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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 59 (1976)

Artikel: Quercus pubescens : Wälder und ihre ökologischen Grenzen im Wallis (Zentralalpen)

Autor: Burnand, Jacques

Kapitel: 2: Grundlagen und Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308483

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: 08.07.2025

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

2. Grundlagen und Methoden

2.1. Die Strategie der laubwerfenden Bäume und der pinoiden Nadelbäume

2.11. Der allgemeine Gegensatz

Die Konkurrenz zwischen zeitweise beblätterten Laubbäumen und pinoiden (*Pinus*-ähnlichen) Nadelbäumen bildet in weiten Gebieten der Erde einen sehr wichtigen Faktor bei der Ausdifferenzierung der Wälder (WALTER 1968). Eine grosse Rolle spielt bei den betreffenden Bäumen die Art und Weise, die "Strategie" (MOONEY und DUNN 1970), wie sie schlechte Jahreszeiten überdauern. Diese Strategie hat nämlich nicht nur Auswirkungen auf die Verbreitung der Arten in Abhängigkeit von den schlechten Bedingungen (Trockenheit, Kälte) einer bestimmten Jahreszeit, sondern auch auf den ganzen Lebenszyklus der Pflanzen und vor allem auf die Assimilationstätigkeit der Pflanzen. Die entstehenden Assimilate müssen in genügender Menge für Wachstum und Ausreifen der verholzten Achsenorgane, für die Knospenbildung, als Stoffreserven für die Erneuerung des Assimilationsapparates und die Fortpflanzung zur Verfügung stehen (WALTER 1970).

Auf der einen Seite stehen die laubwerfenden Bäume, die ihren Assimilationsapparat jedes Jahr erneuern. Ihre Strategie basiert auf einer Art "Wegwerfprinzip", das "billiges Material" verwenden kann: Die assimilierenden Blätter brauchen sehr wenige stützende Gewebe zu besitzen, da sie nur unter guten Bedingungen leben. Einerseits investieren die Pflanzen sehr wenige Assimilationsprodukte in Schutzvorrichtungen wie verdickte Kutikula, andererseits können sie eine Blattform ausbilden, bei der die Assimilation unter optimalen Licht- und Raumbedingungen ablaufen kann.

Die Produktionszeit der laubwerfenden Bäume ist aber auf die Periode, während der sie beblättert sind, beschränkt, im Falle der mitteleuropäischen Laubbäume auf die warme Jahreszeit. Diese Periode muss, damit eine ausreichende Produktion gesichert ist, genügend lang sein und darf zudem, ohne Schaden für die Bäume, keine plötzlichen Unterbrüche (wie Spätfröste) aufweisen.

Den Jahresverlauf der Frostresistenz von submediterranen Baumarten haben TILL (1956), LARCHER und MAIR (1969) sowie MAIR (1969) untersucht. Er wird durch eine relativ grosse Frosthärte im Winter und eine kleinere ab April-Mai charakterisiert. Diese liegt bei - 2° bis - 5° Gewebetemperatur und stellt sich im Frühjahr relativ rasch ein, während die Uebergangszeit im Herbst viel länger dauert. Das Datum des Wechsels hängt vom Entwicklungszustand der Pflanze, also vom Ablauf der Witterung in der Zeit zuvor, ab.

Die Holzpflanzen mit pinoiden, d.h. immergrünen, nadelförmigen und skleromorphen Blättern dagegen haben Blattstrukturen entwickelt, die zum Ueberdauern von schlechten Perioden geeignet sind. Dank eines aufwendigen Schutzsystems (dicke Kutikula, Behaarung, osmotische und stomatische Anpassungen an den Wasserstress) kann der Assimilationsapparat Trockenheit und/oder Kälte ertragen, und bei Einsetzen von günstigen Assimilationsbedingungen sofort produktiv arbeiten ("Allzeit bereit"-Strategie). Die nadelförmige Gestalt der Blätter erhöht deren Frostresistenz (PISEK 1960). Der Weg zwischen Assimilationsort und Blattnerv ist zudem sehr kurz, ein weiterer Punkt, der die Wirksamkeit der "Allzeit bereit"-Strategie erhöht. Die Produktion dieser Strukturen geht auf Kosten der für die Grundfunktion aufwendbaren Assimilate.

Unter optimalen Bedingungen ohne Konkurrenz haben die laubwerfenden Bäume pro Blattfläche, aber auch pro Masse Assimilationsorgane (Trockengewicht) eine grössere Nettoprimärproduktion als die pinoiden Nadelbäume und allgemein die Immergrünen mit

Tab.1 Durchschnittliche Höchstwerte der Nettophotosynthese bei natürlichem Kohlendioxid-Angebot, Lichtsättigung, optimaler Temperatur und guter Wasserversorgung (aus LARCHER 1973, nach verschiedenen Autoren)

Pflanzengruppe	CO_2-Aufnahme in $mg.g^{-1}.h^{-1}$
Sommergrüne Holzarten	15 - 25 (30)
Immergrüne Nadelbäume	3 - 18
Mediterrane Hartlaubarten	3 - 10

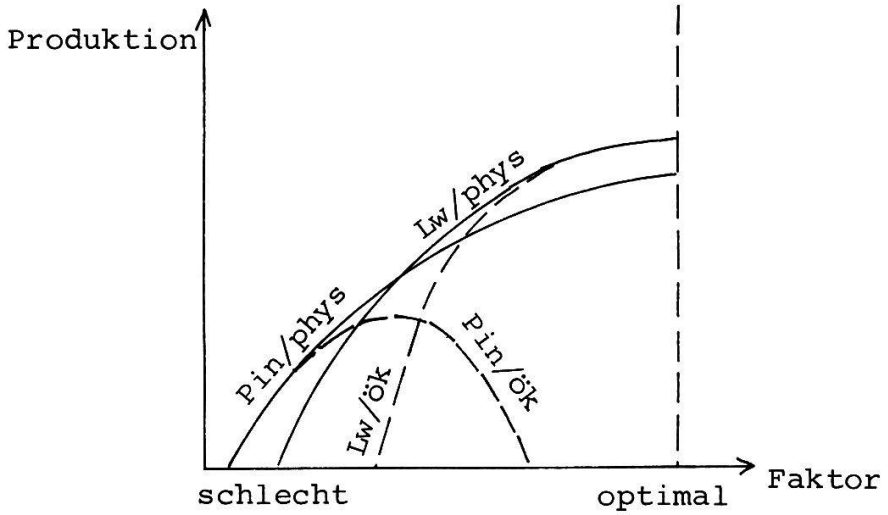


Abb.1 Schema des physiologischen (phys; ohne Konkurrenz) und des ökologischen Verhaltens (ök; unter Konkurrenzbedingungen; ELLENBERG 1954) der laubwerfenden (Lw) und der pinoiden Bäume (Pin).

Schutzstrukturen, wie Tab. 1. zeigt. Wenn aber die Lebensbedingungen (Wasserhaushalt, Temperatur, etc.) schlechter werden, so erreichen die laubwerfenden Bäume ihre physiologische Grenze schneller als die Immergrünen (Abb. 1, ausgezogene Linien).

In der nemoralen Zone verdrängen die laubwerfenden Bäume unter Konkurrenzbedingungen die Nadelbäume aus ihrem Optimalbereich. Nur in der Nähe ihrer physiologischen Grenze wird das Umgekehrte beobachtet, nämlich dass die pinoiden Bäume dominieren. Diese müssen sich also mit einem kleinen Verbreitungsbereich an ihrer Existenzgrenze begnügen (Abb. 1, gestrichelte Linien).

Diese von Nadelhölzern besiedelten Standorte können in bezug auf verschiedene Faktoren Extremstandorte sein. So können Bodenwasserhaushalt (z.B. RICHARD 1972, ESTOPPEY 1975, ROTH in Vorb.), Nährstoffarmut (z.B. GADEKAR 1975), lokal- und mesoklimatische Bedingungen (RICHARD 1961, FURRER 1966) die ausschlaggebenden Faktoren sein.

2.12. Die Gattung Pinus

Innerhalb der Gruppe der Nadelhölzer nimmt, im Konkurrenzverhältnis zu den laubwerfenden Bäumen, die Gattung Pinus einen wichtigen Platz ein (KLOETZLI 1975). Pinus-Arten haben die Fähigkeit entwickelt, Extremstandorte zu besiedeln. Neben ihrer ausgeprägten "Allzeit bereit"-Strategie haben sie dazu spezielle Eigenschaften entwickelt (MIROV 1967).

Viele Pinus-Arten sind feuerbeständig. Ihre dicke Borke, bei gewissen Arten auch ihre Form (Pinien-Form), schützen sie vor Bodenbränden. Auch ihre Samen sind vielfach gegen Hitzeschäden hinter den dicken Zapfenschuppen geschützt. Bei einigen pyrophytischen Arten ist sogar Hitze Bedingung, damit die Zapfen aufspringen und die Samen herauskommen können. Etliche Pinus-Arten können sich deshalb nur nach einem Brand verjüngen. Der Rohboden, der durch Bodenfeuer entsteht, ist für manche

Arten ein gutes Keimbeet (RUŽIČKA 1964). Eine bei Nadelhölzern seltene Anpassung an Brände zeigt Pinus echinata in den südöstlichen Vereinigten Staaten, die aus dem Stock ausschlagen kann.

Viele Pinus-Arten sind im Vergleich zu den weicherblättrigen Laubhölzern auch weidebeständiger. Die Gattung Pinus ist also sehr plastisch, und deren Arten sehr anpassungsfähig. Sie sind deshalb oft Pionierbaumarten und deshalb auch geeignete Besiedler von Standorten, die durch die menschliche Tätigkeit verändert wurden. So beschreibt z.B. MOLINIER (1955) Föhrenwälder auf Laubbaumstandorten im Massif de la Sainte Beaume in Südfrankreich. Ein anderes Beispiel gibt RUŽIČKA (1964) aus Mähren an, wo sich wärmeliebende Traubeneichenwälder unter menschlichen Einfluss in sekundäre Föhrenwälder verwandeln. Der Mensch nutzt zudem diese Anpassungsfähigkeit in Föhrenpflanzungen und bei Wiederaufforstungen.

2.13. Die Eichen und die Föhren

Die beiden Gattungen Quercus und Pinus haben ähnliche Areale (MEUSEL 1964). Auch das gemeinsame Vorkommen, unter Konkurrenzbedingungen, von Vertretern dieser beiden Gattungen in der gleichen ökologischen Nische ist weit verbreitet. Eine Uebersicht gibt KLOETZLI (1975).

SPURR (zitiert in KOZLOWSKI und AHLGREN 1974) führt diese Tatsache auf die Feuerresistenz dieser Bäume zurück. Diese Erklärung ist jedoch wohl zu einfach. Beide Gattungen kommen oft in Gebieten vor, wo der Wasserhaushalt den Minimumfaktor darstellt. Dort ist zwar auch die Waldbrandgefahr gross, doch ist wohl auch der Wasserstress ein begrenzender Faktor für andere Baumarten.

Andere Gebiete, wo Eichen und Föhren gemeinsam vorkommen, zeichnen sich durch ihr kontinentales Klima aus, das viele Baumarten

wegen der Temperaturextreme nicht aushalten. Das Verhalten der Buche an ihrer Verbreitungsgrenze gegen Osteuropa (WALTER 1968) oder - im Alpengebiet - gegen die inneralpinen Trockentäler zu ist ein Beispiel dafür.

Am ehesten könnte man sagen, dass die Eichen dem Standort gegenüber eher weniger anspruchsvoll sind als andere Laubbäume. Sie besiedeln deshalb oft extremere Standorte als diese. In der Nähe ihrer eigenen klimatischen Verbreitungsgrenze besiedeln sie nur die günstigeren Standorte. Auf den anderen wachsen dann nur Nadelbäume, insbesondere Pinus-Arten.

Bemerkenswert ist, dass die Strategie der Eichen innerhalb der Gattung nicht so einheitlich ist wie bei den Föhren, kommt doch je nach Art entweder die laubwerfende oder die immergrüne (sklerophylle) Strategie vor, und Vertreter beider Gruppen treten in Konkurrenz zu Pinus-Arten.

Auch im Konkurrenzverhältnis zwischen immergrünen Eichen und Föhren werden die Föhren auf die schlechteren Standorte verdrängt: Im Mittelmeergebiet überlassen z.B. die Quercus ilex-Mischwälder die extremen Sandstrand- und Serpentinstandorte den Föhren (Pinus halepensis u.a.). Hier spielt vielleicht die Form der Assimilationsorgane eine Rolle, indem die Nadelstruktur als Peinomorphose gedeutet werden könnte.

In gewissen Fällen scheint die pinoide Blattform besser an eine schlechtere Strahlungsbilanz angepasst zu sein. Die Föhren besiedeln höhere Lagen (negative langwellige Strahlungsbilanz) und schlecht exponierte Standorte (kleinere Sonneneinstrahlung). Ein Beispiel dafür beschreiben WHITTAKER und NIERING (1964) aus den Santa Catalina-Mountains in Arizona. Wichtig scheint hier, dass sowohl immergrüne als auch laubwerfende Eichen in diese Konkurrenzsituation eingespannt sind und sich dabei ähnlich verhalten; immerhin ist die laubwerfende Art Qu. gambeli weniger wärmebedürftig.

Die Eichen treten auch gegenüber anderen Nadelbäumen in Konkurrenz. Im westlichen und zentralen Himalaya ist zwischen Quercus semecarpifolia und Abies pindrow, sowie Picea smithiana und Pinus excelsa ein ähnliches Verhaltensmuster zu beobachten wie in Arizona zwischen den dortigen Quercus- und Pinus-Arten (LEGRIS 1963).

Bei der Untersuchung des Verhaltens von Quercus pubescens und Pinus silvestris im Wallis muss die erstere also nicht nur als Vertreter der laubwerfenden Bäume betrachtet werden, sondern ihr Konkurrenzverhalten mit demjenigen aller Eichen, sommergrünen und immergrünen, verglichen werden.

2.14. Flaumeiche und Waldföhre

Die Flaumeiche, Quercus pubescens Willd. (Qu. lanuginosa Thuill.), stellt die typische Pflanze des submediterranen Raumes dar (Abb. 2). In ihrer Verbreitung von Westeuropa bis zum Kaukasus kommt sie in mehreren, vor allem durch ihre Blattform unterscheidbaren Sippen vor. Sie ist in Mittel- und Südfrankreich, in Mitteleuropa, in Norditalien und im nördlichen Balkan durch die ssp. pubescens vertreten (TUTIN et. al. 1964). In Mittelfrankreich, den Alpenländern und am Karpatensüdrand, also an der Nordgrenze ihrer Verbreitung, findet man die var. glomerata (Lam.) Schwarz, die nach SCHWARZ (1936) durch Genintrogressionen von der mitteleuropäischen Quercus petraea entstanden ist.

