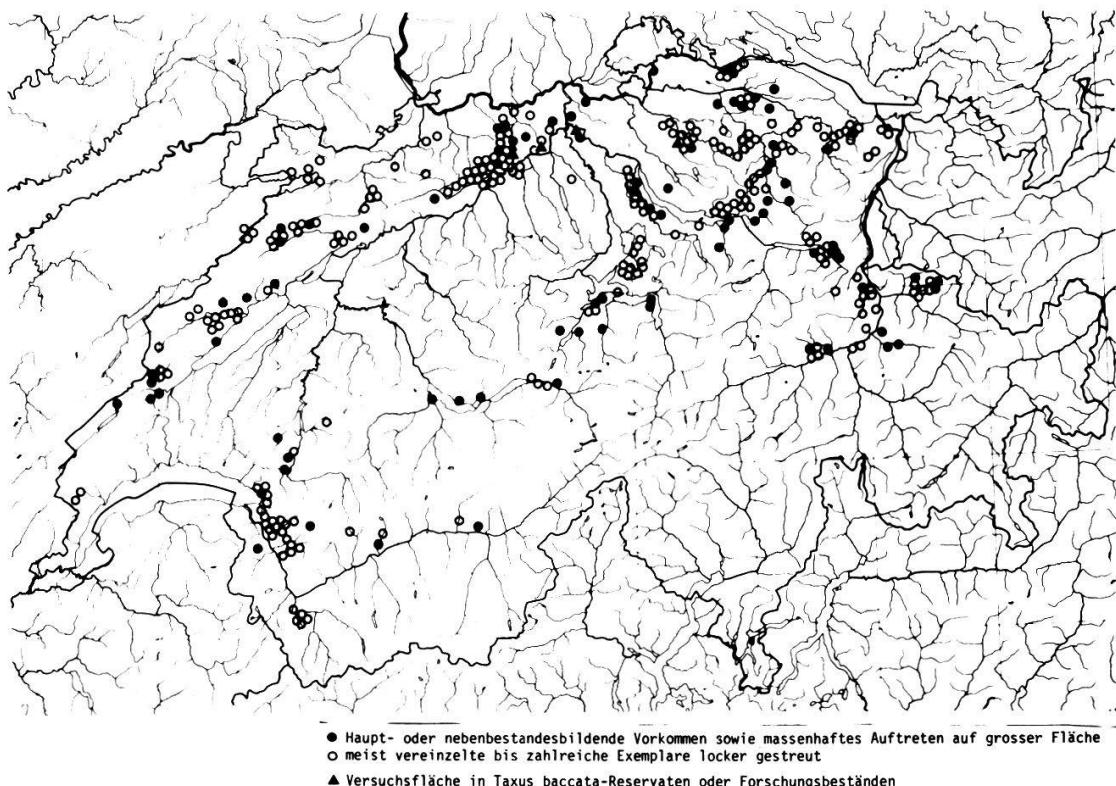


Abb. 37. Verbreitungskarte von *Taxus baccata* in der Schweiz, ohne Tessin, 1970 nach aktueller Erhebung

in den wichtigen Uebergangsjahreszeiten gleich dunkel ist wie sonst. Falls diese letztere, aus meiner Sicht eher wahrscheinlichere These zutrifft, so würden die Ursachen des Unterschieds zwischen Emmental und Zürcher Oberland in ähnlichen Vorgängen liegen, wie sie sich in den nacheiszeitlichen Waldbeständen bei der Buchenausbreitung abgespielt haben, nur von Menschenhand ge- lenkt und durch die immergrünen Arten im Hauptbestand verschärft.

Ausserdem ist es möglich, dass das Emmental seit langem forstlich intensiver genutzt wurde als das arme Hinterland Zürichs. Darüber konnte ich leider keine genügend schlüssigen und vergleichbaren Dokumente finden.

Für die übrigen Rückgänge, vor allem auf extremeren Vorposten in Tälern oder ganz allgemein in der Verbreitungsdichte gelten vermutlich ähnliche Ursachen, wie sie bereits unter 4.2.2. erörtert wurden. Zur wesentlich intensiveren und in der Form gewandelten Bewirtschaftung (Hochwald) kommt heute als sehr entscheidender Faktor, wie erwähnt, praktisch überall das Wild hinzu, das fast jeden Jungwuchs und jede Ansammlung zunichte macht (Einzelheiten in KLÖTZLI 1965).

Der festgestellte Trend des Eibenrückgangs dürfte in diesem Sinne anhalten, vor allem auch im Hinblick auf die weitere Erschliessung bisher eher unwegsamer Waldgebiete, falls nicht aktiv forstliche Gegenmassnahmen ergriffen werden.

4.2.5. Das Standortsspektrum der Eibe in der Schweiz

Da unter 5.2. die aktuelle und potentielle Verbreitung der Eibe sowie ihre ökologischen Nischen diskutiert werden, soll sich hier die Auslotung des Standortsspektrums auf einige markante Anhaltspunkte beschränken und darauf konzentrieren, um ihr spezifisches Oekogramm zu entwerfen.

4.2.5.1. Das klimatische Standortsspektrum

1. Horizontalverbreitung

Da die Eibe wenigdürreempfindlich ist und von Spätfrösten kaum betroffen wird, gelingt es ihr, überall dort in subkontinentale bis kontinentale Klimate einzudringen, wo sie vor scharfen Winterfrösten geschützt ist. Der imposante Eibenwald mit Grau-Erle, Birke und Föhre im Wallis am Eingang

des Bietschtales (unterhalb des Eisenbahnviaduktes) ist ein sprechendes Beispiel dafür. In Einzel'exemplaren geht die Eibe sogar noch weiter bis ins Oberwallis hinauf (Mörel). Nicht weniger erstaunlich ist ein von KLÖTZLI und LINDER (mündl.) gefundener Eibenstandort im Calfeisental (SG) inmitten von Bergföhren, Fichten, Bergahorn und Tannen. Die letzte Arve (!) auf diesem Wuchsorit soll seither leider umgehauen worden sein. Weitere inneralpine Vorposten, vor allem in Graubünden, sind den Verbreitungskarten (Abb. 36 und 37) zu entnehmen (z.B. im Albulatal und im Hinterrheintal). Diese Beispiele bestätigen, dass die Kontinentalitätsgrenze der Eibe vor allem durch die tiefen Wintertemperaturen und nicht, wie bei der Buche, durch Spätfrost und Trockenheit bedingt ist. Die Eibe überschreitet daher vor allem in den warmen inneralpinen Trockentälern das klimatische Standortsspektrum der Buche. Dieser Befund ist analog zur Situation am osteuropäischen Rand des Eibenareals (vgl. auch Kap. 2.2.2.). Das lokale Klima, allenfalls sogar das Mikroklima eines Bestandes, spielen bei den einzelnen weit vorgeschobenen Standorten vermutlich eine wichtige Rolle. An Orten, die zur Bildung von Kälteseen neigen, wurden jedenfalls nie Eiben gefunden, ebenso nicht an ostwindexponierten Stellen.

Die Tendenz der Eibe, sich in geschützte, womöglich aber doch kühle und luftfeuchte Nischen zurückzuziehen, ist am deutlichsten durch die vielen Wuchsorite in Schluchten, Tobeln und engen Seitentälern dokumentiert. Diese Erscheinung ist vor allem am Rande des kontinentalen Klimagebietes auffällig: z.B. "Lonzaschlucht" (Lötschental, VS), Bietschtal (VS), Viamalaschlucht, Gorges du Durnand (bei Sembrancher, VS), viele Tobel im Prättigau und allgemein im Bündnerland. Analoges gilt auch für den Jura: Taubenloch- und Twannbachschlucht bei Biel, Klus bei Moutier usw. Es erübrigt sich zu erwähnen, dass natürlich auch im Herzen des Verbreitungsgebietes viele Schluchten und Tobel zu den Lieblingsrefugien der Eibe gehören.

Diese Spezialität der Eibe wird unter 5.2.1. etwas näher erörtert.

2. Vertikalverbreitung

Noch deutlicher als an der Kontinentalitätsgrenze wird die Eibe in der Höhe durch die Temperatur begrenzt, und dies vermutlich in doppelter Hinsicht: einerseits durch die Winterfröste (absolute Temperatur-Minima),

andererseits wirkt wahrscheinlich vielerorts auch der Mangel an Wärme im Sommer (Wärmesumme) für die Entwicklung der Eibe begrenzend. Letztere Vermutung wurde nicht genau untersucht. Sie stützt sich vor allem auf die Beobachtung ab, dass die Eibe in vergleichsweise warmen Föhntalgebieten häufiger und meist auch in höheren Lagen noch anzutreffen ist, als anderswo. Die absoluten Minimumtemperaturen liegen in diesen Gebieten normalerweise nicht höher als in föhnfreien Gegenden. Je besser die Lagen vor Wind und Frost lokal geschützt sind, desto höher kann die Eibe im Einzelfall steigen. In den Föhntälern Graubündens wurden die höchst gelegenen Bäume auf 1600-1700 m gefunden (Prättigau, Albula). Im Jura fanden sich Eiben bis 1200/1300 m (z.B. Vallon de St. Imier, Val de Travers). Auch hier spielt das Meso- und Mikroklima eine wichtige Rolle.

4.2.5.2. Das edaphische Standortsspektrum

1. Substrat, Bodenreaktion

Die Eibenvorkommen des gesamten Untersuchungsgebietes stocken vorwiegend auf basenreichen Böden. Insbesondere gilt dies auch für die drei genauer untersuchten Gebiete bei Baden, Auenstein und Erlinsbach. Auch an extremen Basenreichtum scheint die Eibe gut angepasst zu sein: es wurden nirgends chlorotische Erscheinungen festgestellt, auch nicht auf reinem Kalk. Neben Unterlagen aus reinen Kalken und Mergeln verschiedenster Herkunft wurden sehr viele Standorte mit mittleren pH-Werten (basisch bis leicht sauer) auf sehr unterschiedlichem Muttergestein gefunden: z.B. auf Dolomit, Kieselkalk, Bündnerschiefer, Molasse, verschiedenen Moränen, Deckenschotter, Nagelfluh, Flysch. Aber auch auf eindeutig saurem Muttergestein gedeiht die Eibe problemlos. Die Standorte südlich von Martigny sind die wichtigsten auf Kristallin im Untersuchungsgebiet. HAGER (1916) erwähnt aus dem Vorderrheintal (bei Ilanz) Eibenvorkommen auf Verrucano-Silikaten, während CHRIST (1912) und KIRCHNER et al. (1906) Eiben auf Gneis und Porphyrr im Tessin beschreiben. Letztere erwähnen sogar eine Aschenanlage von KERNER, welche Eibenmaterial von Standorten auf Serpentin, Kalk und Gneis vergleicht (allerdings von 1869 stammend). Auch die bei VOGLER (1905) zusammengestellten Tessiner Vorkommen liegen grösstenteils auf Standorten im Bereich sauren Muttergesteins. Aus Gebieten ausserhalb der Schweiz zählt (MUHLE 1978) eine ganze Reihe von bodensauren

Eibenstandorten in Mitteldeutschland auf und MAYER (1974) beschreibt einen "Silikat-Steilhang-Buchenwald" aus Oesterreich. Auch WILLERDING (1968) erfasst in seinem weiten Spektrum von Eibenstandorten Deutschlands solche auf Quarzit, Tonschiefer und Gneis und HOFMANN (1958) liefert ausführliche pflanzensoziologische Unterlagen zu entsprechenden Standorten. Viele Vorkommen in England und im nordatlantischen Raum stocken nach LEIBUNDGUT (mündl.) ebenfalls auf saurem Substrat. Natürlich ist saures Muttergestein nicht identisch mit sauren Böden, obschon dieser Fall sehr häufig vorkommt. Immerhin handelt es sich aber auf solcher Unterlage im allgemeinen um kalkfreie und basenarme Böden, auch wenn tiefe pH-Werte des Muttergesteins durch die Bodenbildung oft bis gegen 7 hin neutralisiert werden können. Damit ist die immer wieder vertretene Ansicht, die Eibe sei ein ausgesprochener oder zumindest vorwiegender Kalkzeiger, auf breiter Basis widerlegt. Ob und wieweit sie auf basenreiche Böden besonders positiv reagiert und in diesem Bereich daher eine stärkere ökologische Position einnimmt, wurde nicht geklärt. Immerhin beschreiben Forstleute aus dem Tessin die Eibe auf jenen (sauren) Standorten als sehr vital, womit auch diese Vermutung, zumindest für die ökologischen Verhältnisse Insubriens, zweifelhaft erscheint.

Wie tief der pH-Wert des Bodens der sauersten Eibenstandorte liegt, konnte leider nicht in Erfahrung gebracht werden.

HOOPS (1905) weist zudem auf rezente schottische und englische Moor- und Heidestandorte der Eibe hin (pH ~ 4, KLÖTZLI 1970), während AVERDIECK (1971) und WALTER (1927) verschiedene, paläontologisch nachgewiesene Eibenvorkommen auf norddeutschen Moorstandorten und im nordatlantischen Heidegebiet anführen. Auch bei MUHLE (1978) findet sich eine stattliche Liste nordwestdeutscher Eibenstandorte (verschiedener Autoren) auf Mooren. Wieweit es sich dabei jeweils um saure Moore und Heiden handelt, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht näher geklärt. Zumindest ergibt sich kein offensichtlicher Anhaltspunkt, wonach die Eibe weniger Säure erträgt als die Buche, die ja praktisch das ganze pH-Spektrum umspannt.

Auf den normal drainierten Standorten mit mittlerem pH ist das Vorkommen der Eibe eine Frage der interspezifischen Konkurrenz, die vor allem in den Abschnitten 4.2.2. und 5.2. diskutiert wird.

2. Wasserhaushalt

Es braucht wenig ökologischen Scharfblick, um zu erkennen, dass die Eibe in Bezug auf Trockenheit sehr extreme Bedingungen erträgt. Wer Eibenstandorte auf jurassischen Felskreten, auf Karstfelsen und an Felswänden von Klusen sowie im südexponierten, nackten Kalkfels über dem Walensee besucht hat, weiss, dass die Eibe den waldfähigen Bereich im Hinblick auf Boden-Trockenheit weit überschreitet. Zusammen etwa mit Föhre, Flaumeiche und Wachholder gedeihend, hat sie auf diesen Standorten den Beweis grösster Dürre-Resistenz erbracht. Dass sie jedoch im inneren Wallis zusammen mit der Flaumeiche nicht auf den trockensten Standorten vorkommt, gibt immerhin einen Hinweis darauf, dass die Dürre-Resistenz (vgl. 2.3.2.1.c) der Eibe nicht so weit geht, wie jene mediterraner Hartlaubgehölze. Auf der nassen Seite liegen die Verhältnisse weniger klar: Zwar wurden im Untersuchungsgebiet einzelne Eiben in staunassen Hangfusslagen im Jura gefunden, deren Vegetation zum Aronstab-Buchenwald (11) zu rechnen ist und sogar Übergänge zu Ahron-Eschenwald-Standorten bilden (z.B. auch Unterwilerberg).

Auf nässeren Standorten, auf denen die Buche gar nicht mehr gedeiht, konnten im Untersuchungsgebiet jedoch keine Eiben ausgemacht werden. Bei der Problematik, ob solche Standorte anderswo existieren, bin ich leider auf vage Angaben vorwiegend aus der Literatur und auf Vermutungen angewiesen, welche diese Frage eher positiv beantworten.

BURNAND und ROTH (1976) haben im "Bois de Chênes" eine 10 m hohe Eibe auf Bruchtorf gefunden, allerdings auch in Begleitung von Buchen. Das Grundwasser steht dort sehr hoch und die Bäume wurzeln flach, doch ist dies seit ca. 100 Jahren wohl kein Überschwemmungsstandort mehr (Drainage). Die genannten Autoren stellen auch diesen Standort ökologisch in die Nähe des Aronstab-Buchenwaldes. Einzig, wenn die Eibe älter als die Wasserspiegel-Korrektion und die Buche wäre, läge hier sicher ein extremes Nassstandort-Vorkommen vor.

Bei den von WILLERDING (1968) zitierten Angaben von CONWENTZ (1892) und BRANDES (1907), welche ebenfalls feuchte, torfige Eibenstandorte in Westpreussen und Walsrode erwähnen, könnte es sich auch um ähnliche Standorte handeln, ebenso bei den schottischen und englischen Vorkommen auf Torfmooren (HOOPS 1905).

MUHLE (1978) schreibt ebenfalls von Eiben in Bruchwäldern aufgrund

paläontologischer Funde. Nach Pollendiagrammen wird auf damalige eibenreiche Erlen-Birkenwälder geschlossen (um 1800-1700 v.Chr.). WILLERDING selbst gibt am äussersten Rand seines Eiben-Oekogramms "feucht bis nass" bzw. "hohe Bodenfeuchtigkeit" an, was immer das quantitativ bedeutet. ELLENBERG (1974) nennt eine Feuchtezahl (F) von 5, was bedeutet: "Frischezeiger, Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, auf nassen sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlend".

Diese letzte Angabe ist durch die vorliegenden Untersuchungen weitgehend widerlegt. Im Gegenteil umfassen wechselfeuchte bis wechseltrockene (Mergel-)Böden einen grossen Teil jenes speziellen Standortbereichs, welcher die Eibe fast nur noch mit der Föhre zu teilen braucht. Zwar hält sich die Eibe doch vorwiegend an besser entwickelte Mergelböden, wo auch die Buche noch gedeiht. Sie überschreitet aber jene Grenze, jenseits derer die Buche aus physiologischen Gründen nicht oder kaum mehr wächst. Nach ROTH (1979) wirken sich auf wechselfeuchten Böden vor allem zwei Faktoren für das Buchenwachstum limitierend aus: einerseits die geringe verfügbare Wasserkapazität zwischen Wassersättigung und Austrocknung (PWP), andererseits - und dies ist vermutlich noch entscheidender - der Sauerstoffmangel, der immer bei Sättigung des Bodenprofils auftritt, was bei geringen Mittel- und Grobvolumen praktisch bei jedem normalen Regenguss der Fall ist. Es bleiben also auf diesen Böden im Uebergang zwischen Vernässung und Austrocknung immer nur ganz kurze physiologisch günstige Momente für die Buche. Die Eibe hält diesen Stress etwas besser aus als die Buche, fällt jedoch in ihrer Vitalität bei wenig schlechteren Bedingungen bald auch stark zurück. Sie hält bei weitem nicht auf jenen extremen Verhältnissen durch, welche der Föhre praktisch alleine vorbehalten bleiben (v.a. Mergelrohböden).

3. Nährstoffhaushalt (Humus und Stickstoff)

Sowohl die Humus- als auch die Stickstoffanalysen haben ergeben, dass die Eibe auf nährstoffreichen wie auf armen Böden gut bis sehr gut gedeiht kann. Dieses Verhalten entspricht generell jenem der Pionierarten, mit denen die Eibe ja verschiedene Eigenschaften gemeinsam hat. ELLENBERG (1974) bezeichnet die Eibe bezüglich Stickstoffanspruch ebenfalls als "indifferent".

Der Einfluss einzelner Nährionen wurde im Detail nicht untersucht.

Auf physikalische Standortsfaktoren wie Steinschlag, Verankerung usw. wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, weil es sich dabei um Spezialfälle handelt, die in verschiedenen anderen Kapiteln genügend ausführlich beleuchtet wurden.

4.2.6. Die pflanzensoziologische Stellung der Eibe in der Schweiz

4.2.6.1. Allgemeine Gesichtspunkte

Die nachfolgenden Ausführungen zielen nicht vor allem darauf ab, eine neue und verfeinerte floristisch- pflanzensoziologische Beschreibung und systematische Unterteilung der eibenreichen Wälder in der Schweiz zu geben. Auch hat sich auf Grund des untersuchten Materials keine Notwendigkeit ergeben, eine neue Einheit auf Assoziationsstufe auszuscheiden.

Vielmehr soll versucht werden, einen Ueberblick über Struktur und Breite jenes Gesellschaftsspektrums zu geben, welches die Eibe mehr oder weniger häufig enthalten kann. Da die Eibe meist eine starke physiognomische Prägung der jeweiligen Gesellschaft bewirkt und solche Flächen aus diesem Grunde meistens einfach "atypische" Ausbildungen einer bestimmten Gesellschaft sind, ist es sehr schwierig, eibenreiche und eibenlose Flächen pflanzensoziologisch zu vergleichen. Aus diesem Grunde wurden in dieser Arbeit (mit zwei Ausnahmen) nur Aufnahmen nebeneinander gestellt, welche die Eibe mindestens in der Strauchschicht enthalten.

Die hierbei erfassten Standorte sind in der Literatur pflanzensoziologisch bereits hinreichend beschrieben. Gut zwei Drittel der Aufnahmen stammen entsprechend aus der "Eibenliteratur" bzw. aus nicht veröffentlichtem Material. Der Rest wurde neu aufgenommen, wobei vor allem darauf geachtet wurde, das Spektrum nach Möglichkeit zu ergänzen.

Verschiedene Autoren wurden durch die physiognomisch prägende Wirkung der Eibe dazu verleitet, die Eibe als Hauptmerkmal bestimmter Gesellschaften oder Aufnahmen zu betrachten oder gar zum Ausgangspunkt systematischer Ueberlegungen zu machen. Wie sich aus dem Ueberblick über das sehr weite Standortsspektrum eibenreicher Standorte in der Schweiz zeigt, ist dieser Ansatz jedoch nur in den wenigsten Fällen günstig: denn sehr viele Gesellschaften enthalten die Eibe durchaus fakultativ. Oft ist das Fehlen der

Eibe auf bestimmten Standorten ja weitgehend anthropogen bedingt.

Ausser den zwei erwähnten Ausnahmen (Aufnahmen Nr. 1 und 2) enthalten alle 260 Aufnahmen der Vegetationstabelle die Eibe. Die beiden Ausnahmen betreffen die Probefläche C, einen unmittelbar an Eibenstandorte anschliessenden Ahorn-Eschenwald. Die Eibe dringt nicht bis auf diesen Standort vor. Um den ökologischen Vergleich vollständiger durchzuführen, wurde, wie erwähnt, die Vegetation dieses Standorts in die Tabelle miteinbezogen.

Die Aufnahmen der Vegetationstabelle stammen aus der ganzen Schweiz nördlich der Alpen, einschliesslich das Wallis und umspannen daher verschiedene Florenbereiche. Dies kommt unter anderem in der grossen notierten Artenzahl von insgesamt 515 Arten zum Ausdruck. Arten mit einer Stetigkeit von 2 oder weniger wurden, ausser in der Rohtabelle, nicht verarbeitet. Damit verblieben 352 Arten in der Tabelle. Von diesen haben sich 191 als diagnostisch wertvoll zur Differenzierung verschiedener Einheiten erwiesen. Dabei ist zu vermerken, dass aus Gründen der Uebersichtlichkeit in vielen Einzelfällen für bestimmte Einheiten typische Arten zu den "übrigen Arten" gestellt werden mussten (Tab. 14b).

In der Folge soll also nicht jede Einheit im Detail besprochen werden. Dazu ist die Originalliteratur greifbar. Es geht vielmehr um den Ueberblick über das Spektrum eibenreicher Waldgesellschaften in der Schweiz, um das Verständnis des ökologischen Zusammenhangs zwischen diesen Einheiten nach dem Gesichtspunkt "Eibe" und um einen Einblick in die Struktur der Vegetationstabelle.

4.2.6.2. Das ökologische Spektrum der Vegetationstabelle (s. Tab. 14 a-c und Abb. 44 im Anhang)

Obwohl der Ordnung der Aufnahmen sehr viel Zeit gewidmet wurde, fällt auf, wie die Einheiten in verschiedenen Teilen der Tabelle besonders breite Uebergangsbereiche mit unscharfen Grenzen aufweisen. Dies ist vor allem in den beiden grossen Feldern links und rechts der Lindenmischwälder (Mitte) der Fall, das heisst in den Einheiten IV-IX und XI-XV.

Diese Tatsache ist charakteristisch für eibenreiche Wälder und hat verschiedene Gründe:

- Wie im ökologischen Teil gezeigt wurde, befindet sich die Eibe sehr oft auf Übergangsstandorten, d.h. dort, wo z.B. ein Bodentyp mit einem andern in Kontakt steht oder wo andere Standortsfaktoren ändern.
- Die Eibe selbst führt durch ihren Lichtentzug dazu, dass Arten, die für den edaphischen Standort bezeichnend wären, wegen Lichtmangels sehr oft gar nicht vorhanden sind. Daraus ergibt sich häufig ein soziologisch verfälschtes Bild, das auch zu entsprechenden Abgrenzungsproblemen führen kann.
- Da eibenreiche Gesellschaften oft auf Standorten mit Dauergesellschaften (bzw. "azonaler Vegetation", s. ELLENBERG 1978) vorkommen, finden wir sehr oft "unreife", d.h. an der Weiterentwicklung durch irgendwelche Faktoren dauernd gehinderte Gesellschaften, die bei unterschiedlichem Allgemeinklima ähnliche Erscheinungsformen hervorbringen. Es läuft keine normale Sukzession ab, die Entwicklung ist dauernd gestört. Damit ist die Vegetation jeder derartigen Aufnahme stärker von der jeweils speziellen standörtlichen Situation geprägt, als der Standort seinerseits durch die Rückwirkung der Vegetation (Auf Klimaxstandorten finden wir eher die umgekehrte Tendenz). Aus der unvollständigen Rückkoppelung ergibt sich eine zwischen Standort und Vegetation relativ grosse Heterogenität unter den einzelnen Aufnahmen.
- In anderen Fällen wiederum befinden wir uns jedoch zeitlich auf dem Weg zur Klimax. Der natürliche Sukzessionsablauf wurde in unseren Wäldern durch die Bewirtschaftung oft stark gestört oder zurückgehalten (z.B. durch Niedwaldbewirtschaftung, Ziegenweide etc.), so dass wir heute noch vielerorts recht unterschiedliche Artenzusammensetzungen auf ökologisch nahe verwandten Standorten finden, v.a. in der Baumschicht. Auch daraus ergibt sich eine Erschwerung von Abgrenzungen.

Zur Struktur der Vegetationstabelle:

In ökologischer Hinsicht ist die Struktur der Tabelle deutlich mehrdimensional. Immerhin liess sich die ganze Fülle an Aufnahmen mehr oder weniger deutlich entlang eines Hauptgradienten von oben links nach unten rechts ordnen: nach der Bodenfeuchtigkeit. Links sind die Gesellschaften auf trockenen, rechts jene auf feuchten Standorten zu finden.

Verschiedene andere Faktoren spielen nun jedoch hinein: Am auffälligsten ist dies in der Mitte der Tabelle der Fall, wo die Spezialstandorte wärme-liebender Lindenmischwälder (X) aus voralpinen Föhntälern eingefügt wurden. Diese Standorte, die in Höhenlagen zwischen 400 und 700 m ü.M. ihren Schwerpunkt haben, kommen vor allem auf Grund des feucht-milden Seen-Föhntal-Klimas einerseits und der skelettreichen Böden andererseits zustande. Ebenfalls durch skelettreiche Böden (z.T. bis zu Blockschutt) und durch luftfeuchtes, jedoch allgemein etwas kühleres Klima (vorwiegend in Lagen zwischen 700-1200 m ü.M.) geprägt sind die Standorte der Zahnwurz-Buchenwälder (Einheit XV). Ihre Einordnung in der Tabelle im äusseren rechten Flügel ist vorwiegend auf Grund der Luftfeuchtigkeitszeiger erfolgt. Auch ökologisch ist die relativ hohe Luftfeuchtigkeit praktisch der wichtigste Standortsfaktor, welcher diese Standorte mit den benachbarten Einheiten XVI und XVII verbindet. Einheit XVII - soziologisch zu den Ahorn-Eschenwäldern gestellt - markiert am äussersten rechten Tabellenrand gleichzeitig auch den physiologisch bedingten Grenzbe-reich der Eibe gegen zu nasse Böden hin.

Zwischen die Linden-Zahnwurz-Buchenwälder (linker Flügel von Einheit XV) und die Lindenmischwälder (X) sind vier Einheiten eingeschoben, die vor allem über eine "mittlere Brücke" taxusbegleitender Arten mit geringem ökologischem Aussagewert mit den benachbarten Einheiten verbunden sind. Jene Seite, die mit einem breiten gemeinsamen Band von Arten in der Mitte der Tabelle an die Lindenmischwälder anschliesst, kann relativ eindeutig zu den Weiss-seggen-Buchenwäldern gestellt werden. Die restlichen drei Einheiten dieses Bereichs sind soziologisch praktisch nur noch durch die von links nach rechts abnehmende Artenzahl gekennzeichnet und umfassen vorwiegend dunkle Eiben-wälder verschiedenster Expositionen und Neigungen. Gemeinsam ist den meisten, dass sie auf Molasse-Mergeln stocken. Die vier extremsten Aufnahmen (XIV) stammen aus Schluchten und von Wänden und wurden mehr der Vollständigkeit halber eingefügt, wobei praktisch nur noch die Eibe selbst überhaupt einen Anschluss an benachbarte Einheiten herstellt. Das ökologisch bedeutsamste Merkmal dieser Einheiten ist die Dunkelheit auf dem Waldboden.

Links der Mitte schliesst zuerst eine Gruppe mittlerer Standorte an den Lindenmischwald an (VIII und IX) und leitet zu jenen für die Eibe besonders charakteristischen wechselfeuchten Standorten über (eigentlicher Eiben-Buchen-

wald VI und VII). Das Muttergestein (Mergel) ist hier der ökologisch prägende Hauptfaktor. Mit zunehmend extremeren Bedingungen gegen links wird die Föhre immer konkurrenzfähiger. Entsprechend schliessen die Aufnahmen verschiedener Pfeifengras-Föhrenwald-Standorte an (IV und V). Ebenfalls teilweise von der Föhre dominiert ist der restliche linke Teil der Tabelle (I - III), welcher ökologisch allerdings deutlich abzutrennen ist vom wechselfeuchten Bereich. Hier haben wir es zu tun mit verschiedenen extremen Ausbildungen von trocken-warmen Kalkstandorten bis hin zu Gratlagen auf karstigem Fels.

