

**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

**Kapitel:** 3: Untersuchungsobjekte und Methoden

**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:** 02.04.2026

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

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 Arbeitsthese 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 Standortvielfalt der Eibe in der Schweiz zu erhalten, wurden über 80 eibenreiche Bestände in der Schweiz aufgesucht. Dabei musste ich mich auf 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"	"Chlähhalde"
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)

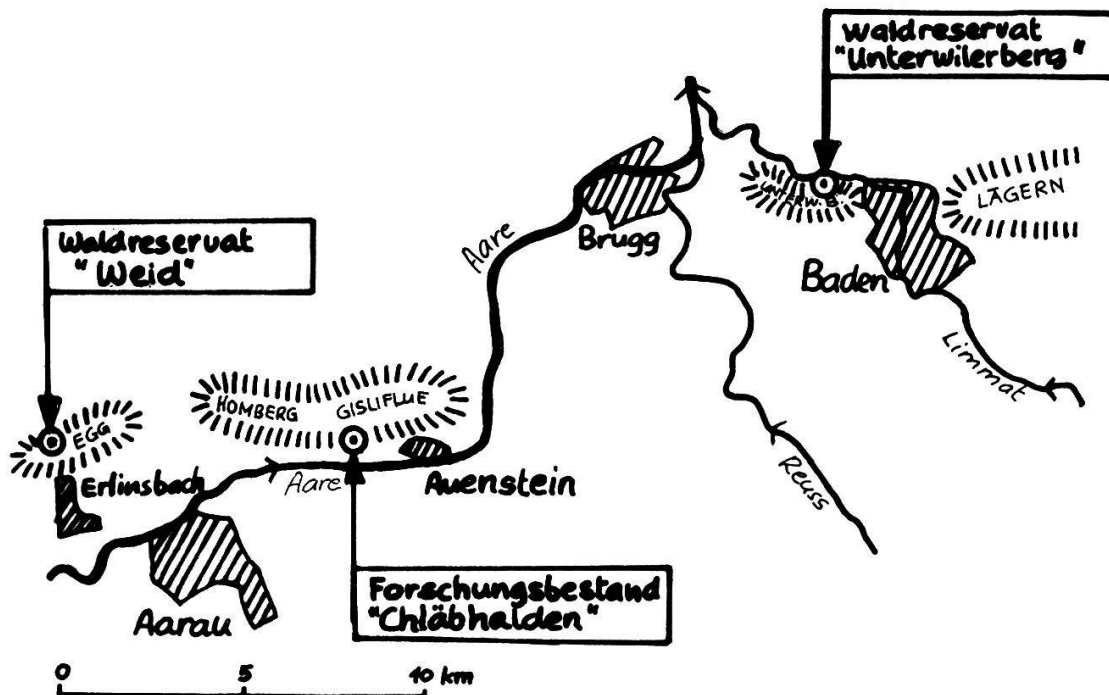


Abb. 8. Uebersicht über die Untersuchungsgebiete im Kanton Aargau

#### 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

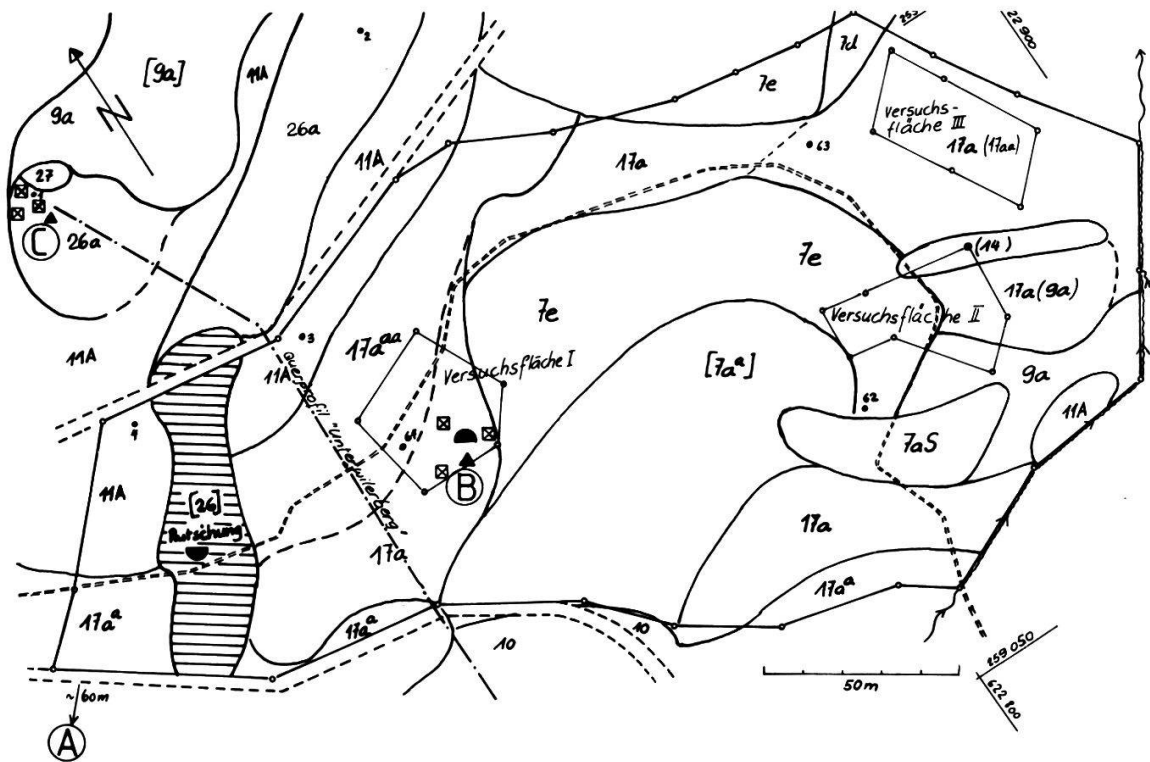


Abb. 9. Waldreservat "Unterwilerberg" bei Baden (AG) (die pflanzensoziologische Kartierung wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt)

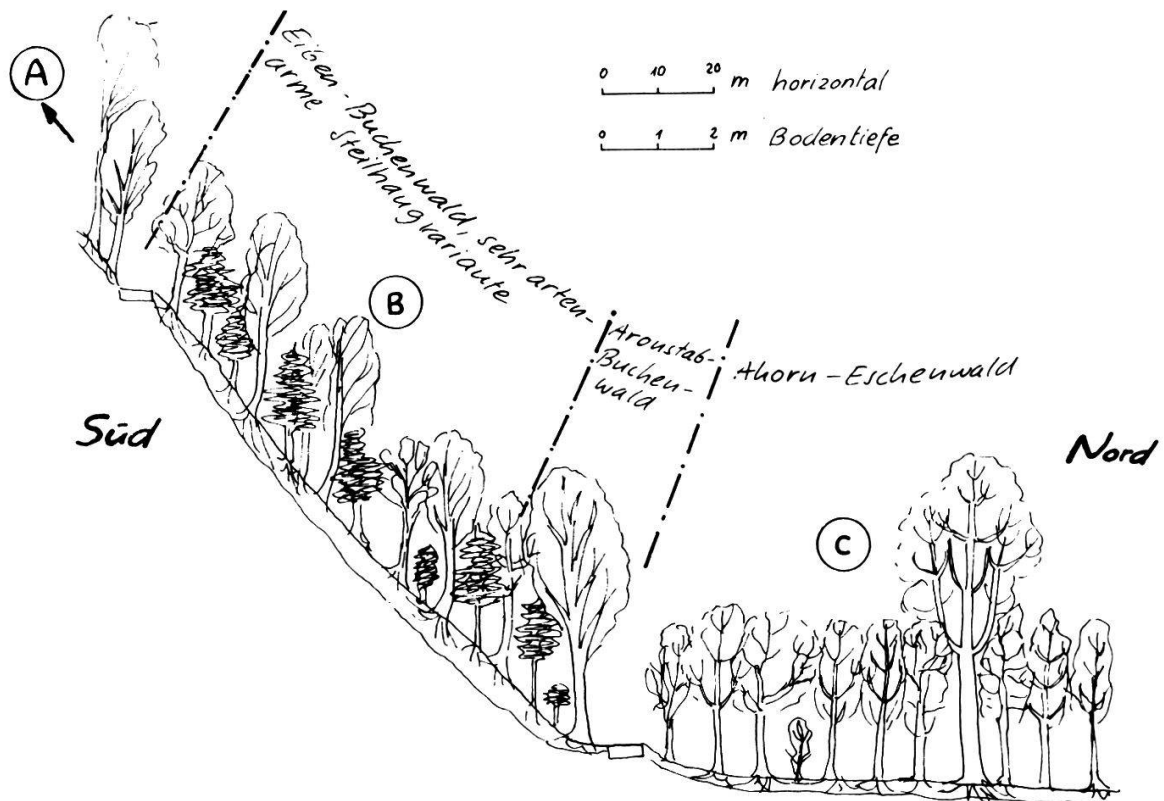


Abb. 10. Querprofil durch das Waldreservat "Unterwilerberg" und angrenzende Standorte (halbschematische Darstellung)