Auch in der Schweiz gibt es Genintrogressionen zwischen den beiden Arten (HESS, LANDOLT und HIRZEL 1967). Die Unterscheidung dieser Sippen ist deshalb schwierig. Nach KISSLING (mdl.) bilden die Individuen mit Genintrogressionen einen kontinuierlichen Uebergang zwischen den beiden Arten, der nur mit Hilfe des Ausbildungsgrades von gewissen Merkmalen dargestellt werden kann.

Das Areal der Waldföhre, Pinus silvestris L., ist sehr ausge-

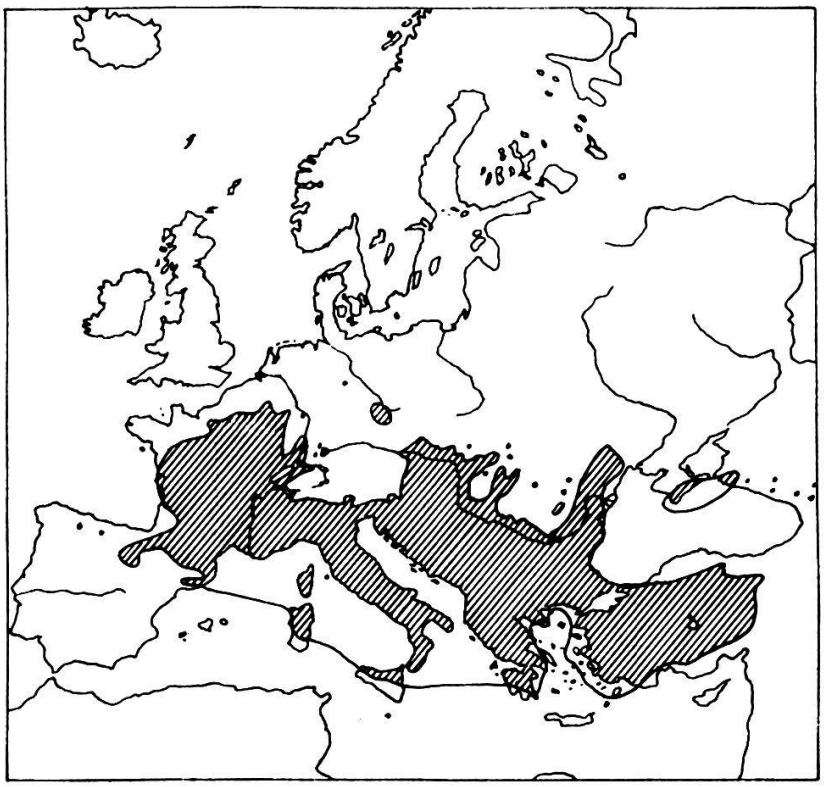


Abb. 2 Areal von Quercus pubescens Willd.
(nach MEUSEL et al. 1965).

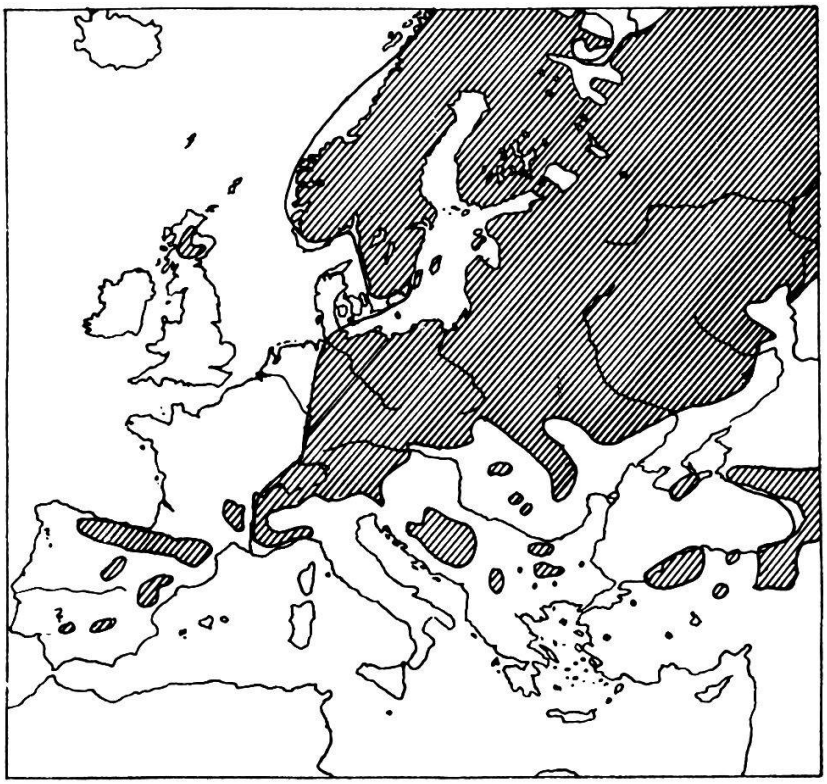


Abb. 3 Areal von Pinus silvestris L. in Europa
(nach MEUSEL et al. 1965).

dehnt und kennzeichnet sie als eurosibirische (HESS, LANDOLT und HIRZEL 1967), oder nach OBERDORFER (1962) als nord-eurasiatisch-kontinentale Art (Abb.3). Man kann mehrere Sippen nach verschiedenen Merkmalen wie Kronenform, Nadellänge, Zapfenform usw. unterscheiden, die jedoch durch Uebergänge verbunden sind (STEVEN und CARLISLE 1959). Aus dem Alpenraum sind einige besondere Sippen bekannt, deren systematische Stellung unterschiedlich bewertet wird. Im Wallis wird eine rote und eine graue Föhre unterschieden. Nach HESS (1942) ist nicht nur die äussere Erscheinung dieser beiden Sippen (Wuchsform, Rindenfarbe, die die Bezeichnungen bestimmt hat) verschieden, sondern sie unterscheiden sich auch in der Wuchsleistung, in der Länge der Wachstumsphase (die Produktion der grauen Föhre ist niedriger als die der roten, und nach 50 Jahren ist ihr Wachstum nur noch unbedeutend) und in der Ausbildung des Holzes. Während die rote Sippe normales Kernholz ausbildet, hat die graue Föhre fast nur Splintholz. Da dieses mehr Wasser enthält, vermutet HESS, dass diese Erscheinung einer ökologischen Anpassung entspricht. Oekologisch verhalten sich nämlich die zwei Sippen deutlich verschieden. Die graue Föhre besiedelt die trockensten Waldstandorte des inneren Wallis. Ihr Verbreitungsgebiet deckt sich mehr oder weniger mit dem der Flaumeiche im Gebiet. Die rote Föhre dagegen wächst in weniger xerischen Lagen, am Südhang steigt sie kaum unter 1250 m ü.M. herunter, mit der Flaumeiche kommt sie viel weniger in Berührung als ihre Verwandte.

Das Gebiet, in dem sich die Areale der Flaumeiche und der Waldföhre überschneiden, ist die kolline und submontane Stufe der mittel- und südeuropäischen Gebirge. In der Schweiz sind Flaumeichen und Waldföhren nicht nur im Wallis, sondern nach RICHARD (1972) auch an Südhängen im Jura miteinander in Kontakt. Die Flaumeiche steht zudem im ganzen submediterranen Gebiet mit anderen Föhrenarten in Kontakt, so mit Pinus nigra ssp. salzmanni bei Montpellier (BRAUN-BLANQUET und FUKAREK 1955), oder mit anderen Sippen der vielfältigen Art Pinus nigra, die vor

allem im kontinentaleren Osten sehr konkurrenzkräftig sein kann (WALTER 1968).

Dementsprechend trifft die Waldföhre auch mit anderen Eichenarten zusammen, so in weiten Gebieten des nördlichen Mitteleuropas und in Osteuropa mit Quercus robur (WALTER 1968).

Die Flaumeiche braucht relativ hohe Sommertemperaturen, sie ist aber leichten Trockenperioden gegenüber, wie sie im submediterranen Gebiet vorkommen, unempfindlich. So erträgt sie während der Vegetationsperiode relativ hohe osmotische Drucke (WALTER 1968). Im submediterranen Raum beherrscht sie den Klimaxwald. Unter durchschnittlichen mitteleuropäischen Bedingungen ist sie den anderen Laubbäumen gegenüber aber konkurrenzschwach. Sie wird deswegen in diesen Gebieten auf die extrem warmen und trockenen Standorte verdrängt, meistens auf Kalk-Südhänge. ELLENBERG (1963)hat die ökologische Stellung der Flaumeichenwälder in Mitteleuropa eingehend dargestellt.

Im Süden ihres Areals, im Bereich der mediterranen immergrünen Wälder, zieht sich der Baum auf die Nordhänge und in höhere Lagen zurück, wo der Wasserstress im Sommer nicht extrem wird (KUEMMEL 1949).

Das Verhalten der Flaumeiche entlang einer Nordsüdtransekte illustriert gut das Gesetz der relativen Standortskonstanz nach H. und E. WALTER (1953), wonach eine Art im Randbereich ihres Areals sich auf die in bezug auf den die Grenze bestimmenden Faktor günstigeren Standorte zurückzieht.

Man findet die Flaumeiche oft auf Kalkstandorten, doch kommt sie in ihrem Hauptverbreitungsgebiet auf den verschiedensten Böden vor (BARRY 1961). Sie braucht aber eher lockere oder zerklüftete Böden, wo sie mit ihrer tiefreichenden Pfahlwurzel leicht eindringen und sie mit feuchteren Schichten in Kontakt sein kann (BAUDIÈRE 1970).

Das Ausschlagvermögen der Flaumeiche ist relativ gross. Ihre Bestände wurden deshalb bis vor kurzem fast überall, oder werden in gewissen Gebieten z.T. heute noch, als Niederwald

(z.T. verbunden mit Waldweide) bewirtschaftet. Da sie dadurch am Auswachsen gehindert werden und, wenigstens in Mitteleuropa, sowieso wenig produktive Standorte besiedelt, liefert sie fast nur Brennholz. Dieses wird, wie das der anderen Eichenarten, sehr geschätzt.

Die Waldföhre ist als typischer Vertreter der Bäume mit Pinoiden-Strategie fast ohne Ansprüche an den Standort. Sie ist kälteresistent und erträgt grosse Temperaturunterschiede. Sie kann deshalb extrem kontinentale Standorte (z.B. mit häufigen Spätfrösten) besiedeln. Auch ist sie weniger trockenheitsempfindlich. Daneben ist sie indifferent gegenüber der Bodenreaktion und wächst auch auf sehr nährstoffarmen Böden.

Sie kann deshalb fast alle Standorte in Mitteleuropa besiedeln. Als extrem lichtbedürftige Pflanze kann sie sich aber nur auf Extremstandorten gegen die Konkurrenz der anderen Bäume behaupten.

Ihre Samen keimen sehr gut auf Rohböden, auch auf Brandflächen (RUŽIČKA 1964). Eine lockere Krautschicht, welche die Extreme des Mikroklimas mildert, begünstigt aber nach HUNZIKER (1956) das Aufkommen der Keimlinge.

Die Waldföhre besiedelt deshalb als Pionierbaum oft vernachlässigte Kahlschläge, verlassene Kulturen oder Brandflächen. Wenn sie auf diesen Flächen in genügender Zahl keimen kann, können daraus gleichaltrige Bestände entstehen. In trockeneren Gegenden können sich dann andere Bäume nur sehr langsam durchsetzen. Ein Beispiel aus dem submediterranen Gebiet, wo die Flaumeiche durch die kompakte Nadelstreu und die Konkurrenz der Gräser in einem sekundären Föhrenbestand am Wiederaufkommen verhindert wird, gibt BARRY (1961) aus der Gegend von Nîmes an.

2.2. Das Untersuchungsgebiet

2.21. Geographische Beschreibung (Abb. 4)

Das Untersuchungsgebiet liegt in der kollinen und montanen Stufe (obere Grenze um 1500 m) des Walliser Trockengebietes. Dieses umfasst das inneralpine Rhonetal das in einer Längsfurche der Alpen liegt von der Gegend von Mörel bis zum schmalen Rhonedurchbruch von St Maurice durch den das Tal von Martigny aus "seitlich" entwässert wird. Dieser Durchbruch war vor der Eröffnung der Alpentunnels, der einzige wintersichere Verbindungsweg mit der Aussenwelt.

Nach GUTERSOHN (1961) umfasst das Gebiet einerseits die unteren Teile des deutschsprachigen Oberwallis, d.h. das unterste Goms (Mörel-Brig) und den Talabschnitt zwischen Brig und der Talschwelle von Pfin, andererseits das Mittelwallis (Pfin-Martigny). Dazugerechnet werden auch die unteren Abschnitte der Seitentäler.

Während im unteren Goms der Talquerschnitt V-förmig ist und das Tal ein starkes Gefälle hat, ist in den unteren Talabschnitten der Talboden relativ flach und breit (Oberwallis unterhalb Brig 2 km, Mittelwallis 3 bis 4 km), und das Gefälle ist gering: Der Höhenunterschied zwischen Brig und Martigny beträgt auf einer Distanz von 75 km etwas über 200 m, wobei die Talschwelle von Pfin (etwa 7 km lang) schon fast die Hälfte dieser Differenz ausmacht.

Die Talorientierung und die Neigung der Talhänge sind aber in den beiden Abschnitten verschieden: Das Oberwallis ab Brig ist ein Ost-West-Tal mit relativ steilen Hängen (Südhang um 50 %, Nordhang um 55 % Neigung), während das Mittelwallis sich von Nordosten nach Südwesten erstreckt und, besonders in seiner oberen Hälfte, weniger steile Hänge hat (SE-Hang 30 %, NW-Hang um 45 %, weiter unter auf beiden Seiten etwa 50 % Neigung).