Im Gegensatz zum feuchtesten Flügel handelt es sich dabei nicht mehr um Waldstandorte im engeren Sinne. Trotzdem wurde bei diesen Standorten die physiologische Trockenheitsgrenze der Eibe noch nicht unterschritten - auch dies ein Gegensatz zur Situation auf der feuchten Seite.

4.2.6.3. Zur Problematik der Klassifizierung eibenreicher Waldgesellschaften und Aufnahmen

Dass die Eibe eine Baumart ist, deren ökologische Nische in vielerlei Hinsicht, wie erwähnt, oft auf Grenzstandorten liegt, lässt sich auch soziologisch gut zeigen. Generell fällt dies sogleich auf, sobald der Versuch unternommen wird, Aufnahmen aus eibenreichen Gesellschaften in das Gefüge der mehr oder weniger klar definierten übrigen Gesellschaften einzuordnen. Nur selten wird man sogenannt "typische" Aufnahmen finden, bei denen eine Zuordnung zu einer bestimmten Gesellschaft sehr eindeutig ist. Tatsächlich wirkt sich die ökologische Grenzlage häufig in soziologischer Hinsicht so aus, dass namentlich in der Baumschicht die eine Art nicht mehr optimal gedeiht, eine andere aber doch noch an ihrer dominanten Entfaltung hindert. Dieses Phänomen ist etwa bei der Buche im Kontakt mit Linde, Esche, Bergahorn und Eiche besonders häufig zu beobachten. Obschon solche Übergänge im Einzelfall meistens anhand ihrer floristischen Zusammensetzung als lokal gültige Einheiten beschrieben und abgegrenzt werden können, darf man sich normalerweise nicht erhoffen, damit einen allgemein gültigen, für die Eibe spezifischen Standort charakterisiert zu haben. KUHN (1967) und REHDER (1962) haben im Gebiet der Albiskette (SW von Zürich) ähnliche Erfahrungen gemacht und ebenfalls auf diese Problematik hingewiesen.

Auf der anderen Seite hängt die schwierige Klassifizierbarkeit eibenreicher Standorte vermutlich noch stärker mit der Tatsache zusammen, dass die Eibe selbst durch ihren extremen Schattenwurf viele Bodenpflanzen ausschaltet, die sonst für den edaphischen Standort charakteristisch wären. Diese Schwierigkeit, die einen Aufschluss über die potentielle floristische Zusammensetzung von Eibenwaldstandorten praktisch verunmöglicht, wird auch von ELLENBERG (1978) betont. REHDER (1962) hat in diesem Zusammenhang die beiden Begriffe "Eibenfliehende" und "Eiben-indifferente" Arten verwendet. Er hat in seiner Betrachtung eibenreicher Föhrenwälder ebenfalls aufgezeigt, wie irreführend es wäre, auf einem an sich homogenen Standort Stellen unter Eiben als soziologische Besonderheit zu beschreiben: damit würden normalerweise vorwiegend schattenertragende "Buchenbegleiter" erfasst, während gerade bei Aufnahmen z.B. die für den Standort charakteristischen lichtbedürftigen Föhrenwaldarten fehlten.

Auch die grobe Uebersicht über den ökologischen Aufbau der Vegetations-tabelle (s. Kap. 4.2.6.2.) macht im gleichen Sinne deutlich, dass der Versuch, eibenreiche Vegetationsaufnahmen tabellarisch zu ordnen, mit viel Aufwand zwar "optisch" durchaus gelingen kann, dass jedoch die starken "floristischen Störfaktoren" den ökologischen Sinnzusammenhang zwischen den Einheiten "überschattet". Selbstverständlich können andere Aufreihungen der Einheiten als die vorgeschlagene diskutiert werden. Es werden jedoch immer wesentliche Widersprüche und Abgrenzungsprobleme bleiben. Dies liegt nicht nur daran, dass es sich um ein ökologisch mehrdimensionales Gefüge handelt. Es war zum Beispiel in der Tabelle kaum möglich, die Zahnwurz-Buchenwälder tabellarisch befriedigend neben Aufnahmen aus dem relativ nahe verwandten Weissegg-Buchenwald zu stellen, ganz einfach, weil ein grosser Bereich sonst häufig gemeinsamer Arten bei der einen oder bei der andern Einheit fehlte. Auch die Lage der Zahnwurz-Buchenwälder im rechten, sonst vorwiegend durch höhere Bodenfeuchtigkeit charakterisierten Teil der Tabelle ist beispielsweise nicht sehr (öko-) logisch und erklärt sich hauptsächlich negativ aus den grossen Lücken im sonst breiteren mittleren Feld der Arten.

Diese teils unlogische und eher zufällige Abfolge von Einheiten ist insofern auch als Ergebnis zu betrachten, als die Eibe an sich das übliche floristisch-systematische Bild verfälscht und sich eine allein darauf abgestützte ökologische Aussage über den Standort nur sehr bedingt als möglich erweist.

Aus diesen Gründen hat sich grundsätzlich gezeigt, dass die rein pflanzensoziologische Charakterisierung eibenreicher Wälder, besonders wenn sie sich vorwiegend auf die Bodenvegetation abstützt, an sich sehr fragwürdig ist.

Die reine Pflanzensoziologie versagt hier methodisch, soweit sie den Anspruch erhebt, einen Standort auf Grund der Pflanzendecke ökologisch hinreichend zu charakterisieren. Vielmehr ist man bei diesem Bestreben auf die bewährte Kombination von Informationen aus dem Bodenprofil, des Klimas, der Lage und der Geschichte besonders stark angewiesen (vgl. KLÖTZLI 1972). Auch stellt sich bei der Betrachtung derartiger Standorte die Frage des Kontinuums (vgl. WILDI 1977) besonders ausgeprägt, und man ist oft versucht zu behaupten, dass jegliche Grenzziehung völlig willkürlich ist. Es liegt auch durchaus in der Natur der Sache, dass besonders im breiten Uebergangsbereich zwischen Pionier- und Schlussgesellschaften eine Grenzziehung kaum je befriedigend gelingen kann, ausser es handle sich um eine Dauergesellschaft (spezielle "azonale Vegetation").

4.2.6.4. Die wichtigsten eibenreichen Pflanzengesellschaften in der Schweiz

In der Folge werden die einzelnen Einheiten der Differentialtabelle (Tab. 14a) mit wenigen Hinweisen soziologisch charakterisiert, und zwar von links nach rechts. Die genannten Zahlen in runden Klammern hinter den Gesellschaftsnamen bedeuten jeweils die Nummer der Einheiten in ELLENBERG und KLÖTZLI (1972).

Einheit I:

Den extremsten Flügel auf der trockenen Seite bilden die Kreten-Föhrenwälder des Jura, die MOOR (1957) und RICHARD (1960) als *Daphno-Pinetum* und RICHARD (1972) als *Coronillo-Pinetum* beschrieben haben. Die vier Aufnahmen der Tabelle stammen alle vom Waldreservat "Weid". Die Gesellschaft besteht in der Baumschicht nur noch aus wenigen niedrig- und krummwüchsigen Bäumen (v.a. Waldföhren, Traubeneichen und Eiben) mit einem Deckungsgrad von 30-60 %, stellenweise mit einer starken Strauchschicht. Sie kann nicht mehr als Wald im engeren Sinne angesprochen werden. Dies zeigt sich auch an der grossen Zahl von sehr

lichtbedürftigen Bodenpflanzen, die vor allem auf den häufigen rasigen Stellen von *Sesleria* und diversen *Carex*-Arten wachsen (Artengruppen A und B₁).

Einheit II:

Standörtlich wie räumlich schliesst an diese extremen Kretenlagen im Jura oft der Blaugras-Buchenwald (*Seslerio-Fagetum*, 16) an. Diese Einheit ist nach der Tabelle gegenüber dem *Daphno-Pinetum* vor allem durch das Auftreten der Gruppe A₁ abzugrenzen. Es handelt sich vorwiegend um Aufnahmen von MOOR (1952). Die Eibe ist in diesem lichten Buchenwald vereinzelt bis zahlreich vertreten und leidet noch nicht stark unter dem Konkurrenzdruck der Buche.

Einheit III:

In dieser Einheit sind vor allem die von SCHWEINGRUBER (1973) beschriebenen "Föhrenwälder mit Eschen in der Krautschicht" (*Fraxino-Pineten*) am Vierwaldstättersee zusammengefasst. Sie repräsentieren einen Spezialstandort auf Kalkschutt in feucht-warmem Föhntal-Seen-Klima und heben sich von den übrigen soziologischen Einheiten vor allem durch die nur hier vertretene Artengruppe A₂ ab. Die Baumschicht dieser Gesellschaft besteht vorwiegend aus Waldföhre, Mehlbeere, Traubeneiche und Bergahorn. Die Eibe ist vorwiegend in der reichen Strauchsicht vorhanden, wo auch die Esche wächst, die SCHWEINGRUBER zu dieser Namensgebung veranlasst hat. Die Buche fehlt in der Baumschicht praktisch völlig.

Über die Gruppen B₁ und B₂ besteht eine Verwandtschaft zu den extremen *Molinio-Pineten*, während die Gruppe D zusätzlich den Übergang zu den *Taxo-Fagetum* nach ETTER und MOOR markiert. Die Gruppen I und K₁ stellen die Verbindung zu einer grossen Zahl weiterer Einheiten, v.a. auch im Bereich mittlerer Standorte her.

Einheiten IV und V:

Mit dem Pfeifengras-Föhrenwald, (*Molinio-Pinetum*, 61) und dem Orchideen-Föhrenwald (*Cephalanthero-Pinetum*, 62), deren gegenseitige Abgrenzung in zwei Assoziationen auf Grund der Gruppen B, C₁ und L₁ erfolgen kann, befinden wir uns am extremen, zur Austrocknung, wie auch

zu periodischer Vernässung neigenden Flügel einer wechselfeuchten bis wechseltrockenen Standortssequenz. Es handelt sich hier immer noch um lichtreiche Föhrenwälder, welche die Eibe vor allem in ihren weniger extremen Ausbildungen häufig enthalten. Die Eibe wird von der übrigen Baumschicht her in ihrer Entwicklung kaum beeinträchtigt.

Oekologisch besteht zwischen dem Pfeifengras-Föhrenwald und den trockenen Kalk-Föhrenwäldern kein kontinuierlicher Uebergang. Im Oekogramm (Abb. 42) sind diese Standorte im speziellen wechselfeuchten Bereich dargestellt, der als etwas ökologisch Abgetrenntes behandelt wird.

Nach ROTH (1978) kommt hier, wie erwähnt, die physiologisch bedingte Einschränkung von Buche und Eibe eher durch periodische Vernässung als durch Trockenheit zustande - ein Beleg mehr, dass diese Standorte ökologisch nicht eindeutig zu den Trockenstandorten zu stellen sind.

Einheiten VI und VII:

Diese beiden Einheiten umfassen jene mehr oder weniger homogenen Teile der Aufnahmen von ETTER (1947) und MOOR (1952), welche durch die Gruppen C_1 und C_2 gemeinsam und eigenständig als Eiben-Buchenwald (*Taxo-Fagetum*, 17) charakterisiert sind. Einheit VII enthält vorwiegend Aufnahmen aus montanen Höhenlagen (um 1000 m), was sich im Auftreten der montanen Artengruppen Q_1 und Q_2 sowie im Fehlen wärmeliebender Arten (Gruppen E_2 , F_1 , K_1 , K_2) niederschlägt. In dieser Einheit sind auch *Taxo-Fagetum*-Aufnahmen von KUOCH (1954) enthalten.

Das *Taxo-Fagetum* tritt hier somit in einer collinen bis submontanen (VI) und in einer montanen Ausbildung (VII) in Erscheinung.

Einheit VIII:

Über die montanen Arten (Gruppe Q) ist auch der Uebergang zu taxusreichen Tannen-Buchenwäldern (*Abieti-Fagetum*, 18) gegeben. Diese Standorte liegen nicht mehr im Bereich wechselfeuchter (Mergel-)Böden.

Trotzdem gehen noch einige Arten der Gruppe E vereinzelt mit.

Einheit IX:

Es handelt sich um eine kleine Gruppe von Aufnahmen, welche mit dem Tannen-Buchenwald standörtlich nahe verwandt, jedoch in tieferen Lagen zuhause sind. Sie stehen von der übrigen Artenkombination her vorwie-

gend dem Lungenkraut-Buchenwald (*Pulmonario-Fagetum*, 9 und 10) nahe. Mit den Einheiten VIII und IX sind wir in einen ökologischen Bereich mittlerer bis guter Standorte vorgedrungen. Diese Einheiten sind über verschiedene Frische- und Luftfeuchtigkeitszeiger mit dem Eiben-Buchenwald verbunden.

Einheit IX würde praktisch nahtlos zu Einheit XI überleiten, mit einer gewissen Erweiterung des Artenspektrums (v.a. in den Gruppen F und G, sowie M). Aus Gründen eines bestmöglichen Anschlusses der in diesem Rahmen etwas speziellen Einheit X wurde letztere hier eingefügt. Sie verursacht eine auch optisch gut erkennbare Zäsur in der Tabelle.

Einheit X:

Die von TREPP (1947) beschriebenen, z.T. eibenreichen Lindenmischwälder (*Asperulo-Tilietum taurinae*, 25) sind typisch für warme Föhntallagen und stocken auf Blockschutt. Kalk- und nährstoffliebende Elemente warm-feuchter Gebiete gedeihen hier besonders gut (z.B. *Tilia cordata*, *Primula vulgaris*, *Cyclamen europaeum*, *Hepatica triloba*, *Salvia glutinosa*, *Pimpinella major*), was sich vorwiegend in der Gruppe 0 niederschlägt. Mit den besprochenen Einheiten VI-IX besteht eine floristische Verbindung über Artengruppen mit vielen Luftfeuchtigkeitszeigern (v.a. Gruppen N₁ und N₂).

Die Buche hat an der Baumschicht einen nur unbedeutenden Anteil, während Winterlinde, Esche, Ulme und Stieleiche als wichtigste Arten hervortreten. Auch die Eibe steigt nur vereinzelt in die Baumschicht auf, ist jedoch in der Strauchschicht recht stetig vertreten.

Einheit XI:

Wie erwähnt, schliessen die Aufnahmen dieser Einheit unmittelbar an Einheit IX an und gehören teilweise zum Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt (*Pulmonario-Fagetum melittetosum*, 10). Sie zeigen verschiedentlich noch wechselfeuchte Verhältnisse an. Die ersten fünf Aufnahmen, für welche dies zutrifft, stammen aus der Probefläche L im Untersuchungsgebiet "Chläbhalde". Die übrigen Aufnahmen gehören mehrheitlich bereits zum Weisseggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum*, 14). Die Einheit liesse sich demnach - wie übrigens die meisten andern auch -

zwanglos noch weiter aufteilen, doch bestünde dadurch für unsere Zwecke die Gefahr, dass die Grobstruktur in der Betrachtung zu stark in den Hintergrund treten würde. Es würde ausserdem wenig Neues bringen, weil eine weiter verfeinerte Gruppierung von tendenziell eher untypischen Aufnahmen (Störfaktor Eibe) als nicht sinnvoll erachtet wird.

Einheit XII:

An diese mittleren Standorte schliessen sich - unter nochmaliger Reduktion der Artenzahl auf ein mittleres Band von vorwiegend schattenresistenten Arten - die im Mittelland immer wieder anzutreffenden eibenreichen Wälder an, deren Gemeinsamkeit vor allem die Dunkelheit im Bestand ist. Sie stocken grösstenteils auf Molasse-Mergeln und treten in Schluchten und Tobeln an Molassehängen häufig in physiognisch ähnlicher Weise in Erscheinung. Entsprechend sind auf diesen Standorten oft wechselfeuchte Verhältnisse vorhanden.

Die verbindende Artengarnitur zu den anderen Einheiten besteht praktisch nur noch in einem fast allen Einheiten gemeinsamen Mittelband von Arten mit geringem ökologischem Zeigerwert. Es bleibt lediglich die unbefriedigende Möglichkeit einer vollkommen negativen Charakterisierung der Einheit. Oberhalb und unterhalb dieses Bandes ist auf Grund des starken Lichtmangels praktisch das ganze Artenspektrum abgeschnitten, selbst wenn es sonst allenfalls für den edaphischen Standort sogar charakteristisch sein sollte.

Dieser immer wieder auftauchende Waldtypus fordert den Soziologen heraus, dafür trotzdem eine eigenständige und sinnvolle (Arbeits-) Bezeichnung zu finden. XII wird somit provisorisch als Eiben-(Molasse-) Buchen-Tobelwald bezeichnet und als sehr artenarme Subassoziation des Eiben-Buchenwaldes aufgefasst. (Bezeichnung: 17a^a vgl. 1)). Auf diese Problematik wird unter Punkt 4.2.6.5. nochmals eingegangen.

1) Im Bemühen um ein differenziertes, praktisches und in der Praxis verwendbares Abkürzungssystem, haben F. Klötzli, J. Burnand und ich einen noch unpublizierten konkreten Vorschlag ausgearbeitet, bei dem besondere, nicht direkt an den Boden gebundene Standortsmerkmale (z.B. Luftfeuchtigkeit, Artenarmut) mit einem Kleinbuchstaben als Hochindex gekennzeichnet sind ($x^a = x$, artenarm, $x^{aa} = x$, extrem artenarm).

Einheit XIII:

Auf rund 10 oder weniger Arten reduziert sich das Spektrum der Krautschicht, sobald das Kronendach von Eibe und Buche nochmals dichter wird oder wenn auf Grund der extremen Steilheit der Hänge durch rutschende Laub- und Humuspakete das Aufkommen einer Bodenvegetation noch zusätzlich erschwert wird. Dies ist in der vorliegenden Gruppe von Aufnahmen der Fall: oftmals kann der Standort nur noch nach der (meistens vom Menschen beeinflussten) Baumschicht und dem Boden beurteilt werden. Eine pflanzensoziologische Erfassung solcher Standorte ist praktisch nicht möglich.

In dieser Einheit sind unter anderem Aufnahmen der Eiben-Probefläche B am "Unterwilerberg" enthalten. Als Versuch sei auch diesem Kind im Rahmen dieser Arbeit ein Name gegeben: "dunkler Eiben-Buchenwald" (17a^{aa}, vgl. 1). Die Einheit ist als extreme Variante von Einheit XII aufzufassen. Sie ist oft auch durch besonders schroffe Hanglangen gekennzeichnet und abgrenzbar.

Einheit XIV:

Etwas anders liegt die Situation bei den eigentlichen Schlucht- und Felswand-Standorten: hier ist zwar die Artenzahl ebenso gering wie bei Einheit XIII, doch ist der Lichtmangel im allgemeinen nicht so ausgeprägt und somit auch nicht Hauptursache dafür. Vielmehr sind oft nur noch einige Felsspalten da, wo sich wenige Farne und Moose ansiedeln können neben den wenigen Bäumen, die solche halsbrecherischen Standorte erklimmen haben. Die Standorte sind in diesem Sinne auch nicht mehr Waldstandorte (obschon oft mit nahezu geschlossenem Kronendach), sondern eher eine Art Kuriositäten, die demonstrieren sollen, wie extrem sich die Eibe standörtlich oft verhalten kann. Die vier Aufnahmen wurden mehr im Sinne ökologischer Vollständigkeit in die Tabelle einbezogen, als mit der Absicht, eine soziologische "Einheit" zu bilden. (Zur obligatorischen Ausrüstung des Pflanzensoziologen gehört hier das Bergseil.)

Einheit XV:

Eine erneute Erweiterung erfährt die Artenzahl im Bereich des Zahnwurz-Buchenwaldes (*Cardamino-Fagetum*, 12/13). Vom Boden her gehört diese Einheit (wie erwähnt) nicht so weit an den rechten Rand der Tabelle, wo der Uebergang zu den feuchtesten Standorten herzustellen ist, sondern eher in die Nähe der Lungenkraut- und Weisseggen-Buchenwälder (Einheiten IX und XI). Die immer noch ausgeprägte, auf ein schmales Mittelband konzentrierte Artenarmut einerseits sowie die häufig vertretenen Luftfeuchtigkeitszeiger andererseits lassen jedoch diese Aufnahmen tabellarisch zwanglos in die Nähe der *Aro-Fagetum* rücken.

In dieser Einheit, die ihrerseits zumindest noch in eine lindenreiche (Sommerlinde, *Cardamino-Fagetum tilietosum*, 13) und in eine "normale" (*typicum*, 12) Subassoziation unterteilbar ist, finden sich die meisten Aufnahmen der Probeflächen von "Weid" (E, F, G, H) sowie jene der Probefläche A am "Unterwilerberg".

Einheit XVI: Die Aufnahmen des eigentlich bodenfeuchten bis nassen Standortbereichs stammen vor allem von Hangfüssen mit Hangdruck und von unmittelbar benachbarten Muldenlagen. Erstere wurden in dieser Einheit zusammengefasst und sind soziologisch relativ eindeutig als Aronstab-Buchenwald (*Aro-Fagetum*, 11) anzusprechen. Die Eibe gedeiht hier noch sehr vital, wird jedoch sofort selten, sobald die Verhältnisse noch nässer werden.

Einheit XVII:

Diese Gruppe von Aufnahmen umfasst einige Eibenstandorte in Uebergangszonen zu eigentlichen Ahorn-Eschenwäldern (*Aceri-Fraxinetum*, 26). Die Aufnahmen wurden jeweils in der nächsten Umgebung der gerade noch letzten, am weitesten in die Bodennässe vorgedrungenen Eiben gemacht. Die Buche ist hier oft schon nicht mehr, oder zumindest nicht mehr vital vorhanden.

Die zwei äussersten Aufnahmen (Ahorn-Eschenwälder) enthalten, wie bereits erwähnt, die Eibe nicht, wurden jedoch in die Tabelle aufgenommen, weil sie aus der ökologisch untersuchten Probefläche C in unmit-

telbarer Nachbarschaft von noch eibenfähigen Standorten stammen. Die Ahorn-Eschenwälder sowie ein Teil der Aronstab-Buchenwälder sind durch das Auftreten der Gruppe R deutlich gegenüber allen übrigen Arten abgerenzt.

Insgesamt fällt in der Tabelle auf - und diese Tatsache wurde auch zu einem wesentlichen ordnenden Kriterium - , dass die Artenzahl der Aufnahmen von links nach rechts (in grossen Zügen) stark abnimmt. (Dort, wo nicht der Lichtmangel die entscheidende Rolle spielt, konnten innerhalb der einzelnen Abschnitte oftmals zusätzlich noch edaphische Ausbildungen unterschieden werden.)

4.2.6.5. Die Frage des Eiben-(Steilhang-)Buchenwaldes (*Taxo-Fagetum*, 17)

ELLENBERG beschreibt 1963 noch den "Eiben-Steilhang-Buchenwald" (*Taxo-Fagetum*) als Antagonisten des Weisseggen-Buchenwaldes (*Carici-Fagetum*) in der montanen Stufe des Jura und des Alpenvorlandes. Jener hätte demnach vor allem die steilen Nordlagen, dieser vorwiegend Südhänge besiedelt. Er fügt jedoch gleich an, dass die Vorliebe der Eibe für schattig-kühle Standorte "merkwürdig" sei im Hinblick auf ihre in andern Gebieten ausgeprägte Bevorzugung von warmen und trockenen Südlagen (z.B. im illyrischen Karst, auf den südostenglischen Kalkhöhen usw., WRABER 1952, TANSLEY 1939).

Diese vermeintlich typische Bindung der Eibe an kühle Nordhänge stammte offensichtlich aus dem vorhandenen Aufnahmematerial von ETTER (1947) und MOOR (1952), welche das damals sehr weit gefasste *Taxo-Fagetum* vorwiegend aus solchen Lagen beschrieben hatten. In Wirklichkeit bevorzugen verschiedene eibenreiche Gesellschaften auch im Schweizer Mittelland und im Jura sogar eher Südlagen: so z.B. im Napfgebiet und im Entlebuch, wo AREGGER (1950) auf die Bevorzugung von Südlagen durch die Eibe hingewiesen hat. Ebenso geben die grossen Häufungen von Eibenstandorten am Jura-Südfuss, an den Südhängen der Albiskette (KUHN 1967, REHDER 1962) und am Nordufer des Walensees ähnliche Hinweise. Hierzu sind auch die unter 2.3.2.1.c bereits erwähnten neueren Ergebnisse von ROTTENBURG und KOEPPNER (1972) zu beachten, wonach die Eibe auf Wasserverlust zwar empfindlich reagiert, dank der hohen Reaktionsfähigkeit der Stomata dagegen aber gleichzeitig relativ gut geschützt ist. Diese Fähig-

keit ist namentlich als auffälliger Unterschied zur Konstitution der Weiss-tanne festzuhalten, welche beispielsweise am Jura-Südhang häufig gepflanzt wurde und nun vielerorts abstirbt. Dass eine solche Art jedoch trotzdem wo immer möglich luftfeuchte Standorte bevorzugen würde, leuchtet andererseits schon aus Gründen der Konkurrenzfähigkeit ein: je häufiger die Stomata am Tage offen bleiben können, desto grösser wird die Netto-Assimilation und dadurch die Konkurrenzfähigkeit einer Art. Dies spielt aber überall dort keine Rolle mehr, wo an Südhängen die Konkurrenzkraft der Hauptbaumarten, vorab der Buche, aus andern (meistens edaphischen) Gründen eingeschränkt ist – und das ist bei den meisten eibenreichen Südhanggesellschaften der Fall.

In ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) wird die Vorstellung der Nordhang-Bindung schliesslich fallen gelassen und der Eiben-Buchenwald als Pflanzen-gesellschaft beschrieben, deren Exposition keine grosse Bedeutung hat, was schon allein aus der Lage des dort verarbeiteten Aufnahmematerials ersichtlich ist (vgl. auch ELLENBERG 1978).

Diese Entwicklung in der Anschauung macht nebenbei deutlich, wie leicht eine eher zufällige, z.B. durch die Auswahl des Untersuchungsgebietes bzw. des Aufnahmematerials bedingte Korrelation zwischen ökologischen Faktoren und gewissen Phänomenen, hier der Eibenhäufigkeit mit Nordhängen, zu einer kausalen Standortsbeziehung aufgewertet werden kann. Die ausgeprägte Physiognomie schattig-kühler Eibenbestände dürfte diesen Eindruck der kausalen ökologischen Verknüpfung mit dem Nordhangklima in unserem Beispiel noch speziell unterstützt haben.

Ausser der erfolgten Loslösung des ursprünglich von ETTER und MOOR beschriebenen *Taxo-Fagetum* vom obligatorischen Standortsfaktor "Nordhangklima" wurde seither vor allem von KUHN (1967) auf die heterogene Zusammensetzung der damals gefassten Assoziation hingewiesen. KUHN hat das ursprüngliche *Taxo-Fagetum* aufgeteilt und viele jener Aufnahmen andern Einheiten zuordnen können. Ein trotzdem übriggebliebener, relativ homogener Teil wurde von ihm für das Gebiet der Albiskette dann als "Mehlbeeren-Hagenbuchenwald mit Pfeifengras" bezeichnet.

In der Tabelle deutlich von diesem "klassischen" Teil des *Taxo-Fagetum* abgetrennt, ist ein zweiter Eibenschwerpunkt, der auch etliche Aufnahmen enthält, die in der Literatur als sog. *Taxo-Fageten* bezeichnet wurden. Auch

meine eigenen Aufnahmen aus den typischen Eibenflächen am "Unterwilerberg" (Probefläche B), welche ursprünglich als typisches *Taxo-Fagetum* angesehen wurden, sind hier zu finden.

Die Abtrennung der zwei Einheiten XII und XIII vom "typischen" *Taxo-Fagetum* erfolgt (wie erwähnt) aufgrund der ausgeprägten Artenarmut an Bodenpflanzen, vor allem Ausdruck des minimalen Lichteinfalls. Dem Schatten sind unter anderem auch die typischen *Taxo-Fagetum*-Arten der Gruppen C₁ und C₂ zum Opfer gefallen. Soziologisch besteht unter anderem über die Gruppen F, G, H, L und N eine Verwandtschaft zum *Taxo-Fagetum* nach ETTER und MOOR, sonst jedoch keineswegs Identität.

Da die Abgrenzung der Einheiten XII und XIII vom *Taxo-Fagetum* nur negativ, d.h. durch das Fehlen von Artengruppen gegeben ist, umgekehrt jedoch eine deutliche physiognomische Standortsverwandtschaft besteht, liegt die Versuchung nahe, diese Einheiten als artenarme Variante des ETTER'schen *Taxo-Fagetum* zusammenzufassen. So wurden sie mit den Arbeitstiteln "Eiben-(Molasse-)Buchen-Tobelwald" und "dunkler Eiben-Buchenwald" bezeichnet (vgl. 4.2.6.4.). Die Möglichkeit, diese beiden Einheiten ökologisch zu definieren, ist allein von der soziologischen Seite her nicht gegeben, doch wäre es eventuell wünschbar, anhand einer Faktorenanalyse experimentell einen ausführlichen ökologischen Standortsvergleich durchzuführen. In der vorliegenden Untersuchung war diese Abklärung leider nicht mehr möglich.

Durch die gemachten Ausführungen wurde bereits deutlich, wie schwierig und problematisch die systematische Gliederung typischer eibenreicher Standorte im Untersuchungsgebiet ist.

Die ursprüngliche Absicht, den Anschluss dieser Aufnahmen an solche ausserhalb des Untersuchungsgebiets, vor allem an jene von HOFMANN (1958) aus Mitteldeutschland, herzustellen, wurde daher fallengelassen.

Bereits innerhalb des Untersuchungsgebiets haben sich florengeographische Unterschiede als zusätzliche Erschwerung zu den übrigen Problemen der selektiven Artenarmut, der besonders subjektiven Flächenauswahl usw. erwiesen. Sie dürften sich bei einem derartigen Versuch noch stärker niederschlagen. Ein allein soziologischer Vergleich erscheint mir weder sinnvoll noch möglich. Generell konnte ich feststellen, dass neben HOFMANN auch MUHLE (1978) ein sehr ähnliches, im Bereich basenreicher Standorte praktisch identisches Standorts-

spektrum der Eibe erfasst hat – zumindest soweit, wie man annehmen darf, dass gleiche oder ähnliche Bezeichnungen von Gesellschaften auch ähnliche Standorte beinhalten.

