

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
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: 04.12.2025

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

**Quercus pubescens – Wälder
und ihre ökologischen Grenzen im Wallis
(Zentralalpen)**

von JACQUES BURNAND

1976

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Problemstellung	5
2. Grundlagen und Methoden	8
2.1. Die Strategie der laubwerfenden Bäume und der pinoiden Nadelbäume	8
2.11. Der allgemeine Gegensatz	8
2.12. Die Gattung <u>Pinus</u>	11
2.13. Die Eichen und die Föhren	12
2.14. Flaumeiche und Waldföhre	14
2.2. Das Untersuchungsgebiet	19
2.21. Geographische Beschreibung	19
2.22. Das Klima	21
2.23. Die Geologie	27
2.24. Die Böden	30
2.25. Die Vegetations- und Kulturgeschichte	30
2.26. Die Waldvegetation	33
2.3. Die untersuchten Faktoren	36
2.31. Die klimatischen Faktoren	37
2.32. Der Boden	41
2.33. Der menschliche Einfluss	44
2.34. Die andern biotischen Faktoren	45
2.35. Die Vegetation	46
2.4. Methoden	47
2.41. Vegetationskundliche Methoden	47
2.42. Untersuchungen an Pflanzen	48
2.43. Klimatologische Methoden	50
2.44. Bodenkundliche Methoden	54
2.45. Zum menschlichen Einfluss	57
3. Die ökologischen Grenzen der Flaumeiche im Wallis	58
3.1. Ergebnisse und Diskussion der einzelnen Faktoren	58
3.11. Der menschliche Einfluss	58
3.12. Die aktuelle Verbreitung von Flaumeiche und Waldföhre	60

3.13. Das Substrat	64
3.14. Das Klima	70
3.15. Die Energieverhältnisse als limitierender Faktor für die Flaumeiche	80
3.16. Der Zuwachs der Föhren bei Visp	83
3.17. Keimversuche	85
3.2. Allgemeine Diskussion zur Oekologie	87
3.21. Die Grenzen des Strahlung/Wald-Modells im Wallis	87
3.22. Der Uebergang zwischen den Flaumeichen- und den Föhrenwäldern	88
3.23. Wald und Strahlung in andern Gebieten	89
3.24. Zur Strategie	98
4. Soziologische Untersuchungen in den Walliser Flaumeichenwäldern	101
4.1. Die Waldgesellschaften	101
4.11. Subkontinentale bis subozeanische Silikat-Flaumeichenwälder des Wallis	103
4.12. Kontinentale Flaumeichenwälder des Wallis	105
4.13. Flaumeichenwald mit <u>Ruscus</u> im Bereich der Voralpen	108
4.14. Gesamtvergleich der soziologischen Einheiten	108
4.2. Diskussion zur Soziologie der Walliser Flaumeichenwälder	111
5. Natur- und Landschaftsschutzfragen	116
Zusammenfassung	121
Résumé	123
Summary	125
Literatur	127
Anhang zur Vegetationstabelle (Tab. 12)	136
(Tabellen 12 und 13 separat beigelegt)	

Vorwort

=====

Die ökologische Bearbeitung der Wälder des Walliser Trocken-gebiets hat mich nicht nur mit pflanzenökologischen Frage-stellungen und Untersuchungsmethoden vertraut gemacht, son-dern mir auch neue Ausblicke in die verschiedensten Gebiete der Oekologie im weitesten Sinne, der Lehre der Beziehungen der Lebewesen untereinander und zu ihrer Umwelt, ermöglicht.

So war das Wallis, als ich mich zu dieser Arbeit entschloss, für mich kaum etwas anderes als ein sonniges Ferienland. Im Laufe meiner Aufenthalte dort habe ich nun manchen andern Aspekt dieses faszinierenden Kantons kennen- und schätzen-gelernt (oder insgeheim verflucht!).