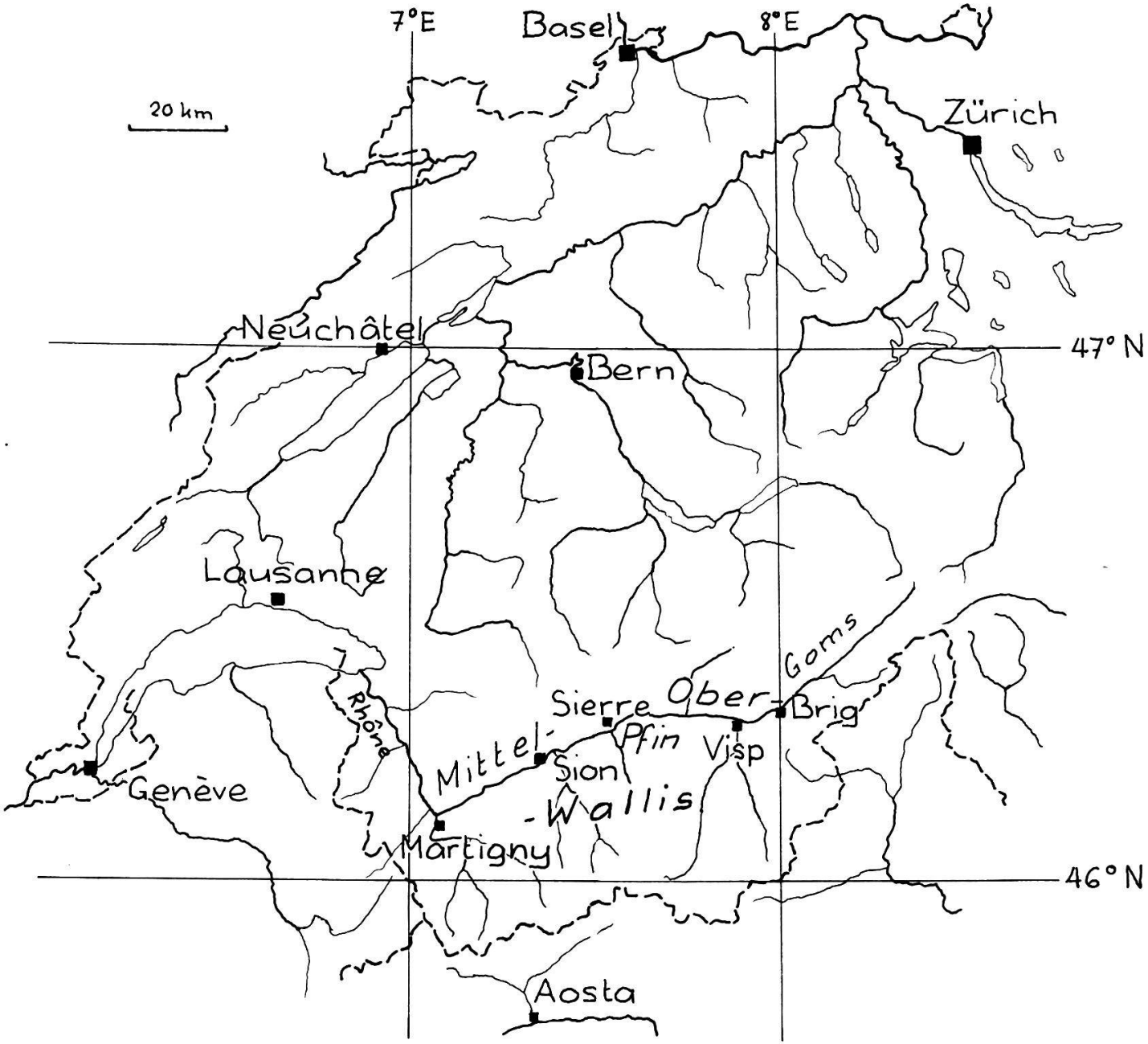


Abbildung 4
Geographische Lage des Walliser Trockengebiets und einiger Lokalitäten.

Sich entsprechende Namen:

deutsch	französisch
Visp	Viège
Pfin	Finges
Siders	Sierre
Sitten	Sion
Goms	Vallée de Conches

Im Oberwallis wird die Rhone (le Rhône) der <u>Rotten</u> genannt.

Die Seitentäler (meist hängende V-Täler) münden in einem rechten Winkel ins Haupttal, sind also mehr oder weniger auf die Nord-Süd-Achse ausgerichtet. Das hat eine vollständig verschiedene Exposition der Hänge des Haupttales und der Seitentäler zur Folge. Das untere Tal der Drance zwischen Le Châble und Bovernier bildet dabei eine Ausnahme.

2.22. Klima

> "Im Wallis habe ich sicherlich unterträgliche Hitze erlitten. Damit die Kinder daran nicht verrückt werden, versuchen die Einwohner ihr zu entfliehen und suchen in höheren Gegenden die sommerliche Frische, sodass Sitten fast leer bleibt, & selbst der Bischof sich auf jenen höchsten Alpweiden erholt".
> (nach A.v. HALLER 1742)

HALLER hat mit dieser Beschreibung eindrucksvoll auf die extremen Verhältnisse des Innerwalliser Klimas hingewiesen. Seither ist dieses wissenschaftlicher, aber dafür weniger zitatgerecht beschrieben worden, so von CHRIST (1879), BOUET (1948, 1960, 1961, 1972) ROTEN (1964), PRIMAULT und CATZEFLIS (1966), CATZEFLIS, PRIMAULT und STREHLER (1972), BEZINGE und BONVIN (1974). Das Klima der inneralpinen Trockengebiete hat BRAUN-BLANQUET (1961) allgemein beschrieben. Es sind die hohen Ketten der Berner und Walliser Alpen, welche das Wallis von den grossräumigen Klimaeinflüssen isolieren und so die Ausbildung des besonderen Talklimas ermöglichen.

2.221. Die Niederschläge

Die Strömungen mit feuchter Luft, die vom Atlantik her gegen die Alpen steuern, werden an deren Nord- und Westflanke gestaut und verlieren einen Teil ihres Wassers in Steigungsregen. Das Wallis erreichen diese Strömungen oft nur in Form von mehr oder weniger trockenen Fallwinden. Nur durch den schmalen Durchbruch von St Maurice ist ein direkter Zugang

für die feuchte Luft offen. Deren Einfluss macht sich aber oft nur im unteren Teil des inneren Wallis mit Niederschlägen bemerkbar. Dieselbe abhaltende Wirkung haben die Walliser Alpen bei Wetterlagen, bei denen die feuchte Strömung von Süden her kommt (Föhnlage).

Die Jahressumme der Niederschläge ist deshalb im Innerwallis im Verhältnis zu denen von Stationen nördlich der Alpen, die etwa auf derselben Meereshöhe liegen, sehr klein (Tab. 2). Diesen Gradienten kann man in der Achse des Durchbruchs von St Maurice direkt beobachten. Auf einer Strecke von 25 km senkt sich die Niederschlagssumme um 30 cm. Doch auch auf den anschliessenden 10 km senkt sie sich um weitere 20 cm. Dieses Gefälle, schon innerhalb des Trockengebietes, wirkt sich auch auf die Vegetation aus.

Auch im Oberwallis (Visp, Brig) verzeichnet man leicht höhere Niederschläge, doch zeigt Tab. 2, dass die Niederschlagssummen während der Vegetationsperiode (April-Oktober) des Mittel- und Oberwallis ähnliche Werte annehmen. Betrachtet man nur die Monate Juni-Juli-August, sind die Niederschläge im Oberwallis sogar geringer. Die Klimadiagramme von WALTER und LIETH (1964) veranschaulichen diese unterschiedliche Niederschlagsverteilung (Abb. 5): Im Mittelwallis (Sion) sind die Frühjahrsniederschläge am geringsten, im Oberwalliser Trockengebiet (Brig) ist das Minimum im Sommer zu verzeichnen. Demgegenüber hat das Schweizer Mittelland in der kalten Jahreszeit am wenigsten Niederschläge. Für Sion haben die statistischen Untersuchungen über die Niederschlagsfrequenzen im Laufe des Jahres von CATZEFLIS, PRIMAULT und STREHLER (1972) die charakteristische Verteilung untermauert.

KUHN (1973) hat die Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden, verbunden mit der Niederschlagsintensität, in der Schweiz untersucht und zwar im Wallis mit den Werten der Station Sion. Im Innerwallis sind demnach extreme Trockenperioden - begrenzt durch Niederschläge von mind. 5 mm - häufig sehr lang, nämlich

Tab. 2 Klimadaten von Stationen des Walliser Trockengebiets, sowie von einigen andern Schweizer Stationen (aus UTTINGER 1965 und SCHUEPP 1960).

Station		Höhe ü. M. (m)	Jährliche Niederschl. summe (mm)	Niederschl. April bis Okt. (mm)	Jahres-mittel der Temperatur	Julimittel der Temperatur	Januar-mittel der Temperatur	Temp.-differenz Juli/Jan.
Brig	A	678	725	416	9.0	18.4	-0.6	19.0
Visp	A	650	636	357	—	—	—	—
Ackersand	A	700	530	314	—	—	—	—
Chippis	A	522	549	320	8.8	18.2	-1.1	19.3
Sierre	A	573	575	337	9.6	18.9	-0.9	19.8
Sion-Couvent	A	549	588	341	9.8	19.2	-0.1	19.3
Sion-Aérodrome		482	572	329	8.6	18.0	-1.5	19.5
Martigny	A	480	771	450	9.1	18.5	-0.9	19.4
Montana	A	1509	888	505	5.2	13.7	-2.6	16.3
Leysin	B	1350	1396	884	5.9	14.0	-1.2	15.2
Monthey	B	405	974	701	9.8	19.1 (1)	0.7	(18.4)
Lausanne	C	589	1084	695	9.2	18.2	0.5	17.7
Genève-Cointrin		430	902	588	9.2	18.4	0.3	18.1
Neuchâtel	C	489	1013	627	9.1	18.4	0.2	18.6
Solothurn	C	470	1266	768	8.5	17.9	-0.8	18.7
Bern	C	572	1028	715	8.1	17.4	-1.0	17.9
Zürich-MZA	C	569	1149	713	8.0	16.9	-0.9	17.8
Locarno-Monti		379	1805	1329	11.7	20.8	2.9	17.9

A Stationen des Walliser Trockengebiets (desgleichen Sion-Aérodrome)
B Stationen im Bereich der nördlichen Voralpen
C Stationen des Schweizer Mittellandes (desgleichen Genève-Cointrin)
Locarno-Monti: Alpensüdfuss
(1) Messstation auf Dach: Julimittel ca. 1° zu hoch.

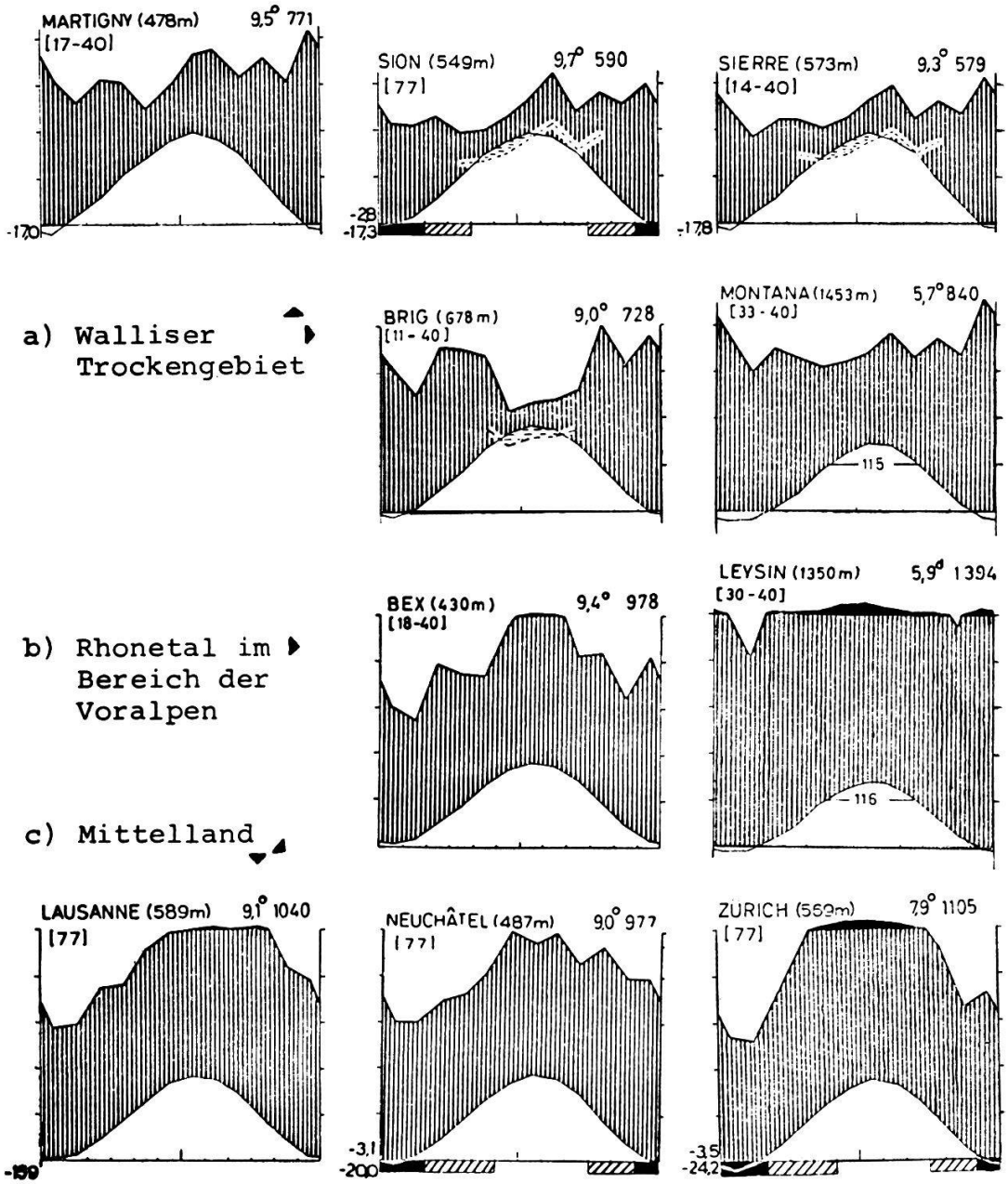


Abb.5 Klimadiagramme vom Wallis und von der Nordseite der Alpen (aus WALTER und LIETH 1964, desgleichen die Diagramme in Abbildung 6).

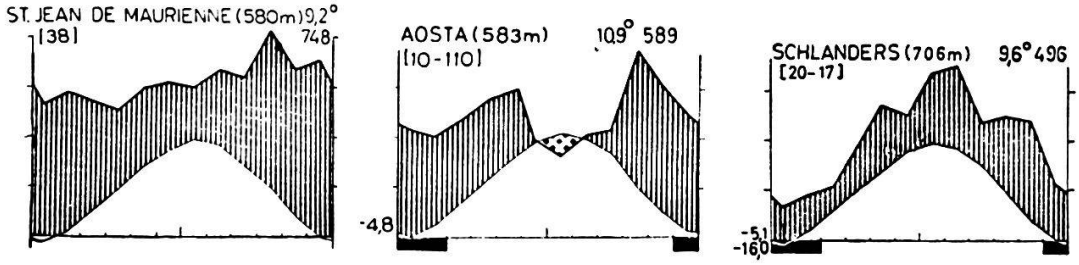


Abb. 6 Klimadiagramme von andern inneralpinen Trockengebieten.

bis ca. ein Monat. Relativ gesehen ist nach KUHN der Anteil der geringen Niederschläge (1 und 2 mm pro Tag) an der Gesamtsumme in Sion sehr gross.