Legende zu den Abbildungen 9, 11 und 13



Tensiometerstation (Messblock) mit 4 Instrumenten (je 2 pro Tiefe)  
 Bodenprofil  
 Wetterstation (Temperaturverlauf, Min.-/Max.-Temp., Luftfeuchtigk.)  
 Regenmesser

pflanzensoziologische Aufnahme  
 scharfe Vegetationsgrenze  
 unscharfe Vegetationsgrenze

Reservatsgrenze bzw. Gr. von Versuchsflächen, in "Chlähbalden"  
 Anteilungsgrenze  
 Gemeindegrenze

permanentes, nummeriertes Aufnahmeprofil  
 Querprofil (Abb. 10, 12 und 14)

Fahrweg  
 Fussweg, z.T. befahrbar ("Chlähbalden")

Die Pflanzengesellschaften der Untersuchungsgebiete

Nummer nach  
 ELLENBERG &  
 KLOETZLI 1972

"Unterwilerberg"

10	Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt ( <i>Pulmonario-fagetum melittetosum</i> )	10	Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt ( <i>Pulmonario-fagetum melittetosum</i> )
11A (13a)	Aronstab-Buchenwald ( <i>Aro-fagetum</i> )	10 (17)	wie oben, mit deutlichem Anklang an den Eiben-Buchenwald, eibenreiche Variante
(14)	Linden-Zahnwurz-Buchenwald ( <i>Cardamino-fagetum tilietosum</i> ) undeutliche Ausbildung	14a	Typischer Weissseggen-Buchenwald ( <i>Carici albae-fagetum typicum</i> )
17a	Weisseggen-Buchenwald ( <i>Carici albae-fagetum typicum</i> ) undeutliche Ausbildung	30	Traubenkirschen-Eschenwald ( <i>Pruno-Fraxinetum</i> )
	Eiben-Buchenwald ( <i>Taxo-fagetum</i> )	26a	Ahorn-Eschenwald ( <i>Aceri-Fraxinetum</i> )
	artenreichere Ausbildung, meist auf etwas besser konsolidierten Mergeln (weniger steil)	61	Pfeifengras-(Wald-)Föhrenwald ( <i>Molinio-pinetum silvestris</i> )
17a <sup>a</sup>	"Eiben-Tobel-Buchenwald", artenarme Ausbildung (vorwiegend auf steilen Molassemergeln)		
26a, (26a)	17a <sup>aa</sup> : extrem artenarme Variante (sehr dunkel) in Rutschung stark gestört. ( )		
27	Ahorn-Eschenwald ( <i>Aceri-Fraxinetum</i> )		
30a, (30a)	Seggen-Bacheschenwald ( <i>Carici remotae-Fraxinetum</i> ) Traubenkirschen-Eschenwald ( <i>Pruno-Fraxinetum</i> ) stellenweise undeutlich ausgebildet. ( )		

Name der Pflanzengesellschaft

Nummer nach  
 ELLENBERG &  
 KLOETZLI 1972

"Weid"

12a, 12aC	Typischer Zahnwurz-Buchenwald ( <i>Cardamino-fagetum typicum</i> ), Zahnwurz nur bei C vorhanden
12a (14)	trockene Variante mit starkem Anklang an den Weissseggen-Buchenwald
12a (d)	sehr flachgründige, oberflächlich leicht versauerte Variante
13a (25), 13aC	Linden-Zahnwurz-Buchenwald ( <i>Cardamino-fagetum tilietosum</i> ), untypische Ausbildung am Südhang mit Verwandtschaft zum Turinermeister-Lindenmischwald (25). Zahnwurz nur bei C vorhanden
14a (12a)	Typischer Weissseggen-Buchenwald ( <i>Carici albae-fagetum</i> ) mit Elementen des Zahnwurz-Buchenwaldes
16, (16)	Blaugras-Buchenwald ( <i>Seslerio-fagetum</i> ), in Klammer: undeutlich ausgebildet
65 <sup>o</sup>	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.

"Chlähbalden"

9a	Typischer Lungenkraut-Buchenwald ( <i>Pulmonario-fagetum typicum</i> )
10	Lungenkraut-Buchenwald mit Immenblatt ( <i>Pulmonario-fagetum melittetosum</i> )
10 (17)	wie oben, mit deutlichem Anklang an den Eiben-Buchenwald, eibenreiche Variante
14a	Typischer Weissseggen-Buchenwald ( <i>Carici albae-fagetum typicum</i> )
30	Traubenkirschen-Eschenwald ( <i>Pruno-Fraxinetum</i> )
26a	Ahorn-Eschenwald ( <i>Aceri-Fraxinetum</i> )
61	Pfeifengras-(Wald-)Föhrenwald ( <i>Molinio-pinetum silvestris</i> )

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 vereinzelt 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 spätige 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



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 Weisseggen-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. Uebergangszone 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 Probeflächen G und H bilden zusammen die Abteilung IV.