Einzig im Bereich mittlerer, teils neutraler bis saurer Standorte auf eher silikatischen Böden hat z.B. HOFMANN eibenreiche Waldgesellschaften beschrieben, die in meinem Untersuchungsgebiet vermutlich fehlen (z.B. Perlgras-Buchenwald, *Melico-Fagetum*; Hainsimsen-Traubeneichen-Buchenwald, *Melampyro-Fagetum*). MUHLE erweitert diese Liste noch um einige zusätzliche Gesellschaftsnamen eher saurer Standorte und MAYER (1974) beschreibt den auch bereits erwähnten "Silikat-Eiben-Steilhang-Buchenwald" (*Taxo-Fagetum-polypodietosum*) auf steilen Granitwandabbrüchen im Freyenstein Donauwald (Strudengau, Österreich); dies nebst einigen Kalkgesellschaften, die den hier beschriebenen Einheiten wohl recht nahe verwandt sind.

Nach dem Studium der Struktur der pflanzensoziologischen Tabelle mit den 260 Aufnahmen sowie als Folgerung aus der Vielzahl sehr unterschiedlicher, als *Taxo-Fagetum* bezeichneter Vegetationsaufnahmen ist die bereits erwähnte Vermutung von ELLENBERG (1978) ernstlich zu prüfen, wonach das *Taxo-Fagetum* gar keine als Assoziation zu fassende Einheit darstellt: "Wahrscheinlich handelt es sich gar nicht um eine besondere, in sich einheitliche Assoziation, sondern um *Taxus*-Fazies verschiedener Gesellschaften." Sicher ist zutreffend, dass es sich bei sehr vielen derartigen Aufnahmen lediglich um eibenreiche, und daher physiognomisch und soziologisch stark "entstellte" Ausbildungen anderer Pflanzengesellschaften handelt. Diese wären somit eben als eibenreiche Subassoziationen oder als Varianten derselben zu bezeichnen. Für die Beurteilung dieses Sachverhalts ist allerdings das hier verarbeitete, ausschliesslich eibenreiche Aufnahmematerial nicht sehr geeignet, da es keine Möglichkeit zum Vergleich und Anschluss an eibenlose Ausbildungen dieser Gesellschaften bietet.

Insgesamt besteht jedoch kein Zweifel darüber, dass die mergeligen Steilhänge im Schweizer Mittelland und im Jura einen stets wiederkehrenden, eibenreichen Standortstyp enthalten, der als ökologisch signifikante Standortseinheit zwischen den Herrschaftsgebieten von Buche und Föhre zu finden ist. Auf die grossen Schwierigkeiten, seine Abgrenzung rein analytisch (z.B. soziologisch) einwandfrei vorzunehmen, wurde wiederholt hingewiesen.

5. Allgemeine Diskussion (und ausführlicher Zusammenzug der wichtigsten Fakten und Erkenntnisse)

5.1. Entstehung und Erhaltung verschiedener eibenreicher Pflanzengesellschaften (Modell)

5.1.1. Entstehung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für die Entstehung eibenreicher Wälder in der kollinen bis montanen Stufe des Schweizer Mittellandes, des Jura und der Voralpen hauptsächlich die beiden unabhängigen ökosystembildenden Faktoren Relief und Muttergestein direkt oder indirekt verantwortlich sind.

In der Folge sei dieser Sachverhalt modellartig dargestellt (Abb. 38). Relief und Muttergestein werden in zwei für unsere Standorte charakteristischen Sequenzen einander gegenübergestellt. Sie führen in bestimmten Kombinationen zu den teils ökologisch, teils nur soziologisch beschriebenen Standortsverhältnissen, welche der Eibe eine ökologische Nische anbieten.

Der Faktor Relief ist vor allem nach Steilheit geordnet. Mit Kreten und Mulden werden ausserdem noch spezielle Verhältnisse der Geländeform berücksichtigt. Die Exposition, ein vom Relief abgeleiteter Standortsfaktor, hat sich in rein ökologischer Hinsicht für die Eibe als von untergeordneter Bedeutung erwiesen. Die Pflanzengesellschaften, in welchen die Eibe wächst, ändern zwar mit der Exposition oft stark (z.B. Nord- und Südhang-Gesellschaften), aber die Eibe kann grundsätzlich überall dort gedeihen, wo die Konkurrenzkraft der Buche genügend stark eingeschränkt ist. Dort, wo Pflanzengesellschaft und Exposition eng verknüpft sind, wurde die Exposition speziell angegeben.

Der zweite Hauptfaktor ist das Muttergestein. Die beiden wichtigsten Muttergesteine des Untersuchungsgebietes, harte Kalke und Mergel, bilden eine sehr unterschiedliche Ausgangsbasis für die Bodenbildung und haben auch sehr unterschiedliche Bodenbildungsprozesse zur Folge. Trotzdem fügen sich die Böden, deren Entstehung ja noch von weiteren Faktoren bestimmt wird, in der Praxis in einer erstaunlich kontinuierlichen Abfolge aneinander, je nach

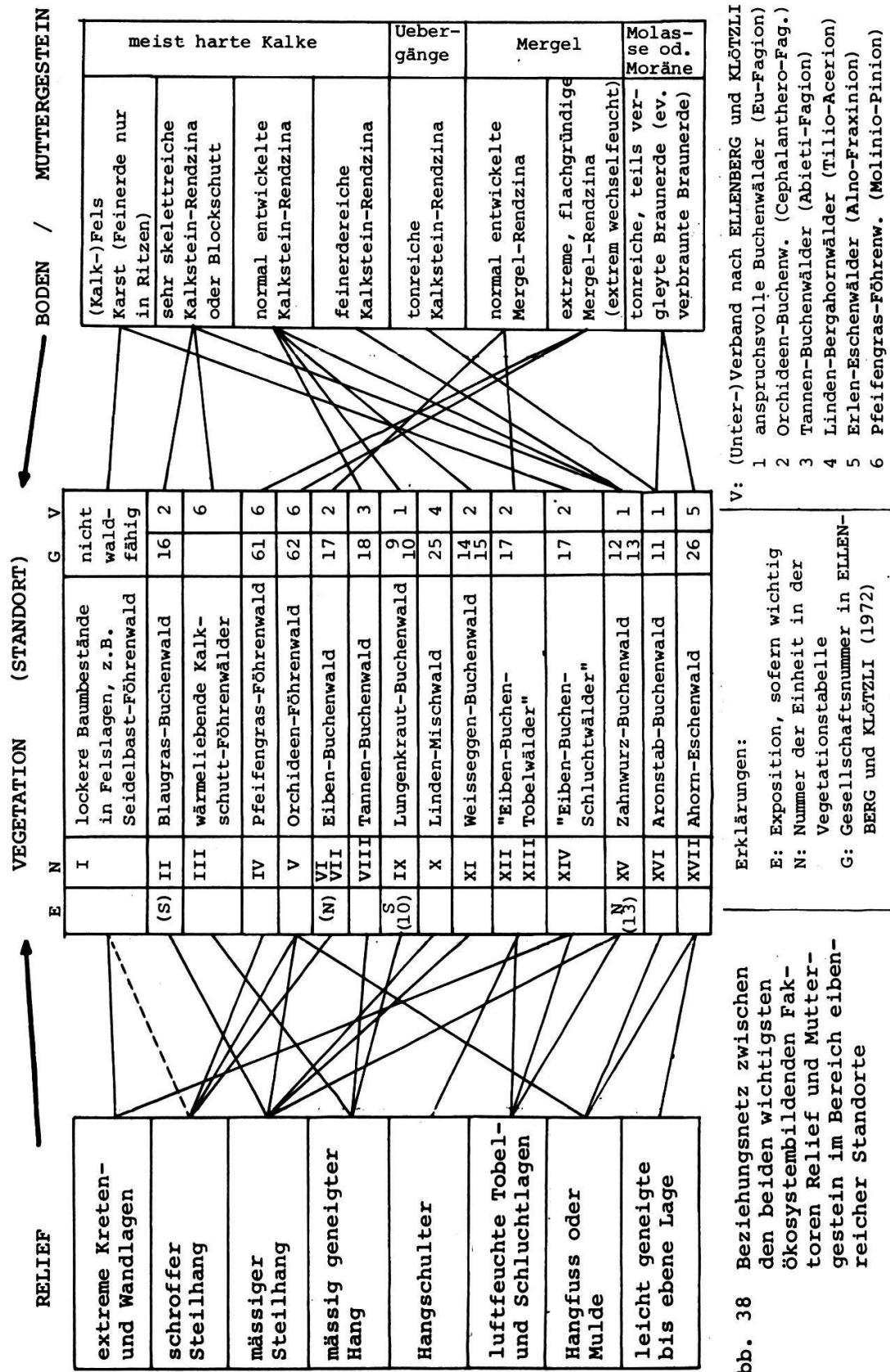


Abb. 38 Beziehungsnetz zwischen den beiden wichtigsten Ökosystembildenden Faktoren Relief und Muttergestein im Bereich eibener reicher Standorte

Erklärungen:

E: Exposition, sofern wichtig
 N: Nummer der Einheit in der
 Vegetationstabelle
 G: Gesellschaftsnummer in ELL
 BERG und KLOTZLI (1972)

V: (Unter-)Verband nach ELLENBERG und KLÖTZLI

- 1 anspruchsvolle Buchenwälder (Eu-Fagion)
- 2 Orchideen-Buchenw. (Cephalanthero-Fag.)
- 3 Tannen-Buchenwälder (Abieti-Fagion)
- 4 Linden-Bergahornwälder (Tilio-Acerion)
- 5 Erlen-Eschenwälder (Alno-Fraxinion)
- 6 Pfeifengras-Föhrenw. (Molinio-Pinion)

Skelettreichtum und Feinerdekörnung.

Die wichtigsten Waldgesellschaften, welche die Eibe enthalten können, bilden ihrerseits eine mehr oder weniger kontinuierliche, wenn auch geographisch oft abgetrennte Reihe. Sie sind im Modell in der selben Reihenfolge aufgeführt, wie sie in der pflanzensoziologischen Tabelle geordnet wurden.

Zur Entstehung eibenreicher Wälder gehört natürlich auch die Frage, wie die Eibe überhaupt dorthin gelangt, d.h. ihre Verbreitungsbiologie. Aus dem unter 2.3.2.1. Gesagten geht hervor, dass der Same vor allem durch Tiere verbreitet wird. Vögel sind dabei die Hauptträger. Der Same wird gefressen und mit dem Kot abgesetzt. Aehnliches ist auch für Tiere am Boden (Wild, Kleinsäuger) denkbar.

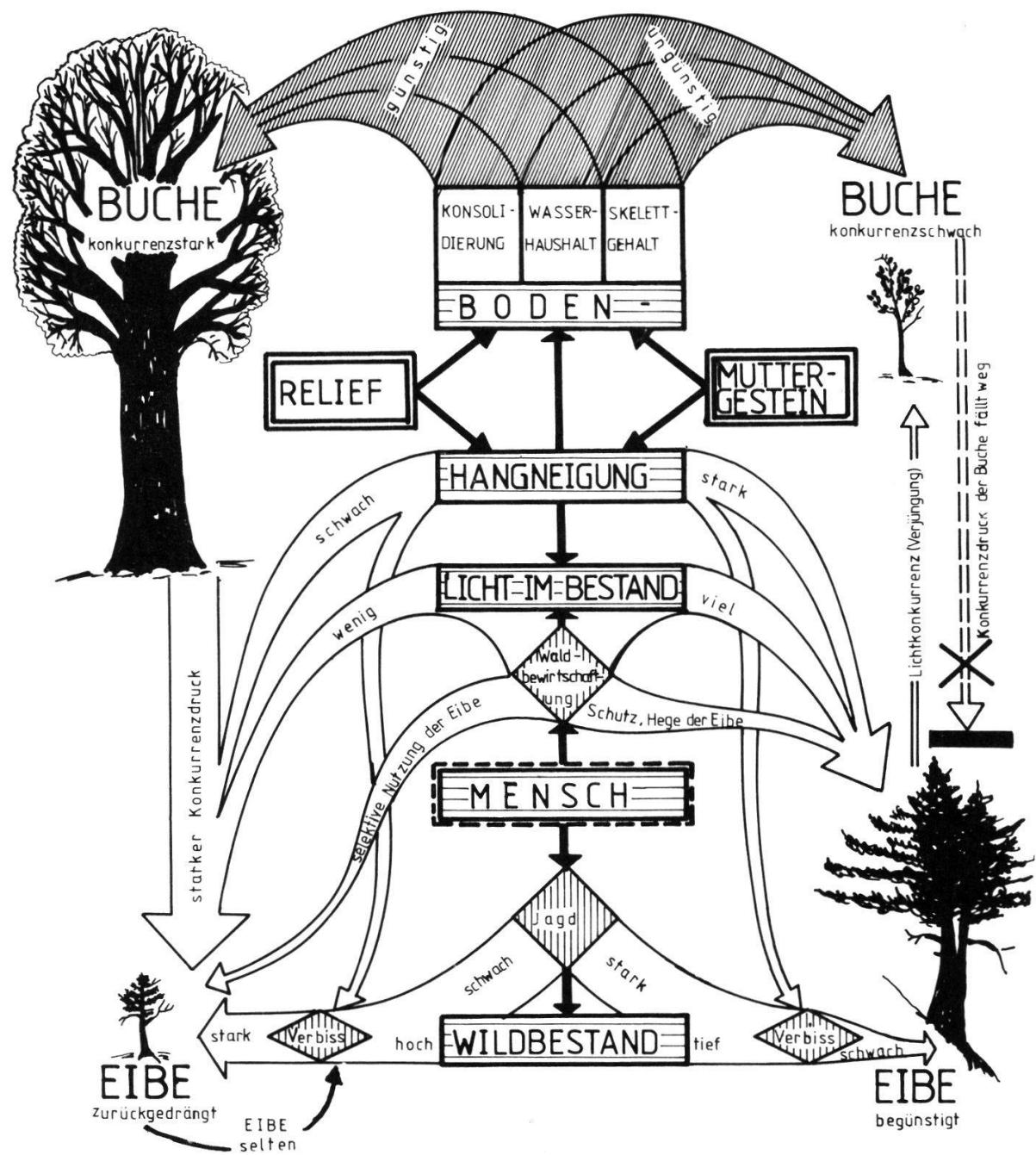
Ausserdem ist der klebrige, den Samen umhüllende Arillus dazu prädestiniert, diesen auch durch Haftung am Gefieder oder am Pelz der Tiere zu verbreiten. Einmal abgesetzt, hat der dicke Same meist recht gute Startchancen, bis sich das Wild an den zarten Keimlingen erlaut.

Immerhin führt WILLERDING (1968) auch an, dass er bei näherer Betrachtung von Eibensamen einen sehr hohen Anteil aufgebrochener, hohler Kerne entdeckte, was auch BRADLER (1931, aus WILLERDING) als Mäusefrass beschrieben haben soll (s. auch STEHLIN, aus KLÖTZLI, 1965). Ich konnte dieses Phänomen nirgends beobachten, was auf seine wohl eher lokale Bedeutung als Standortsfaktor hinweist.

5.1.2. Erhaltung (vgl. hierzu Zusammenfassung von 4.1.2.)

Damit sich die Eibe im Bereich der Buchenwälder dauerhaft halten kann, müssen Standortsfaktoren wirken, die entweder der Eibe dauernd besondere Vorteile verschaffen oder aber die Buche in ihrer Vitalität einschränken oder ausschalten.

Die erste Möglichkeit kann vor allem durch die Hangneigung erreicht werden. Dadurch erhält die Eibe unter dem Blätterdach der Buche dauerhaft verhältnismässig viel Seitenlicht. Wird die Steilheit jedoch extrem, so liegt zusätzlich bereits auch die zweite mögliche Ursache vor, nämlich die Verringerung der Vitalität der Buche, sei es wegen der schwierigen Verankerung oder gar wegen zu geringer Hangstabilität (Säbelwuchs der Buche auf Mergel, z.B. am Unterwilerberg).



→ gerichtete Beziehung zwischen Standortfaktoren (meist Kausalbeziehung)
 → v.a. ökologisch
 → v.a. physiologisch

auf die Konkurrenz einwirkende abhängige Standortfaktoren. (Breite der Pfeile entspricht etwa der Bedeutung des Faktors für die Eibe.)

Abb. 39. Schematische Darstellung der Vernetzung der wichtigsten Standortfaktoren im gemeinsamen ökologischen Bereich von Eibe und Buche, die bei der Entstehung und Erhaltung eibenreicher Standorte wirken können

Im Bereich mittlerer Wasser- und Nährstoffverhältnisse kann dieselbe Wirkung auch eintreten durch extremen Skelettreichtum bis an die Bodenoberfläche (Blockschutt), ev. sogar kombiniert mit dauerndem Steinschlag und Rieselbewegungen (Lindenwald). In diesen Fällen handelt es sich um klassische Voraussetzungen zur Bildung von azonaler Vegetation (Dauergesellschaften). Sowohl der Eiben-(Steilhang-)Buchenwald wie der Linden-Zahnwurz-Buchenwald sind hierzu typische Vertreter. Der allgemeinere Fall, der (innerhalb des Buchenklimas) zur Einschränkung der Vitalität der Buche führt, ist jedoch durch den Wasserhaushalt im Boden bedingt. Das relativ schmale physiologische Standortsspektrum der Buche bezüglich Bodenwasserhaushalt ist der Hauptgrund für die recht grosse Bandbreite an eibenfähigen Standorten beidseits des Herrschaftsgebietes der Buche. Dies gilt insbesondere für wechselfeuchte Verhältnisse sowie im Bereich von häufigem Wasserstress. Auf der nassen Seite fällt die Eibe aus physiologischen Gründen praktisch mit der Buche aus.

Die unter 4.2.2. festgestellte, typische Eigenschaft vieler eibenreicher Waldgesellschaften, dass sie als Übergangsstandorte anzusprechen sind, weist darauf hin, dass wir es oft mit unreifen, noch in Entwicklung befindlichen Sukzessionsstadien zu tun haben. Diese Standorte entwickeln sich in der Regel weiter und die Pflanzengesellschaften befinden sich irgendwo zwischen Pionier- und Schlussgesellschaft. Sie lassen der Eibe unter Umständen nur vorübergehend einen Spielraum. Solche Stadien sind oft auf dem Weg zur Klimax, wo die Eibe dann nur noch in den selteneren Fällen dabei sein dürfte.

Wie unter 4.2.3.2. gezeigt, spielt auch der menschliche Einfluss eine grosse Rolle. Da in den meisten untersuchten oder besichtigen eibenreichen Wäldern noch deutliche Spuren einer früheren Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung festgestellt wurden, liegt der Schluss nahe, dass ein grosser Teil der Bestände noch in starker Strukturwandlung begriffen ist. Zur selben Überzeugung gelangte ich teilweise auch mit den Ergebnissen der Strukturanalyse. In all diesen Fällen würde also ein früher vom Menschen zurückgehaltenes Sukzessionsstadium vorliegen, das sich nun weiter entwickelt und heute meistens gezielt in Richtung Hochwald ("Dunkelwald") gesteuert wird. Die wirtschaftsbedingte Begünstigung der Eibe durch die Bestandesstruktur lichtreicher Nieder- und Mittelwälder verschwindet dabei.

Da diese Entwicklung teilweise noch kaum älter ist als eine Waldgeneration (höchstens 100–150 Jahre), kann angenommen werden, dass der Eibe aus diesem Grunde auch noch ein Teil der heutigen Standorte verlorengehen wird.

Aehnliches gilt für den Einfluss des Wildes, das in mancherlei Hinsicht die Wirkung der früheren Waldweide, vor allem jener durch die Ziege, ablöste.

Durch die besondere Wildhege und das völlige Fehlen natürlicher Feinde haben die Wildbestände vielerorts eine derartige Dichte erreicht, dass die Verjüngung der als Aesung sehr beliebten Eibe auf den meisten Standorten fast vollständig unterbunden wird. Diese Erscheinung wurde in der Umfrage aus allen Gegenden des Untersuchungsgebietes beklagt. Die Schäden in den Voralpen, vor allem im Bündnerland, aber etwa auch um Winterthur, werden meistens vom Hirsch verursacht, während im übrigen Mittelland und im Jura das Rehwild dominiert.

Die Erhaltung eibenreicher Wälder ist aus diesem Grunde fast nur noch auf extrem steilen oder sonst unzugänglichen Stellen gewährleistet, solange nicht aktive Schutzmassnahmen für den Nachwuchs ergriffen werden.

In Abb. 39 wurde versucht, die wesentlichen Faktoren, die zur Entstehung und Erhaltung eibenreicher Waldgesellschaften führen, mit ihren wichtigsten Verknüpfungen schematisch darzustellen.

Bei WILLERDING (1968) findet sich zur spezifischen Frage des Eibensrückganges im "Plesswald" ebenfalls ein Schema, das vor allem von der Bewirtschaftungsform und vom Einfluss des Wildes und des Viehs ausgeht.

5.2. Das aktuelle und das potentielle Verbreitungsgebiet der Eibe in der Kulturlandschaft der Schweiz

Die tatsächliche und die mögliche Verbreitung der Eibe in unserem Wald klaffen weit auseinander, wie bereits unter 4.2.1. und 4.2.3.3. festgestellt wurde.

In der Horizontalverbreitung sind zwar auch heute noch viele Einzelstandorte vorhanden, welche die ökologischen Extrema des Standortsspektrums dieser Baumart markieren. Hier, an den extremen Flügeln, hat der Mensch einen eher geringen Störeinfluss ausgeübt.

Vom Gross-Klima her sind z.B. die Eiben im Oberwallis (Bietschtal, Mörel) wohl bis hart an die Grenze jener kontinentalen Standortsverhältnisse vorgedrungen, welche für sie aufgrund der Extremtemperaturen (und der Temperaturschwankungen?) physiologisch limitierend wirken. Diese vereinzelten inneralpinen Standorte beweisen, dass die Eibe trotz ihres ozeanischen Areals im Einzelfall wesentlich weiter als die Buche in den Kontinentalbereich vorzudringen vermag. Die Buche hat sich im Wallis bekanntlich nicht weiter als ins west-östlich verlaufende Derborencetal vorgetastet, welches direkt von Westen her feucht-warme Winde erhält. Gerade diese Situation weist deutlich darauf hin, dass die Kontinentalitätsgrenze der Buche andere Ursachen hat als jene der Eibe. Die Buche wird vor allem durch Trockenheit und Spätfröste am weiteren Eindringen ins kontinentale Klimagebiet gehindert, während die Eibe an allzu tiefen Wintertemperaturen scheitert (vgl. Kap. 2.2., 2.3. und 4.2.2.).

Im Haslital, im oberen Reusstal, sowie im Vorderrheintal und Domleschg liegen tendenziell ähnliche, wenn auch weniger ausgeprägte Verhältnisse vor. Es handelt sich hier durchwegs um Föhntäler der nördlichen Randalpen, auf deren Talsohlen und Südhängen die Eibe recht weit gegen das inneralpine, kontinental getönte Klima vordringt (Abb. 40).

Besonders scharf wirkt die Höhenlage als klimatisch begrenzender Faktor, wo geringe Wärmesummen und zu tiefe Minimumtemperaturen als Folge der Kontinentalität an den vordersten Vorposten gleichzeitig wirken. Auch hier sind die wohl extremsten Lagen für Eibenstandorte heute weitgehend noch mit Einzelvorkommen belegt. Diese Höhengrenzen finden sich entlang des ganzen nördlichen Alpenrands. Im Jura erreichen wir durch die Höhenlage bedingte Eibengrenzen vor allem am Chasseral und Creux-du-Vent. Die extremen Temperaturminima, die um den schweizerischen Kältepol von La Brévine für das Fehlen der Eibe verantwortlich sein dürften, sind sicher nicht der Höhenlage zuzuschreiben.

Die vertikal gerasterten Flächen der Abb. 40 entsprechen etwa jenen Gebieten, welche die Eibe aus grossklimatischen Gründen ausschliessen.

Die übrigen Fehlstellen (horizontal gerasterte Flächen), vor allem im Mittelland, im Nordjura und im Glattal müssen andere Ursachen haben. Wie die vorliegenden Untersuchungen gezeigt haben, kommt auf mittleren Standorten ebener Lage die allzu grosse Konkurrenzkraft der Buche als Hauptursache

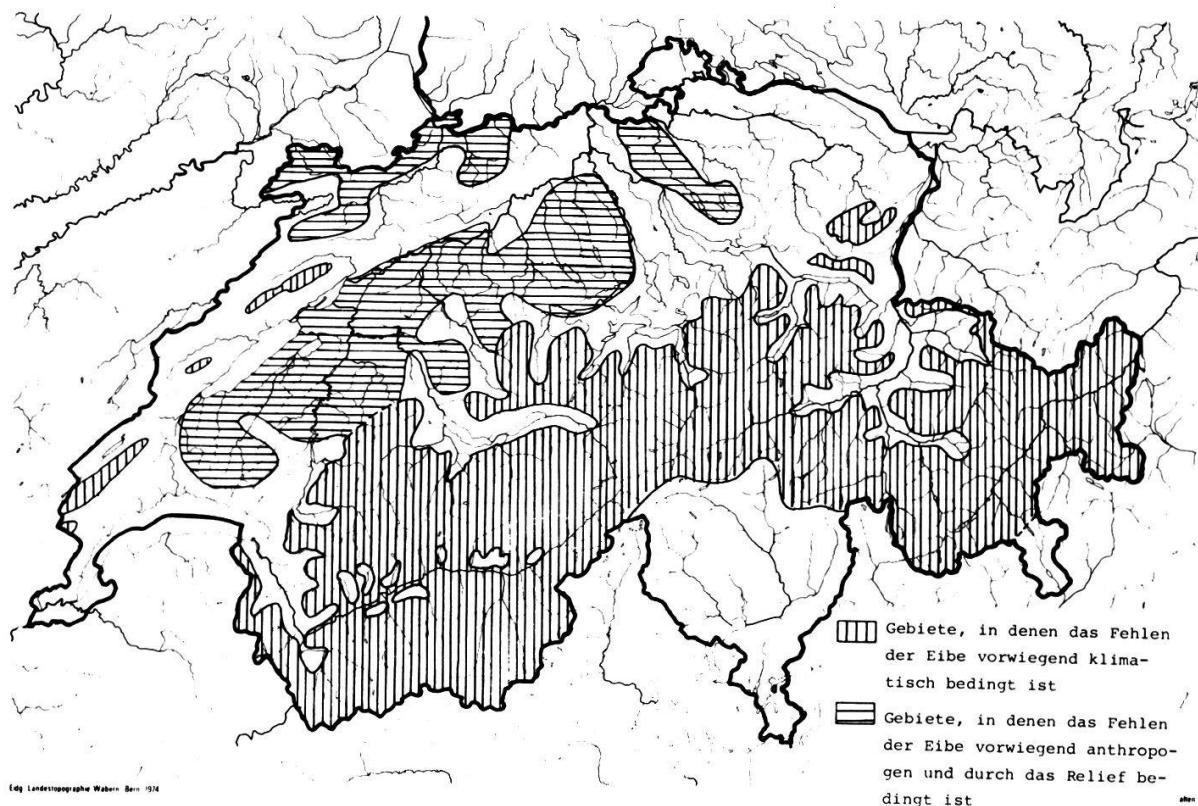


Abb. 40. Eibenarme bis eibenleere Gebiete in der Schweiz und ihre Ursachen (ohne Tessin)

für das Fehlen der Eibe in Betracht (Lichtkonkurrenz). Trotzdem sind vor allem in den hügeligen Moräne- und Molasse-Landschaften des Mittellandes sehr viele Abhänge vorhanden, an denen das Fehlen der Eibe nicht durch die Dominanz der Buche erklärbar ist. Hier ist hauptsächlich der Einfluss des Menschen und sekundär jener des Wildes verantwortlich: Jener des Menschen wirkt heute vor allem über die Art der Bewirtschaftung der Buchenwälder (dunkle Hallenbestände), war früher jedoch vermehrt eine Frage der nicht nachhaltigen Nutzung beziehungsweise gezielten "Verfolgung" der Eibe selbst.

Somit lassen sich folgende Feststellungen machen:

- Das potentielle Verbreitungsgebiet der Eibe beschränkt sich auf knapp die Hälfte der Fläche unseres Landes, wobei die Zentral-Alpen, die höheren Lagen der Nord-Alpen und des Jura die Eibe klimatisch ausschliessen (Temperaturgrenze).
- Jene Teile des Mittellandes, in welchen die Eibe heute ganz oder weit-

gehend fehlt, sind zu einem guten Teil zum potentiellen Verbreitungsgebiet der Eibe zu rechnen. Dies trifft für alle jene Standorte zu, auf denen die Buche wegen der lokalen Verhältnisse von Hangneigung und Boden in ihrer natürlichen Dominanz so weit zurückgedrängt ist, dass für die Eibe ein erträgliches Lichtklima entsteht.

- Speziell auf den letztgenannten Standorten der heutigen Fehlstellen, aber auch in jenen Gebieten, die heute noch reichlich von der Eibe besiedelt sind, ist der menschliche Einfluss und jener des Wildes die ökologische Hauptursache für das Fehlen beziehungsweise den starken Rückgang dieses Baumes. Ohne grundlegende Veränderung der Nutzung unserer Kulturlandschaft ist daher das potentielle Verbreitungsgebiet der Eibe gut doppelt so gross wie das aktuelle.
- Aehnliches wie für das Gebiet gilt für die Eiben-Bestockungsdichte innerhalb der aktuellen Vorkommen: Mit Ausnahme weniger dichter Eibenbestände kommt die Eibe nur sehr locker eingestreut in unseren Wäldern vor. Es gibt kaum andere Ursachen dafür als wiederum Mensch und Wild, welche einer wesentlich grösseren Dichte dieser Baumart auf den vielen geeigneten Standorten im Wege stehen. Diese Vermutung müsste, sofern sich ein geeignetes Objekt findet, in einem Gebiet mit geringer Eibenbestockungs- und Wilddichte überprüft werden.