Mit diesen Werten kann KUHN, wie ELLENBERG (1963) mit dem Quotienten aus Juli-Temperaturmittel und Niederschlagssumme von April bis September, die klimatische Sonderstellung des Wallis in Mitteleuropa illustrieren.

2.222. Sonneneinstrahlung und Temperaturen

Da das Wallis oft von den feuchten Luftströmungen verschont bleibt, ist der Himmel relativ oft klar. Das lässt sich am einfachsten mit der Sonnenscheindauer zeigen. Sierre kommt auf 1897, Sion auf 2094 Stunden im Jahr, was etwa 54 % der maximal möglichen Sonnenscheindauer ausmacht. Monatana, auf einer südexponierten Terrasse gelegen, geniesst die Sonne jährlich während 2144 Stunden (53 %), obwohl dieser Ort wegen seiner Höhenlage (1500 m ü.M.) öfter Regen und Nebel aufweist als das Tal. Im Schweizer Mittelland steigt die relative Sonnenscheindauer demgegenüber kaum bis 50 %. Lausanne kommt auf 47 %, Bern auf 42 %, Zürich auf 41 % (SCHUEPP 1962).

Der klare Himmel wirkt sich allgemein auf den Strahlenhaushalt aus. Die Sonneneinstrahlung ist sehr gross, aber ebenso die Ausstrahlung während der übrigen Tageszeit, da der abschirmende Effekt einer Wolkendecke oft fehlt. So sind die Temperaturgegensätze zwischen Tag und Nacht sehr bedeutend, aber auch diejenigen zwischen den Julimitteln (Einstrahlung gross) und den Januarmitteln (Ausstrahlung überwiegt, Tab. 2). Im Wallis kann also mit Recht von einem relativ kontinentalen Klima gesprochen werden. Diese Strahlungsverhältnisse bewirken, dass am Anfang und am Ende der Vegetationsperiode oft Spät- bzw. Frühfröste auftreten, die den Walliser Bauern oft zu schaffen machen (PRIMAULT 1964).

2.223. Der Wind

Als Folge der starken Strahlungsumsätze sind lokale thermische Winde im Wallis eine häufige Erscheinung. Wegen der Nachbarschaft des Genfersees mit seinem grossen Wärmespeichervermögen entsteht ein Wärmeaustauschsystem, das sich mit den lokalen thermischen Winden vereinigt und am Tag einen mächtigen Talwind vom Genfersee her gegen die Berge, in der Nacht einen umgekehrten, schwächeren Bergwind erzeugt.

2.224. Luftfeuchtigkeit und Nebel

Die geringen Niederschläge, die grosse Einstrahlung und die austrocknende Wirkung des Windes bewirken, dass die Luftfeuchtigkeit im Wallis am Tag allgemein gering ist. In der Nacht steigt sie aber regelmässig hoch hinauf, da der Bergwind Feuchtigkeit, die durch Sublimation von Gletschereis gebildet wurde, von den vergletscherten Berggebieten herunterbringt (PRIMAULT mdl.). Der niedrigen Luftfeuchtigkeit entspricht die geringe Anzahl der Nebeltage. In Sierre misst man im Durchschnitt 2.6 Nebeltage pro Jahr. An den Berghängen über ca. 1000 m Meereshöhe sind Nebelbänke häufiger, besonders in Nordlagen.

2.225. Klimatische Stellung des Wallis im inneralpinen Trockengebiet

Obwohl die Niederschläge so gering sind, muss das Wallis zum Einflussbereich des mitteleuropäischen Klimas gezählt werden. Das Wettergeschehen wird nämlich, wenn auch abgeschwächt, hauptsächlich von dem auf der Alpennordseite bestimmt.

Demgegenüber ist das Klima des südlich anschliessenden Aostatales deutlich vom Mittelmeergebiet her beeinflusst. Die Niederschlagsverteilung (Abb. 6) macht diesen Unterschied

zwischen beiden Tälern deutlich.

2.23. Geologie

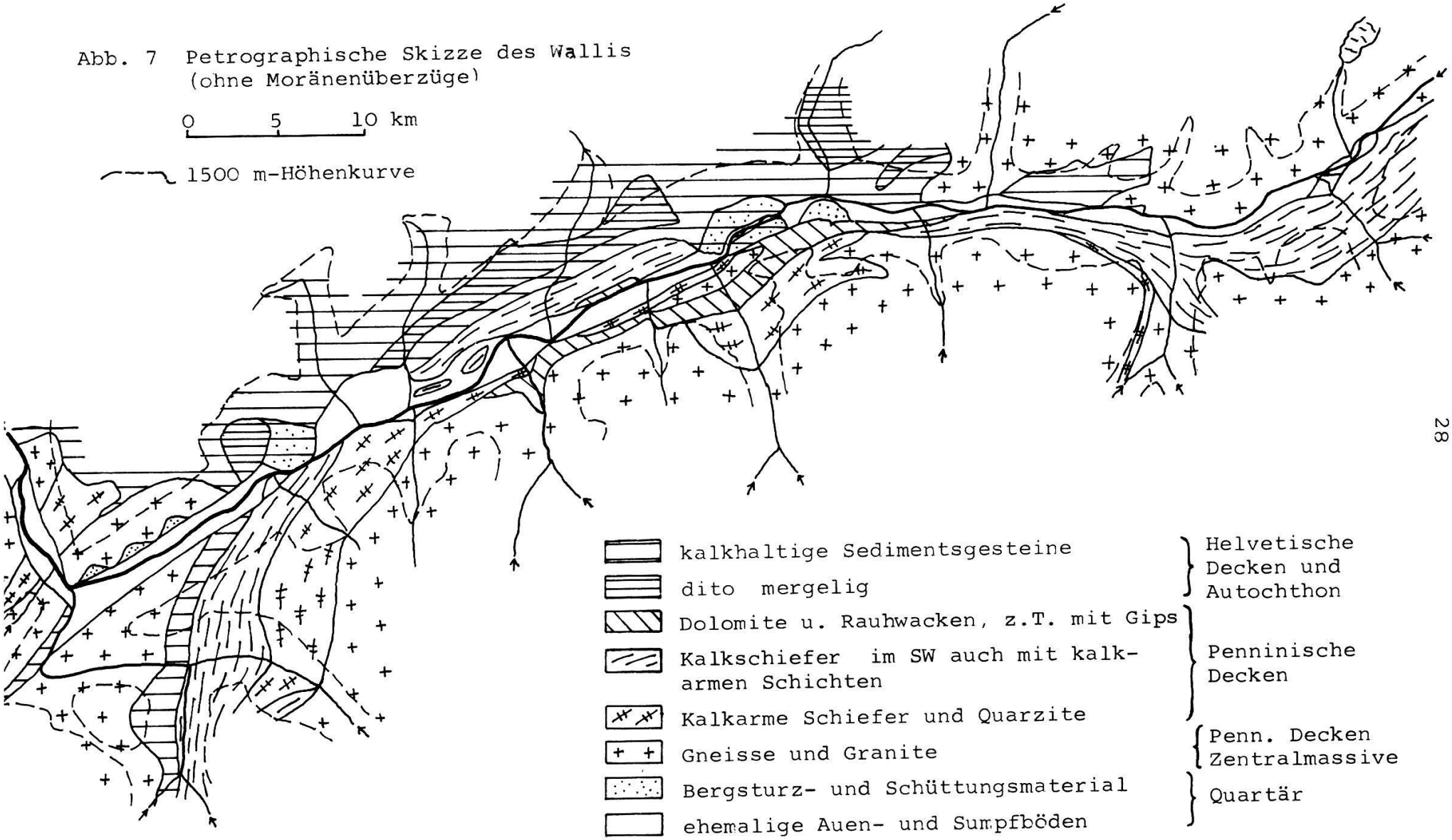
Die geologische Gliederung des Walliser Rhonetales ist äusserst vielfältig (GEOLOGISCHE KARTE DER SCHWEIZ 1972, KOENIG 1972). Dies ist durch die Lage des Tales im tektonischen Alpengefüge zu erklären: es liegt eingebettet zwischen den helvetischen Decken im Norden und den penninischen im Süden und reicht an seinen beiden Enden in zwei verschiedene Zentralmassive, im Westen in den Massiv-Komplex des Mont-Blanc und der Aiguilles-Rouges, am oberen Ende ins Aaremassiv. So finden wir im Gebiet die veschiedensten Gesteine, saure und basische, metamorphisierte und nicht metamorphisierte.

Eine schematische Uebersicht über die geologischen Verhältnisse im inneren Wallis gibt Abb. 7 (für genauere Angaben über die Gesteine siehe die GEOTECHNISCHE KARTE DER SCHWEIZ 1936). Die rechte Talflanke besteht im unteren Teil (im Rhoneknie und talaufwärts bis vor Saillon) und im oberen Teil (Getwing-Gampel und oberhalb von Ausserberg) aus sauren metamorphen Gesteinen (Gneisse). Dazwischen erstreckt sich der Bereich der Kalk- und Mergelgesteine des helvetischen Autochtons und der ultrahelvetischen Decken. Auf dieser Talseite greifen die penninischen Decken nur in die unteren Hänge zwischen Pont de la Morge und Sierre mit Kalkschiefern und triadischen Gipslagern (St Léonard) über.

Der Südost-Hang über Martigny, tektonisch zur rechten Talseite gehörig, besteht im oberen Teil aus den gleichen kristallinen Gesteinen wie die Hänge im Rhoneknie. In den unteren Teilen ist diese Urgesteinsmasse von kalkhaltigen Sedimenten, die die beiden Aiguilles-Rouges- und Mont-Blanc-Massive trennen, überdeckt.

Die linke Talseite reicht in der Gegend von Martigny ins Kristallin des Mont-Blanc-Massivs. Oestlich anschliessend,

Abb. 7 Petrographische Skizze des Wallis
(ohne Moränenüberzüge)



bei Saxon, folgt ein schmaler Streifen mit Kalkgestein (Sedimenthülle des Massivs). Der ganze übrige Talhang bis Brig ist im Bereich der metamorphen Sedimentenhülle der penninischen Grand-St-Bernard-Decke. Auf den ersten paar Kilometern talaufwärts von Saxon findet man Kalkschiefer, anschliessend kalkarme Karbonschichten ("zone houillère"). Zwischen Sion und Pfin dominieren triadische Dolomit- und Rauhwacke-Schichten. Im Oberwalliser Teil herrschen die Bündnerschiefer (Kalkschiefer) neben kalkärmeren Schiefern und Gneissen vor.

Die Paragneisse des Kerns der Gr.-St-Bernard-Decke findet man im oberen Teil des Hanges über Turtig-Turtmann, ferner zum Teil in den südlichen Seitentälern.

Viele Hangpartien sind von einer Moränenschicht überdeckt, welche die Unterschiede der Unterlage für die Vegetation verwischen kann.

Wie FRUEH (1899) festgestellt hat, findet man an den Talhängen an einigen Stellen auch Lössablagerungen. Die bis 4 m dicken Schichten sollen nach dem Rückzug der Eiszeitgletscher abgelagert worden sein, in einer noch mehr oder weniger vegetationslosen Zeit, da das Lössmaterial keine organische Substanz enthält (im Gegensatz zum "Flugsand" der Talbodendünen, den FRUEH vor der Melioration noch bei Martigny beobachten konnte). Die Bestandteile des Lösses sind Quarz-, Glimmer- und Kalkpartikelchen mit einer Korngrösse unter 250 μ.

Zwischen Sierre und Leuk, im Gebiet des Pfinwaldes, ist das Tal mit Malmkalkschutt aufgefüllt. Dieser stammt von einem gewaltigen Bergsturz, der sich am Ende der Eiszeit vom rechten Talhang über Salgesch loslöste (BURRI 1955). Der übrige Talboden besteht aus alluvialem Auffüllungsmaterial. Abgesehen von den Schuttfächern der Seitenbäche, z.B. des Illgraben oder bei Chamoson, war er vor der Rhonekorrektion, d.h. um die Jahrhundertwende, zum grossen Teil unter Grundwassereinfluss oder sogar überschwemmt.

2.24. Die Böden

Die geringen Niederschläge im Walliser Trockengebiet bedingen eine sehr schwache Auswaschung in den Böden. Manchmal kann sich nach PALLMANN (1933) die Perkolationsrichtung ändern, was insbesondere zu Kalkflaumausscheidungen in gewissen Horizonten führen kann.

Die Reifung der Böden läuft sehr langsam ab. Man findet, auch auf Silikat-Muttergestein im Untersuchungsgebiet fast ausschliesslich wenig ausdifferenzierte AC-Profile. Oft ist die Bodenentwicklung durch menschliche Einflüsse gehemmt oder sogar rückgängig gemacht worden.

Die pH-Werte liegen im alkalischen und neutralen, auf Silikatgestein im nur schwach sauren Bereich.

Der Skelettanteil ist gross, auch grössere Blöcke sind an den Hängen häufig. In der Feinerde überwiegen die gröberen Korngrössen.

Der Abbau der organischen Substanz ist durch die langen Trokkenperioden z.T. gehemmt. Es kommt häufig zur Bildung eines "Trocken-Moders", der in entwickelten Böden ansehnliche Mächtigkeiten erreichen kann.

PALLMANN (1933) bezeichnet die Walliser Böden als "steppenähnlich". FREI, JUHASZ und BACH (1966) erwähnen an den Walliser Trockenhängen Mull- und Morrendzinen. Wegen der wechselnden Perkolationsrichtung kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich bei diesen Böden um einen eigenen Bodentyp handelt, der mit Böden aus südlicheren Gegenden zu vergleichen wäre (RICHARD mdl.).

2.25. Die Vegetations- und Kulturgeschichte

Um 10'000 v.Chr. war das Rhonetal mindestens bis oberhalb Brig eisfrei. Die Gletscher der Seitentäler jedoch reichten z.T. noch lange Zeit sehr weit herunter. WELTEN (1958) konnte nach-

weisen, dass der Aletschgletscher damals noch bis ins Haupttal reichte. Im Mattertal war nach diesem Autor die Hangterrasse von Grächen (1600 ü.M.) noch bis 5000 v.Chr. mit Eis bedeckt.

Der erste dominierende Baum in den unteren Lagen war nach MARKGRAF (1969) die Waldföhre, die in den Pollendiagrammen von den untersten Schichten vorkommt. Dieser Baum bildete anfangs (Präboreal, Boreal) eine lockere "Kiefernwaldsteppe", in der sich - ausser auf Felskuppen und Schutthalden - manche osteuropäisch-asiatische und z.T. mediterrane Steppenart halten konnte.