Ebenso beschäftigte ich mich während der sechs Jahre meiner Tätigkeit am Geobotanischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich auch mit den Problemen des Natur- und Landschaftsschutzes, mit solchen unserer Land-wirtschaft, mit der Problematik der Entwicklungsländer, all-gemein mit den Problemen unserer Zivilisation und Umwelt. Auch meine Tätigkeit als Unterrichtsassistent und der Kon-takt mit den Studenten lieferten mir wertvolle Erfahrungen.

All dies, aber auch meine persönlichen Erfahrungen während meiner Freizeit, haben entscheidend zu meiner (Aus-) Bildung als Oekologe beigetragen, haben aber dazu, wenn auch nur in-direkt, immer wieder auf das Entstehen der vorliegenden Ar-biet eingewirkt. Diese ist somit nicht nur das Resultat von ökologischen Untersuchungen im Feld und im Labor und vom Li-teraturstudium, sondern ist auch als ein Ausdruck dieser sechs Jahre zu betrachten.

Dazu, dass es so weit kam, und dass insbesondere diese Ar-biet zu einem guten Ende geführt werden konnte, haben die vielen Personen, die im folgenden genannt sind, Entscheiden-des beigetragen.

Herr Prof. Dr. E. Landolt hat mir den Aufenthalt am Geobotanischen Institut und die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht. In den zahlreichen Gesprächen mit ihm war seine sachliche Erfassung der vegetationskundlichen Probleme stets anregend.

Herr Dr. B. Primault, von der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt, stellte sich als Korreferent zur Verfügung. Er führte mich in die praktischen Probleme der Klimatologie ein; jeder Gedankenaustausch mit ihm war bereichernd.

Auf diese Arbeit haben auch die Diskussionen mit PD Dr. F. Klötzli entscheidend eingewirkt. Seine weitreichenden vegetationskundlichen Kenntnisse und Erfahrungen waren immer eine wertvolle Hilfe, desgleichen die aufmerksame Durchsicht des Manuskriptes in der letzten Phase.

In der EAFV waren bei bodenkundlichen Problemen Prof. Dr. F. Richard und seine Assistenten stets hilfsbereit, desgleichen Dr. H. Turner bei Fragen des Strahlungshaushaltes.

Besonders anregend waren die vielen freundschaftlichen Gespräche mit meinen Kollegen am Institut, insbesondere mit Ch. Roth, Ch. Leuthold und H. Gadekar, die im gleichen Problemkreis arbeiteten, mit M. Meyer und O. Wildi, aber auch jene mit R. Lebeau und P. Kissling in Lausanne.

Die Kreisforstinspektoren des Wallis, insbesondere die Herren Andenmatten und Bodenmann, waren immer bereit, mir in forstlichen und waldgeschichtlichen Fragen und bei praktischen Problemen weiterzuhelfen.

Die Herren Marti, Willa, Bender, Luisier und Rey halfen mir beim Betreuen der Klimastationen, sowie bei einigen Arbeiten im Felde.

Im Institut übernahmen Frau Siegl, Frau Bräm, Frau Jonsen und Frau Bodmer viele praktische Arbeiten. Herr Sigg machte stets die gewünschten Instrumente und Werkzeuge sorgfältig bereit.

Nicht zu vergessen sind die vielen Walliser, die mir durch ihre Erinnerungen, durch die Angabe alter Bräuche, durch Beobachtungen, Anregungen usw., sowie nicht zuletzt durch ihre Freundlichkeit sehr geholfen haben.

Auf finanzieller Ebene hat, neben dem Geobotanischen Institut, die Schweiz. Pflanzengeographische Kommission einen substantiellen Beitrag an die Kosten der Feldarbeiten geliefert.

Endlich sei die Gastfreundschaft der Familie Morel in Sierre erwähnt. Diese freundlichen Menschen haben meine Aufenthalte im Wallis immer angenehm gemacht.

Allen diesen Personen danke ich herzlich für ihre Mitarbeit, ihre Hilfe und ihre Freundlichkeit, besonders aber Brigitte Wydler, die mich in den letzten Phasen dieser Arbeit auf allen Ebenen unterstützt hat.