5.2.1. Die wichtigsten ökologischen Nischen und Kontaktzonen der Eibe und ihre begrenzenden Faktoren

Die bisherigen Betrachtungen haben ergeben, dass die Vorkommen der Eibe in klimatischer Hinsicht auf drei Ebenen in ökologischen Nischen liegen:

1. Innerhalb des europäischen Areals in all jenen Gebieten mit allgemein ozeanischem bis subkontinentalem Klima, die keine scharfen Winterfröste und eine genügend grosse Wärmesumme aufweisen. Ausgeschlossen sind dadurch vor allem der inneralpine Raum mit ausgeprägtem Kontinentalklima, Höhenlagen über ca. 1600-1700 m ü.M. in den Föhntälern, sowie über 1200 m ü.M. im Jura und in den äusseren Nordalpen sowie Gebiete, in denen wirksame Kälteseen entstehen.

2. Innerhalb des klimatisch günstigen Bereichs auf all jenen Standorten, auf denen die Buche und andere bestandesbildende Waldbäume aus physiologischen oder mechanischen Gründen des edaphischen Standorts oder aber auf Grund der Bewirtschaftung in ihrer Konkurrenzkraft eingeschränkt sind (Lichtklima).

Dieselbe Wirkung, oft kombiniert mit einem Konkurrenzkraftverlust der Buche, hat eine besondere standörtliche Begünstigung der Eibe. Das kann vor allem durch zwei Möglichkeiten geschehen:

- durch vermehrtes Seitenlicht im Bestand auf Grund grosser Hangneigung (ev. trotz guter Vitalität der Buche)
- durch besonders wüchsiges "lokal-ozeanisches" Eibenklima (luftfeucht-kühl). Diese Situation ist einerseits an schattigen Nordhängen, jedoch vor allem auch in Schluchten, Tobeln und engen Seitentälchen gegeben. Die Eibe wird jedoch im allgemeinen zu sehr als Spezialist solcher Standorte angesehen. Bei diesen oft dunklen Schluchtstandorten und Nordlagen dürfte zwischen Lichtangebot und Luftfeuchtigkeit ein gewisser Faktorenersatz herrschen, der vermutlich vor allem durch die verlängerten Öffnungszeiten der Spaltöffnungen zustandekommt.

3. Innerhalb des Waldbestandes im Mikro-Klima des Nebenbestandesraumes.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit und aus dem oben Gesagten wird deutlich, dass sich die Vorkommen der Eibe innerhalb von zwei sehr unterschiedlichen Grenzbereichen bewegen: einem physiologisch und einem ökologisch bedingten. Im physiologischen Grenzbereich steht die Eibe praktisch überall mit der Föhre im Kontakt, die ja auf solchen Standorten ihr ökologisches Optimum hat. Im ökologischen Grenzbereich ringt die Eibe jedoch vor allem mit der Buche um einen Platz an der Sonne. Die ökologischen Nischen der Eibe werden daher in der Folge modellhaft zusammen mit dem Verhalten dieser beiden Baumarten dargestellt.

5.2.1.1. Die ökophysiologischen Steckbriefe und das Konkurrenzverhalten von
Eibe, Buche und Föhre

Als erster Schritt dazu sollen die ökophysiologischen Steckbriefe der drei Baumarten einander übersichtlich gegenübergestellt werden, gewissermassen auch als Zusammenfassung der Erkenntnisse von Kap. 2.3. (siehe Tab. 12).

Tab. 12. Oekophysiologische Steckbriefe der drei wichtigsten Baumarten im Bereich häufiger Eibenvorkommen in der Schweiz (vgl. auch Oekogramme, Abb. 42 a-c)

a) unabhängige Standortsfaktoren:

| | Buche | Eibe | Föhre |
|---------------|--|---|---|
| Makroklima | Ausgesprochen ozeanisch | Ozeanisch (v.a. bez. Temperaturminima) | Kontinentaler Schwerpunkt |
| Muttergestein | + Indifferent | Bevorzugt ev. basenreiche Gesteine | Indifferent |
| Relief | Mässig steile bis flache Standorte | V.a. schroffe bis mässige Steilhänge, bei schlechteren Bodenverhältnissen (z.B. Skelettreichtum) auch weniger steile Lagen | Je nach Bodenverhältnissen Hanglagen jeder Neigung bis ebene Lagen |
| Zeit | Besiedlung des schweizerischen Mittellandes nach der Eibe. Verdrängung vieler Lichtholzarten im Haupt- und der Eibe im Nebenbestand (auf optimalen Standorten). Langsame biologische Alterung. | Vor der zwischen- und nacheiszeitlichen Ausbreitung der Buche im schweizerischen Mittelland anwesend. Sehr langsame biologische Alterung der Einzelpflanze. | Älteste, praktisch ohne Unterbruch anwesende Baumart (der drei Arten). Relativ schnelle biologische Alterung (Lichtholzart). |
| Organismen | Sehr hohe Konkurrenz- kraft auf klimatisch und edaphisch günstigen Standorten. Im Optimalbereich wenig anfällig auf Verbiss und Krankheit. Hohe Regenerationsfähigkeit (Stockausschlag). | Genetisch auf den Nebenbestand beschränkt. Dort auf vielen Standorten sehr überlebenstüchtig. Sehr starke Regenerationsfähigkeit (Stockausschlag und Wurzelbrut). | Sehr konkurrenzschwach gegen Schattenholzarten. Im Mittelland starker Wildäusung ausgesetzt. In schneereichen Gebieten oft Schneeschimmelbefall. Keine vegetative Regeneration. |

b) wichtigste abhängige Standortsfaktoren:

| | Buche | Eibe | Föhre |
|------------------|---|---|-------------------------------|
| Licht | Stark schattenertragend | Stark schattenertragend | Sehr lichtbeürftig |
| Temperatur | Kälteempfindlich, spätfrostempfindlich | Kälteempfindlich, <u>±</u> spätfrosthart | Kälteresistent, spätfrosthart |
| Mesoklima | Meidet exponierte Lagen, v.a. bezüglich Spätfrost und Lufttrockenheit | Bevorzugt luftfeuchte Lagen | <u>±</u> Indifferent |
| Wasserhaushalt | Empfindlich gegen Vernässung, sehrdürreempfindlich | Mäßig empfindlich gegen Vernässung, wenigdürreempfindlich | <u>±</u> Indifferent |
| Nährstoffangebot | Anspruchsvoll | Mäßig anspruchsvoll bis indifferent | Anspruchslos |

Konfrontieren wir nun die beiden Konstitutionen von Buche und Föhre mit jener der Eibe, so können wir in den jeweiligen Kontaktzonen bezüglich der wichtigsten abhängigen Standortsfaktoren das Verhalten zusammenfassen (Tab. 13).

Aus den Tabellen 12 und 13 wird deutlich, dass die Verbreitungsgrenzen die Eibe im physiologischen Grenzbereich (innerhalb klimatisch günstiger Verhältnisse) vor allem durch den Wasserfaktor im Boden definiert werden, während sich die Grenzen gegen die besseren (mittleren) Standorte hin durch einen harten, interspezifischen Konkurrenzkampf (Lichtkonkurrenz) ergeben.

Tab. 13. Das Konkurrenzverhalten von Eibe, Buche und Föhre in bezug auf die entscheidenden abhängigen Standortsfaktoren.

| Standorts-faktoren | im Grenzbereich Buche/Eibe | im Grenzbereich Eibe/Föhre |
|--------------------|---|--|
| Lichtfaktor | Buche entzieht der Eibe auf guten Standorten zuviel Licht | Eibe verhindert durch Schatten Föhrenverjüngung |
| Hangneigung | Steilhänge begünstigen die Eibe → Seitenlicht → nachschaaffende Kraft | |
| Bodenent-wicklung | Vitalität der Eibe auf schlecht entwickelten Böden relativ besser (Mergelrendzinen, Blockschutt etc.) | Föhre auf extremeren Böden physiologisch überlegen, Eibe bleibt zurück. |
| Wasserfaktor | Eibe erträgt etwas extremere Verhältnisse als Buche, auf der trockenen Seite sogar wesentlich extremere | Eibe gegenüber Föhre benachteiligt, v.a. im Bereich von Vernässung (erträgt vermutlich weniger O ₂ -Mangel als Föhre) |
| Nährstoff-faktor | Eibe vermutlich etwas weniger anspruchsvoll (näher an Pionierstrategie) | Föhre viel anspruchsloser, physiologisch auf schlechten Standorten überlegen. |
| Wild | Eibe stark benachteiligt (starker Verbiss und Fege-schäden) | Eibe eindeutig durch stärkeren Verbiss benachteiligt, dort, wo ohnehin geschwächt |
| Mensch | Eibe trotz Stockausschlag stark benachteiligt (selektive Nutzung, gez. Vernichtung, langsamer Wuchs) | - |
| Bilanz | v.a. Konkurrenzfrage | v.a. Frage der Physiologie der Eibe |

5.2.1.2. Die Ausdifferenzierung des Standortmosaiks zwischen Eibe, Buche und Föhre

In Abb. 41 wird dieser Differenzierungsablauf, in dessen Rahmen sowohl der gemeinsame Standortsbereich aller drei Arten sowie ihre spezifisch unterschiedlichen ökologischen Nischen definiert werden, schematisch zusammengefasst.

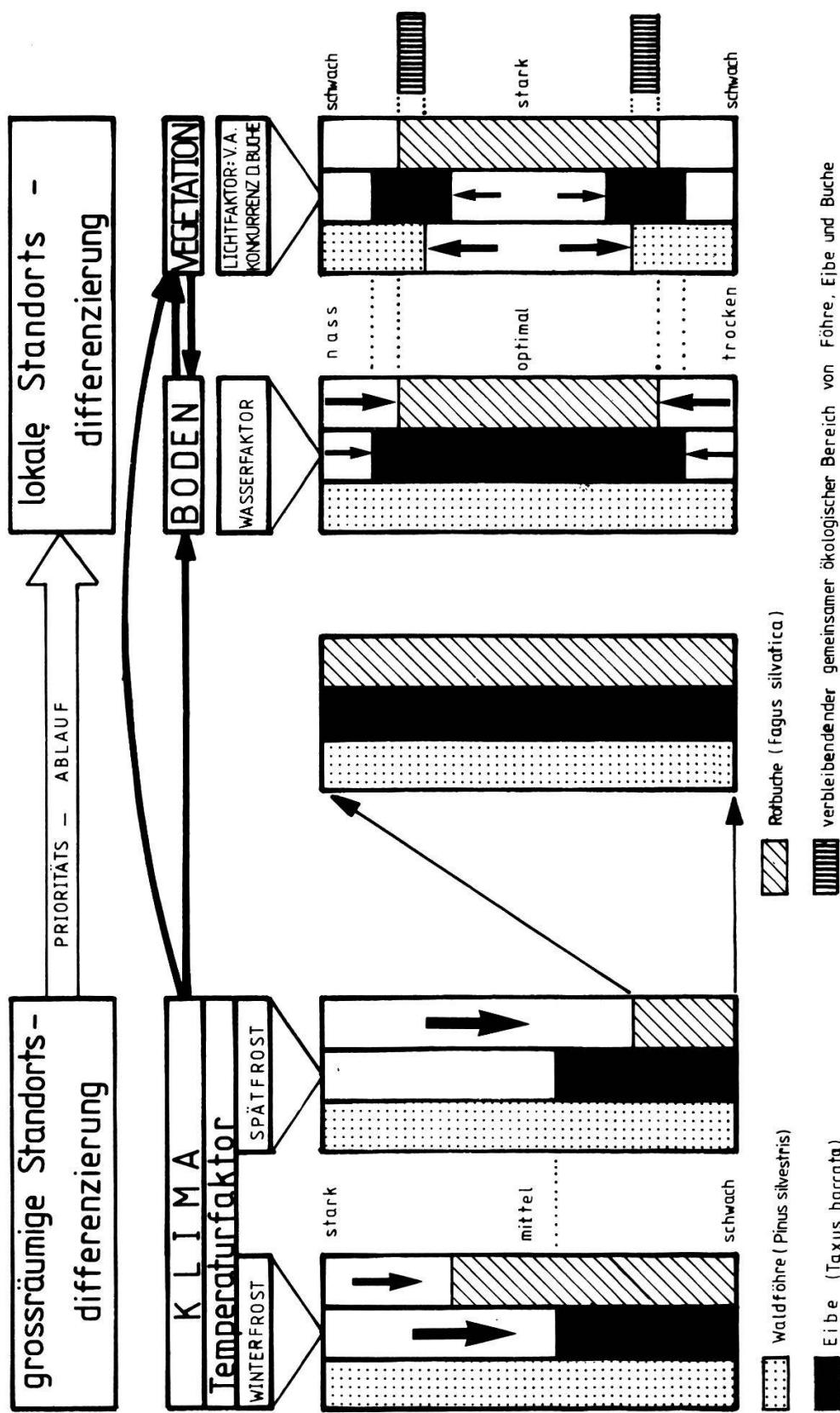


Abb. 41. Modell der Differenzierung des ökologisch gemeinsamen Bereichs von Föhre, Eibe und Buche

5.2.1.3. Die edaphischen Oekogramme von Eibe, Buche und Föhre

Für die folgenden Betrachtungen wird der klimatisch gemeinsame Klimabereich der drei Arten vorausgesetzt. Der Vergleich der drei Oekogramme soll die Verhältnisse an verschiedensten Grenzen der Eibe klären helfen und auf diese Weise ihre ökologischen Nischen übersichtlich erfassen. Das Oekogramm der Eibe basiert vor allem auf den Resultaten dieser Arbeit sowie auf Literaturangaben. Jene von Buche und Föhre entstammen im wesentlichen ELLENBERG (1978). Da die genauer untersuchten Standorte alle im basischen Bereich liegen, kann hier nur auf diese Seite des Spektrums näher eingegangen werden. Wie in Abschnitt 4.2.1. erwähnt wurde, existieren durchaus auch auf der sauren Seite eibenreiche Wälder. Die Konkurrenzverhältnisse dürften dort jedoch eher noch komplexer liegen, da das Herrschaftsfeld der Buche nicht bis zum sauersten Flügel reicht und dort noch mehr ebenbürtige Konkurrenten um einen Platz an der Sonne ringen. Immerhin wurden auch jene Verhältnisse, so gut sie sich aus den diesbezüglichen Literaturangaben und aus eigener Anschauung abschätzen lassen, in die Betrachtung miteinbezogen.

In Abb. 43 a-c wurde versucht, die wichtigsten Informationen der drei Oekogramme von Buche, Eibe und Föhre übereinander zu legen und anhand dreier markanter Transsektten (Schnitte A,B,C) die Verhältnisse qualitativ und quantitativ etwas genauer zu klären.

Dabei werden jeweils die physiologischen und die ökologischen Amplituden der verschiedenen Arten einander gegenübergestellt.

Um eine saubere Vergleichsbasis zu erhalten, wurde jeweils ein Faktor konstant gehalten und der andere variiert - ein Modell, das in der Natur kaum vorkommt (nur vertikale und horizontale Schnitte).

Auf der Ordinate der Kurven ging es darum, eine gut vergleichbare, ökologisch relevante Leistungsgröße aufzutragen, wobei sich diese idealerweise auf Bestände gleichen physiologischen Alters beziehen sollte. Rein physiologisch gesehen wäre die maximale Baumhöhe oder die Oberhöhe ein guter Massstab für die Standortsgüte (Bonität), zumindest innerhalb der selben Baumart. Die Höhe ist jedoch als Mass der ökologischen Konkurrenzkraft einer Art im Bestand, d.h. ihres Anteils an der Wuchsleistung auf einem Standort, untauglich. Ein ökologisch exaktes Mass wäre die produzierte Trockensubstanz

Abb. 42a EIBE (*Taxus baccata*)

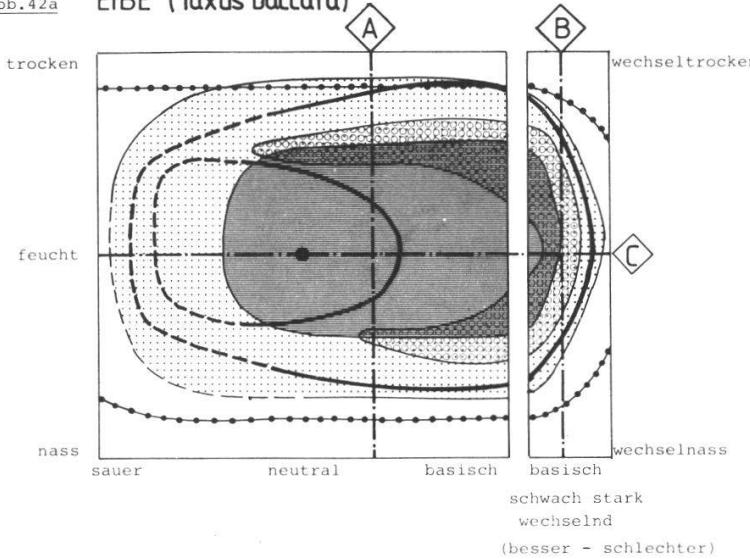
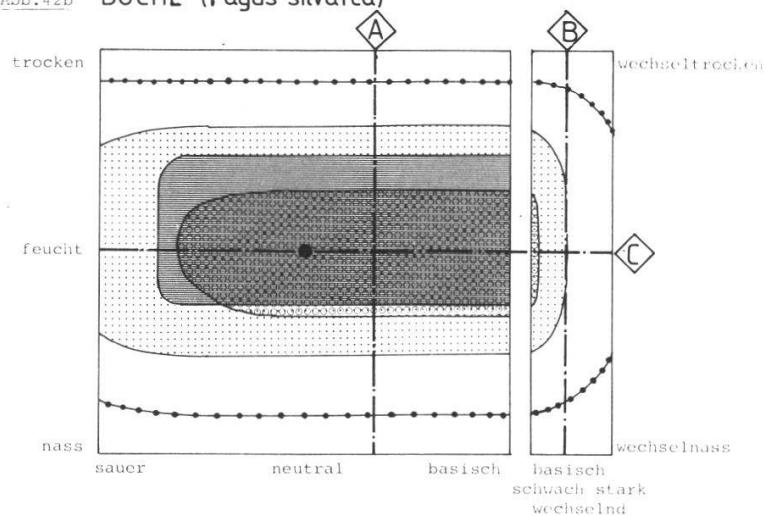


Abb. 42b BUCHE (*Fagus silvatica*)



- PHYSIOLOGISCHE AMPLITUDE
- PHYSIOLOGISCHES OPTIMUM
- OEKOLOGISCHES OPTIMUM (Bereich der Herrschaft von Buche und Föhre im Hauptbestand, bzw. der Eibe im Nebenbestand)
- Grenze waldfähiger Standorte
- Oekologische Amplitude der Eibe (Bereich häufiger Vorkommen)
- unsicherer Grenzverlauf

Abb. 42c FÖHRE (*Pinus sylvestris*)

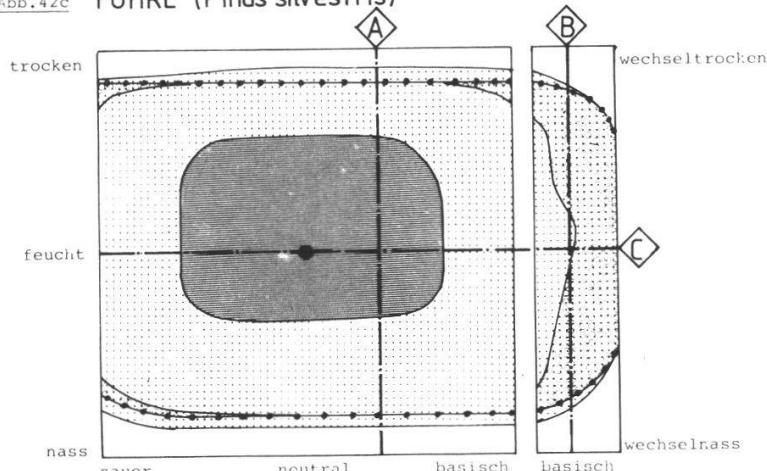


Abb. 42. Edaphische Oekogramme von Eibe (a), Buche (b) und Föhre (c)

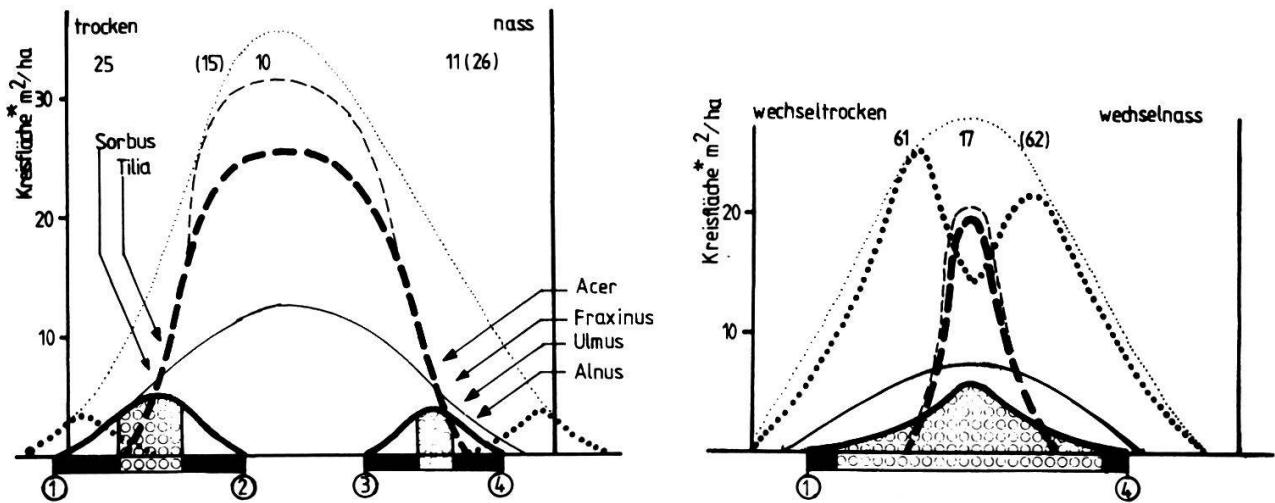
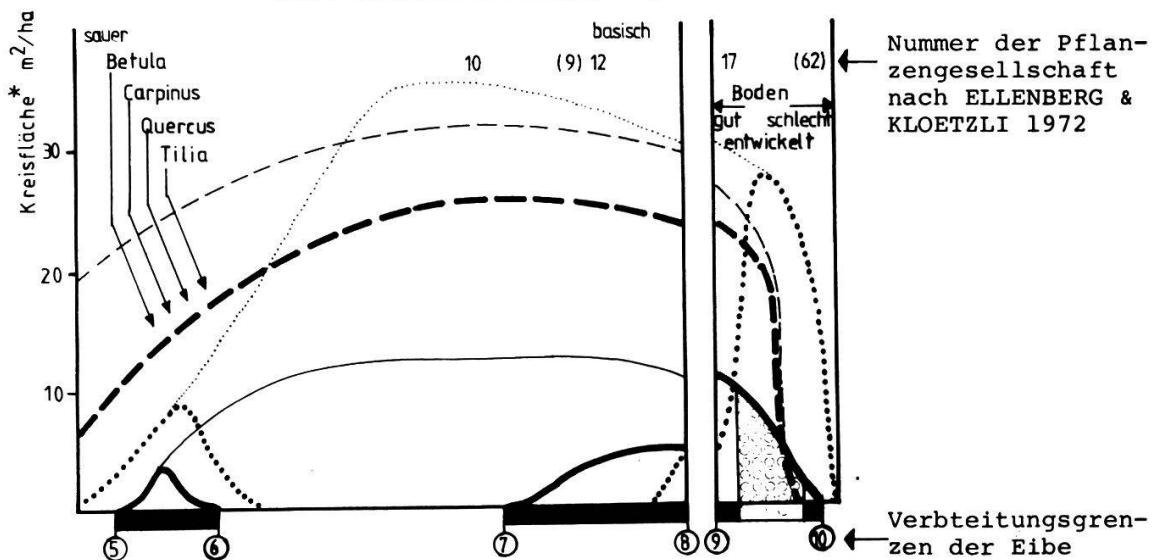


Abb. 43a NEUTRAL (BIS LEICHT BASISCH) /
TROCKEN BIS NASS A

Abb. 43b BASISCH /
WECHSELFUECHT B

Abb. 43c SAUER BIS BASISCH /
FEUCHT C



- ökologische Amplitude der Eibe
- ökologisches Optimum der Eibe
(Bereich der häufigsten Vorkommen)
- physiologische Amplituden
- ökologische Amplituden

- Eibe (*Taxus baccata*)
- Buche (*Fagus sylvatica*)
- Föhre (*Pinus silvestris*)
- Kreisfläche (Basalfläche) =
Summe aller Stammquerschnitts-
flächen pro ha auf 1,3m Höhe

Abb. 43. Drei Querschnitte durch die Oekogramme von Eibe, Buche und Föhre zum Vergleich ihrer physiologischen und ökologischen Amplituden. Als Mass der Vitalität bzw. der Konkurrenzkraft der Arten gibt die Kreisfläche relativ gut vergleichbare und objektive Anhaltspunkte, die mit mässigem Aufwand zu ermitteln sind (im vorliegenden Fall wurden die verfügbaren Zahlen aus den Waldreservaten sowie weiterer Literatur durch Schätzungen interpoliert).

pro Hektare und Art. Darüber existieren jedoch kaum Angaben. Die Massenproduktion (Derbholzmasse) wäre ein recht guter und häufig erhobener Ersatz dafür. Da die Masse aber meist aufgrund eines Universaltarifs berechnet wird, der die feineren standörtlichen Unterschiede nicht berücksichtigt, können grosse Verfälschungen entstehen. Somit ist die Kreisfläche das wohl am wenigsten verfälschte Leistungsmass, von welchem zudem aus der Literatur ebenfalls viele Angaben vorliegen.

In Abb. 42 und 43 ist ausserdem zu beachten, dass durch die Kurven und Abgrenzungslinien eine zu grosse Exaktheit vorgetäuscht werden könnte. Die Oekogramme von Buche und Föhre (Abb. 42 b+c) sind vor allem aus den Angaben von ELLENBERG (1963), sowie ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) übernommen, wobei die Abbildungen im wechselfeuchten Bereich ein neuer Versuch sind, auch diese Verhältnisse nach analogen Gesichtspunkten aus Angaben verschiedener Quellen und nach eigenen Beobachtungen darzustellen. Das Oekogramm der Eibe wurde vor allem im basischen Bereich gemäss den Ergebnissen dieser Arbeit erstellt. Dabei musste zwischen den gemessenen bzw. beobachteten Anhaltspunkten gutachtlich interpoliert werden (vgl. Kap. 4.2.1.).

Die auf der Ordinate abgetragenen Kreisflächen-Werte stammen v.a. aus den folgenden Quellen:

- wechselfeuchter Bereich:

DAFIS (1962): Buche, Föhre, Eibe im Bereich der *Molinio-Pineten*.

LEIBUNDGUT (nicht publiziert): *Taxo-Fagetum* ("Unterwilerberg"): Buche, Eibe, Föhre

LEUTHOLD (1970) ("Chläbhalde")

- Bereich der Kalkbuchenwälder:

MATTER und LEIBUNDGUT (nicht publizierte Reservatserhebungen): Buche, Föhre, Eibe ("Weid").

Die restlichen Werte sind geschätzt. Die Genauigkeit der Kurvenhöhen spielt hier auch eine untergeordnete Rolle gegenüber der grundlegenden Struktur (relative Höhe).

5.2.1.4. Beschreibung der ökologischen Nischen der Eibe nach den edaphischen Standortsbedingungen

Die ökologische Nische der Eibe im trockenen Bereich:

Zwischen dem Herrschaftsbereich der Buche und ihrer physiologischen Grenze gegen die trockenen Standorte hin bleibt ein nur schmales Band ihres Vorkommens (vgl. Abb. 42 b). Ihre durch die Trockenheit reduzierte Konkurrenzkraft gibt der Eibe Gelegenheit, in den lichteren Beständen zu bestehen, teilweise sogar im Nebenbestand zu dominieren. Im sauer-trockenen Bereich beschränkt sich die ökologische Nische der Eibe vermutlich etwa auf dieses erwähnte schmale Band. Demnach müsste hier auf beiden Seiten die Konkurrenz weiterer Baumarten die Eibe am Vordringen auf trockenere bzw. frischere Standorte hindern. Auf letzteren dürfte die Buche die Hauptursache sein, wogegen auf der trockenen Seite vor allem Lichtbaumarten wie Traubeneiche und Föhre in Betracht kommen. Wie erwähnt, ist dieser Bereich im Untersuchungsgebiet wenig oder gar nicht vertreten, weshalb es nicht sinnvoll erscheint, eine These aufzustellen, ob die ökologische Grenze der Eibe hier, wie im basischen Flügel, praktisch mit der physiologischen zusammenfällt. Gegen die basische Seite hin fällt die starke Ausweitung des Standortspektrums der Eibe auf über die ganze Palette verschieden trockener bis feuchter Standorte. Der häufig anzutreffende Hinweis darauf, dass die Eibe kalkliebend ist, vermag für die Erklärung dieses Phänomens keineswegs auszureichen, zumal die Ansicht keineswegs geklärt ist, dass die Eibe auf sauren Böden tatsächlich weniger gut gedeiht als auf basischen. Die Buche selbst als stärkster Lichtkonkurrent der Eibe hat ja ihren physiologischen Optimalbereich ebenfalls eher auf der basischen Seite. Es handelt sich hier um eine komplexe Faktorenverknüpfung zwischen Kalkreichtum, Relief und Lichtfaktor: die Standorte mit hohem Karbonatgehalt liegen fast immer an Hängen (vor allem im Jura und in den Voralpen). Dabei gilt in grossen Zügen: Je steiler oder exponierter der Standort, desto weniger entwickelt ist der Boden und/oder desto mehr Skelett und weniger Feinerde enthält er. Das bedeutet zunehmende Trockenheit einerseits, vor allem aber vermehrtes Seitenlicht im Bestand auf Grund der Hanglage. (Ist das Muttergestein Mergel, so herrschen teilweise stark unterschiedliche Verhältnisse im Boden, die unter Kap. 6 besprochen werden.). Dieses Seiten-

licht ist wohl der Hauptgrund, weshalb die Eibe auf der basischen Seite sogar in den Herrschaftsbereich der Buche, also auch auf Standorte mittlerer Bodenfeuchtigkeit vordringen kann. Auf sehr skelettreichen Böden hat die relativ geringere Bewuchsdichte (Stammzahl) (vgl. 4.1.3.1.) einen ähnlichen Einfluss (mehr Licht im Bestand). Die Zunahme des relativen Durchsetzungsvermögens der Eibe ist im Oekogramm (Abb. 42 a) von links nach rechts deutlich zu erkennen.