Die Eiche erscheint vor 6000 v.Chr. In den folgenden 2000 Jahren (Atlantikum) ist ein Eichenmischwald mit relativ viel Ulme vorhanden. Wahrscheinlich war aber dieser Baum auf die grundwasserbeeinflussten Standorte der Talebene sowie auf frischere Hänge (z.B.Savièse) beschränkt. In dieser Zeit ist in den Pollendiagrammen der Nichtbaumpollen relativ schwach vertreten. Es muss im ganzen Wallis ein mehr oder weniger geschlossener Wald vorhanden gewesen sein. Die Reichhaltigkeit der heutigen Walliser Felsensteppen weist aber darauf hin, dass die Steppenpflanzen seit dem Boreal doch immer genug freien Raum hatten um zu bestehen.

Im Wallis, wie in der ausseralpinen Schweiz, sind die ersten Spuren des Ackerbaus, der durch einwandernde Bauernvölker eingeführt wurde, ums Jahr 4000 v. Chr., zu Beginn der Jungsteinzeit nachzuweisen. Zu dieser Zeit kann in den Pollendiagrammen der oben erwähnten Autoren eine Verminderung des Eichenmischwaldpollens beobachtet werden, wobei aber der Anteil des Eichenpollens ziemlich konstant bleibt. Gleichzeitig steigt der Anteil des Nichtbaumpollens, was auf eine Abnahme der Waldfläche deutet. Auch Getreide-, später auch Hanfpollen, erscheint ab dieser Zeit regelmässig in den Diagrammen.

Anfangs vielleicht zögernd hat die bäuerliche Kultur die Walliser Landschaft immer mehr beeinflusst. Die für die Land-

wirtschaft gerodeten Flächen wurden mindestens seit der Römerzeit bewässert (ENNODIUS zitiert in HAUSER 1972).

Aber auch der verbleibende Wald wurde entscheidend vom Menschen beeinflusst. Vorab Brände und Waldweide, aber auch Holzschlag lichteten die Bestände. Durch diese Faktoren, sowie durch die Streuentnahme, wurde die Zusammensetzung der Wälder verändert.

In den Gemeindewaldungen hatte früher jeder Bürger Anrecht auf eine gewisse Menge Holz und durfte im Wald Streue sammeln, was vor einigen Jahrzehnten noch häufig gemacht wurde. In gewissen Wäldern, wie im oberen Pfinwald (Burgschaft Leuk), war, zu mindest seit dem letzten Jahrhundert, die Waldwirtschaft geregelt, z.T. mit Saumschlagbetrieb (ANDENMATTEN mdl.). In den Wäldern mit bewegterem Relief oder an steilen Hängen war das weniger gut möglich. Zeitweise gingen z.B. im unteren Pfinwald die Burger von Siders oft selber hin und schlugen die Bäume, die ihnen passten, was zu einer Uebernutzung führte. So schreibt im Jahre 1865 der damalige Forstinspektor über den Burgerwald von Siders: "Tous les bourgois y coupent du bois à volonté, sans martelage, sans contrôle et sans autorisation" (MEYER 1950).

Die "Wildinen" von Brigerbad (auf der heutigen Landeskarte "Badhalden") geben ein Beispiel für die fast vollständige Degradierung des Waldes zu einer Felsensteppe durch die menschlichen Aktivitäten.

Sie waren in früheren Jahrhunderten, wie JOSSEN (1972) im Gemeindearchiv gefunden hat, "begehrtes Weidland für Ziegen und Schafe", und ein Gebiet, wo "da und dort ... knorriges Brennholz" gesammelt wurde, neben Teekräutern. Daneben wurden von den Dorfbuben die wilden Spargeln geerntet und an die reichen Leute von Brig, Glis und Visp verkauft. Mit einer solch "intensiven Nutzung" ist es verständlich, dass schon vor einigen Jahrhunderten nur noch ein kümmerlicher Rest des Waldes übriggeblieben war. An den Südhängen wurde die Degradierung

der Wälder durch die trockenen Bedingungen sehr gefördert, sodass es nicht erstaunt, wenn heute weite Hangstücke beinahe waldfrei sind, ähnlich vielen Gegenden des Mittelmeergebietes. Der Mensch hat also zur Erhaltung der Steppenvegetation im Wallis entscheidend beigetragen.

2.26. Die Waldvegetation

2.261. Die Flaumeichen und Föhren

Dominierende Bäume im Walliser Trockengebiet sind, wie erwähnt, Flaumeiche und Waldföhre.

SCHMID (1936) vertritt die Ansicht, dass das Wallis der Bereich der "Reliktföhrenwälder" sei, wo die Föhre von Natur aus in weiten Teilen herrschen würde. BRAUN-BLANQUET (1917) hatte schon von der "inneralpinen Föhrenregion" gesprochen. Derselbe Autor meint aber später (1961), dass in den meisten Fällen die Föhrenwälder der unteren Lagen Degradationsstadien von Flaumeichenwälder seien.

Die Flaumeichenwälder im untersten Teil des Gebietes (im Rhoneknie bei Martigny) wurden von GAMS (1927) beschrieben. BRAUN-BLANQUET und RICHARD (1949) haben Bestände im Pfingebiet aufgenommen. BRAUN-BLANQUET (1961) stellt für die Flaumeichenwälder des Wallis eine eigene Assoziation auf, das Campanulo (bononiensis) - Quercetum pubescentis. Er fasste diese Gesellschaft auf Grund von drei Aufnahmen aus dem Gebiet von Fully (Martigny). Die Flaumeichenwälder weiter talaufwärts (Pfin) bezeichnet er als verarmte Ausbildungen dieser Assoziation.

ELLENBERG und KLOETZLI (1972) haben die Aufnahmen der erwähnten Autoren bei der Erarbeitung ihrer Uebersicht über die Waldgesellschaften der Schweiz aufgenommen. Sie vereinigen die Walliser Flaumeichenwälder, von denen sie allerdings nur 12 Aufnahmen zur Verfügung haben, mit denjenigen der Jura-Südhänge (insbesondere des Hanges über dem Bielersee), in die Assoziation

Arabidi turritae-Quercetum pubescentis, die in der Schweiz dem Lithospermo-Quercetum entspricht, wie es aus Frankreich (QUANTIN 1935) und Südwestdeutschland (OBERDORFER 1957) beschrieben worden ist. Die Föhrenwälder des Walliser Trockengebietes können nach ELLENBERG und KLOETZLI (1972) zum grössten Teil in zwei Assoziationen des Erico-Pinion gestellt werden. Diejenigen der mesophileren Standorte (im Wallis meist Nordhänge) können meist dem Pyrolo-Pinetum zugeordnet werden, während die xerischen Standorte vom Erico-Pinetum besiedelt werden. Die trockensten Bestände dieser so gefassten Gesellschaft gehören nach BRAUN-BLANQUET (1961) in zwei eigene Assoziationen, das Ononido (rotundifoliae)-Pinetum und das Odontito (viscosae)-Pinetum der extremsten Trockenlagen. Er stellt diese beiden Gesellschaften sogar in einen eigenen Verband, das Ononido-Pinion.

Gewisse Föhrenbestände lassen sich in keine dieser Assoziationen eingliedern; ihre Krautschicht erinnert eher an die eines lockeren Eichenwaldes. Offenbar Degradationsstadien von solchen Wäldern, werden sie von ELLENBERG und KLOETZLI (1972) ins Cytiso-Pinetum gestellt, das der Ordnung der Quercetalia pubescentis-petraeae zugeordnet wird.

2.262. Die übrigen Laubbäume

Die Buche (Fagus silvatica) fehlt im Innern des Walliser Trokkengebietes vollständig. Einerseits setzt ihr die Trockenheit, die sich vor allem im Frühjahr und im Sommer bemerkbar macht, eine Schranke. Andererseits wird sie durch die Spätfröste geschwächt, da sie wegen der hohen Tagestemperatur im Frühjahr früh austreibt. Die Eiche, die später austreibt, wird weniger betroffen. Anpflanzungsversuche mit Buchen bei Visp vor ca. 70 Jahren sind gescheitert; es bleiben nur noch wenige kümmerliche Bäume im Eichen-Föhrenwald übrig.

Vom Genferseebecken her stösst die Buche im Talboden bis an die Klimaschwelle unterhalb Martigny vor. In höheren Lagen (etwa

1000 m ü.M.) findet man sie noch, besonders an Nordhängen, ein paar km talaufwärts, am linken Talhang etwa bis über Saxon. Sie bildet hier ausgedehnte, noch unbeschriebene Bestände. Ihre Verbreitung stimmt hier gut mit den oft beobachteten Nebelbänken überein, welche den Einflussbereich der feuchten Luftmassen bezeichnen, wenn in den Nordalpen Niederschläge fallen, es im Wallis aber heiter ist.

Die Buche erreicht aber auch den Rand des Walliser Trockengebietes in den Seitentälern der rechten Talflanke, die von den Pässen der Waadtländer und westlichen Berner Alpen herunterkommen (HAINARD 1969).

Die Linde (v.a. die Sommerlinde, Tilia platyphyllos), die Esche (Fraxinus excelsior), die Ulme (Ulmus spec.) und den Spitzahorn (Acer platanoides) trifft man im Wallis nur an mesophileren Standorten, v.a. in den ozeanischer getönten Klimagebieten, z.B. im Rhoneknie, z.T. auch in den südlichen Seitentälern und an Standorten, die aus edaphischen Gründen frischer sind (JACCARD 1895). Linden und Eschen kommen im Innerwallis auch an Nordhängen vor, wo sie auf groben Schutt dominieren können (z.B. Tourbillon-Nordhang bei Sion). Ob diese Bestände zu den von den Föhntäler der Nordalpen beschriebenen Linden-Blockschuttwälder zu zählen sind, müsste noch abgeklärt werden.

Die Traubeneiche (Quercus petraea) wächst auf ähnlichen Standorten wie die Esche. Merkmale dieser Art findet man aber an einzelnen Flaumeichen im ganzen Wallis. Die Stieleiche (Quercus robur) kommt in der Talebene auf feuchteren Böden vor. Auch sie kann Bastarde mit der Flaumeiche bilden.

Häufige Bionierbaumarten sind neben der Föhre die Aspe (Populus tremula) und die Birke (Betula pendula). An den Südhängen sind die Bedingungen aber, besonders für die letztere Art, häufig zu trocken. Man findet diese Bäume deshalb dort meist nur entlang von offenen Wasserleitungen, zusammen mit Eschen.

Die einzigen Laubbäume, die auch im inneren Wallis den Flaum-

eichenwäldern beigemischt sind, ohne je eine wichtige Rolle zu spielen, sind die Mehlbeere, der Feld- und der schneeballblättrige Ahorn (Sorbus aria, Acer campestre und A. opalus).

2.263. Die übrigen Nadelbäume

Andere Nadelbäume als die Waldföhre sind im Untersuchungsgebiet in der Baumschicht kaum anzutreffen. Einzig im unteren Mittelwallis steigt die Fichte (Picea excelsa) an einigen Stellen bis 1200 m (1000 m) ü.M. (GAMS 1927) herunter, während an Nordhängen die Lärche (Larix decidua) manchmal fast bis zur Talsohle herunter steigt. An einigen Orten wird sie auch in Föhrenbestände eingepflanzt (z.B. Pfinwald). Die Weisstanne (Abies alba) findet man in der Strauchschicht der Flaumeichenwälder des unteren Mittelwallis relativ häufig.

2.3. Die untersuchten Faktoren

Eine Durchsicht durch die Literatur und Begehungen im Gebiet haben ergeben, dass die Faktoren Klima, Substrat, menschlicher Einfluss sowie andere biotische Faktoren für das Vorkommen von Flaumeiche und Waldföhre im Wallis entscheidend sein könnten. Dabei wird angenommen, dass das Walliser Trockengebiet floristisch keine nennenswerten Unterschiede aufweist, dass also die beiden Baumarten und ihre Begleitflora seit dem Ende der Eiszeit genügend Zeit hatten, alle ihre potentiellen Standorte zu besiedeln. Dagegen hat sich sicher im Laufe der Zeit das Verhältnis des Menschen zum Wald mit den Wandlungen seiner Lebensweise, durch das Fortschreiten der Technik bedingt, verändert.

Es könnten also alle sekundären Standortsfaktoren nach WALTER

(1960) betroffen sein: Klima, Relief, Muttergestein, Lebewesen und Zeit. Diese Standortsfaktoren wirken aber auf die Pflanze nur über die "unmittelbar wirkenden Standortsfaktoren" nach GIGON (1971, primäre Faktoren nach WALTER), nämlich über Strahlung (Licht, Wärme), Wasser, chemische und mechanische Einflüsse.

Zwischen den gemessenen oder beobachteten Standortsbedingungen und der Ausprägung der Vegetation besteht nicht zwingenderweise ein kausaler Zusammenhang; ohne experimentelle Untersuchungen kann nur eine Korrelation festgestellt werden (GIGON 1975).

Experimentelle Arbeiten würden im Walliser Wald Jahrzehnte beanspruchen (siehe auch 2.321). Die Wandlung der Waldbewirtschaftung in den letzten Jahrzehnten kann aber als indirektes Experiment in bezug auf den menschlichen Einfluss gewertet werden, indem Zeugnisse früherer Jahre ("Experimentsprotokolle") mit dem heutigen Zustand der Wälder verglichen werden.

2.31. Die klimatischen Faktoren

Die klimatischen Faktoren (einschliesslich die meso- und mikroklimatischen, die weitgehend durch das Relief bestimmt werden), könnten der Verbreitung der Flaumeiche gewisse Schranken setzen. Die Föhre, mit ihrer grossen Kälte- und Trockenheitsresistenz, aber ihrer geringen Konkurrenzkraft, könnte die von ihr gemiedenen Standorte besiedeln.

2.311. Das Licht

Im Wald kann unter dem Kronendach das Licht so abgeschwächt werden, dass für gewisse Pflanzen der Krautschicht und den Jungwuchs gewisser Baumarten der Lichtkompensationspunkt unterschritten wird. Die geringe Konkurrenzkraft der Waldföhre ist in erster Linie durch ihr extrem grosses Lichtbedürfnis bedingt.