Soziologie: Uebergangsgesellschaft 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, Berberitze, 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 "Chlähalden" bei Auenstein (Kanton Aargau)*

Allgemeines

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

Bei "Chlähalden" 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.

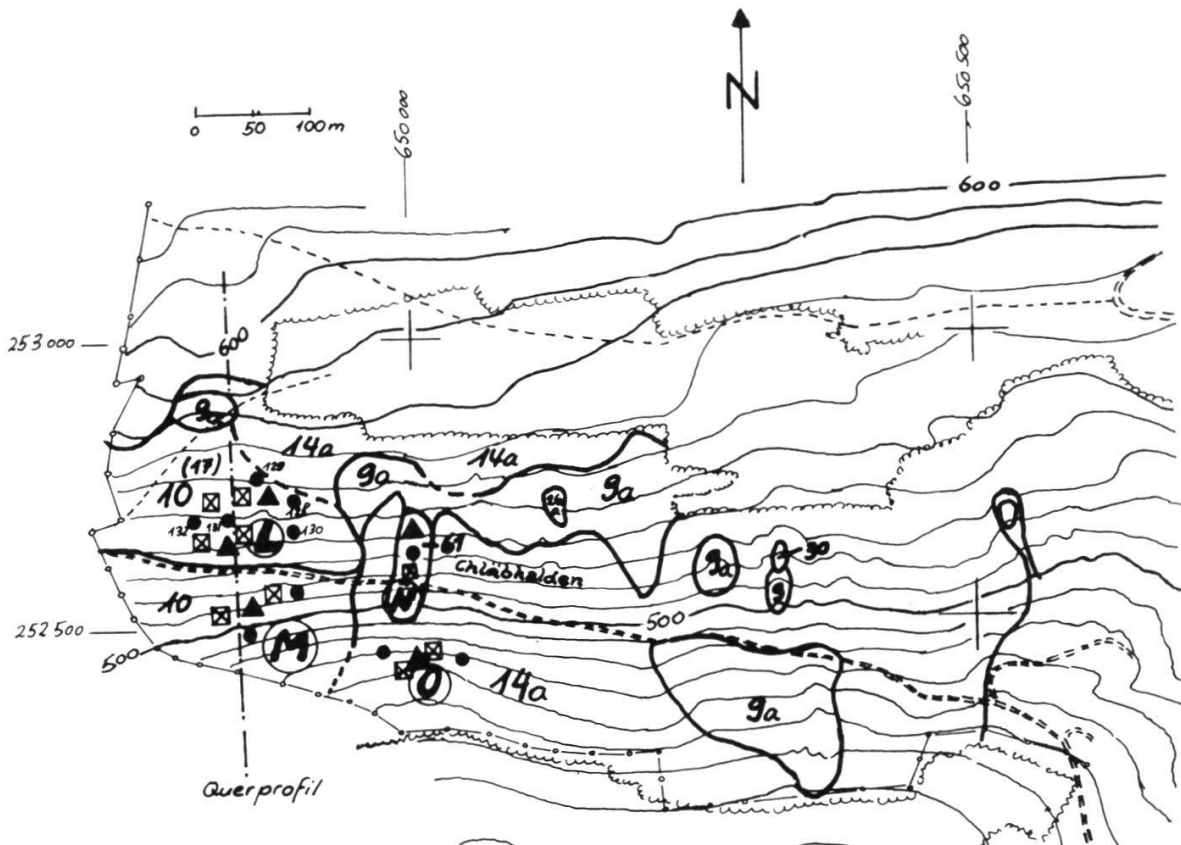


Abb. 13. Forschungsbestand "Chlähalden" bei Auenstein (AG) (die pflanzensoziologische Kartierung wurde im Rahmen der Diplomarbeit 1970 durchgeführt)