Die Begrenzung der Eiben-Nische gegen die trockensten Verhältnisse (nach oben) hin ist dagegen auf der ganzen Breite des Oekogramms sehr ähnlich: In dieser Richtung hält die Buche aus physiologischen Gründen nicht gleich lange mit wie die Eibe (auch nach ELLENBERG 1978 ist die Buche "sehr", die Eibe dagegen "wenig"dürreempfindlich). Von Blockschutthalden über Kalkrohböden bis zu Karstrücken nimmt die Konkurrenzkraft der Buche rapid ab, bis sie schliesslich nicht mehr gedeihen kann. Sie überlässt das Feld zunehmend der Winterlinde, der Trauben- und Flaumeiche und der Waldföhre. Die Eibe gedeiht hingegen, wie etwa die Standorte auf der "Weid" (I) oder am Walensee belegen, noch auf fast nacktem, oft extrem sonnenexponiertem Kalkfels, wo bereits keine waldfähigen Standorte mehr vorhanden sind. Unterschiede zur physiologischen Trockengrenze der Föhre sind vermutlich schon vorhanden, waren aber im Untersuchungsgebiet weder aufgefallen, noch waren sie Gegenstand der Untersuchung. Bedeutend sind diese Unterschiede jedoch deshalb nicht, weil beide Arten die Trockengrenzen waldfähiger Standorte überschreiten.

Diese Erkenntnis stimmt ebenfalls etwa mit den Angaben von ELLENBERG (1978) überein, wonach sowohl Eibe wie Waldföhre als "wenig"dürreempfindlich bezeichnet werden. (Dass diese Tatsache stark mit der Fähigkeit des Wurzelwerks der beiden Arten zusammenhängt, sich in feinsten Felsritzen zu verankern und diesen bis in grosse Tiefe entlangzuwachsen, wurde bereits erwähnt.)

Auf der trockenen Seite des edaphischen Oekogramms ist die ökologische Nische der Eibe somit von folgenden Grenzen her definiert:

- von einer physiologischen Grenze im basischen Bereich direkt über den Wasserfaktor. Ihre genaue Lage ist nur schwer zu erfassen, sie reicht jedoch zusammen mit jener der Föhre weit über den Bereich waldfähiger Standorte hinaus (vgl. Abb. 43, Transsekt A, Grenze 1).
- von einer ökologischen Grenze (auf Grund des Lichtfaktors), welche von der Konkurrenzsituation in vitalen Buchenbeständen ebener bis wenig

geneigter Lagen herrührt (Abb. 43, Transsekt A, Grenze (2)). Diese Grenze tritt vorwiegend im sauren bis schwach basischen Bereich in Erscheinung und entfällt im Bereich mit kalkreichen Bedingungen weitgehend. Dies auf Grund der oftmals verbesserten Lichtbedingungen, welche durch das Relief (Hanglage) typischer Kalkstandorte zustandekommen (diese Feststellung ist ausserhalb des Untersuchungsgebietes nicht überprüft worden).

Die ökologische Nische der Eibe im nassen Bereich:

Abb. 43 ist zu entnehmen, dass auf der nassen Seite, wenn auch nicht so ausgeprägt wie im trockenen Bereich, für die Eibe ähnliche Verhältnisse herrschen.

Mit zunehmender Bodennässe tritt das Herrschaftsvermögen der Buche sehr bald zurück und wird vor allem durch jenes von Halbschatten- und Halblichtbaumarten abgelöst (v.a. Esche, Bergahorn, Stieleiche, Winterlinde, Bergulme, Schwarzerle).

Obschon es sich hier um teilweise sehr produktive, hohe Bestände handelt, sind doch die Lichtverhältnisse darin für die Eibe viel günstiger als im produktiven Buchenwald. Das gilt wiederum speziell für lichtreiche Hang- und Uebergangslagen wie Hangfüsse, Muldenränder usw. Nimmt die Bodennässe weiter zu, so ergeben sich für die Buche ernsthafte physiologische Probleme (Sauerstoffmangel im Boden). Auch auf dieser Seite reicht die physiologische Amplitude der Eibe ziemlich sicher über diejenige der Buche hinaus, allerdings bedeutend weniger weit als im trockenen Bereich. Die Eibengrenze liegt noch klar innerhalb des Gebietes waldfähiger Standorte, wo z.B. Esche, Schwarzerle und Traubenkirsche noch darüber hinaus sehr kräftig wachsen. Jenseits dieser Grenzstandorte fehlt die Eibe somit aus physiologischen Gründen. Die Föhre tritt hier erst auf noch extremeren Standorten und vorwiegend im sauren Bereich wieder in Erscheinung, praktisch erst ausserhalb des waldfähigen Gebietes (Moore usw.). Die ökologische Nische der Eibe im nassen Standortsbereich wird also, analog dem trockenen, umschrieben:

- von einer physiologischen Grenze (über den Wasser- bzw. Sauerstofffaktor), indem die Eibe allzulange Vernässungsperioden nicht verkraftet (vgl. Abb. 43 a, Grenze (4)).

- von einer ökologischen Grenze nur auf sauren bis leicht basischen Standorten mittlerer Bodenfeuchtigkeit wegen der zunehmenden Konkurrenzkraft der Buche (Abb. 43 a, Grenze ③). Auf stark basischen und eher stark geneigten feuchten bis nassen Böden existiert diese Grenze nicht (Abb. 43 c).

Die ökologische Nische der Eibe im Bereich wechselnder Bodenfeuchtigkeit:

Diese Nische ist vom Muttergestein her bestimmt, das meistens aus Mergel besteht. Der hohe Tonanteil bewirkt ein sehr geringes auffüllbares Porenvolumen zwischen permanentem Welkepunkt und Wassersättigung, wodurch die speziellen, stark wechselnden Bedingungen entstehen. Die Konkurrenzkraft der Buche wird dadurch stark eingeschränkt. Sobald die Verhältnisse extrem werden, sei es in Richtung Austrocknung oder Vernässung, fällt die Buche ganz aus, wogegen sich die Eibe hier wesentlich länger halten kann.

Abb. 43 b veranschaulicht, wie der stark eingedämmte Konkurrenzdruck der Buche, sowie jener ihrer Substituenten auf normalen Nassstandorten (Esche, Ahorn, Erle usw.) zur eindrücklichen Entfaltung der Föhre führt. Ihr ermöglichen diese Verhältnisse rein physiologisch offensichtlich ein noch gutes Gedeihen.

Auf Grund der selben Ursachen hat hier auch die Eibe ökologisch ihren grössten Verbreitungsspielraum. Er ist auch hier begrenzt einerseits durch physiologische Reaktionen, sobald die wechselfeuchten Verhältnisse zu extrem werden. Die Föhre ist dann praktisch die einzige Baumart, die noch durchhält. Auf der andern Seite ist der Konkurrenzdruck der Buche sofort wesentlich stärker, sobald die Wasserverhältnisse im Boden zwar noch wechselnd, aber doch ausgeglichener sind. Hier kommt der Eibe jedoch wiederum die Steilhanglage mit vermehrtem Einfall von Seitenlicht zugute, welche im Untersuchungsgebiet ja sehr häufig mit eben solchen mässig wechselfeuchten (Mergel-)Böden verkoppelt auftritt.

Vergleichen wir die Situation der Eibe im Bereich "normaler" Böden (Abb. 42 a und 43 a, Transsekt A) mit jener unter wechselnden Bedingungen (Abb. 42 a und 43 b, Transsekt B), so wird deutlich, dass die Eibe im letz-

teren Bereich nur ein zentral liegendes Optimum hat mit beidseits auslaufenden Vorkommen bis an die physiologischen Grenzen (daher analoge Bezeichnung wie Transsekt A: Grenzen ① und ④). Im Unterschied dazu finden wir unter nicht wechselfeuchten Bedingungen die Eibe im Mittelbereich nicht mehr, da sie von der Buche gewissermassen "gegen innen" ökologisch begrenzt wird (Transsekt A).

Die Grenze ⑩, die in Transsekt C dargestellt ist (Abb. 43 c) bedeutet im Prinzip dasselbe: sobald die Verhältnisse extrem häufig bzw. stark wechseln, geht die Eibe stark zurück. Es bleibt ein fast reiner, oft kaum mehr als Wald zu bezeichnender Föhrenbestand.

Die ökologische Nische der Eibe im sauren Bereich (bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit): (vgl. Abb. 43 c, Transsekt C)

Diese Nische wurde innerhalb des Untersuchungsgebietes nur ganz am Rande erfasst, in Form einiger Eibenstandorte in Schluchtwäldern auf saurem Gestein (z.B. bei Sembrancher VS). Sie existiert jedoch mit Sicherheit häufig im Tessin und müsste anhand eines Transsekts über verschiedene Bodenfeuchtigkeiten näher untersucht werden (vgl. Kap. 4.2.5.). Es kann hier daher auf diese äussere Begrenzung durch einzelne physiologische oder ökologische Faktoren nicht näher eingegangen werden (Abb. 43 c, Grenze ⑤, ?).

Umgekehrt kann jedoch mit Bestimmtheit eine Konkurrenzgrenze gegen den Herrschaftsbereich der Buche gezogen werden 6. Wir kennen genügend mittelfeuchte, schwach saure bis neutrale Buchenwälder, in denen die Eibe aus ökologischen Gründen, analog wie in den besprochenen Grenzfällen ② und ③, fehlt (Lichtmangel). Dieses Fehlen hängt höchst wahrscheinlich nicht mit einer geringeren Wuchskraft der Eibe auf sauren Böden zusammen.

Die ökologische Nische der Eibe im basischen Bereich (bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit): (vgl. Abb. 43 c, Transsekt C)

Bei der Besprechung der ökologischen Nische im trocken-basischen Bereich wurden die wesentlichen Ursachen zur relativen Verbesserung der Konkurrenzlage der Eibe gegenüber der Buche erwähnt: nicht der zunehmende Karbonatgehalt ist die Ursache für diese Verschiebung, sondern die

Tatsache, dass kalkreiche Standorte sehr oft an steilen Hängen vorkommen und daher mehr Seitenlicht und oft für die Buche ungünstige (unstabile) Böden vorhanden sind. Sobald die Standorte kalkärmer werden, sind sie im Untersuchungsgebiet meistens auch flacher und somit für die Eibe im Bestand ungünstiger, zumindest dort, wo die Vitalität der Buche gleichzeitig zunimmt.

Die ökologische Nische der Eibe im feucht-basischen (nicht wechselfeuchten) Bereich hat daher nur eine Grenze: eine ökologische, bedingt durch die Zunahme der Dunkelheit im Buchenwald auf flacheren und meistens auch produktiveren Standorten (Abb. 43 c, Grenze 7).

Die Grenzen 8 und 9 sind rein fiktiv und eigentlich gar keine Grenzen. Sie bedeutet, dass Eibe und Buche auf beliebig basischen Böden im feuchten Bereich gemeinsam gedeihen können bzw. dass ein fliessender Uebergang zu normal drainierten Böden besteht, wo jedoch die Eibe plötzlich relativ stark bedrängt wird.

Wie sich gezeigt hat, sind die verschiedenen ökologischen Nischen der Eibe von der Buchenkonkurrenz einerseits und von physiologisch extremen Randzonen im Kontakt mit der Föhre und einigen andern Baumarten andererseits umgrenzt. Dies unter den verschiedensten Bedingungen. Diese Grenzlinien und -Bereiche seien daher, gewissermassen als ökologische Synthese, noch im Hinblick auf diese wichtigsten "Begleit-Baumarten" der Eibe dargestellt.

5.2.2. Zusammenfassende Darstellung der Kontaktzonen der Eibe mit den wichtigsten Baumarten

Die Kontaktzone Eibe-Buche:

Die beiden extremsten Schattenholzarten, Eibe und Buche, besitzen einen grossen gemeinsamen ökologischen Bereich bezüglich der Bodeneigenschaften.

Ins Herrschaftsgebiet der Buche kann die Eibe allerdings nur im basischen Flügel eindringen (Relief, Seitenlicht). Die Buche vermag die äussere Begrenzung der (ringförmigen) ökologischen Nische der Eibe allenfalls nur im Bereich saurer Verhältnisse bei mittlerer Bodenfeuchtigkeit mitzubestimmen. Nur auf dieser Seite vermag ihr Schattenwurf die Eibe vermutlich bis an den Rand des Standortsspektrums zu verdrängen. In physiologischer Hinsicht wäre dies zwar auch auf der basenreichen Seite der Fall, doch kommen hier meistens weitere, mit dem Kalkreichtum häufig verknüpfte Standortsfaktoren ins Spiel,

z.B. die Hangneigung mit vermehrtem Seitenlicht als Folge, welche für die Eibe begünstigend wirken. Im Hinblick auf Bodenfeuchtigkeit dringt die Buche weder auf der nassen noch auf der trockenen Seite so weit in die Extrembereiche vor, wie die Eibe. Sie wirkt daher in diesen Bereichen des Oekogramms an der äusseren Begrenzung der ökologischen Nische der Eibe nicht mit.

Die "innere Grenze" der Eibenverbreitung fällt hingegen teilweise mit dem im Oekogramm zentral liegenden Herrschaftsbereich der Buche zusammen und wird vor allem durch die Lichtkonkurrenz bestimmt.

Im Bereich wechselnder Bodenfeuchtigkeit (Mergelböden) vermag die Buche die Eibe praktisch nirgends auszuschalten, da sie vorher selbst in Schwierigkeiten gerät, namentlich dem äusseren Rand entlang auf extremeren Standortsverhältnissen. In jenen Bereichen, die der Eibe physiologisch ein optimales Gedeihen ermöglichen, kann insofern durchaus einmal eine Konkurrenzierung in umgekehrter Richtung eintreten, unter Umständen sogar lokal die Ausschaltung der Buche, als ein einmal aufgekommener, dichter Eiben-Nebenbestand die Verjüngung der Buche (und anderer Baumarten) und damit das Aufkommen nachfolgender Generationen der Oberschicht unterbindet. So könnten grundsätzlich auf guten Eibenstandorten, wo die Buche nicht ganz optimal gedeiht, reine Eibenbestände entstehen.

Die Kontaktzone Eibe-Föhre:

Die eigentümliche Misch-Konstitution der Eibe führt auch dazu, dass diese extreme Schattenholzart paradoixerweise mit der extremen Lichtholzart (Waldföhre) einen grossen ökologischen Bereich gemeinsam hat: praktisch rings um die Buchenstandorte herum, vor allem aber auf der trockenen Seite. Im Nassbasischen Bereich verdrängen Esche, Ahorn, Erle usw. die Föhre aus jenen Standorten, auf denen auch die Eibe gerade noch gedeiht. Im nass-sauren Bereich dürfte die Eibe mit der Föhre dagegen grundsätzlich häufiger im Kontakt stehen, obschon solche Vorkommen im Untersuchungsgebiet kaum existieren. In deutschen, schottischen und englischen Heide- und Moorlandschaften ist wohl die Eibe vor allem durch die Einflüsse von Mensch und Tier stark dezimiert worden, doch sind solche (vermutlich saure) Standorte in der Literatur verschiedentlich genannt.

Der Kontakt zwischen Eibe und Föhre ist, anders als jener zwischen Eibe und Buche, vor allem durch weitgehend konkurrenzlose Koexistenz auf Standorten gekennzeichnet, um die sich nicht mehr viele der übrigen Baumarten bewerben. Die Eibe gedeiht solange unter dem lichten Schirm der Föhre, als ihre physiologischen Möglichkeiten es gestatten. Die Föhre geht, ausser auf den trockensten Felsstandorten, überall auf noch extremere Böden. Eine Konkurrenzierung der Föhre durch die Eibe tritt höchstens da auf, wo zu dichte Eiben-Nebenbestände entstehen, welche die Verjüngung der Föhre behindern.

Weitere Kontaktzonen der Eibe:

Wie gezeigt wurde, ist die Eibe durch ihre universelle Konstitution fast überall dort, wo in unserem Waldgebiet die Buche zurücktritt, befähigt, zusammen mit jenen Baumarten zu gedeihen, welche die Hauptrolle im Bestand übernehmen. Dort, wo diese Substitution der Hauptbaumarten dank edaphischer Besonderheiten zustandekommt, handelt es sich meistens um Verhältnisse, in denen das Kronendach der Hauptbaumarten aus physiologischen Gründen nicht besonders dicht ist. Das Wachstum der Eibe wird hier also nicht wesentlich durch Lichtentzug beeinträchtigt, d.h. es herrscht diesbezüglich eine eher geringe interspezifische Konkurrenz. Dies ist z.B. im Bereich der typischen Lindenwaldstandorte (Lindenmischwälder, Linden-Zahnwurz-Buchenwälder) der Fall, es gilt aber auch für die trockene Kontaktzone mit Traubeneiche, Flaumeiche und Föhre, oder in wechseltrockenen Gebieten mit der Föhre und der Mehlbeere. Im Kontakt mit Bergahorn, Esche, Ulme und Schwarzerle herrscht hingegen in deren ökologischem Optimalbereich eine auch für die Eibe spürbare Lichtkonkurrenz (abgesehen von den physiologischen Begrenzungen). In jenen Bereichen, wo die Höhenlage zu einer Ablösung der Hauptbaumarten, vor allem der Buche durch Tanne und Fichte führt (vgl. PFADENHAUER 1973), übernehmen letztere im grossen und ganzen die Rolle der Buche gegenüber der Eibe: auch auf ihre Optimalstandorte vermag sie nicht vorzudringen (jedoch aus physiologischen Gründen).

In natürlichen Fichtenwäldern wurde die Eibe kaum gefunden, was vor allem mit dem Grossklima und der Höhenlage zusammenhängt. Höchstens im Jura, wo die Fichte zum Teil vermehrt in die Bestände eingebracht worden ist, wurden die beiden Arten überhaupt mit wesentlichen Bestandesanteilen zusammen angetroffen.

5.3. Waldbauliche Betrachtungen

Wir wissen, dass der Uebergang vom Mittelwaldbetrieb zur Hochwaldbewirtschaftung das Lichtklima in unseren Wäldern verdunkelt hat. Dies hängt einerseits mit dem geschlossenen Kronendach des Hallenwaldes, andererseits mit der unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeit der Baumkrone der Hauptbaumarten zusammen. Selbst wenn die Eibe früher der Wegräumung der Unterschicht auch da und dort zum Opfer gefallen ist, so konnte sie dies dank ihrer Stockauschlagfähigkeit vermutlich noch besser ertragen, als dauerhaft zu grossen Lichtentzug.

Das drohende Aussterben oder zumindest der massive Rückgang der Eibe wurde denn auch schon lange von Forstleuten und am Wald interessierten Botanikern beachtet: bereits KIRCHNER et al. (1906) befasste sich aus diesem Grunde mit ihrem Schutz und mit der Nachzucht und ROSENKRANZ (1934) schreibt: "... sie war noch Anfang dieses Jahrhunderts z.B. in Salzburg so verbreitet, dass ihr Holz an Drechsler verkauft werden konnte, sie vermag aber nicht der neuzeitlichen Waldwirtschaft standzuhalten, wenn sie nicht besonderen Schutzes teilhaftig wird, ..." und HEGI (1936): "Die Eibe ist zweifellos ein Baum, der in seiner Verbreitung in Europa sehr zurückgegangen ist und wahrscheinlich, worauf der Mangel an Nachkommenschaft hindeutet, in geologisch absehbarer Zeit aussterben wird." Mit der "neuzeitlichen Waldwirtschaft" hat ROSENKRANZ natürlich nicht nur die Form des Hochwaldes angesprochen, sondern eine rücksichts- und ökologisch oft verständnislose Bewirtschaftungsart; er nennt dies: den "... modernen Gleichstamm- und Kahlschlagbetrieb im Forste...". Damit ist ein leider auch heute noch für viele Waldbauer aktueller Punkt angesprochen: das waldbauliche Einfühlungsvermögen in lokale und ökologische Feinheiten im Rahmen einer bestimmten Wirtschaftsweise. Hier geht es um die Hege der Eibe, die, wie verschiedene Beispiele in der Praxis zeigen, durchaus nicht generell im Widerspruch zu einer rationellen, wirtschaftlichen und zeitgemässen Waldbewirtschaftung stehen muss. Die Frage ist wohl vielmehr, ob sich der Waldbauer an günstigen Eibenstandorten zu gewissen schonenden oder die Eiben begünstigenden Massnahmen entschliessen kann, ja ob er sich überhaupt das nötige Wissen zulegt über die Bedürfnisse dieser Art.

Mit der Art und Weise der Durchforstung eibenreicher Bestände, mit der Geschwindigkeit und Methode der Verjüngung, mit der Baumartenwahl usw. lassen sich schon sehr viele Weichen stellen.

Dazu bedarf es allerdings auch einer gewissen Motivation, diesen ausserordentlichen Baum unseren Wäldern zu erhalten. Und selbst diese braucht der Förster durchaus nicht allein im rein idealistischen Bereich zu suchen: so sehr ihn die Eibe bei der Einleitung einer Naturverjüngung mit ihrem Schattenwurf gelegentlich behindern kann, so kann sie ihm, bei genügend langsamer Freistellung, umgekehrt als Vorbau wertvolle Dienste leisten. Mit ihrem Holz wird er zwar keinen blühenden Handel aufziehen können, aber es gilt immerhin zu bedenken, dass das ausserordentlich dichte und harte Nadelholz zu unseren schönsten Hölzern gehört (über seine reichhaltigen Verwendungsmöglichkeiten wurde bereits unter 4.2.2. einiges gesagt). Bei den wenigen einheimischen Holzarten, die unserem Vegetationsraum seit den Eiszeiten geblieben sind, sollte man diesen besonderen Wert einem Forstmann ja nicht erst erläutern müssen. Dies umso mehr, als heute bereits absehbar ist, dass der Import wertvoller Hölzer aus den Tropenwäldern sehr bald ein Ende finden wird, da die Wälder dieser Gebiete in fortschreitendem Tempo ausgebaut und zerstört werden. Und schliesslich geht es auch um die direkte ökologische Frage der Artenvielfalt in unserem Walde. Auch wenn die Eibe nur ein unscheinbarerer Punkt in einem zum Glück vielerorts noch stark vernetzten Ökosystem ist, so stehen mit ihm doch eine ganze Reihe von Organismen in Verbindung (vgl. z.B. die Ausführungen über die Verbreitungsbiologie, 2.3.2.1.). Auf den Zusammenhang von Artenvielfalt und ökologischer Stabilität sei hier nur am Rande hingewiesen.

Bezüglich des Schutzes der Eibe vor dem Wildverbiss liegen die Interessen des Försters und jene der Eibe sogar genau gleich: wir sollten endlich wirksame Schritte unternehmen, die auf die massive Dezimierung der Wildbestände hinzielen, um wieder einigermassen "natürliche" Gleichgewichte herzustellen.

Es bleibt zu all den hier nur aufgeworfenen Fragen die Frage nach dem Wie, im Einzelnen. Einiges dazu ist bekannt; verschiedene interessierte Forstleute haben wertvolle Erfahrungen mit der Eibe gesammelt und schliesslich

existieren auch allerhand Hinweise in älterer und jüngerer Literatur. Vieles ist jedoch kaum greifbar, vor allem nicht für den Praktiker. Im Rahmen der geplanten, speziell forstlich orientierten Zusatzpublikation wird es eines meiner Ziele sein, hierzu möglichst viel Material zusammenzutragen und kritisch zu sichten.

6. Zusammenfassung

Die 1970 durchgeführte Umfrage über das Vorkommen der Eibe in der Schweiz (ohne Alpensüdseite) hat ergeben, dass diese Baumart im Vergleich zu einer analogen Erhebung vor 66 Jahren in unseren Wäldern massiv zurückgegangen ist und dass eine nachfolgende Generation von Bäumen praktisch total ausfällt. Zum näheren Verständnis dieser in mancher Hinsicht einzigartigen Baumart und der Hintergründe ihrer Bedrohung wurden zuerst ihr Areal und ihre ökophysiologische "Strategie" genauer untersucht, wobei vorwiegend ein breites Material aus der Literatur zur Verarbeitung gelangte. Die Eibe besitzt eine "raffinierte" Kompromiss-Strategie zwischen sommergrünen Laubbäumen und immergrünen Nadelhölzern einerseits und zwischen Arten mit "Pionierstrategie" und "Klimaxstrategie" andererseits. Diese Strategie erlaubt es ihr, mit ihrem genetisch fixierten Niederwuchs als Nebenbestandesbaum grundsätzlich eine erstaunlich grosse Zahl von ökologischen Nischen in unseren Wäldern zu besiedeln.

Grossklimatisch stehen ihr all jene ozeanischen bis subkontinental getönten Gebiete offen, in denen sie von scharfen Winterfrösten verschont bleibt. Gegenüber der Buche mit ebenfalls ozeanischem Verbreitungsgebiet erträgt die Eibe jedoch wesentlich mehr Lufttrockenheit und ist vom Spätfrost her kaum gefährdet. Sie kann somit in vielen Gebieten gegen den kontinentalen Raum hin die Verbreitungsgrenzen der Buche überschreiten, was durch einige Wuchsorte im Untersuchungsgebiet konkret belegt werden konnte. Ihr potentielles klimatisches Verbreitungsgebiet ist etwa halb so gross wie die Fläche der Schweiz. Es wird in Wirklichkeit von ihr jedoch nur etwa zur Hälfte "ausgenutzt": grosse Fehlstellen im Mittelland geben dem Oekologen Rätsel auf, die im Rahmen dieser Arbeit nur unvollkommen gelöst werden konnten.

Die vergleichende Untersuchung einiger abhängiger Standortsfaktoren (v.a. Wasserhaushalt und Skelettgehalt der Böden, Nährstoffangebot, Lokalklima) in drei eibenreichen "Forschungsbeständen" (z.T. Reservate) am Jura-südfuss bei Aarau und Baden hat ergeben, dass (im günstigen Klimabereich) praktisch alle wichtigen Einflüsse für die rein ökologische Verbreitung der Eibe auf die beiden unabhängigen Standortsfaktoren Muttergestein und Relief zurückzuführen sind (mit Ausnahme des Menschen). Dabei konnte gezeigt werden, dass die jeweiligen Nischen der Eibe entweder durch ihre direkte Begünstigung entstehen (v.a. durch mehr Seitenlicht an Steilhängen und günstiges, luftfeucht-kühles Lokalklima), oder dann ist die Ursache praktisch immer in der Schwächung der Konkurrenzkraft der Buche zu suchen (v.a. durch unkonsolidierte Böden, Blockschutt, Sauerstoffmangel durch Vernässung oder Wassersstress durch Austrocknung der Böden, stark wechselseitige Verhältnisse).

Pflanzensoziologisch wurden 260 Vegetationsaufnahmen mit *Taxus* zu einer grossen Uebersichtstabelle verarbeitet. Sie bietet einen Ueberblick über das breite soziologische Spektrum der Eibe. Es konnte gezeigt werden, dass die rein pflanzensoziologische Bearbeitung eibenreicher Bestände sehr problematisch ist. Die Existenz einer eigenständigen Assoziation "*Taxo-Fagetum*" kann für das Untersuchungsgebiet zwar grundsätzlich bestätigt werden, wenn auch in viel engerem standörtlichem Rahmen, als es ursprünglich gefasst war.

Eine wertvolle Hilfe zur Beurteilung solcher Bestände war die waldbauliche Strukturanalyse. Ihre Möglichkeiten sollen jedoch im Rahmen einer geplanten speziell forstlichen Publikation noch besser ausgeschöpft werden.

Als Teil einer Synthese der ökologischen und soziologischen Ergebnisse ist der Entwurf des edaphischen Oekogramms der Eibe zu verstehen. In einem weiteren Schritt wurde eine genauere vergleichende Betrachtung der Eibe in den Kontaktzonen mit den beiden wichtigsten begleitenden Baumarten, Buche und Waldföhre, erarbeitet. Aus ihr wird deutlich, dass die "hufeisenförmige" ökologische Nische der Eibe im edaphischen Oekogramm gegen aussen hin durch physiologische Faktoren und gegen innen durch das ökologische Geschehen (Lichtkonkurrenz) begrenzt ist.

All diese rein botanisch-ökologischen Zusammenhänge vermögen jedoch die Frage nach den Ursachen der grossen Fehlstellen und des Rückgangs der

Eibe auf potentiellen Eibenstandorten nicht zu beantworten: denn die Hauptursache dafür ist der Einfluss des Menschen.

In einem grösseren Abschnitt wurde daher die uralte und mannigfaltige Verknüpfung der Eibe mit der kulturellen Entwicklung unserer Vorfahren studiert. Es stellte sich heraus, dass die Geschichte der Eibe mit jener von früheren Kulturen oft in hohem Masse zusammenhang und dass der Mensch der Eibe in der Vergangenheit periodisch arg zugesetzt hat (z.B. durch die extremen Eibennutzungen im Mittelalter zur Herstellung von Pfeilbogen).

Die heutigen Fehlstellen dürften teilweise durchaus sehr alte geschichtliche Wurzeln haben, doch stehen auch lokale Unterschiede in der Waldbewirtschaftung der letzten 200 Jahre als Ursachen im Vordergrund.