2.312. Die gesamte Strahlung

Die Energiezufuhr eines Oekosystems an der Erdoberfläche besteht aus der direkten, kurzwelligen Sonnenstrahlung I, der Himmelsstrahlung H (kurzwellige Strahlung, die in der Atmosphäre gestreut wurde) und der langwelligen Gegenstrahlung der Atmosphäre G (die Atmosphäre absorbiert einen Teil der Sonneneinstrahlung und gibt die Energie wieder als Wärme ab). Sonnen- und Himmelsstrahlung - oft als Globalstrahlung zusammengefasst - werden z.T. von der Bodenoberfläche oder der Vegetationsdecke direkt reflektiert (kurzwellige Reflexstrahlung R, Albedo), z.T. von diesen absorbiert. Diese absorbierte Energie wird dann wieder als langwellige Ausstrahlung A an die Atmosphäre abgegeben.

Aus diesen Grössen kann die sog. Strahlungsbilanz S gezogen werden, wobei sie nach Bedarf in eine kurzwellige (S_k) und eine langwellige (S_l) Bilanz aufgeteilt werden kann:

$$S = I + H + G - R - A$$
$$= S_k + S_l$$
$$S_k = I + H - R$$
$$S_l = G - A$$

Eine Uebersicht über die Strahlungsphänomene gibt DIRMHIRN (1964). In unseren Breiten ist nach BUDYKO (1958) die Strahlungsbilanz über das Jahr positiv und bestreitet etwa 90 % der Energiezufuhr (der Rest kommt von der advektiven Wärmezufuhr). Zwei Drittel dieses Energieüberschusses werden durch Verdunstung und Evapotranspiration verbraucht, das andere Drittel wird durch Massenaustausch in der Luft abgeführt. Im Hochgebirge spielt der Massenaustausch nach MUMINOV (1959, zitiert in TURNER 1966) die grössere Rolle.

Nach GEIGER (1961) ist die Strahlungsbilanz in der Grössenordnung etwa gleich gross wie die Sonneneinstrahlung, d.h. die in die Atmosphäre von der Erdoberfläche abgegebene Strahlung (- A - R) kompensiert die aus der Atmosphäre einfallende Strahlung (H + G) :

$$H + G - R - A = 0$$

Das Verhältnis der beiden Strahlungskomponenten (H + G / R + A) ist also angenähert eins. FRANK und LEE (1966) schliessen daraus, dass für das Strahlungsklima eines Ortes v.a. die direkte Sonneneinstrahlung wichtig ist.

Innerhalb einer Höhenstufe eines begrenzten Gebietes mit mehr oder weniger einheitlichem Grossklima wie das trockene Innerwallis ist das Relief der ausschlaggebende Faktor für das Strahlungsklima. Die auf einen Ort einfallende Sonnenstrahlung hängt von dessen Exposition und Neigung und von der Himmelsöffnung darüber ab.

In Abhängigkeit von der Meereshöhe verändert sich die langwellige Strahlungsbilanz (G - A). Wegen der tieferen Temperaturen der oberen Luftschichten und der Abnahme des Wasser- und Staubgehaltes der Atmosphäre mit der Höhe (VALKO 1970, 1971) nimmt die atmosphärische Gegenstrahlung mit dieser stärker ab als die Ausstrahlung. Das Verhältnis H + G / R + A wird also kleiner. Das wirkt sich auf die gesamte Strahlungsbilanz aus: Obwohl auch die Sonneneinstrahlung mit der Höhe zunimmt, ist eine "Tendenz einer Abnahme der Bilanz mit der Meereshöhe" festzustellen (TURNER 1966).

Im Wallis kommt aber noch die relative Enge des Tals als Schwierigkeit hinzu: Dadurch wird einerseits ein Teil der Reflexion und der Ausstrahlung auf den gegenüberliegenden Hang gestrahlt. Die vom anderen Hang einfallende Reflexstrahlung ist weniger gross als die durch die Horizontüberhöhung wegfallende Himmelsstrahlung (DIRMHIRN 1964), der Hang bekommt also weniger kurzwellige Strahlung. Dagegen verbessert sich seine langwellige Strahlungsbilanz, da der Gegenhang wegen seiner im Vergleich zur Atmosphäre höheren Temperatur eine höhere Ausstrahlung hat, als der verdeckte Himmelsteil sie hätte.

Nach DIRMHIRN (1964, Berechnungen in 1200 m Höhe in den Ostalpen) bewirkt während der Vegetationsperiode eine Horizontüberhöhung von 15° (entspricht der durchschnittlichen Ueberhöhung im Wallis) eine Abnahme der Strahlungsbilanz um ca.

6 % (Tab. 3).

Tab. 3 Einfluss der Horizontüberhöhung auf die Strahlungsbilanz (nach DIRMHIRN 1964, Berechnung der monatlichen Strahlungsbilanz in 1200 m ü. M. in den Ostalpen).

Ueberhöhung	März			Juni			Dezember[1]		
	Bilanz[2] 0°	15°	Diff. 0°/15°	Bilanz[2] 0°	15°	Diff. 0°/15°	Bilanz[2] 0°	15°	Diff. 0°/15°
S_k	+119	+114	- 4%	+445	+422	- 5%	+37	+33	-12%
S_l	-95	-91	+ 5%	-118	-114	+ 3%	-80	-77	+ 4%
S	+24	+23	- 6%	+327	+308	- 6%	-43	-44	- 3%

[1] mit Schneebedeckung [2] in $cal \cdot cm^{-2} \cdot d^{-1}$

Aehnliche Werte können auch für das Wallis aufgenommen werden. Man kann also auch in diesem Gebiet davon ausgehen, dass die Unterschiede im Strahlungshaushalt auf derselben Höhenstufe etwa denen der direkten Sonneneinstrahlung entsprechen und die anderen Komponenten der Strahlung die Gegensätze höchstens mildern, sie aber nicht aufheben.

Da die Eichen allgemein sensibler auf verminderte Strahlung reagieren als die Föhren (siehe Abschnitt 2.1.), wurde den Strahlungsverhältnissen im Wallis besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Es wurde versucht, sie mit der potentiellen Vegetation zu korrellieren.

2.313. Die Kontinentalität

Da einerseits die Flaumeiche schlecht tiefe Temperaturen erträgt und insbesondere beim Blattaustrieb durch Spätfröste Schaden erleiden kann, andererseits die kontinentalen Bedingungen des Wallis bekannt waren (ROTEN 1964, PRIMAULT 1964), wurde von Anfang an die Wichtigkeit der Extremtemperaturen auch im Wald erkannt (BURNAND 1970). Dabei waren die Untersuchungen von ROTEN (1964) besonders wertvoll, der die Minimumtemperaturen in den Kulturgebieten des Innerwallis gemessen hat.

Die Tatsache, dass das Oberwallis trockenere Sommermonate aufweist als die unteren Teile des Tales (Abschnitt 2.2), lässt vermuten, dass die Kontinentalität, ausgedrückt in den täglichen Temperaturschwankungen, dort grösser ist. Kontinuierliche Messungen von Lufttemperatur und - feuchtigkeit während der Vegetationszeit können darüber Aufschluss geben.

2.32 Der Boden

Das Substrat kann einen differenzierenden Einfluss auf die Waldvegetation ausüben, sei es über das unterschiedliche Nährstoffangebot der verschiedenen Gesteine, sei es, dass diese den Bodenwasserhaushalt wegen ihrer unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften verschieden prägen.

2.321. Das pflanzenverfügbare Wasser

Gibt es eine Trockengrenze (im trockenen Walliser Klima durch die Bodenstruktur hervorgerufen), die von der Flaumeiche schneller erreicht wird als von der genügsamen Waldföhre?

SCHMID (1936) glaubt, dass im Pfinwald an den trockensten Südhängen mit ihrem lockeren Kalkschuttuntergrund die Trockengrenze des Waldes überhaupt fast erreicht sei, und dass solche Standorte nur noch von kümmerlichen Föhren besiedelt werden könnten. BRAUN-BLANQUET und RICHARD (1949) denken demgegenüber, dass diese Standorte vom Menschen degradierte Flaumeichenstandorte seien, und bei genügender Bodenreife von diesem Baum wieder besiedelt werden könnten. Das heisst, dass in der Naturlandschaft die Bodenreifung auch auf den extremsten Kalkstandorten so weit fortgeschritten wäre, dass die Flaumeiche sie hätte besiedeln können.

Da reifere Böden mehr Feinerde im Oberboden aufweisen, und zudem dessen Humusgehalt höher ist, ist auch ihr Wasserspeicherungsvermögen höher als das der Rohböden (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1966).

Zu berücksichtigen ist aber, dass die Flaumeiche, hat sie einmal eine gewisse Grösse erreicht, wie die Föhre sehr tiefe Pfahlwurzeln besitzt (bis 5 Meter, KOESTLER et al. 1968). Diese ermöglichen ihr, das benötigte Wasser wenn nötig aus sehr tiefen Bodenschichten zu holen. Wenn also BRAUN-BLANQUET und RICHARD (1949) einen mehr oder weniger ausgewachsenen Flaumeichenwald auf einem relativ reifen Boden beobachten, ist damit noch kein ursächlicher Zusammenhang (reifer Boden - Flaumeichenvorkommen) erwiesen. Ebenso könnte unter einem Flaumeichenbestand der Boden schneller reifen als unter Föhren, oder der Standort so lange unbeeinflusst geblieben sein (im Unterschied zu solchen mit Föhren), dass der Boden mehr Zeit für die Reifung gehabt hätte.

Im Jugendstadium aber, wenn die Flaumeichen noch keine genügend tiefe Pfahlwurzeln ausgebildet haben, könnte das Wasserspeichervermögen des Bodens entscheidend sein. Da könnte dessen Reifegrad, aber auch das Ausgangsgestein von Bedeutung sein. Zum Beispiel könnten an extrem trockenen Standorten Jungpflanzen nur in einer Reihe von feuchteren Jahren aufkommen. Um das zu untersuchen, gibt es zwei Möglichkeiten.

(a) Man könnte auf einer Untersuchungsfläche das Alter der Bäume bestimmen und versuchen, die Periode ihres Aufwachsens mit einer Serie von feuchteren Jahren in Verbindung zu brigen. Schon eine gewisse Uebereinstimmung des Alters würde einen Hinweis auf die Richtigkeit dieser Theorie geben.

Im Wallis scheitern diese Untersuchungen an der Tatsache, dass mehr oder weniger alle Flaumeichen aus Stockausschlägen gewachsen sind, und die Altersbestimmung des Stockes praktisch unmöglich ist. Jungbäume sind sozusagen keine zu beobachten.

(b) Mit Aufzuchtversuchen könnte das Verhalten von Jungpflanzen untersucht werden. Wegen der grossen Variabilität innerhalb der Art müsste einheimisches Samenmaterial dazu verwendet werden. Während der Untersuchungsjahre 1970-73 war jedoch nur das letzte ein sehr mässiges Mastjahr, wo mit Mühe einige Eicheln zu finden waren, in den andern Jahren war die Eichelnproduktion

gleich null.

Es bleibt somit nur die Möglichkeit, direkt die Bodenwasserverhältnisse zu untersuchen, in der Hoffnung, die Ergebnisse mit dem (je nachdem potentiellen oder aktuellen) Vorkommen von Flaumeiche und Föhre korrelieren zu können.

In den Walliser Böden sind aber Bodenwasseruntersuchungen wegen des hohen Skelettanteils sehr schwierig. Solche Untersuchungen wurden in skelettreichen Böden wegen der technischen Schwierigkeiten noch kaum gemacht, auch sind die Untersuchungsmethoden kaum erprobt. Meistens begnügt man sich, wenn überhaupt, mit der Analyse der Eigenschaften der gestörten (gesiebten) Feinerde in bezug auf das Wasser und mit der Bestimmung des Skelettvolumens, und berechnet daraus theoretisch das pflanzenverfügbare Wasser pro Bodenvolumen (MEYER 1976). Dass bei der Untersuchung von gestörten Feinerdeproben mögliche Artefakte berück sichtigt werden müssen, muss nicht besonders betont werden.

2.322. Das Nährstoffangebot

Da im Walliser Trockengebiet Kalk-, Kalkschiefer-, Karbon- und granitische Gesteine vorkommen, muss die Frage geprüft werden, ob diese wegen ihrer chemischen Unterschiede einen Einfluss auf die Ausbildung der potentiellen Vegetation haben.

Die Föhre hat weniger hohe Nährstoffansprüche an den Boden als die Flaumeiche. Extrem arme Gesteine kommen aber im Gebiet nicht vor. Unterschiede im Nährstoffangebot könnten wahrscheinlich nur im Zusammenhang mit andern Faktoren wirksam sein.

Durch den Prozess der Bodenreifung wird das Muttergestein zersetzt, und werden Nährstoffe (insbesondere Tonmineralien) freigesetzt (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1966). Die Aussage von BRAUN-BLANQUET und RICHARD (1949), dass Flaumeichen auf reiferen Böden vorkommen und mit fortschreitender Bodenreife auch heutige Föhrenstandorte besiedeln würden, verdient auch von diesem

Standpunkt her Beachtung.

Der Vergleich der Bodenprofile und die Analyse des Nährstoffangebots im Hauptwurzelhorizont können diese Aussage bestätigen oder widerlegen.

2.33. Der menschliche Einfluss

ELLENBERG (1963) gibt eine umfassende Uebersicht über die Wirkungsweise und den Grad des menschlichen Einflusses auf die Vegetation in Mitteleuropa. Die Wälder können durch die verschiedenen menschlichen Tätigkeiten wie Holzschlag, Brand, Waldweide, Schneiteln in unterschiedlicher Weise entscheidend verändert werden. Dabei können lokal Unterschiede in der Struktur und der Zusammensetzung der Wälder entstehen, wo in der Naturlandschaft ein mehr oder weniger einheitlicher Klimaxwald stehen würde.

Je nach der Art und Weise, wie der Mensch in das Waldökosystem eingreift, kann in einem Gebiet, wo Flaumeiche und Waldföhre gemeinsam vorkommen, der eine oder der andere Baum zur Vorherrschaft gelangen.

Im Schibljak des Balkans ist z.B. die Niederwaldwirtschaft mit Beweidung gekoppelt, wobei eine Eichenbuschformation mit ausschlagkräftigen Arten entsteht (WALTER 1968). Solche Eichenbuschweiden (mit starker Beimischung von Feldahorn) fand GAMS (1927) oberhalb Fully, wo sie "botsats" genannt wurden.

In andern Gebieten kann eine ähnliche Bewirtschaftung zu Föhrenwäldern führen, wobei es offenbar auf geringfügige Unterschiede in der Wirkung der einzelnen Einflüsse und des Klimas ankommt (RUŽIČKA 1964).

Will man ein vollständiges Bild über die Entstehung der heutigen Vegetation und über die potentielle Vegetation erhalten, muss deshalb die Analyse des menschlichen Einflusses möglichst genau sein.