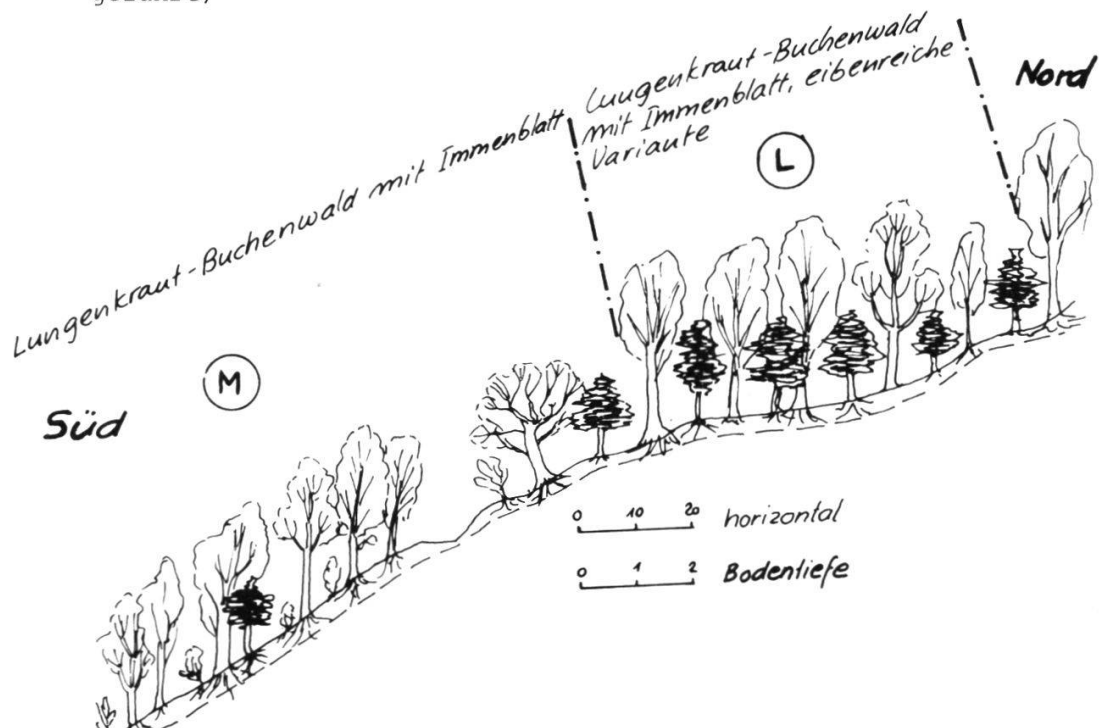


Abb. 14. Querprofil durch den Forschungsbestand "Chlähalden" (halbschematische Darstellung)

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 O

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 Weissseggen-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 Verlockung zu weiterer Vertiefung bzw. Verbreiterung gross war. Die Breite des Ansatzes, die das Phänomen "Eibe" von den verschiedensten Seiten her beleuchten 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 (grössenteils 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 Mittellandes 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 Informanten, 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 Wirtschaftschroniken 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 Probestfläche oft relativ klein (z.B.  $100 \text{ m}^2$  gegenüber  $300 \text{ m}^2$ ). 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 eibefreien Flächen, die als Probestflächen 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 ergän-

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 Aehnlichkeitsmass 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 Aehnlichkeitskriterien im euklid'schen Raum angeordnet und nach kleinsten Abständen zueinander (= grösste Aehnlichkeit) 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 Uebergangstandorte 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 mm Ø) aus dem Aushubmaterial.
- Sieben des Restes mit 2 mm-Sieb ergibt Feinerde bis maximal 2 mm Ø sowie ausgesiebtes Restmaterial: grobe Wurzeln und Steine 2-50 mm Ø.
- 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 benützt, 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 Einstecken 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 Horizontttiefen 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<sup>o</sup> 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 (Aufschlammung) mit Glaselektrode (pH-Meter Beckmann "zeromatic II"; vgl. auch STEUBING 1965). Die Durchschnitte konnten dank kleinen Abweichungen direkt (ohne Entlogarithmierung) berechnet werden.

#### b) Karbonatgehalt ( $\text{CaCO}_3$ )

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 Kohlendioxyd, 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 ( $\text{NH}_4$ ): Mikrodiffusionsmethode nach CONWAY (1962)  
(Nessler-Reagens)

Nitrat-Bestimmung ( $\text{NO}_3$ ): 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 "Unterswilerberg" und auf "Weid" je mit einem Regenmesser, der an einer offenen Stelle nahe der Probeflächen 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 "Unterswilerberg" auf Probefläche B, in "Weid" auf Probefläche F, wurden Wetterhäuschen aufgestellt, um den Temperatureingang und die Luftfeuchtigkeit mit Thermohygrographen 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 Wuchsort) 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 Vollicht) 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  $1 \text{ mm}^2$  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 Bestandaufbau 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-