Der aktuelle Rückgang der Eibe beruht hauptsächlich auf zwei Ursachen: einmal auf dem Uebergang vom Mittelwaldbetrieb zur Hochwaldbewirtschaftung mit wesentlich dunkleren Beständen. Zum andern auf den extrem hohen Wildbeständen, die natürlich ebenfalls auf menschliches Eingreifen in natürliche Gleichgewichte zurückgehen. Das Wild unterbindet durch den praktisch totalen Verbiss der Eibe jeglichen Nachwuchs. Daher auch die Tatsache, dass die Eibe teilweise schon heute vor allem noch auf extremen, schwer zugänglichen Standorten ihres potentiellen Verbreitungsgebietes in der Schweiz zu finden ist.

Gesamthaft muss als Bilanz festgestellt werden, dass die heutigen Eibenbestände eine Art "ausklingende Restbestände" einer natürlicherweise wesentlich dichter und häufiger vorkommenden Baumart sind. Werden in den nächsten Jahrzehnten nicht aktive Massnahmen zu ihrem Schutze und zu ihrer Vermehrung unternommen, so verschwindet dieser bizarre, geheimnisvolle Baum mit dem Ableben der heutigen Generation praktisch aus dem Schweizer Wald. Er würde dann allenfalls noch auf sehr exponierten Refugialstandorten zu besichtigen sein. Eine Art mehr, die dem Reichtum unserer ehemals vielfältigen Kulturlandschaft praktisch verloren gehen würde - ein weiterer Mosaikstein in der traurigen Bilanz unserer technischen Zivilisation.

Summary

A survey made in 1970 on the distribution of the yew-tree (*Taxus baccata*) in Switzerland shows that this species has decreased considerably since 1904 when a similar survey was made, and that the next tree generation is practically non-existent. The yew-tree maintains a peculiar "in-between" position, i.e. between deciduous tree and evergreen conifer as well as between pioneer and climax tree. Owing to this position and the genetically controlled small height growth the species in question could grow in a large number of ecological niches of our forests as a secondary stand tree.

From a climatic point of view the potential range of the yew-tree covers half of Switzerland. The species can be found in all regions with oceanic to subcontinental climate and which are not subject to heavy winter frosts. Compared to beech with a similar distribution, yew-trees tolerate drier air and do not suffer from late frost. Their range therefore extends further into the continental zones.

At present, however, yew-trees occur in only half of their potential area. Site factors such as local climate, water properties, skeletal and nutrient content of the soil as well as the influence of man were investigated as potential limiting factors within the climatic zone. It was found that parent material of soils and configuration of ground were the only natural limiting factors: marly and unstabilized soils discourage beech. This, together with better light conditions on steep slopes promote the growth of yew-trees.

The 260 vegetation surveys reveal the wide phytosociological and accordingly ecological range of this species. Although the survey confirmed *Taxo-Fagetum* as the association for the area investigated, its range proved to be smaller than previously thought. Many stands containing yew-trees had to be attributed to other associations.

An ecogram has been made as a synthesis of the ecological and phytosociological results, integrating edaphic factors as well as competitive influence of beech and pine. The ecogram shows that the ecological niche of yew-trees is determined by extreme site factors which act physiologically as barriers (mainly hydrological factors) and by ecological conditions (mainly light competition).

However, all these ecological and botanical aspects do not fully explain why the yew-tree is missing from large parts of its potential range. This is in fact due to human influence. The yew-tree has been connected with human civilization for thousands of years. The investigation showed that already early civilizations have caused severe damage to this species. In addition, differences in local forest management systems over the last two centuries have further contributed to the existing pattern of distribution.

The present decline of yew-trees is based mainly on two factors: the conversion of coppice with standards into much darker high forests and the excessive game population density (also due to human influence). Nearly all young yew-trees suffer severely from browsing damage. In conclusion, we can say that the present yew-tree stands should be considered as relicts. Without active measures of protection and promotion in the near future this peculiar tree species will almost certainly disappear completely from Swiss forests with the death of the present tree generation - which would be yet another step towards the growing depletion of nature in our technical civilization.

Literatur

- ANONYMUS, 1774: Kurze Abhandlung von dem öconomicischen, medicinischen und mechanischen Nutzen und Gebrauch der inländischen oder bey uns frey wachsenden Bäumen und Stauden. Oekonomische Ges. Bern, 1774, 91 S.
- AREGGER, J., 1950: Florenelemente und Pflanzenverbreitung im Entlebuch. Inaugural-Diss. der math.-naturw. Fak. der Universität Freiburg (Schweiz), 135 S.
- 1957: Flora der Talschaft Entlebuch. Blätter für Heimatkunde aus dem Entlebuch, Entlebucher-Anzeiger, Schüpfheim, 7, 30. Jg., S. 114-128.
- AVERDIECK, F.-R., 1971: Zur postglazialen Geschichte der Eibe (*Taxus baccata* L.) in Nordwestdeutschland. Flora 160, 28-42.
- BACH, R., 1950: Die Standorte jurassischer Buchenwaldgesellschaften mit besonderer Berücksichtigung der Böden (Humuskarbonatböden und Rendzinen). Ber. Schweiz. Bot. Ges. 60, 51-152.
- BEISSNER, L. und FITSCHE, J., 1930: Nadelholzkunde. 3. Aufl., P. Parey, Berlin, 765 S.
- BEUG, H.J., 1964: Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Gardaseegebiet unter besonderer Berücksichtigung der mediterranen Arten. Flora 154, 401-444.
- BERTOG, H., 1925: Kulturgeschichte über die Eibe. Mitt. Deutsch. Dendr. Ges. 35, 331-332.
- BINZ, A. und BECHERER, A., 1970: Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz. 14. Aufl., Schwabe, Basel, 421 S.
- BÖCHER, T.W., 1943: Nordische Verbreitungstypen. Särtryck ur Svensk Botanisk Tidskrift 37, 352-370.
- 1943: Studies on the Plant Geography of the Northatlantic Heath Formation. Det Koneglige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter, Bind II, 7, 130 S.
- BÖDDEKER, H., 1958: Beiträge zur Kenntnis des Taxins. Diss. Univ. Würzburg, Trilitsch Verlag, Düsseldorf, 22 S.
- BOSSHARD, H.H., 1978: Mundartnamen von Bäumen und Sträuchern in der deutschsprachigen Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 59, 372 S.
- BRAKENHOFF, H., 1907: Der untergegangene Eibenhorst zu Ihorster Moor. Jb. Natw. Ver. Bremen 19, 276-279.
- BRANDSTETTER, J.L., 1902: Die Namen der Bäume und Sträucher in Ortsnamen der deutschen Schweiz. Beil. z. Jahresber. d. höh. Lehranst. Luzern 1901/02, 86 S.
- BRAUN, A., 1970: Taschenbuch der Waldinsekten. Fischer Verlag, Stuttgart, 2 Bde., 817 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. und RÜBEL, E., 1932-35: Die Flora Graubündens. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 7, 1695 S.
- BRÜLHART, A., 1969: Jahreszeitliche Veränderungen der Wasserbindung und der Wasserbewegung in Waldböden des schweizerischen Mittellandes. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w. 45, 127-232.
- BRUMM, F. und MANN, M., 1960: Die Vermehrung der Laub- und Nadelgehölze. In: Grundlagen und Fortschritte im Weinbau und Gartenbau 50, Verlag Ulmer, Stuttgart, 93 S.
- BURCKHARDT, A., 1911: Anbauversuche mit der Eibe. Forstl. Centralblatt, 33. Jg., 457-468.

- BURGER, H., 1933: Waldklimafragen II. Meteorologische Beobachtungen im Freien in einem Buchen- und in einem Fichtenbestand. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w.* 18, 7-54.
- BURNAND, J., 1976: *Quercus pubescens*-Wälder und ihre ökologischen Grenzen im Wallis. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 59, 138 S.
- und ROTH, Ch., 1976: Etude phytosociologique des forêts de la réserve du Bois de Chênes (VD). *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen* 127, 151-164.
- CHRIST, H., 1912: Die Eiben von Pregassona (Ueber den grössten Eibenbestand im Kt. Tessin (Pregassona)). *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen*, 63. Jg., 307-308.
- CONVENTZ, H., 1892: Die Eibe in Westpreussen, ein aussterbender Waldbaum. *Abh. z. Landeskunde, Provinz Westpreussen* 3, Danzig, 67 S.
- 1897: Die Eibe in der Vorzeit der skandinavischen Länder. *Danziger Zeitung* 22934, 8 S.
- 1899: Neue Beobachtungen über Eibe, besonders in der deutschen Volkskunde. *Danziger Zeitung* 23706, 8 S.
- 1912: Mitteilungen über die Eibe, besonders über die Dichtigkeit ihres Auftretens. *Beibl. Bot. Jb. 106* (Bot. Jb. 46), 46-50.
- DAFIS, S.A., 1962: Struktur- und Zuwachsanalysen von natürlichen Föhrenwäldern. *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz* 41, 86 S.
- EDLIN, H.L., 1965: A Modern Silva or a Discourse of Forest Trees, 13. Yew: *Taxus baccata* L. *Quart. J. For.*, London, 59 (2), 113-121.
- EICHENBERG, K., 1929: Deutschlands grösster Eibenwald. *Mitt. Deutsch. Dendr. Ges.* 1929, 385-386.
- 1931: Wo gibt es noch Eibenwälder in Deutschland? *Mitt. Deutsch. Dendr. Ges.* 43, 422-430.
- ELLENBERG, H., 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER, H., *Einführung in die Phytologie*, IV/2, Stuttgart, 943 S.
- 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer Verlag, Stuttgart, 943 S.
- 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 77, 82-92.
- 1971: Nitrogen content, mineralization and cycling. In: *Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symp. 1969 (Ecology and conservation 4)*, 509-514.
- 1974: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica IX*, Göttingen, 97 S.
- 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. 2. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart, 981 S.
- und KLÖTZLI, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w.*, Bd. 48, 4, 589-930.
- ENGLER, A.: 1903: Das Pflanzenreich. IV. 5. Taxaceae. Engelmann Verlag, Leipzig, 124 S.
- 1905: Grundzüge der Entwicklung der Flora Europas seit der Tertiärzeit. *Beibl. Bot. Jb.* 81, 5-27.
- 1954: Syllabus der Pflanzenfamilien. Bd. I, 339-341.
- ETTER, H., 1947: Ueber die Waldvegetation am Südostrand des schweizerischen Mittellandes. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w.* 25, 141-210.
- 1947: Vegetationskarte des Sihlwaldes der Stadt Zürich. *Beih. Zeitschr. Schweiz. Forstvereins* 24, 22 S. + 1 Karte.
- FENAROLI, L., 197/: Note illustrative della Conta della vegetazione reale d'Italia. *Minist. Agric. e Foreste, Collana Verde* 28, 127 S.

- FIRBAS, F., 1952: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Bd. 1., Fischer Verlag, Jena, 480 S.
- FREHNER, H.K., 1963: Waldgesellschaften im westlichen Aargauer Mittelland. Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme d. Schweiz 44, 96 S.
- GAMS, H., 1931: Das ozeanische Element in der Flora der Alpen. Jb. d. Vereins z. Schutze der Alpenpflanzen, München, 7-23.
- 1932: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. In: Z. Ges. Erdkunde, Berlin, 1/2, 52-198.
- GAYER, J., 1930: Die Eibe im Bakonyer Wald. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges., Bd. 42, 353-355.
- GERLACH, A., 1973: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnettoakkumulation. Scripta Geobotanica 5, 115 S.
- GEßNER, O., 1953: Gift- und Arzneipflanzen von Mitteleuropa. Universitätsverlag, Heidelberg, 804 S.
- GIGON, A., 1968: Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im Jura bei Basel. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 38, 28-85.
- 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und Karbonatboden. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 48, 163 S.
- 1978: Konvergenz auf verschiedenen Organisationsstufen, insbesondere bei Gebüschoekosystemen der Hartlaubgebiete. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 45, 64-133.
- GODWIN, H., 1956: The History of the British Flora. Cambridge, 384 S.
- GRADMANN, R., 1906: Beziehungen zwischen Pflanzengeographie und Siedlungsgeschichte. Geogr. Zeitschr. Jg. 12, 6, 305-325.
- GRAF, E., 1957: Ueber die Alkaloide der Eibe. Habil.schrift Univ. Würzburg, 15 S.
- GREGUSS, P. Xylothomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Akadémiai Kiado, Budapest, 308 S. + 360 Fototafeln.
- GROSS, H., 1933: Die Eibe in Ostpreussen. Beih. Bot. Zentralblatt 50, 552-576.
- HAGER, P.K., 1916: Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten in der Schweiz. Schweiz. Insp. f. Forstw., Jagd und Fischerei, Bern, Liefg. 3, 331 S.
- HARTMANN, F.-K. und JAHN, G., 1967: Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen. Fischer Verlag, Stuttgart, 636 S. + Tabellenband.
- HEER, O., 1866: Pflanzen der Pfahlbauten. Neujahrsbl. Naturforsch. Ges. Zürich, 1-54.
- HEGI, G., 1936: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. 1, 2. Aufl., Hauser Verlag, München, 528 S.
- HESS, H.E., LANDOLT, E., HIRZEL, R., 1967-72: Flora der Schweiz. Bd. I, 1967, 858 S., Bd. II, 1970, 956 S., Bd. III, 1972, 876 S., Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart.
- HÖFLER, K., 1943: Ueber die Austrocknungsfähigkeit des Protoplasmas. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 60, 1. Gen. Vers. Heft, 94-107.
- HOFMANN, E., 1924: Pflanzenreste der Mondseer Pfahlbauten (Oberoesterreich). Sitzungsber. Akad. Wissensch., Wien, 379-404.
- HOFMANN, G., 1958: Die eibenreichen Waldgesellschaften Mitteldeutschlands. Arch. Forstwes. 7, Akademie Verlag, Berlin, 502-558.
- 1963: Verzeichnis der wichtigsten natürlichen Eibenvorkommen in Mitteleuropa. Thüringer Naturw. u. Landschaftspflege 6, 22-24.

- HOOPS, J., 1905: Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum. Verlag Trübner, Strassburg, 689 S.
- HÜBL, E., 1969: Gedanken zur Verbreitung von sommergrüner und immergrüner Vegetation. *Acta Bot. Croatica* (Zagreb) 28, 139-149.
- IRMISCH, T., 1847: Ueber das Vorkommen des Eibenbaumes im nördlichen Thüringen. *Bot. Zeitung* 5, 882-885.
- KIRCHNER, O., LOEW, E. und SCHRÖTER, C., 1906: Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Bd. 1, Abt. 1a, Ulmer Verlag, Stuttgart, 343 S.
- KLÖTZLI, F., 1965: Qualität und Quantität der Rehäsung in Wald- und Grünland-Gesellschaften des nördlichen Schweizer Mittellandes. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 38, 5-186.
- 1975a: Oekologische Besonderheiten *Pinus*-reicher Waldgesellschaften. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 126, 672-710.
- 1975b: Edellaubwälder im Bereich der südlichen Nadelwälder Schwedens. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel*, 43, 23-53.
- KOCH, W., 1946: Die pflanzengeographische und soziologische Stellung der Föhre in der Schweiz. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 97, 77-94.
- KOLLMANN, F., 1909: Die Verbreitung der Eibe in Deutschland. *Natw. Zeitschr. f. Landw. u. Forsten* 7, 217-247.
- KÖPPEL, S. und PAULE, L., 1976: Die Eibenvorkommen in der Umgebung von Hrmanec, Slowakei. *Arch. Naturschutz u. Landschaftspflege*, Berlin, 16, 123-139.
- KORSCHELT, P., 1897: Ueber die Eibe und deutsche Eibenstandorte. *Tharandter forstl. Jb.* 47, 107-171.
- KREBS, E., 1962: Die Waldungen der Albis- und Zimmerbergkette bei Zürich. *Beitr. z. geogr. Landesaufn. Schweiz* 40, 24 S. + 1 Karte.
- KREEB, K., 1974: Oekophysiologie der Pflanzen. Bausteine der modernen Physiologie 1, Fischer Verlag, Stuttgart, 209 S.
- KRÜSSMANN, G., 1970: Handbuch der Nadelgehölze. Parey Verlag, Berlin, 7./8. Liefg., 289-266.
- KUCERA, L., 1971: Wundgewebe in der Eibe (*Taxus baccata* L.). *Viertelj.schr. Naturf. Ges. Zürich*, Bd. 116, 4, 445-470.
- KUHN, N., 1967: Natürliche Waldgesellschaften und Waldstandorte der Umgebung von Zürich. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 40, 84 S. + Beil.
- KUMMER, G., 1937: Die Flora des Kantons Schaffhausen. *Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen*, Heft XIII, 6, 109 S.
- 1951: Die Nadelhölzer im Kanton Schaffhausen. *Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen*, Bd. XXIV, 3, 107-164.
- KUOCH, R., 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w.* 30, 131-260.
- LARCHER, W., 1963: Zur Frage des Zusammenhangs zwischen Austrocknungsresistenz und Frosthärtung bei Immergrünen. *Protoplasma*, Bd. LVII, 1-4, 569-587.
- 1968: Die Temperaturresistenz als Konstitutionsmerkmal der Pflanzen. *Deutsch. AK. Landwirtschaftswiss.*, Tagungsbericht 100, 7-20.
- 1970: Kälteresistenz und Ueberwinterungsvermögen mediterraner Holzpflanzen. *Oecol. Plant.* V, 267-286.
- 1972: Wasserhaushalt immergrüner Pflanzen im Winter. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 85 (7/9), 315-328.
- 1973: Oekologie der Pflanzen. UTB-Taschenbuch, 320 S.

- und MAIR, B., 1969: Die Temperaturresistenz als ökophysiologisches Konstitutionsmerkmal. 1. *Quercus ilex* und andere Eichenarten des Mittelmeergebietes. *Oecol. Plant.* IV, 347-376.
- LEIBUNDGUT, H., 1959: Ueber Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstw.* 110. Jg., 3, 111-124.
- 1966: *Die Waldflege*. Haupt Verlag, Bern, 192 S.
- 1970: *Der Wald, eine Lebensgemeinschaft*. Huber Verlag, Frauenfeld, 200 S.
- LEMKE, E., 1902: Die Eibe in der Volkskunde. *Zeitschr. f. Volkskunde*, Berlin, 12, 25-38 und 187-198.
- LEUTHOLD, Ch., 1969: Soziologische und ökologische Untersuchungen an Eiben-Buchenwäldern im nördlichen Jura. Diplomarbeit, Abt. Forstw. ETH, dep. am Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich und am Inst. f. Waldbau ETH, 50 S. + Tabellen.
- LOHRMANN, R., 1949: Die Eibe, ein aussterbender Baum? *Blätter Schwäb. Albverein* 55, 51-53.
- LÜDI, W., 1953: Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 27, 208 S.
- LÜSCHER, P. und RICHARD, F., 1976: Symbole und Signaturen zur Bodenphysik. *Hektographie z. Vorlesung Bodenphysik*, ETH Zürich, 24 S.
- MARCET, E., 1963: Eibe (*Taxus baccata L.*). *Hektographie z. Vorlesung Dendrologie*, Inst. f. Waldbau ETH, Zürich.
- MARZELL, H., 1928: Die deutschen Bäume in der Volkskunde. *Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges.*, 105-110.
- MAYER, H., 1951: Ueber einige Waldbäume und Waldgesellschaften im Naturschutzgebiet am Königsee. *Jb. d. Vereins z. Schutze d. Alpenpflanzen und -Tiere*, 16. Jg., 113-119.
- 1959: Die Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. *Mitt. aus der Stadtforstverwaltung Bayerns*, München, 30, 164-215.
- 1974: Wälder des Ostalpenraumes. Fischer Verlag, Stuttgart, 344 S.
- MELCHIOR, H. und WERDERMANN, E., 1954: A. Englers Syllabus der Pflanzenfamilien. Bd. I, Allg. Teil: Bakterien bis Gymnospermen, 367 S.
- MENKE, B., 1963: Beiträge zur Geschichte der *Erica*-Heiden Nordwestdeutschlands. *Flora* 153, 521-548.
- MESSIKOMMER, H., 1887: Die verschiedene Resistenzfähigkeit des Pfahlbauholzes im Wasser. *Antiqua, Unterhaltungsblatt f. Freunde der Alterthumskunde* 12, 93-95.
- MEUSEL, H., 1939: Verbreitungskarten mitteldeutscher Leitpflanzen. *Hercynia* 2, 3. Reihe, 315-354.
- 1943: Vergleichende Arealkunde. *Bornträger Verlag*, Berlin, 2 Bde., 466 + 95 S. + 90 Tafeln.
- JÄGER, E. und WEINERT, E., 1965: Vergleichende Chorologie. Jena, Textband 583 S + Kartenband 258 S.
- MEYER, K.A., 1952: Frühere Verbreitung der Holzarten und einstige Waldgrenze im Kanton Wallis. III. Im Rhoneknie und Landschaften des rechten Rhoneufers vom Mont Rosel bis Eggerberg. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.w.* 28, 157-208.
- MEYER, M., 1976: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an insubrischen Trockenwiesen karbonathaltiger Standorte. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 57, 145 S.

- MOOR, M., 1952: Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. Beitr. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz 31, 201 S. + 10 Tafeln.
- 1957: Karte der Pflanzengesellschaften des Creux du Van-Gebietes. Beitr. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz 37, 1-71.
- MOOR, M., 1968: Der Linden-Buchenwald. In: *Vegetatio Acta Geobotanica*, Vol. XVI, 28-X-1968, Fasc. 1-4, The Hague, 159-191.
- 1968: Kleinstandörtliches Mosaik am Standort des Linden-Buchenwaldes. Mitt. d. Flor.-soz. Arb. gem. 13, 122-125.
- 1970: *Adenostylo-Fagetum*, Höhenvikariant des Linden-Buchenwaldes. In: *Baukinia*, Zeitschr. d. Basler Bot. Ges., Bd. 4, 2, 161-185.
- MORGENTHAL, J., 1952: Die wildwachsenden und angebauten Nadelgehölze Deutschlands. Fischer Verlag, Jena, 228 S.
- MOSSADEGH, A., 1971: Contribution à l'étude des peuplements de *Taxus baccata* L. en Iran. Rev. Forest. Franç. (Nancy) 23, 645-648.
- MUHLE, O., 1978: Rückgang von Eiben-Waldgesellschaften und Möglichkeiten ihrer Erhaltung. Manuskr. Vortrag Sympos. Rinteln (im Druck).
- 1978: Die Eibe (*Taxus baccata* L.) im Forstamt Bovenden. Unveröff. Manuskript.
- MÜLLER-STOLL, W.R., 1936: Untersuchungen urgeschichtlicher Holzreste nebst Anleitung zu ihrer Bestimmung. Praehist. Zeitschr. Bd. XXVII, 1 + 2.
- MÜLLER-STOLL, H., 1947: Ueber die Erhaltungsfähigkeit des Holzes tertiärer Bäume und Sträucher. Senkenbergiana 28, 67-94.
- NEUMANN, R., 1907/08: Aus Leben, Sage und Geschichte der Eibe. Abhandl. z. Jahresber. d. Bautzener Gymnasiums, 3-6.
- NEUWEILER, E., 1905: Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde. Bot. Exkursionen und pflanzengeogr. Studien in der Schweiz 6, 110 S.
- 1910: Untersuchungen über die Verbreitung prähistorischer Hölzer in der Schweiz. Viertelj.schr. Natf. Ges. Zürich, 55. Jg., 156-202.
- 1924: Die Pflanzenwelt in der jüngeren Stein- und Bronzezeit der Schweiz. Ein Ueberblick nach den Funden aus den Pfahlbauten. Mitt. Antiquar. Ges. Zürich 29, 253-264.
- 1925: Ueber Hölzer in prähistorischen Fundstellen. Festschr. Schröter. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 3, 509-519.
- NÖLDEKE, C., 1898: Das Vorkommen der Eibe im nordwestlichen Deutschland. Abh. Natw. Verein Bremen 14, 513-514.
- OBERDORFER, E., 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. In: OBERDORFER, E. (Hrsg.): *Pflanzensoziologie, vegetationskundliche Gebietsmonographien* 10, 564 S.
- OPPENHEIMER, H.R., 1932: Zur Kenntnis der hochsommerlichen Wasserbilanz mediterraner Gehölze. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 50a, 185 S.
- PAVLETIC, Z. und LIETH, H., 1958: Der Lichtkompensationspunkt einiger immergrüner Pflanzen im Winter und Frühjahr. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 71, S. 309-314.
- PFADENHAUER, J., 1973: Versuch einer vergleichend-ökologischen Analyse der Buchen-Tannen-Wälder des Schweizer Jura (Weissenstein und Chasseral). Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 50, 64 S.
- PILGER, R., 1903: Taxaceae. In: ENGLER, A. (Hrsg.): *Das Pflanzenreich* 18, IV.5., 124 S.
- PISEK, A., 1960: Immergrüne Pflanzen (einschliesslich Coniferen). Handbuch d. Pflanzenphysiologie 5, 415-459.

- und BERGER, E., 1938: Kutikuläre Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blätter und Sprosse. *Planta, Arch. f. wiss. Bot.*, Bd. 28, 1, 124-155.
- und CARTELLIERI, E., 1932: Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes von Pflanzen. II. Schattenpflanzen. *Jb. wiss. Bot.* 75, 643-678.
- und CARTELLIERI, E., 1939: Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. IV. Bäume und Sträucher. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 88, 1, 22-68.
- und LARCHER, W., 1954: Zusammenhang zwischen Austrocknungsresistenz und Frosthärtung bei Immergrünen. *Protoplasma*, Bd. XLIV, 1, 30-46.
- LARCHER, W. und UNTERHOLZER, R., 1967: Kardinale Temperaturbereiche der Photosynthese und Grenztemperaturen des Lebens der Blätter verschiedener Spermatophyten. *Flora, Abt. B*, 157, 239-264.
- und REHNER, G., 1958: Temperaturminima der Netto-Assimilation von mediterranen und nordisch-alpinen Immergrünen. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* Bd. LXXI, 71. Jg., 188-193.
- und WINKLER, E., 1953: Die Schliessung der Stomata bei ökologisch verschiedenen Pflanzentypen in Abhängigkeit vom Wassersättigungsstand der Blätter und vom Licht. *Planta*, Bd. 42, 253-278.
- QUANTZ, B., 1937: Eibenschutz in Hannover und Thüringen vor 70-75 Jahren. *Naturschutz* 18, 76-79.
- REHDER, H., 1962: Der Girstel - ein natürlicher Pfeifengras-Föhrenwaldkomplex am Albis bei Zürich. *Ber. d. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 33, 17-64.
- RICHARD, F., 1953a: Ueber die Verwertbarkeit des Bodenwassers durch die Pflanze. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers. w.* 29, 17-37.
- 1953b: Methoden zur Bestimmung der Wasserbindung und der Porengrössen in natürlich gelagerten Waldböden. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers. w.* 29, 293-314.
- RICHARD, J.-L., 1960: Waldreservat "Weid" Aarau. Pflanzensoziologische Expertise. *Inst. f. Waldbau ETH, Zürich* (unveröff.).
- 1961: Les fôrets acidophiles du Jura. *Beitr. z. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 38, 164 S.
- 1972: La végétation des Crêtes rocheuses du Jura. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 82, 68-112.
- RÖSE, A., 1864: *Taxus baccata* in Thüringen. *Bot. Zeitung* 22, 298-302.
- ROSENKRANZ, F., 1925: Eibe und Stechpalme in Niederösterreich. *Nachtrag. Blätter f. Naturkunde u. Naturschutz, Wien*, XII. Jg. 10.
- 1933: Beiträge zur Kenntnis der Verbreitung atlantischer Florenelemente in Niederösterreich. *Oesterr. Bot. Zeitschr.* 82, 213-225.
- 1934: Die Eibe in Niederösterreich. *Oesterr. Bot. Zeitschr.* 83, 29-48.
- ROSHA, R., 1959: Ueber Taxin, das Hauptalkaloid von *Taxus baccata*. *Diss. a.d. Universität Würzburg* (Auszug), 4 S.
- ROTH, A., 1919: Die Vegetation des Walenseegebietes. *Beitr. z. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 7, 60 S.
- ROTH, Ch., 1979: Soziologisch-ökologische Untersuchungen im Grenzbereich *Fagus silvatica L. / Pinus silvestris L.* in der nördlichen Schweiz. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 66, 79 S.
- ROTTENBURG, W. und KOEPPNER, T., 1972: Die Wirkung der Faktoren Licht und Wasser auf den Spaltöffnungszustand bei Koniferen. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 85, 353-362.