In den letzten Jahren ist durch die Luftverschmutzung ein weiterer Faktor hinzugekommen, der die Verteilung der Baumarten im Wallis beeinflusst. Als immergrüne Nadelbäume reagieren die Föhren besonders auf Schadstoffe aus der Luft. Sie können diese, wenn sie einmal in den Blättern aufgenommen sind, nicht so schnell wie die sommergrünen Bäume durch Laubabwurf ausschalten, sondern müssen sie bis vier Jahre (Alter der Nadeln) akkumulieren (KELLER 1968).

Im Wallis sind besonders die Gegend von Pfin (Aluminiumwerke Chippis) und Visp (chemische Werke der Lonza) Luftverschmutzungen ausgesetzt. Schon seit über 50 Jahren (WILLE 1922) sind diese Tatsachen bekannt, und wird Schadenersatz geleistet, der den Forstämtern zugute kommt. Grundsätzliches zur Lösung dieser Probleme wurde jedoch kaum unternommen.

2.34. Die andern biotischen Faktoren

2.341. Die Standortsveränderungen durch die Bäume

In der Natur- wie in der Kulturlandschaft verändern die Bäume die Standortsbedingungen ihrer Umgebung. Der Einfluss der Baumschicht auf das Lichtklima des Waldes wurde in 2.311. erwähnt. Die Baumschicht kann aber insbesondere auch durch ihren Einfluss auf die Vorgänge in der obern Bodenschicht (z.B. durch Streuanlagerung, Förderung der Rohhumusbildung, siehe OVINGTON 1954) die Keimung der Konkurrenten, aber auch des eigenen Nachwuchses beeinflussen, sei es fördernd oder hemmend. Durch Förderung der Keimung der fremden Art und Hemmung der eigenen wäre eine zyklische Sukzessionsabfolge gegeben.

2.342. Parasiten

In Abhängigkeit der andern Faktoren könnte die eine oder die andere Art vermehrt unter Parasitenbefall zu leiden haben. Im

Wallis konnte auf Eichenblättern verschiedentlich Mehltau beobachtet werden. Die Mistel (Viscum album L., var. pini Tuboeuf) ist im Gebiet auf fast jeder Föhre anzutreffen.

Der Einfluss dieser Parasiten auf die Verteilung der Baumarten konnte aber nicht weiter untersucht werden.

2.35. Die Vegetation

Auch die Bodenvegetation der Wälder verhält sich in Abhängigkeit der Standortsfaktoren. Die Bodenpflanzen können als Zeiger aufgefasst werden und erlauben Schlüsse auf die Standortsverhältnisse (ELLENBERG 1975). Sie reagieren aber auch in starkem Ausmass auf den Einfluss der Baumschicht (wie die Jungbäume, siehe vorigen Abschnitt) und können auf den momentanen Zustand, und somit auch auf die potentielle Vegetation dieses Standorts hinweisen.

In einer alten Kulturlandschaft wie das Wallis sind die Hinweise auf die potentielle Vegetation sehr wichtig. Nur in bezug auf diese können Korrelationen zu den nicht anthropogen beeinflussten Standortsfaktoren erwartet werden. Die potentielle Vegetation kann aber nur aus der heutigen im Vergleich zu den Standortsfaktoren rekonstruiert werden.

Es wurde deshalb versucht, die Flaumeichenwälder des Wallis soziologisch möglichst vollständig zu erfassen und diese Analyse mit einigen Aufnahmen aus den Föhrenwäldern zu ergänzen.

Die Untersuchung des Produktionsvermögen der Vegetation, in diesem Fall der Bäume, könnte auch ihr ökologisches Verhalten in der Naturlandschaft klären helfen. Im Wallis aber sind, wie erwähnt, mehr oder weniger alle Flaumeichen aus Stockausschlägen gewachsen und verfügen deshalb über ein ausgedehntes Wurzelwerk, das nicht der Grösse der oberirdischen Teile entspricht. Produktionsmessungen wären somit nicht interpretierbar.

Bei der Waldföhre besteht in dieser Hinsicht eine andere Schwie-

rigkeit. Da sie meistens durch die Konkurrenz von produktiveren Arten auf die schlechteren Standorte verdrängt wird, ist ihre Produktion auf Sekundärstandorten oft besser als auf natürlichen. Somit sind daraus keine Rückschlüsse auf die potentielle Vegetation möglich. Immerhin wurde im Rahmen dieser Arbeit eine kleinere Produktionsmessung an Föhren in der Gegend von Visp, wo günstige Voraussetzungen dafür gegeben schienen, unternommen.

2.4. Methoden

2.41. Vegetationskundliche Methoden

2.411. Wahl der Aufnahmeflächen und Aufnahme der Bestände

Bei der Wahl der Aufnahmeflächen wurde auf folgende Punkte geachtet:

1. Der Bestand musste möglichst geschlossen sein, d.h. es wurden vor allem möglichst naturnahe Bestände im Sinne von ELLENBERG (1963) berücksichtigt.
2. Die Vegetation der Aufnahmeflächen musste möglichst homogen sein. Besonders wurde versucht, Waldrandeffekte zu vermeiden, indem die Flächen in genügendem Abstand vom Waldrand (meistens mindestens 10 m) angelegt wurden.

Aus diesen zwei Punkten ergab sich im allgemeinen eine Flächengrösse von 200 bis 400 m^2.

Die Pflanzenbestände wurden nach der Methode der Schule Zürich-Montpellier, wie sie in BRAUN-BLANQUET (1964) beschrieben ist, aufgenommen, wobei nur die Artmächtigkeiten berücksichtigt wurden.

Die Namen der Blütenpflanzen und Gefässkryptogamen entsprechen denen in HESS, LANDOLT und HIRZEL (1967,1970, 1972).

Die Moosflora wurde nur in beschränktem Masse aufgenommen. Die Moosarten werden nach BERTSCH (1959) benannt.

2.412. Tabellarischer Vergleich und Analyse der Einheiten

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der von ELLENBERG (1956) beschriebenen Methode tabellarisch verarbeitet und klassifiziert. Daneben wurde eine Computer-Ordination der Aufnahmen versucht, wobei ein Fortran-Programm verwendet wurde, das von KUHN aus dem in SCHMID und KUHN (1970) beschriebenen Programm weiterentwickelt worden ist.

Die erhaltenen Einheiten wurden auf Grund der Stetigkeit der Arten mit einem in MEYER (1976) beschriebenen Computer-Programm auf ihre Affinität untereinander und zu den Flaumeichenwäldern des Bielerseegebiets (GRUENIG 1947) geprüft. Das Programm verwendet dafür die Affinitätsformel von KULSZYNSKI (1928)[1].

Daneben wurden anhand der Liste der Hochsteten (über 50 % Stetigkeit) und der Steten (10 %) die Haupteinheiten mit den Einheiten von ELLENBERG und KLOETZLI (1972) verglichen.

2.42. Untersuchungen an Pflanzen

2.421. Produktionsmessungen

Produktionsmessungen wurden an den oberirdischen Teilen von Grauföhren in den Beständen gemacht, welche die Strasse von Visp nach Visperterminen säumen. Die Untersuchungsorte liegen bei etwa 800 m ü. M. (Koordinaten ca. 634 600/125 800). Es wurden die Produktion an einem Nordwesthang und diejenige an einem Südwesthang miteinander verglichen. Beide Hänge haben

---

1) $$V = \frac{100}{2} \frac{\Sigma s_1 + \Sigma s_2 + \Sigma \sigma}{2 \Sigma s_1} + \frac{\Sigma s_1 + \Sigma s_2 + \Sigma \sigma}{2 \Sigma s_2}$$

Σs_1 Summe der Stetigkeitswerte der Arten der ersten in der zweiten Gesellschaft.

Σs_2 Summe der Stetigkeitswerte der Arten der zweiten in der ersten Gesellschaft.

$\Sigma \sigma$ Summe aller Differenzen in den Stetigkeitswerten aller Arten.

eine Neigung von etwa 60 %; das Bodenmaterial ist Kalkschieferschutt. Am ersten Standort wächst ein geschlossener Föhrenwald, am zweiten ein etwas lockererer Flaumeichenwald, dem einige Föhren beigemischt sind.

Da Produktionsmessungen sehr arbeitsintensiv sind und wenige Hilfskräfte zur Verfügung standen, wurde von jedem Standort ein representativer Baum genau untersucht, der auf Grund von statistischen Ermittlungen über Höhe und Durchmesser der Bäume des Bestandes ausgewählt wurde.

Die beiden Bäume wurden am 28. August 1973 gefällt und in Stamm, Aeste, Zweige und Nadeln zerlegt. Der Stamm wurde an Ort und Stelle vermessen. Aus dem berechneten Volumen und aus der der Forstliteratur entnommenen Holzdichte für Föhren wurde das Stammgewicht berechnet. Das übrige Holzmaterial wurde an Ort und Stelle mit Federwaagen gewogen (Frischgewicht). Bei representativen Stichproben der Nadeln und Zweige wurde im Labor das Trockengewicht ermittelt (bei 105° getrocknet). Die auf beiden Bäumen vorkommenden Misteln wurden separat gleich behandelt.

Daneben wurde von den Föhren die Länge der Jahrestriebe 1973 und der durchschnittliche Stamm- und Astzuwachs (Jahrringe) gemessen, und von den Nadeln das durchschnittliche Alter und das Gewicht pro Paar ermittelt.

2.422. Keimversuche

Mit den wenigen 1973 gesammelten Eicheln (siehe 2.321.) wurde ein kleiner Keimversuch durchgeführt.

Die Eicheln stammten aus der Gegend von Visp (634 600/125 800, 800 m ü. M., 140 Stück) und aus der Gegend von Fully (573 000/109 500, 900 m, 30 Stück), SW- bzw. SSE-Lagen.

Es wurden drei Saatschalen mit steriler Gartenerde vorbereitet. Die eine bekam eine Streuschicht aus Eichenlaub, das bei Visp gesammelt worden war, die zweite wurde mit einer Föhrenstreuschicht aus derselben Gegend bedeckt. In der dritten Schale wurde die Erde nackt belassen. In jeder Schale wurden

am 1. Dezember 1973 5 Reihen zu 9 Eicheln von Visp und eine 9er-Reihe mit Eicheln von Fully gesetzt. Die Schalen wurden während der kalten Jahreszeit ins Gewächshaus gelegt. Nach zwei und vier Monaten wurden die gekeimten Eicheln gezählt.

2.43. Klimatologische Methoden

2.431. Sonneneinstrahlung

Um ein möglichst genaues Bild der Sonneneinstrahlungsverhältnisse im ganzen Gebiet zu erhalten, wurde ein Modell der direkten Sonneneinstrahlung auf die Hänge des Walliser Haupttales zwischen Mörel und Evionnaz (talabwärts von Martigny) und der untersten Seitentalabschnitte aufgestellt.

Grundlagen zur Erarbeitung dieses Modells waren:
1. Mögliche Sonnenscheindauer an 125 Punkten am 21. 6., 1. 5. bzw. 8. 8., 21. 3. bzw. 23. 9., 5. 2..bzw.4. 11. und 22. 12. (aus BURNAND 1976);
2. Exposition und Neigung der betreffenden Orte;
3. relative Tagesgänge der astronomischen Sonneneinstrahlung für verschieden exponierte und geneigte Flächen an den betreffenden Daten;
4. Jahresverteilung der absoluten astronomischen Tageseinstrahlungssummen (in kcal pro cm^2 und Zeiteinheit) für verschieden exponierte und geneigte Flächen. Dafür wurden die Werte aus den Tabellen der potentiellen Sonneneinstrahlung für 47^oN in FRANK und LEE (1966) verwendet. Für jede der dort enthaltenen Expositionen (16) wurden die kcal-Werte pro Tag für die verschiedenen Neigungen graphisch als Kurven über die Periode von März bis November aufgetragen.

Für die Ausarbeitung des Einstrahlungsmodelles wurde die atmosphärische Trübung vernachlässigt, da die Unterschiede in der Bewölkung des untersuchten Gebietes relativ gering sind (SCHÜEPP 1962).

Für die Bestimmung von Exposition und Neigung wurde auf der Landeskarte 1:100 000 das Gelände vom Talboden bis etwa 1500 m ü. M. (N- und NW-Hänge bis etwa 1000 m) in mehr als 1300

0.25 km^2 grosse Quadrate eingeteilt, deren durchschnittliche Exposition (in 16 Klassen) und Neigung (in 10 %-Stufen) bestimmt wurden. Diese dienten als Grundlage für die Berechnung von Exposition und Neigung von idealisierten, einheitlichen Hangabschnitten, die sich möglichst genau ins Gelände einfügten. Die Begrenzung dieser Abschnitte wurde entlang von Kanten und Geländeknicken gelegt.

Darauf wurde für jeden der 125 Punkte der relative Tagesgang der astronomischen Sonneneinstrahlung ermittelt.Dabei konnten von GROSSMANN (unveröff.) verarbeitete Globalstrahlungsmessungen aus dem Dischma (Davos) von TURNER (1966 und unveröff.) für das Wallis übernommen werden, da Davos wie das Wallis in den Zentralalpen liegt, und der Unterschied der geographischen Breite nur ein halbes Grad beträgt.

Diesen Tagesgangdiagrammen wurde die betreffende Sonnenscheindauer für jeden Ort überlagert, und das Verhältnis von effektiv möglicher zu astronomischer Einstrahlung als Verhältnis der entsprechenden Flächen berechnet (Beispiel Abb. 8).

Diese Prozentzahlen wurden nun mit den der Exposition und Neigung entsprechenden Sonneneinstrahlungs-Tagessummen (in kcal pro cm^2) von FRANK und LEE (1966) multipliziert und in die graphische Darstellung (siehe Punkt 4) als Säule eingetragen. Der Verlauf der Strahlungsänderungen zwischen den Daten wurde visuell interpoliert (Abb. 9).

Die Fläche unter der Kurve zwischen zwei Daten ergibt die Summe der Sonneneinstrahlung in kcal pro cm^2 über die Periode dazwischen. Vom 21. Juni (Sonnenwende, Symmetrieachse für die astronomische Sonneneinstrahlung) wurden zur einfacheren Berechnung vor- und rückwärts 30tägige Perioden abgetragen (siehe Abszisse in Abb. 9). Für jede dieser Perioden sowie für die Periode vom 24. März bis 19. Oktober (Summe von 7 30tägigen Perioden: entspricht etwa der Vegetationsperiode im Wallis nach GENSLER 1946 und PRIMAULT mdl.) wurde diese Strahlungssumme berechnet, und die letztere auf eine Karte eingetragen.