- ROUSSEL, L., 1972: Photologie forestière. Edition Masson, Paris, 141 S.
- RUBNER, K., 1924: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Neumann Verlag, Neudamm, 273 S.
- RÜCK, F.X. und OHNESORG, W., 1960: Die Eibe - ein aussterbender Waldbaum. Allg. Forstzeitschrift 15, 294-295.
- RUNGE, M., 1974: Die Stickstoff-Mineralisation im Boden eines Sauerhumus-Buchenwaldes. Oecol. Plant 9 (3), 201-218.
- RYTZ, W., 1913: Geschichte der Flora des bernischen Hügellandes zwischen Alpen und Jura. Mitt. Nat.f. Ges. Bern, 9 + 174 S.
- Botanische Probleme aus dem Pfahlbau Burgäschisee-Ost. Jahrb. f. Solothurnische Geschichte 20, 98-107.
- 1947: Die Pflanzenwelt. In: TSCHUMI, O.: Urgeschichte der Schweiz 1, 15-119.
- SEIDENSTICKER, A., 1896: Rechts- und Wirtschaftsgeschichte norddeutscher Forsten. 2 Bde., 448 und 588 S.
- SPANN, J., 1958: Die Giftigkeit der Eibe - Ihre Auswirkung bei landwirtschaftlichen Haustieren. Berliner u. Münchener tierärztliche Wochenschrift 71, 382-384.
- SCHARFETTER, R., 1938: Das Pflanzenleben der Ostalpen. Deuticke Verlag, Wien, 419 S.
- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P., 1966: Lehrbuch der Bodenkunde. 6. Aufl. Stuttgart, 473 S.
- SCHEUMANN, W. und BÖRTITZ, S., 1965: Physiologie der Frosthärtung bei Coniferen. Biol. Zentralblatt 84, 489-500.
- SCHMID, E., 1945: Die "atlantische" Flora, eine kritische Betrachtung. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 1945, 124-140.
- SCHMID, P. und KUHN, N., 1970: Automatische Ordination von Vegetationsaufnahmen in pflanzensoziologischen Tabellen. Die Naturwissenschaften 9, 462.
- SCHMUCKER, T., 1942: Die Baumarten der nördlich-gemässigten Zone und ihre Verbreitung. In: Silvae Orbis, Centre Internat. de Sylviculture (C.I.S.) 4, 156 S. + 250 Karten.
- SCHULZE, E.-D., 1970: Der CO_2 -Gaswechsel der Buche (*Fagus silvatica L.*) in Abhängigkeit von den Klimafaktoren im Freiland. Flora 159, 177-232.
- SCHWEINGRUBER, F., 1965: Holzartenbestimmungen, Strukturanalyse der Fällaxtholme. Acta Bernensia, Bd. II, Beitr. z. prähist., klass. u. jüngeren Archäologie, Bern, 155-174.
- 1967: Holzuntersuchungen aus der neolithischen Siedlung Burgäschisee-Süd. Acta Bernensia 2, 65-100.
- 1973: Föhrenwälder im Berner Oberland und am Vierwaldstättersee. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 83 (3), 175-204.
- SCHWERIN, Graf v., F., 1920: Altersschätzung bei Gehölzen. Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges., 239-250.
- SCHWIER, H., 1931: Unser adeligster Baum. Teutoburger Wald und Weserbergland, Bielefeld, 5, Nr. 1, 10-14.
- STÄGER, R., 1910: Zur Verbreitungsbiologie von *Taxus baccata L.* Mitt. Natf. Ges. Bern, 18 S.
- STEINBERG, K., 1944: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Untereichsfeldes. Hercynia 3, 529-587.
- STEINER, M., 1933: Zum Chemismus der osmotischen Jahresschwankungen einiger immergrüner Holzgewächse. Jahrb. wiss. Bot. 78, 564-622.

- STEUBING, L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Parey Verlag, Berlin/Hamburg, 262 S.
- STUDT, W., 1926: Die heutige und frühere Verbreitung der Koniferen und die Geschichte ihrer Arealgestaltung. Mitt. Inst. f. allg. Bot., Hamburg, Bd. 6, 2, 169-307, XX Tafeln.
- TANSLEY, A.G., 1939: The British Islands and their vegetation. Cambridge, 930 S.
- TRANQUILLINI, W., 1960: Das Lichtklima wichtiger Pflanzengesellschaften. Handbuch der Pflanzenphysiologie 5, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 304-338.
- 1969: Neue Untersuchungen über die Winterruhe der Nadelbäume. Vortrag gehalten a.d. Hochschule für Bodenkultur, Wien, 8 S.
 - und HOLZER, K., 1958: Ueber das Gefrieren und Auftauen von Coniferennadeln. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 71, 143-156.
- TREPP, W., 1947: Der Lindenmischwald des schweizerischen voralpinen Föhn- und Seenbezirks - seine pflanzensoziologische und forstliche Bedeutung. Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme d. Schweiz 27, 128 S.
- TROLL, W., 1943: Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Bd. 1, Vegetationsorgane, Teil 3, Lfg. 1-4. Bornträger, Berlin, S. 2007-2736, m. 590 Abb.
- TSCHERMAK, L., 1949: Die Eibe im städtischen Forstamt Neusohl, Slowakei, das grösste der bisher bekannten Eibenvorkommen in Europa. Forstwiss. Centralblatt 68, 4-11.
- VIERHAPPER, F., 1910: Entwurf eines neuen Systems der Coniferen. Abhandlungen d. Zoolog.-Bot. Ges. Wien, Bd. V, 4, 56 S.
- VOGLER, P., 1904: Die Eibe (*Taxus baccata L.*) in der Schweiz. Jahrb. d. St. Galler Naturw. Ges. f. d. Jahr 1903, 56 S. + Verbreitungskarte.
- VOLK, O.H., 1940: Soziologische und ökologische Untersuchungen an der Auenvegetation im Churer Rheintal und Domleschg. Jahresber. d. Natf. Ges. Graubündens 1938/39, Bd. LXXVI, 1-51.
- WAGNER, G., 1959: *Taxus baccata* und ihre Chorologie in Nordthüringen. Thüringer Heimat 4, 207-220.
- WALTER, H., 1927: Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Fischer Verlag, Jena, 458 S. + 4 Karten.
- 1929: Die osmotischen Werte und die Kälteschäden unserer wintergrünen Pflanzen während der Winterperiode 1929. Ber. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XLVII, 5, 338-348.
 - 1951: Oekologische Pflanzengeographie. Fortschritte d. Botanik 13, 154-172.
 - 1956: Die heutige ökologische Problemstellung und der Wettbewerb zwischen der mediterranen Hartlaubvegetation und den sommergrünen Laubwäldern. Ber. Deutsch. Bot. Ges., Bd. 69, 8, 263-273.
 - 1968: Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung. Bd. 2: Die gemässigten und arktischen Zonen. Fischer Verlag, Stuttgart, 1001 S.
 - 1970: Vegetationszonen und Klima. Ulmer Verlag, Stuttgart, 244 S.
 - und STRAKA, H., 1970: Arealkunde, Floristisch-historische Geobotanik. In: Einführung in die Phytologie III/2, Ulmer Verlag, Stuttgart, 478 S.
- WELTEN, M., 1944: Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 21, 201 S.

- WIESE, G., 1961: Untersuchungen über den Einfluss von Kältebelastungen auf die physiologische Aktivität von Forstgewächsen. *Biolog. Zentralblatt 80*, 137-166.
- WIESNER, J., 1927: Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. Bd. I., Engelmann Verlag, Leipzig, 1122 S.
- WILDI, O., 1977: Beschreibung exzentrischer Hochmoore mit Hilfe quantitativer Methoden. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 60*, 128 S.
- WILLE, F., 1913: Zur Frage der Verbreitungsbiologie der Eibe. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 64. Jg., 12*, 384-388.
- WILLERDING, U., 1968: Beiträge zur Geschichte der Eibe (Untersuchungen über das Eibenvorkommen im Plesswald bei Göttingen). In: *Plesse-Archiv 3*, Goltze Verlag, Göttingen, 96-155.
- WRABER, M., 1952: Sur l'importance, pour la sylviculture et l'économie forestière, des surfaces réservées à l'étude de la forêt vierge. In: *Biologskega vestnika I*, 38-66.
- ZLATKO, P., und LIETH, H., 1958: Der Lichtkompensationspunkt einiger immergrüner Pflanzen im Winter und im Frühjahr. *Ber. Deutsch. Bot. Ges., Bd. LXXI*, 309-314.
- ZOLLER, H. und KLEIBER, H., 1971: Ueberblick der spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte in der Schweiz. *Boissiere 19*, 113-128.
- ZÖTTL, H., 1958: Die Bestimmung der Stickstoffmineralisation im Waldhumus durch den Brutversuch. *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 81*, 35-50.

Anhang

Tabelle 14c: Kopf zu den Tabellen 14a und 14b (in Kuvert)

| Eidg. Landes- topographie 1:25'000 Blatt: Nr., Name | Tabelle-Nr. | Original-Aufnahme-Nr. | Autor der Aufnahme Jahr der Aufnahme oder der Publikation | Deckungsgrad | | | | Grösse der Aufnahme- fläche in m ² | Geländeneigung in % | Exposition | Hohe ü.M. (m) | Koordinaten | Flurname, Ort, Kanton ev. Bemerkungen |
|---|-------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--|---------------------|------------|-----------------|----------------------------|--|
| | | | | Baumschicht | Strauchsicht | Krautschicht | Moosschicht | | | | | | |
| 1070 Baden | 1 | 21 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 30 | 80 | 5-10 | 300 | 5-10 | NNE | 440 | 662.665/259.305 | Unterwilerberg,Baden AG |
| " | 2 | 22 | LEUTHOLD 1972 | 95 | 35-40 | 100 | <5 | 100 | 10 | N | 430 | 662.770/259.280 | " " |
| " | 3 | 23 | LEUTHOLD 1972 | 50 | 30 | 100 | 20 | 100 | 80 | NNW | 460 | 662.700/259.280 | " " |
| " | 4 | 24 | LEUTHOLD 1972 | 80-90 | 20 | 90 | 5 | 300 | 80 | NNE | 460 | 662.655/259.215 | " " |
| 1075 Rorschach | 5 | 44 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 70 | 95 | -80 | 500 | 20 | WNW | 660 | 745.650/256.080 | Rotmonten,St. Gallen SG |
| " | 6 | 45 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 40 | -80 | -40 | 300 | -30 | WNW | 570 | 745.250/255.540 | Hättern,St. Gallen SG |
| " | 7 | 50 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 20 | -100 | -70 | 200 | 5 | x | 500 | 748.400/259.480 | Steinachtobel,St. Gallen S |
| " | 8 | 54 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 30 | 90 | -10 | 200 | -40 | SE | 570 | 750.070/257.700 | Goldachertobel,St.Gallen S |
| 1111 Albis | 9 | 59 | LEUTHOLD 1972 | -100 | -5 | <1 | 0 | 400 | 40 | SSE | 640 | 680.860/241.180 | Büel,Adliswil ZH |
| 1091 Zürich | 10 | 36 | ZELLER/KUHN 1967 | 70 | 40 | 40 | 0 | 20 | 35 | NW | 640 | 679.650/243.600 | b.Sellenbüren ZH |
| " | 11 | 39 | ZELLER/KUHN 1967 | 90 | 10 | 40 | 0 | 20 | 35 | N | 630 | 679.700/243.650 | " |
| " | 12 | 40 | ZELLER/KUHN 1967 | 70 | 40 | 100 | 0 | 20 | 35 | N | 640 | 679.650/243.600 | " |
| " | 13 | 41 | REHDER/KUHN 1967 | 100 | 5 | 80 | 20 | 200 | 60 | N | 580 | 678.600/244.980 | Diebis,Uetliberg ZH |
| 1133 Linthebene | 14 | 9 | KLÖTZLI 1964 | 95 | 20 | 95 | 5 | | 30 | E | 750 | 709.950/223.300 | Oberflue,Siebnen SZ |
| " | 15 | 10 | KLÖTZLI 1964 | 50 | 40 | 90 | 5 | | 80 | E | 590 | 710.080/224.360 | Aabortwald,Siebnen SZ |
| " | 16 | 5 | SCHLÄFLI/KLÖTZLI | | | | | | | | | | keine Angaben |
| 1088 Hauenstein | 17 | | HEINIS 1933 (S.358) | | | | | | (60) | N | 600 | 623.100/248.100 | Richtiflue,Waldenburg BL |
| 1164 Neuchâtel | 18 | 1 | RICHARD 1950-61 | 60 | 75 | 75 | 20 | 250 | 30 | N | 550 | 552.300/201.100 | Gorges de l'Areuse,Boudry |
| " | 19 | 4 | RICHARD 1950-61 | 80 | 50 | | | 200 | 35 | N | 470 | 555.000/200.260 | Chanéla,Boudry NE |
| 1183 Vaumarcus | 20 | 6 | RICHARD 1950-61 | 90 | 50 | 75 | | 200 | 60 | SSW | 465 | 548.000/192.300 | Vaumarcus NE |
| 1089 Aarau | 21 | 19 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 10 | 80 | (10) | 300 | 50 | S | 630 | 641.940/251.690 | Weid,Erlinsbach AG |
| " | 22 | 20 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 5 | 30 | (40) | 400 | -50 | S | 640 | 641.960/251.710 | " " |
| 1070 Baden | 23 | 26 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 5-10 | -90 | (2) | 200 | 60 | N | 500 | 662.300/259.190 | Unterwilerberg,Baden AG |
| 1164 Neuchâtel | 24 | 10 | MOOR 1952 | 70 | | | | 200 | 70 | NNE | 490 | 553.070/201.300 | Gorges de l'Areuse,Boudry |
| 1108 Murgenthal | 25 | 19 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 60 | E | 580 | 634.050/241.800 | Höfliwald,Aarburg BE |
| 1070 Baden | 26 | 41 | KLÖTZLI 1959-62 | 90 | 70 | 10 | + | | W | 410 | 655.350/254.930 | Tannweid,Schinznach-Bad AG | |
| 1091 Zürich | 27 | 5 | KLÖTZLI 1964/65 | 90 | 75 | 20 | 0 | | 60 | W | 600 | 684.130/249.430 | Zürichberg,Zürich ZH |
| " | 28 | 13 | KLÖTZLI 1964/65 | 80 | 20 | 35 | + | | 10 | SW | 605 | 685.900/248.120 | Adlisberg,Zürich ZH |
| 1087 Passwang | 29 | 11/1 | MOOR 1952 | 80 | | | | 200 | 40 | ESE | 940 | 616.250/247.100 | Geitenberg,Lauwil BL |
| 1126 Büren a.A. | 30 | 11/2 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 50 | WSE | 970 | 597.200/229.550 | Gäschertflue,Grenchen SO |
| " | 31 | 11/3 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 25 | ESE | 980 | 597.000/229.500 | " " |
| 1088 Hauenstein | 32 | 11/4 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 60 | S | 990 | 626.650/245.500 | Dürstelberg,Langenbruck BL |
| 1106 Moëtier | 33 | 11/8 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 35 | SE | 1160 | 599.600/231.500 | Stallflue,Lommiswil SO |
| 1126 Büren a.A. | 34 | 6/4 | MOOR 1952 | 100 | | | | 200 | 95 | S | 850 | 597.300/229.600 | Gäschertflue,Grenchen SO |
| 1089 Aarau | 36 | 11 | LEUTHOLD 1972 | 95 | 10 | 60 | <5 | 150 | 70 | S | 640 | 642.060/251.740 | Weid,Erlinsbach AG |
| " | 37 | 12 | LEUTHOLD 1972 | 85 | 30 | -30 | <5 | 200 | 50 | S | 630 | 642.000/251.720 | " " |
| " | 38 | 18 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 5 | 10 | 0 | 200 | 50 | S | 630 | 641.870/251.660 | " " |
| 1091 Zürich | 39 | 32 | ZELLER/KUHN 1967 | 90 | 30 | 50 | | 300 | 90 | NE | 620 | 679.300/246.400 | Hohenstein,Zürich ZH |
| " | 40 | 34 | REHDER/KUHN 1967 | 100 | + | 15 | 5 | 100 | 70 | N | 600 | 678.550/244.900 | Diebis,Uetliberg ZH |
| 1134 Walensee | 41 | 69 | TREPP 1947 | r | 25 | 100 | | | 25 | N | 610 | 728.700/220.700 | Filzbach GL |
| 1133 Linthebene | 42 | 4 | KLÖTZLI 1964 | 95 | 1 | 20 | 1 | | 80 | NNE | 660 | 710.230/223.850 | Süfärch,Siebnen SZ |
| " | 43 | 6 | KLÖTZLI 1964 | 95 | 5 | 70 | 1 | | 40 | ESE | 780 | 709.910/223.460 | Oberflüe,Siebnen SZ |
| " | 44 | 8 | KLÖTZLI 1964 | 90 | 2 | 60 | + | | 60 | ESE | 690 | 710.010/224.470 | Aabotwald,Siebnen SZ |
| 1089 Aarau | 45 | 36 | KLÖTZLI 1960-61 | 90 | + | 20 | | | NE | 560 | 646.200/253.150 | Acheberg,Küttigen AG | |
| " | 46 | 8 | RICHARD 1955-62 | 80 | 5 | 20 | 0 | | 70 | SE | 1200 | | keine Angaben |
| 1089 Aarau | 47 | 12 | RICHARD 1955-62 | 85 | 5 | 10 | | | | | | 641.800/251.600 | Weid,Erlinsbach AG * |
| " | 48 | 17 | RICHARD 1955-62 | 80 | 5 | 10 | | | | | | 641.800/251.600 | Zwillflue,Erlinsbach AG * |
| 1163 Travers | 49 | 20 | RICHARD 1950-63 | 80 | 5 | 20 | 0 | | 70 | SE | 1200 | 537.770/200.310 | Mont Brenin,Couvet NE |
| " | 50 | 22 | RICHARD 1950-63 | 100 | 2 | 70 | 0 | | 60 | SE | 990 | 546.150/195.500 | Côte de Montalchez NE |
| 1208 Beatenberg | 51 | 4 | LÜDI 1926-41 | | | | | | >60 | S | 650 | 625.300/170.400 | Balmholz,Interlaken BE |
| " | 52 | 32 | LÜDI 1926-41 | | | | | | >60 | S | 620 | 628.400/170.300 | Däleboden,Interlaken BE |
| 1088 Hauenstein | 53 | 1 | HEINIS 1933 (S.339) | | | | | | S | -700 | 622.500/248.200 | Richtiflue,Waldenburg BL * | |
| 1108 Murgenthal | 54 | 5/3 | FREHNER 1963 | 90 | 50 | 90 | + | 800 | 50 | SE | 460 | 633.870/240.680 | Ottnerberg,Aarburg AG |

| Eidg. Landes-topographie 1:25'000 Blatt: Nr., Name | Tabellen-Nr. | Original-Aufnahme-Nr. | Autor der Aufnahme Jahr der Aufnahme oder der Publikation | Deckungsgrad | | | | Grosse der Aufnahme- fläche in m ² | Geländeneigung in % | Exposition | Höhe ü.M. (m) | Koordinaten | Flurname, Ort, Kanton ev. Bemerkungen |
|---|--------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--|---------------------|------------|-----------------|-----------------------------|--|
| | | | | Baumschicht | Strauchsicht | Krautschicht | Moosschicht | | | | | | |
| 1070 Baden | 55 | 3 | KLÖTZLI 1960/61 n.p. | 90 | 50 | 50 | | | SSW | 470 | 659.180/256.380 | Eiteberg, Hausen b.Brugg AG | |
| " | 56 | 8 | KLÖTZLI 1960/61 n.p. | 90 | 50 | 50 | | | WNW | 380 | 655.200/254.830 | Bifang, Schinznach-Bad AG | |
| " | 57 | 22 | KLÖTZLI 1960/61 n.p. | 90 | 30 | 80 | + | | N | 440 | 659.100/256.650 | Eiteberg, Hausen b.Brugg AG | |
| " | 58 | 25 | LEUTHOLD 1972 | -80 | 10 | 50 | (1) | 200 | -100 | N | 500 | 662.440/259.180 | Unterwilerberg, Baden AG |
| " | 59 | 27 | LEUTHOLD 1972 | -95 | 5 | 1 | 0 | 450 | 100 | NW | 510 | 662.490/259.180 | " " |
| " | 60 | 31 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 10 | 20 | <1 | 400 | 40 | N | 520 | 662.580/259.140 | " " |
| " | 61 | 32 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 1 | >5 | 0 | 800 | -100 | N | 520 | 662.640/259.100 | " " |
| " | 62 | 33 | LEUTHOLD 1972 | 95 | >1 | >1 | 0 | 500 | -40 | NE | 470 | 662.805/259.123 | " " |
| " | 63 | 34 | LEUTHOLD 1972 | -80 | <5 | 1 | 0 | 500 | 50 | NE | 460 | 662.840/259.190 | " " |
| " | 64 | 35 | LEUTHOLD 1972 | -100 | <1 | <1 | <1 | 600 | 60 | N | 470 | 662.710/259.170 | " " |
| 1091 Zürich | 65 | 37 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 20 | -50 | 1 | 400 | 20-80 | S | 670 | 678.880/244.890 | Weidel, Uetliberg ZH |
| " | 66 | 38 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 60 | 60 | 0 | 400 | | S | 670 | 678.800/244.880 | " " |
| " | 67 | 39 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 10 | 20 | 10 | 200 | 30-100 | N | 660 | 678.820/244.930 | " " |
| 1074 Bischofszell | 68 | 41 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 5 | 10 | 1 | 300 | 80 | W | 600 | 732.180/256.950 | Niederwil SG |
| " | 69 | 42 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 20 | 60 | 10 | 400 | 20 | NW | 570 | 731.970/257.180 | Schoosstobel, Niederbüren SG |
| 1075 Rorschach | 70 | 46 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 30 | 10 | -10 | 200 | 30-60 | W | 590 | 745.200/255.560 | Hättern, St. Gallen SG |
| 1075 Rorschach | 71 | 47 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 30 | 30 | <5 | 300 | 120 | SW | 680 | 743.570/255.950 | Tüffentobel, St. Gallen SG |
| " | 72 | 48 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 5 | 10 | -5 | 300 | -100 | W | 660 | 748.100/257.000 | Guggeien, St. Gallen SG |
| " | 73 | 49 | LEUTHOLD 1972 | 95 | 10 | 5 | >5 | 500 | -100 | SEE | 530 | 748.560/259.770 | Steinachtobel, St. Gallen SG |
| " | 74 | 52 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 5 | -40 | -5 | 600 | -30 | SE | 670 | 750.000/257.580 | Goldachertobel, St. Gallen SG |
| " | 75 | 53 | LEUTHOLD 1972 | -50 | <5 | 3 | 2 | 800 | -100 | SE | 560 | 750.080/257.620 | " " |
| " | 76 | 55 | LEUTHOLD 1972 | 90 | 10 | 70 | 2 | 500 | 30-50 | SE | 530 | 750.200/257.730 | " " |
| 1155 Sargans | 77 | 56 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 20 | 20 | 1-5 | 300 | 100 | WNW | 700 | 756.410/206.870 | Badtobel, Bad Ragaz SG |
| 1111 Albis | 78 | 57 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 5 | 1 | 0 | 600 | 30-60 | ESE | 610 | 681.020/241.050 | Büel-Langweid, Adliswil ZH |
| " | 79 | 58 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 5 | 30 | 3 | 400 | 5-10 | NE | 600 | 680.750/241.160 | Rebegg-Büel, Adliswil ZH |
| " | 80 | 61 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 5 | 1-3 | 1 | 600 | 60 | SE | 500 | 680.970/241.020 | Langweid, Adliswil ZH |
| " | 81 | 62 | LEUTHOLD 1972 | 85 | -10 | -20 | 0 | 500 | 100 | E | 660 | 681.200/240.430 | Stigberg, Adliswil ZH |
| " | 82 | 63 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 80 | 60 | >5 | 600 | -100 | E | 640 | 681.220/240.430 | " " |
| 1072 Winterthur | 83 | 64 | LEUTHOLD 1970 | -100 | 1 | -2 | <1 | 500 | 60 | NE | 600 | 693.750/260.250 | Dättnauerberg, Winterthur ZH |
| " | 84 | 65 | LEUTHOLD 1970 | -100 | 2 | 10 | -2 | 250 | 60-100 | NE | 600 | 693.800/260.050 | " " |
| " | 85 | 66 | LEUTHOLD 1970 | -80 | <3 | 5 | 1 | 100 | 100 | NE | 630 | 693.825/259.950 | " " |
| 1091 Zürich | 86 | 12 | ZELLER/KUHN 1967 | 90 | 60 | 100 | | 100 | 40 | ENE | 650 | 679.500/245.700 | Goldbrunnegg, Uetliberg ZH |
| " | 87 | 13 | REHDER/KUHN 1967 | 95 | 10 | 50 | | 100 | 50 | SW | 680 | 679.700/243.900 | " " |
| " | 88 | 16 | ZELLER/KUHN 1967 | 95 | 50 | 60 | | 200 | 55 | SW | 610 | 678.300/245.200 | Weidholz, Uetliberg ZH |
| " | 89 | 18 | ZELLER/KUHN 1967 | 90 | 20 | 90 | | | 80 | NNW | 630 | 679.600/245.800 | Goldbrunnegg, Uetliberg ZH |
| " | 90 | 21 | REHDER/KUHN 1967 | 90 | 15 | 40 | | 200 | 70 | NNW | 620 | 679.080/244.350 | Ofengüpf, Uetliberg ZH |
| " | 91 | 23 | REHDER/KUHN 1967 | 80 | 15 | 85 | | 200 | 40 | SSW | 670 | 678.950/244.900 | Weidel, Uetliberg ZH |
| 1088 Hauenstein | 92 | 6/3 | MOOR 1952 | 100 | | | | 200 | 75 | E | 840 | 622.180/247.200 | Fuchslöcher, Waldenburg BL |
| 1107 Balsthal | 93 | 6/6 | MOOR 1952 | 80 | | | | 200 | 100 | NE | 1010 | 603.250/232.500 | Weissenstein, Oberdorf SO |
| " | 94 | 7 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 95 | S | 1020 | 603.200/232.600 | " " |
| " | 95 | 8 | MOOR 1952 | 80 | | | | 200 | 65 | NE | 1020 | 608.150/233.800 | Balmflue, Balm SO |
| " | 96 | 9 | MOOR 1952 | 60 | | | | 200 | 110 | NE | 1035 | 608.150/233.800 | " " |
| " | 97 | 13 | MOOR 1952 | 95 | | | | 200 | 105 | ESE | 1110 | 606.250/234.350 | Schafgraben, Weissenstein SO |
| 1131 Zug | 98 | 3/1 | ETTER 1947 | 80 | | | | 200 | 110 | SW | 640 | 684.650/228.600 | *Büttenen, Unterägeri ZG |
| 1112 Stäfa | 99 | 2 | ETTER 1947 | | | | | | 110 | E | 730 | 693.500/239.200 | Pfannenstiel, Meilen ZH |
| 1073 Wil | 100 | 4 | ETTER 1947 | 70 | | | | 100 | 100 | ENE | 700 | 717.400/254.800 | Chapf, Busswil TG |
| 1111 Albis | 101 | 5 | ETTER 1947 | 80 | | | | 100 | 100 | WNW | 820 | 683.000/234.700 | Bürglen, Hausen a.A. ZH |
| 1075 Rorschach | 102 | 6 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 75 | NW | 560 | 748.250/258.650 | Steinachtobel, St. Gallen SG |
| " | 103 | 7 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 83 | E | 540 | 750.350/257.950 | Goldachertobel, St. Gallen SG |
| 1111 Albis | 104 | 8 | ETTER 1947 | 60 | | | | 100 | 100 | ESE | 700 | 682.800/236.250 | Brunnentobel, Langnau ZH |
| " | 105 | 9 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 110 | NW | 720 | 680.050/241.450 | Baldern, Adliswil ZH |
| " | 106 | 10 | ETTER 1947 | 70 | | | | 100 | 100 | NW | 600 | 685.400/233.220 | Binzboden, Horgenberg ZH |
| 1072 Winterthur | 107 | 11 | ETTER 1947 | 80 | | | | 100 | 100 | NNW | 640 | 699.750/256.600 | Tutschgenhalden, Winterthur ZH |