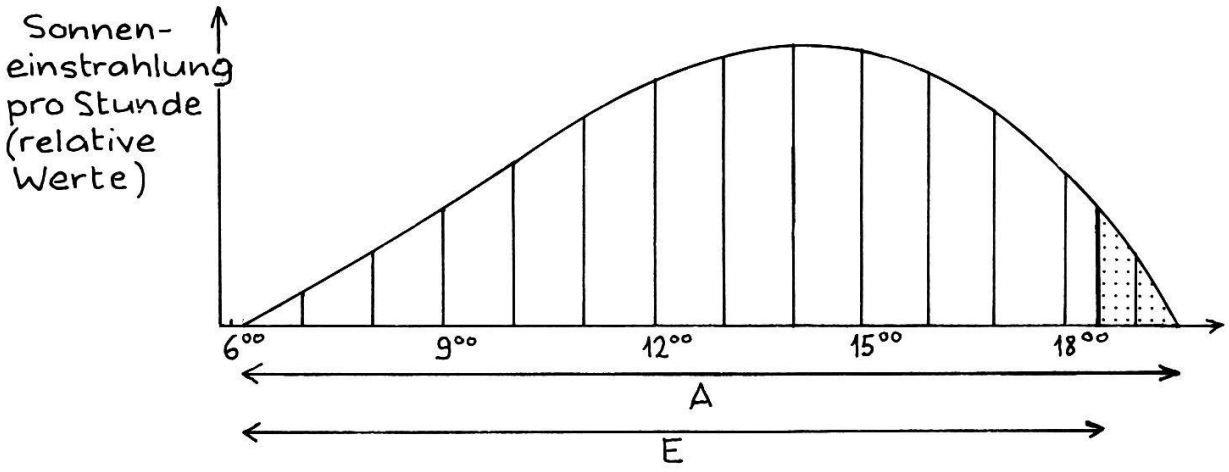


Abb. 8 Relativer Tagesgang der Sonneneinstrahlung.
Beispiel von Punkt 149 (Tab. 8, NW-Exposition, Neigung 50%) am 6. Juli.
A Sonnenscheindauer an NW-Hang mit 50% Neigung ohne Horizontüberhöhung (GROSSMANN unveröff.).
E Effektiv mögliche Sonnenscheindauer.

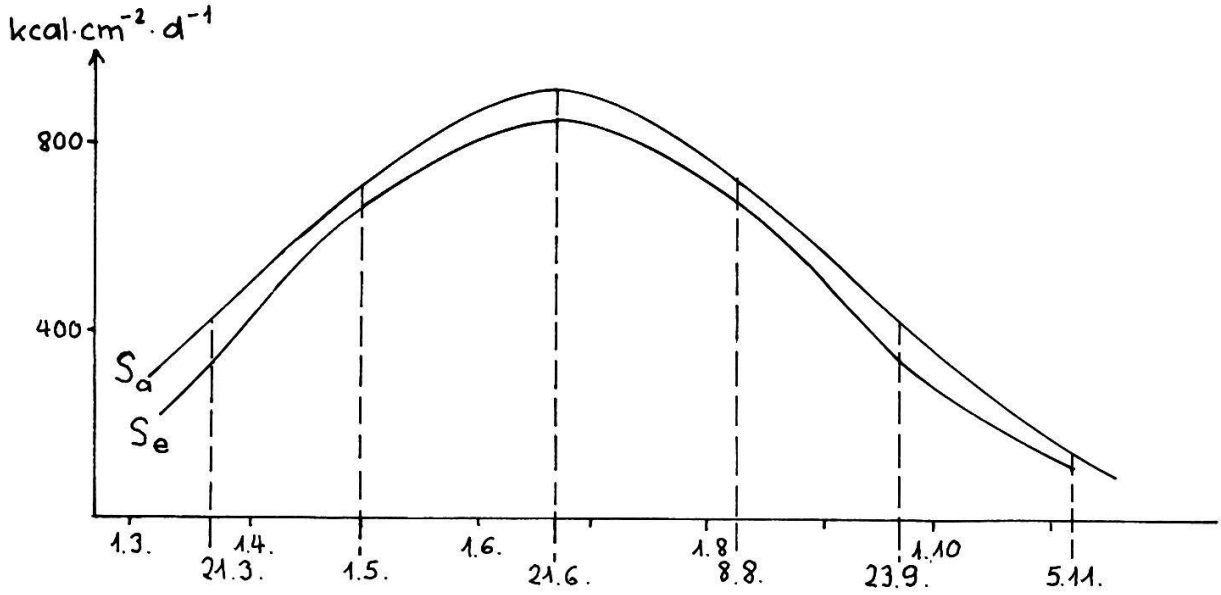


Abb. 9 Verlauf der Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode.
Beispiel von Punkt 149 (wie in Abb. 8).
S_a ohne Horizontüberhöhung (FRANK & LEE 1966).
S_e mit H., berechnet aus S_a und Verhältnis Fläche über E zu Fläche über A (Abb. 8).

2.432. Extremtemperaturen

Die Minimumtemperaturen wurden nach der Methode von ROTEN (1964) gemessen, wobei dieselben Holzgestelle als Unterlage für die Thermometer dienten. Es wurde also die Strahlungstemperatur gemessen ("VAH 50 cm", PRIMAULT 1962). Im Herbst 1972 im Oberwallis und im Frühjahr 1973 im Pfingebiet wurde an 15 bzw. 16 Orten während fünf klaren Tagen die Minimumtemperatur der Nacht gemessen. Um einen direkten Vergleich mit der Karte von ROTEN zu ermöglichen, wurde bei jeder Messreihe ein Messpunkt dieses Autors einbezogen.

Wie ROTEN gezeigt hat, sind die Bedingungen für die Abkühlung durch Abstrahlung in klaren Nächten im Frühling und im Herbst gleich, sodass die erhaltenen Herbst- und Frühlingswerte direkt vergleichbar sind.

Da im Mittelwallis ROTEN auf weiten Strecken die Messungen auch an den Hängen gemacht hat, und die eigenen Oberwalliser Werte zudem zeigten, dass an den Hängen erwartungsgemäss weniger Frostgefahr herrscht, wurde auf Messungen talabwärts von Sierre verzichtet.

2.433. Thermohygrographen-Messungen

Auf zwei Transekten durch das Walliser Haupttal wurden jeweils drei Wetterhütten mit einem Lamprecht-Thermohygrographen aufgestellt. Die erste Stelle lag am rechten Talhang (Süd- bzw. Südostexposition), die zweite im Talgrund und die dritte am linken, nord- bzw. nordwestexponierten Talhang.

Die Messungen, die von Mai bis September dauerten, wurden 1972 auf einer Transekte Varen-Pfin (unteres Oberwallis) und 1973 auf einer Transekte Fully-Charrat (unteres Mittelwallis) ausgeführt. Das wöchentliche Auswechseln der Streifen besorgten freundlicherweise Förster und Bauern der Gegend.

Um einen Vergleich der Messungen aus beiden Jahren zu ermöglichen, wurde bei der Auswertung nach folgender Methode vorgegangen (PRIMAULT mdl.):

1. Aus den beiden Messperioden wurden die 20 relativ strahlungs-

reichsten und die 20 strahlungsärmsten Tage betrachtet. Hierzu wurden die Werte der relativen Sonnenscheindauer der nächsten offiziellen Messstelle, derjenigen von Sion, aus den Annalen der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt für 1972 und 1973 übernommen. Es darf angenommen werden, dass das Wetter an den beiden Transekten (je etwa 25 km von Sion entfernt) etwa im gleichen Sinne schwankt wie in Sion. An diesen Tagen wurden Maximum- und Minimum-Temperaturen bzw. -Luftfeuchtigkeit bestimmt, sowie deren Differenz(Amplitude). Absolute Zahlen können nur für den Vergleich auf derselben Transekte berücksichtigt werden. Für den Vergleich zwischen den Transekten sind nur die Amplituden zu betrachten, da in zwei Jahren der Verlauf der Witterung verschieden ist.

2. Während einer zufällig aus den Messperioden ausgewählten Zeitspanne von 20 Tagen wurden die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmittel aus 8 Terminen pro Tag berechnet.

2.44. Bodenkundliche Methoden

Für die Bodenuntersuchungen im Labor wurde von jedem Untersuchungsort in den Tiefen 5 - 10 cm und 40 - 50 cm eine Mischprobe aus 6 Entnahmen verwertet, die zufällig auf einer Fläche von etwa 20 m^2 gemacht wurden. Die Mischproben wurden dann durch ein 2 mm-Gitter gesiebt.

2.441. Korngrössenbestimmung

Es wurde die Korngrössenverteilung von 9 Böden in den erwähnten Tiefen bestimmt. Die organische Substanz wurde durch Oxidation mit 30%igem H_2O_2 entfernt.

Für die Fraktionen über 0.1 mm wurde die Korngrössenverteilung in der Feinerde mittels Nassiebung bestimmt(STEUBING 1965, mit Fritsch-Analysette-Sieben).

Für die feineren Fraktionen wurde die Aräometer-Methode nach Casagrande angewendet (STEUBING 1965, Instrumente von Taylor Instruments Company, Rochester N.Y.). Mit dieser misst man die Dichteänderung einer Bodensuspension während des Absin-

kens der Bodenteilchen. Die von STEUBING angegebene obere Grenze der messbaren Durchmesser von 0.25 mm erwies sich bei Vorversuchen als zu hoch. Die erste Messung mit genügender Genauigkeit kann nämlich erst 30 Sekunden nach dem Suspendieren gemacht werden, wenn sich die Wirbel in der Suspension gelegt haben. Dabei werden die Fraktionen mit Durchmesser von ca. 75 μ abwärts erfasst.

Die Dichte der Suspension wurde nach 30 Sekunden, 1, 2, 5, 10, 15, 30 Minuten, 1, 2, 5 und 24 Stunden abgelesen.

Für die Berechnung der Korndurchmesser in Abhängigkeit von Sinkgeschwindigkeit der Teilchen und Dichte der Suspension wurde eine eigene Annäherungsformel entwickelt. Sie basiert, wie das Nomogramm in STEUBING, auf der Formel von Stokes. Sie nimmt an, dass das in der Suspension schwebende Aräometer die Dichte angibt, welche in der Höhe herrscht, wo sein Volumen halbiert wird. Bei den meisten Modellen entspricht diese Höhe in guter Annäherung der dicksten Stelle des Instruments (siehe SCHLICHTING und BLUME 1966). Es wird deshalb eine "mittlere Einsinktiefe" $\bar{h}$, der Abstand zwischen der Wasseroberfläche und dieser dicksten Stelle, eingeführt. Mit der Formel von Stokes wird der Durchmesser der grössten Teilchen d_{max} berechnet, die im Moment der Ablesung (Zeit t in sec) sich noch auf der Höhe $\bar{h}$ (in cm) befinden:

$$d_{max} = 2\sqrt{\frac{9}{2}\,\frac{\eta}{g}\,\frac{\bar{h}}{\Delta\rho_e}\,\frac{1}{t}}$$

(η: Viskosität des Wassers, bei 20°C $\eta = 0.01$:
$\Delta\rho_e = \rho_{fest} - \rho_{H_2O}$; ρ_{fest}: Dichte der Teilchen, in diesem Fall $\rho_{fest} = 2.65$; $\rho_{H_2O} = 1$)

Bei konstanten Messbedingungen sind nur $\bar{h}$ und t variabel:

$$d_{max} = 0.0105507\sqrt{\frac{\bar{h}}{t}}$$

$\bar{h}$ hängt nur von der Dichte der Suspension ab und steht mit der Anzeige A des Aräometers (in g pro l) in Zusammenhang. Dieser wird vor dem Eintauchen durch Abmessen von $\bar{h}$ für jedes A ermittelt:

Tab. 4 Berechnungstabelle für Korngrössensummenkurven bei der Verwendung von Aräometern. Beispiel für Instrumente, bei denen $\bar{h}_o$ = 17.5 cm und a = 0.1667 sind (siehe Text) und für eine Dichte der Bodenteilchen ρ_{fest} = 2.65.

t	Anzeige A[1] $g \cdot l^{-1}$	d_{max} (μ)	A in % von 40 g Einwaage (als Beispiel)
30"	10	76	25.0
	15	74	37.5
	20	72	50.0
	25	70	62.5
	30	68	75.0
1'	5	56	12.5
	10	54	25
	20	51	50
	30	48	75
2'	5	39	12.5
	10	38	25
	20	36	50
	30	34	75
5'	5	25	12.5
	10	24	25
	20	22	50
10'	0 - 5	18	0 - 12.5
	10	17	25
	15	16	37.5
15'	0 - 1	15	
	5 - 10	14	
	15	13	
30'	0 - 10	10	
1h	0 - 10	7	
2h	0 - 10	55	
5h	0 - 10	3	
24h	0 - 10	1.5	

[1] Die Bereiche von A sind hier an die grobkörnigen Walliser Böden angepasst und müssen bei feineren Böden wenn nötig gegen oben erweitert werden.

$$\bar{h} = \bar{h}_o - a \cdot A$$

($\bar{h}_o$: Einsinktiefe in reinem Wasser, bei A = 0; a: Umrechnungsfaktor, von der Skala abhängig)

Daraus kann eine Berechnungstabelle aufgestellt werden, in der aus der Zeit t und dem abgelesenen Wert A d_{max} berechnet werden kann (Tab. 4). Aus A und d_{max} kann eine Summenkurve der Korngrössenverteilung konstruiert werden.

2.442. Bodenchemische Methoden

Die bodenchemischen Analysen wurden nach folgenden Methoden an den unter 2.44 erwähnten gesiebten Proben ausgeführt:

pH (H_2O): In dickflüssigem Brei, der mit ionengetauschtem Wasser angerührt wurde. pH-Meter Zeromatic II.

Austauschbare Metallkationen: Austausch mit Ammoniumacetat (karbonatfreie Böden) oder Natriumacetat (karbonathaltige Böden). Bestimmung der einzelnen Ionen im Atomabsorber.

Austauschbare Wasserstoffionen: Austausch mit Bariumacetat, Titration mit NaOH gegen Phenolphthalein.
Alle Kationenanalysen nach den Methoden von STICHER (Agrikulturchem. Institut) ergänzt durch ROTH, ETH Zürich.

Humusgehalt: Nasse Verbrennung in Kaliumdichromat-Lösung in konzentrierter Schwefelsäure (STEUBING 1965).

2.45. Zum menschlichen Einfluss

Als Ergänzung zu Literaturangaben wurde bei Forstinspektoren und Förstern, sowie bei andern Einheimischen, denen ich während der Feldarbeiten begegnete, eine Umfrage über die Verhältnisse in den ihnen persönlich bekannten Wäldern gemacht. Dabei wurde ein eigens entworfener Fragebogen verwendet, der aber kaum je vollständig ausgefüllt werden konnte; meistens ergaben sich aus den einzelnen Gesprächen Teilaspekte, die zusammengefügt werden mussten.