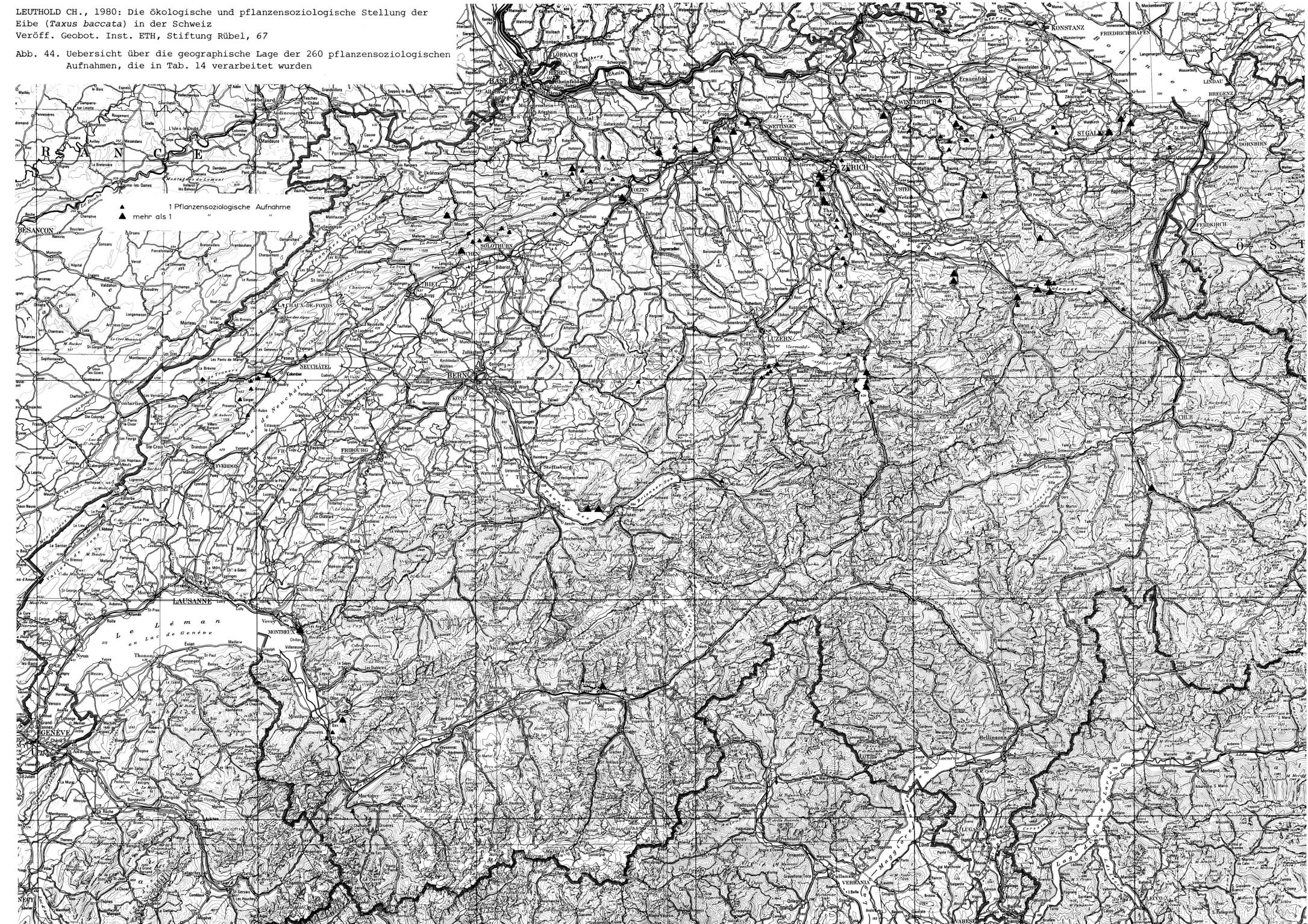
| Eidg. Landes-topographie 1:25'000 Blatt: Nr., Name | Tafelten-Nr. | Original-Aufnahme-Nr. | Autor der Aufnahme Jahr der Aufnahme oder der Publikation | Deckungsgrad | | | | Grösse der Aufnahme- fläche in m ² | Geländeneigung in % | Exposition | Höhe ü.M. (m) | Koordinaten | Flurname, Ort, Kanton ev. Bemerkungen |
|---|--------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--|---------------------|------------|---------------|-----------------|--|
| | | | | Baumschicht | Strauchsicht | Krautschicht | Moosschicht | | | | | | |
| 1075 Rorschach | 108 | 12 | ETTER 1947 | 60 | | | | 100 | 80 | ENE | 650 | 743.555/255.550 | Tüffentobel,St. Gallen SG |
| 1073 Wil | 109 | 13 | ETTER 1947 | 70 | | | | 100 | 100 | NNE | 800 | 709.600/254.050 | Oberhofen ZH |
| 1131 Zug | 110 | 14 | ETTER 1947 | 90 | | | | 100 | 75 | ENE | 640 | 685.200/226.800 | Höllgrotte,Baar ZG |
| " | 111 | 15 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 80 | W | 530 | 684.750/226.600 | Lorzentobel,Baar ZG |
| 1110 Hitzkirch | 112 | 16 | ETTER 1947 | | | | | 100 | 90 | NNW | 690 | 667.700/231.200 | Beinwil a.S,Freiamt AG |
| 1131 Zug | 113 | 17 | ETTER 1947 | 80 | | | | 100 | 86 | N | 500 | 683.300/229.800 | b. Deibüel,Baar ZG |
| 1073 Wil | 114 | 18 | ETTER 1947 | 70 | | | | | 80 | NNE | 770 | 710.700/258.350 | Haselberg,Bichelsee TG |
| 1114 Nesslau | 115 | 3 | KUOCH 1954 (Tab.4) | 60 | 30 | 80 | 10 | | 105 | NWW | 1060 | 729.650/231.300 | b.Hotteien,Ebnat-Kappel SG |
| 1093 Hörnli | 116 | 5 | KUOCH 1954 | 80 | 60 | 90 | | | 94 | E | 1120 | 716.400/243.850 | Schnebelhorn ZH |
| " | 117 | 7 | KUOCH 1954 | 80 | 40 | 90 | | | 100 | ESE | 1130 | 716.400/243.750 | " |
| 1114 Nesslau | 118 | 9 | KUOCH 1954 | 90 | 0,5 | 70 | 5 | | 90 | NW | 1140 | 729.400/230.950 | Bruggenwald,Ebnat-Kappel SG |
| 1168 Langnau | 119 | 17 | KUOCH 1954 | 50 | 80 | 80 | | | 80 | ESE | 1200 | 636.800/199.550 | Althausgrat,Fankhaus BE |
| 1073 Wil | 121 | 9 | ETTER 1947 (Tab.4) | 80 | | | | 100 | 60 | SSE | 690 | 713.400/254.400 | Hatterschwiler,Berg TG |
| " | 122 | 11 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 74 | W | 670 | 711.400/257.350 | Haselberg,Bichelsee TG |
| " | 123 | 12 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 65 | SE | 720 | 711.050/258.400 | " " |
| " | 124 | 13 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 48 | WSW | 790 | 710.550/258.150 | " " |
| 1093 Hörnli | 125 | 15 | ETTER 1947 | 90 | | | | 100 | 59 | S | 730 | 708.950/252.400 | Gosswil b.Wila ZH |
| 1112 Stäfa | 126 | 19 | ETTER 1947 | | | | | | | S | 790 | 693.300/238.300 | Pfannenstiel,Meilen ZH |
| " | 127 | 20 | ETTER 1947 | 100 | | | | 100 | 45 | SSW | 810 | 692.950/238.800 | " " |
| 1089 Aarau | 128 | 1 | LEUTHOLD 1969 | 80 | 20 | 95 | 0 | 300 | 40 | S | 525 | 649.930/252.310 | Chläbhalde,Auenstein AG |
| " | 129 | 2 | LEUTHOLD 1969 | 90 | 30 | -100 | 0 | 250 | 40 | S | 560 | 649.860/252.390 | " " |
| " | 130 | 3 | LEUTHOLD 1969 | 90 | 20 | 95 | 0 | 300 | 40 | S | 520 | 649.930/252.520 | " " |
| " | 131 | 4 | LEUTHOLD 1969 | 95 | 15 | 90 | 0 | 350 | 60 | S | 530 | 649.810/252.320 | " " |
| " | 132 | 5 | LEUTHOLD 1969 | 95 | 5 | 50 | 1 | | 30 | S | 520 | 649.750/252.310 | " " |
| 1070 Baden | 133 | 28 | LEUTHOLD 1972 | 80 | 40 | 30 | 50 | 100 | >100 | NW | 520 | 662.500/259.170 | Unterwilerberg,Baden AG |
| " | 134 | 29 | LEUTHOLD 1972 | 85 | -70 | -10 | 1 | 300 | -40 | N | 530 | 662.490/259.150 | " " |
| " | 135 | 30 | LEUTHOLD 1972 | 75 | 5 | 10 | 0 | 400 | 90 | N | 530 | 662.530/259.120 | " " |
| 1091 Zürich | 136 | 40 | LEUTHOLD 1972 | 70 | <5 | -100 | 5 | 300 | -40 | N | 620 | 678.750/244.970 | Diebis,Xetliberg ZH |
| 1285 Les Diab- lerets | 137 | 70 | LEUTHOLD 1974 | 20 | 80 | 60 | 40-80 | 50 | 80 | W | 1000 | 569.500/122.350 | Mont de Bex,Les Bévieux VS |
| 1134 Walensee | 138 | 1/2 | TREPP 1947 | 95 | 80 | <50 | | | 80 | SSE | 460 | 726.150/222.050 | Chapfenberg,Weesen SG |
| " | 139 | 1/4 | TREPP 1947 | 100 | 50 | | | | 55 | S | 480 | 727.575/222.375 | Sitenwald,Amden SG |
| " | 140 | 1/5 | TREPP 1947 | 90 | (<10) | >50 | | | 45 | S | 650 | 728.000/222.700 | Hinterberg,Amden SG |
| 1134 Walensee | 141 | 1/7 | TREPP 1947 | 100 | 50 | 60-70 | | | 65-80 | S | 450 | 730.700/221.700 | Vorderbetlis,Weesen SG |
| " | 142 | 9 | TREPP 1947 | 95 | 50 | 70-80 | | | 65-80 | S | 500 | 731.375/221.810 | Seerenwald,Amden SG |
| " | 143 | 10 | TREPP 1947 | 50-95 | (>50) | <50 | | | 65-80 | S | 570 | 731.850/221.810 | " " |
| " | 144 | 14 | TREPP 1947 | 100 | (80) | <50 | | | 80-90 | ESE | 490 | 726.175/222.100 | Chapfenberg,Weesen SG |
| " | 145 | 17 | TREPP 1947 | 90 | | (<10) | | | 55-65 | S | 530 | 731.300/221.850 | Seerenwald,Weesen SG |
| " | 146 | 18 | TREPP 1947 | 95 | (>50) | (<10) | | | 65-80 | NE | 580 | 729.150/220.600 | Sallerentobel,Filzbach GL |
| " | 147 | 21 | TREPP 1947 | 90 | (>50) | | (>20) | | 80-90 | NE | 450 | 729.200/220.675 | " " |
| " | 148 | 24 | TREPP 1947 | 90 | ~50 | 70 | | | 55 | NNE | 510 | 731.130/219.990 | Stocken,Mühlehorn GL |
| " | 149 | 25 | TREPP 1947 | 95 | 0 | (>10) | | | 65 | N | 450 | 732.130/219.800 | Hohrain,Mühlehorn GL |
| " | 150 | 26 | TREPP 1947 | 95 | >50 | 50 | | | 65 | SSW | 440 | 732.420/219.600 | Rietli,Mühlehorn GL |
| 1133 Linthebene | 151 | 28 | TREPP 1947 | - | - | - | | | 10-20 | SE | 610 | 724.350/218.500 | Beglingen b.Näfels GL |
| 1153 Klöntal | 152 | 29 | TREPP 1947 | 80-90 | >50 | K + M = 100 | | | - | - | 580 | 724.900/216.900 | Hint.Facht,Mollis GL |
| 1133 Linthebene | 153 | 30 | TREPP 1947 | 95 | >50 | 50 | | | 80 | W | 520 | 724.250/218.530 | Beglingen b.Näfels GL |
| 1134 Walensee | 154 | 32 | TREPP 1947 | 95 | 50 | >50 | | | 65 | ENE | 670 | 729.220/220.400 | Sallertobel,Filzbach GL |
| " | 155 | 34 | TREPP 1947 | 90 | - | - | | | 65 | NNE | 620 | 725.850/220.100 | Nidstalden,Obstalden GL |
| " | 156 | 35 | TREPP 1947 | 100 | (<5) | 75 | | | 20-40 | E | 600 | 728.500/220.550 | (Tobel) Filzbach GL |
| 1135 Buchs | 157 | 37 | TREPP 1947 | 90 | <50 | K + M = 100 | | | 100 | N | 450 | 743.700/218.620 | Gräpplang,Berschis SG |
| 1171 Beckenried | 158 | 40 | TREPP 1947 | 90 | | | 100 | | 100 | ENE | 450 | 667.020/199.200 | Biel,Bauen UR |
| " | 159 | 42 | TREPP 1947 | - | - | - | - | | 85 | NE | 430 | 667.400/198.600 | Harderenband,Bauen UR |
| 1172 Muotatal | 160 | 46 | TREPP 1947 | - | - | - | - | | 70 | W | 440 | 690.700/194.400 | Planzeren,Flüelen UR |
| 1171 Beckenried | 161 | 53 | TREPP 1947 | 90 | (>50) | (>50) | | | 46-58 | S | 440 | 685.300/205.200 | Brünischart,Gersau SZ |

| Eidg. Landes-topographie 1:25'000 Blatt: Nr., Name | Tabellen-Nr. | Original-Aufnahme-Nr. | Autor der Aufnahme Jahr der Aufnahme oder der Publikation | Deckungsgrad | | | | Grösse der Aufnahme- fläche in m ² | Geländeneigung in % | Exposition | Höhe ü. M. (m) | Koordinaten | Flurname, Ort, Kanton ev. Bemerkungen |
|---|--------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--|---------------------|------------|-----------------|-----------------|--|
| | | | | Baumschicht | Strauchsicht | Krautschicht | Moosschicht | | | | | | |
| 1151 Rigi | 162 | 54 | TREPP 1947 | ? | (>50) | ? | | 70 | WW | 500 | 682.950/211.750 | b. Oberarth SZ | |
| " | 163 | 55 | TREPP 1947 | 75-90 | (100) | ? | | 59 | NW | 530 | 684.220/212.510 | b. Oberarth SZ | |
| 1264 Montreux | 164 | S.37 | TREPP 1947 | | | | | | SW | | 560.850/141.950 | b. Montreux VD | |
| 1134 Walensee | 165 | 221 | TREPP 1947 (S.72) | | | | | 400 | 47 | NW | 630 | 729.800/220.100 | Obstalden GL |
| 1304 Val'd'Illiez | 166 | II/1 | TREPP 1947 (S.42) | | -50 | 90 | 50-100 | | 100 | E | 500 | 566.200/119.300 | Grotte aux Fées, St.Maur.VS |
| " | 167 | II/3 | TREPP 1947 (S.43) | | >60 | <10 | | | 47-58 | SW | 430 | 566.710/120.100 | Sous-Vent, Bex VD |
| 1264 Montreux | 168 | II/5 | TREPP 1947 (S.43) | 100 | 80 | 80 | | | 58 | SSW | 460 | 560.500/142.100 | b. Montreux VD |
| 1215 Thusis | 169 | III/1 | TREPP 1947 | 90 | 80 | 80 | | 500 | 70 | SE | 680 | 754.700/175.000 | b. Fürstenaubruck GR |
| " | 170 | III/2 | TREPP L/8) | 90 | 80 | 40 | | 500 | | NE | 700 | 754.600/174.700 | " |
| 1134 Walensee | 171 | V/4 | TREPP 1947 | 90 | >50 | 20 | | 1000 | 100 | S | 500 | 740.400/219.700 | Bommerstein, Walenstadt SG |
| 1183 Grandson | 172 | 11 | RICHARD 1950-61 n.p. | 80 | 10 | 10 | | 300 | 65 | ESE | 920 | 544.500/191.250 | Bois de la Côte, Concise VD |
| 1164 Neuchâtel | 173 | 12 | RICHARD 1950-61 n.p. | 80 | 50 | 90 | (30) | 100 | 45 | S | 580 | 561.200/205.550 | Neuchâtel NE |
| 1089 Aarau | 174 | 23 | RICHARD 1950-61 n.p. | 80 | | | | | | SSW | 600 | 641.800/251.600 | Weid, Erlinsbach AG |
| 1170 Alpnach | 175 | 67 | LEUTHOLD 1974 | 95 | 40 | 70 | 30 | 300 | 120 | N | 440 | 666.570/201.200 | Alpnachersee OW |
| " | 176 | 68 | LEUTHOLD 1974 | 90 | 10 | 30 | <1 | 500 | 100 | N | 470 | 665.600/200.500 | " |
| 1164 Neuchâtel | 177 | 8 | RICHARD 1950-54 n.p. | | | | | 200 | 70 | N | 860 | 550.720/201.000 | Rochers de Miroirs, Boudry NE |
| 1163 Travers | 178 | 11 | RICHARD 1950-54 n.p. | 80 | 30 | -80 | 30 | 500 | 60 | NW | 930 | 548.230/199.860 | Grande Côte, Noiraigue NE |
| 1285 Les Diab- lerets | 179 | 69 | LEUTHOLD 1974 | | | | | 200 | 60 | N | 900 | 569.600/123.000 | Sex Vaudran, Bex VS |
| 1075 Rorschach | 180 | 51 | LEUTHOLD 1972 | -90 | 40 | 40 | 0 | 400 | 80-100 | E | 560 | 748.220/259.430 | Steinachtobel, St. Gallen SG |
| 1095 Gais | 181 | 18 | FREHNER, KLÖTZLI 1957- 65 | 80 | 40 | 40 | 2 | 200 | 80 | S | 780 | 759.400/252.420 | Nellenchapf, Lüchingen SG |
| 1088 Hauenstein | 182 | 1 | MOOR 1952 (Tab.7) | 100 | | | | 200 | 70 | SW | 815 | 624.450/247.800 | Gerstelflue, Waldenburg BL |
| 1106 Moëtier | 183 | 2 | MOOR 1952 | 100 | | | | 200 | 75 | SSE | 850 | 601.900/231.850 | Vorberg, Lommiswil SO |
| 1088 Hauenstein | 184 | 3 | MOOR 1952 | 90 | | | | 100 | 75 | S | 930 | 631.300/245.600 | Hornflue, Hauenstein BL |
| 1107 Balsthal | 185 | 8 | MOOR 1952 | 60 | | | | 200 | 60 | SE | 1050 | 603.300/232.200 | Geissflue, Weissenstein SO |
| 1106 Moëtier | 186 | 9 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 50 | SSW | 1070 | 598.700/283.400 | Binzwald, Gänzenbrunnen SO |
| 1163 Travers | 187 | 13 | MOOR 1952 | 80 | | | | 200 | 65 | SSW | 1180 | 547.850/197.650 | Côte de St. Aubin, Gorgier NE |
| 1202 Orbe | 188 | 22 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 45 | NW | 1190 | 515.350/171.750 | Roche des Arcs, Le Pont VD |
| 1089 Aarau | 189 | 13 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 30 | 75 | >1 | 200 | 50 | S | 600 | 641.820/251.590 | Weid, Erlinsbach AG |
| " | 190 | 14 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 20 | 75 | 0 | 150 | 50 | S | 630 | 641.880/251.670 | " " |
| " | 191 | 15 | LEUTHOLD 1972 | 30 | 30 | 80 | 5-10 | | 60 | W | 580 | 641.760/251.550 | " " |
| " | 192 | 16 | LEUTHOLD 1972 | 70 | 50 | 75 | (30) | 200 | 50 | S | 610 | 641.840/251.640 | " " |
| " | 193 | 17 | LEUTHOLD 1972 | 40 | 50 | -90 | 5 | 250 | 50 | S | 620 | 641.860/251.660 | " " |
| 1091 Zürich | 194 | 36 | LEUTHOLD 1972 | 60 | 70 | 70 | 0 | 300 | 100 | S | 630 | 678.600/244.800 | Weidel, Uetliberg ZH |
| 1075 Rorschach | 195 | 43 | LEUTHOLD 1972 | -95 | 10 | 20 | 5 | 600 | | SW | 660 | 745.650/256.150 | Rotmonten, St. Gallen SG |
| 1210 Innertkir- chen | 196 | 71 | LEUTHOLD 1974 | 85 | 20 | -20 | -10 | 300 | 40-50 | SW | 740 | 656.880/176.280 | Rotsteini, Meiringen BE |
| 1133 Linthebene | 197 | 1 | KLÖTZLI 1964 | 80 | 40 | 60 | 1 | | 60 | ESE | 610 | 710.070/244.400 | Begligen b. Näfels GL* |
| 1155 Sargans | 198 | 14 | KLÖTZLI 1964 | 90 | | 50 | 2 | | -5 | SW | 460 | 748.000/215.500 | Tüfbrunnen, Mels SG |
| 1088 Hauenstein | 199 | 21 | MOOR 1952 (Tab.8) | 90 | | | | 200 | 50 | SE | 730 | 621.300/242.250 | Farisberg, Mümliswil SO |
| " | 200 | 23 | MOOR 1952 | 98 | | | | 200 | 35 | S | 770 | 629.200/250.300 | Hard, Diegten BL |
| " | 201 | 25 | MOOR 1952 | 90 | | | | 200 | 50 | S | 920 | 623.900/243.300 | Beretenwald, Holderbank SO |
| " | 202 | 26 | MOOR 1952 | 95 | | | | 200 | 30 | S | 970 | 623.650/243.400 | " " |
| 1208 Beatenberg | 205 | 1/25 | SCHWEINGRUBER 1973 | 25 | 25 | 95 | | 25 | 60 | SW | 520 | 627.980/170.350 | Däleboden, Interlaken BE |
| " | 206 | 1/27 | SCHWEINGRUBER 1973 | 85 | 50 | 95 | | 50 | 100 | SSW | 590 | 625.200/170.180 | Steinbruch, Interlaken BE |
| 1171 Beckenried | 207 | 2/3 | SCHWEINGRUBER 1973 | 70 | 55 | 25 | | 20 | 85 | WW | 480 | 689.120/205.200 | Brunnen SZ |
| " | 208 | 2/4 | SCHWEINGRUBER 1973 | 70 | 30 | 70 | | 10 | 85 | S | 480 | 689.540/201.610 | Schiferenegg, Sisikon UR |
| " | 209 | 2/5 | SCHWEINGRUBER 1973 | 50 | 15 | 75 | 10 | 10 | 100 | S | 500 | 689.550/197.800 | Axenmätteli, Sisikon UR |
| " | 210 | 2/7 | SCHWEINGRUBER 1973 | 60 | 40 | 40 | | 10 | 85 | SSW | 520 | 689.940/197.500 | Axenflue, Sisikon UR |
| 1171 Beckenried | 211 | 2/9 | SCHWEINGRUBER 1973 | 35 | 20 | 75 | 40 | 10 | 100 | NW | 440 | 689.700/199.620 | Stutzegg, Sisikon UR |
| " | 212 | 2/11 | SCHWEINGRUBER 1973 | 65 | 20 | 75 | 5 | 5 | 70 | SW | 500 | 689.720/199.480 | Tellen, Sisikon UR |
| " | 213 | 2/13 | SCHWEINGRUBER 1973 | 50 | 50 | 60 | 1 | 20 | 85 | W | 520 | 689.560/201.700 | Schiferen, Sisikon UR |
| 1172 Muotatal | 214 | 2/14 | SCHWEINGRUBER 1973 | 70 | 30 | 90 | 1 | 15 | 60 | NW | 580 | 690.040/199.920 | b. Sisikon UR |
| 1171 Beckenried | 215 | 2/20 | SCHWEINGRUBER 1973 | 60 | 35 | 95 | | 10 | 70 | WSW | 520 | 689.560/201.700 | Schiferen, Sisikon UR |
| 1172 Muotatal | 216 | 2/22 | SCHWEINGRUBER 1973 | 40 | 30 | 40 | | 15 | 100 | W | 540 | 690.200/197.400 | Axenflue, Sisikon UR |

| Eidg. Landes-topographie 1:25'000 Blatt: Nr., Name | Tabelle-Nr. | Original-Aufnahme-Nr. | Autor der Aufnahme Jahr der Aufnahme oder der Publikation | Deckungsgrad | | | | Grösse der Aufnahme- fläche in m ² | Geländeneigung in % | Exposition | Höhe ü.M. (m) | Koordinaten | Flurname, Ort, Kanton ev. Bemerkungen | |
|---|-------------|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|-------------|--|---------------------|------------|-----------------|------------------------------|--|-----------------------|
| | | | | Baumschicht | Strauchsicht | Krautschicht | Moosschicht | | | | | | | |
| 1171 Beckenried | 217 | 2/23 | SCHWEINGRUBER 1973 | 90 | 60 | 75 | | 10 | 60 | S | 490 | 684.350/204.850 | b.Gersau LU | |
| 1172 Muotatal | 218 | 2/24 | SCHWEINGRUBER 1973 | 50 | 70 | 25 | 20 | 5 | 100 | WSW | 580 | 690.280/197.280 | Axenflue,Sisikon UR | |
| 1171 Beckenried | 219 | 2/25 | SCHWEINGRUBER 1973 | 45 | 25 | 80 | | 10 | 40 | W | 580 | 689.500/197.900 | Axenegg,Sisikon UR | |
| " | 220 | 2/26 | SCHWEINGRUBER 1973 | 80 | 50 | 35 | | 5 | 50 | SSW | 600 | 689.480/197.800 | " " | |
| 1172 Muotatal | 221 | 2/27 | SCHWEINGRUBER 1973 | 75 | 30 | 40 | | 20 | 60 | WNW | 600 | 690.240/197.380 | Axenflue,Sisikon UR | |
| 1171 Beckenried | 222 | 2/29 | SCHWEINGRUBER 1973 | 40 | 30 | 75 | | 3 | 85 | W | 620 | 689.500/198.140 | Adams Rüti,Sisikon UR | |
| 1111 Albis | 223 | 60 | LEUTHOLD 1972 | -60 | 30 | 90 | 0 | 400 | -80 | NE | 660 | 680.850/241.070 | Büel,Adliswil ZH | |
| 1072 Winterthur | 224 | 2/3 | ETTER 1947 | | | | | 300 | 50 | S | 560 | 706.900/263.880 | Bun,Elgg ZH | |
| " | 225 | 2/5 | ETTER 1947 | 60 | | | | 100 | 75 | SW | 670 | 706.550/255.300 | Tüfels Chanzel,Turbenthal ZH | |
| 1111 Albis | 226 | 1b | DAFIS 1972 | 80 | | | | | 55 | S | 735 | 680.400/240.570 | Girstel,Adliswil ZH | |
| " | 227 | 3a | DAFIS 1972 | 90 | | | | | 65 | S | 735 | 680.300/240.600 | " " | |
| 1091 Zürich | 228 | 6 | DAFIS 1972 | 80 | | | | | 60 | S | 650 | 678.800/244.850 | Weidel,Uetliberg ZH | |
| 1111 Albis | 229 | 1c | DAFIS 1972 | 80 | | | | | 60 | S | 720 | 680.400/240.550 | Girstel,Adliswil ZH | |
| " | 230 | 3b | DAFIS 1972 | 80 | | | | | 60 | S | 700 | 680.300/240.570 | " " | |
| " | 231 | 27 | REHDER 1962 | 40 | 40 | 80 | | | 40 | WSW | 780 | 680.610/240.550 | " " | |
| " | 232 | 40 | REHDER 1962 | 80 | 30 | 60 | | | 30 | SSW | 785 | 680.550/240.600 | " " | |
| " | 233 | 41 | REHDER 1962 | 80 | 60 | 60 | | | 35 | SSW | 780 | 680.570/240.580 | " " | |
| " | 234 | 44 | REHDER 1962 | 85 | 15 | 50 | | | 30 | SW | 730 | 680.500/240.550 | " " | |
| " | 235 | 47 | REHDER 1962 | 90 | 35 | 90 | | | 35 | SSW | 720 | 680.320/240.560 | " " | |
| " | 236 | 53 | REHDER 1962 | 85 | 10 | 35 | | | 35 | SSW | 785 | 680.600/240.580 | " " | |
| " | 237 | 54 | REHDER 1962 | 90 | 35 | 80 | | | 30 | SSE | 735 | 680.420/240.610 | " " | |
| " | 238 | 55 | REHDER 1962 | 95 | 50 | 70 | | | 5 | NNW | 735 | 680.450/240.670 | " " | |
| " | 239 | 56 | REHDER 1962 | 90 | 20 | 56 | | | 45 | NW | 790 | 680.630/240.640 | " " | |
| " | 240 | 57 | REHDER 1962 | 70 | 65 | 50 | | | 30 | SW | 725 | 680.460/240.580 | " " | |
| " | 241 | 58 | REHDER 1962 | 85 | 30 | 70 | | | 30 | SW | 730 | 680.540/240.510 | " " | |
| " | 242 | 63 | REHDER 1962 | 90 | 10 | 60 | | | 3 | NNW | 795 | 680.570/240.620 | " " | |
| 1091 Zürich | 243 | 204 | REHDER | 100 | 10 | 60 | 0 | 100 | 70 | W | 650 | 679.700/244.150 | Mänisrüti,Uetliberg ZH | |
| " | 244 | 94 | ZELLER | 100 | <10 | 10 | 0 | 400 | 100 | WSW | 600 | 679.800/245.700 | Goldbrunnegg,Uetliberg ZH | |
| " | 245 | 91 | ZELLER | 90 | 0 | -90 | 0 | | 70 | ESE | 630 | 679.600/245.800 | " " | |
| " | 246 | 196 | REHDER | | 70 | 60 | 5 | 100 | -20 | WSW | 625 | 678.800/245.100 | Diebis,Uetliberg ZH | |
| " | 247 | 197 | REHDER | 80 | 10 | 60 | 5 | 400 | -85 | NNW | 750 | 679.100/244.350 | Weidelacker,Uetliberg ZH | |
| " | 248 | 168 | ZELLER | 95 | 35 | 40 | 0 | 200 | 60 | WSW | 730 | 679.800/244.400 | Annaburg,Uetliberg ZH | |
| " | 249 | 179 | REHDER | 95 | 50 | 20 | 5 | 200 | -85 | NNW | 640 | 678.750/244.960 | | |
| " | 250 | 183 | REHDER | 100 | 5 | 10 | 0 | | 60 | SW | 645 | 679.100/244.250 | Ofengüpf,Uetliberg ZH | |
| " | 251 | (L3) | ELLENBERG/KUHN | 90 | | 10 | <5 | 200 | 100 | NNE | 680 | 679.300/246.300 | Hohenstein,Uetliberg ZH | |
| " | 252 | 95 | ZELLER | 100 | 5 | 100 | 0 | 400 | -40 | E | 570 | 680.000/246.000? | Friesburg,Uetliberg ZH | |
| " | 253 | 193 | REHDER | 100 | 0 | 5 | 0 | 200 | -85 | N | 630 | 678.600/244.900 | Diebis,Uetliberg ZH | |
| " | 254 | 206 | REHDER | | 95 | 20 | 15 | 2 | 100 | 70 | WNW | 760 | 679.900/244.200 | Annabrug,Uetliberg ZH |
| 1170 Alpnach | 255 | N4 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | N | 580 | 669.100/203.700 | Chilchliwald,Stansstad NW | |
| " | 256 | N9 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | SSE | 560 | 667.700/203.100 | Lopper,Stansstad NW | |
| " | 257 | N12 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | SSE | 480 | 667.700/202.900 | Alpnachersee NW | |
| 1106 Moëtiers | 258 | J4 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | ESE | 960 | 592.900/237.450* | Basse Montagne,Moëtiers BE* | |
| " | 259 | J5 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | S | 940 | 592.800/237.300* | " " " | |
| 1107 Balsthal | 260 | L10 | ELLENBERG 1964/65 | | | | | | | N | 970 | 617.850/237.550 | Zollbodenkopf,Niederbipp SC | |
| 1325 Sembra- cher | 261 | 72 | LEUTHOLD 1974 | -40 | 10 | 10 | 50-80 | 100 | -100 | W | 850 | 571.650/101.750 | Gorges d.Durnand,Martigny VS | |
| 1288 Raron | 262 | 73 | LEUTHOLD 1974 | -80 | -30 | -40 | <5 | 300 | -90 | WSW | 1000 | 629.000/130.200 | Haselwald,Bietschthal VS | |
| " | 263 | 74 | LEUTHOLD 1974 | 50 | -20 | 60 | <1 | -300 | 100 | WSW | 1000 | 629.000/130.200 | " " | |
| " | 264 | 75 | LEUTHOLD 1974 | (30) | (30) | 50 | 20 | | -300 (S) | 875 | 624.100/131.650 | Lonzaschlucht,Lötschental VS | | |

* Angaben ungenau oder fehlerhaft

Abb. 44. Uebersicht über die geographische Lage der 260 pflanzensoziologischen Aufnahmen, die in Tab. 14 verarbeitet wurden



Tab. 11. Uebersicht über die Vegetationsgeschichte, insbesondere die "Wanderbewegungen" der Eibe in der Nordschweiz und angrenzenden Gebieten