1. Problemstellung

1.1. Flaumeiche und Waldföhre im Wallis

Das Wallis, das inneralpine Gebiet des Oberlaufs der Rhone (im deutschsprachigen Oberwallis Rotten genannt), ist schon lange als "in jeder Beziehung unser eigenthümlichstes Land" (CHRIST 1879) von Schweizer Reisenden und Naturforschern erkannt und besucht worden. In diesem durch die hohen Gebirgsketten der Berner und penninischen Alpen von Grossklimaeinfüssen teilweise abgeschirmten Tal hat sich eine eigenständige Vegetation entwickelt. So unterstreicht CHRIST den "südlichen Charakter" des Wallis mit der eindrücklichen Beschreibung der "Walliser Felsenheide". BRAUN-BLANQUET (1917) dagegen charakterisiert das Wallis nicht nur mit "steppenähnlichen Pflanzengesellschaften", sondern auch mit dem "öfters Vorkommen" von *Pinus silvestris* und *Quercus pubescens*.

Die "so großartig entwickelte Thalnatur" (CHRIST) bestimmt aber auch die landwirtschaftlichen Möglichkeiten im Wallis, und somit die Lebensweise der Bewohner und die Kulturlandschaft. So denkt HALLER (1742) nicht nur an die Vegetation, wenn er vom Wallis als dem "schweizerischen Spanien" schreibt.

Innerhalb des Alpenraumes kommen indessen noch andere Gebiete mit ähnlichen Klimabedingungen und ähnlicher Vegetation vor. BRAUN-BLANQUET (1917) fasste sie in der "inneralpinen Föhrenregion" zusammen. Später (1961) ist er in bezug auf die Interpretation der Vegetation vorsichtiger geworden und spricht in seiner ausführlichen Beschreibung dieser Gebiete vom "inneralpinen Trockenraum".

In der kollinen und montanen Stufe der inneralpinen Täler können, abgesehen von den grundwasserbeeinflussten Talböden und den Kulturen, drei xerotherme Pflanzenformationen unterschieden werden: die Felsensteppe (siehe FREY 1934), die Laubwälder (zur Hauptsache Quercus pubescens-Wälder) und die Nadelwälder, die von Pinus silvestris beherrscht werden.

Die ökologischen Unterschiede zwischen den beiden Waldformationen sind noch kaum untersucht worden. Sie werden von natürlichen Faktoren, aber in hohem Masse auch von der menschlichen Aktivität bedingt, sodass sich für diese Arbeit folgende zweiteilige Fragestellung herauskristallisierte:

- a) An welchen Standorten würden natürlicherweise Flaumeichen (Quercus pubescens), an welchen die Waldföhre (Pinus sylvestris) dominieren?
- b) Welchen Einfluss haben die verschiedenen Bewirtschaftungsarten auf die Ausbildung des Waldes?

Daneben sind die soziologische Stellung und Einteilung der Flaumeichenwälder noch kaum erforscht worden.

1.2. Das Problem des gemeinsamen Vorkommens von Eiche und Föhre

Vergleicht man die Areale der submediterranen Art Quercus pubescens und der eurosibirischen Art Pinus sylvestris, erkennt man, dass sie sich vorwiegend in den südlicheren europäischen Gebirgen und in Osteuropa überlappen. Dieses gemeinsame Vorkommen von Flaumeiche und Waldföhre ist ein typisches Beispiel für das häufige Zusammentreffen der Gattungen Quercus und Pinus in ähnlichen ökologischen Nischen innerhalb ihrer sich weitgehend deckenden Areale, sowie für das weltweite Konkurrenzverhältnis zwischen sommergrünen Baumarten und Pinus-ähnlichen Nadelbäumen (WALTER 1968, KLOETZLI 1975).

Es wird im folgenden versucht, etwas zur Klärung einiger Fragen, die sich in diesem grossen Zusammenhang stellen, beizutragen: Gibt es gemeinsame "Verhaltensmuster" innerhalb der Gattung Quercus (mit laubwerfenden und immergrünen Arten)?¹⁾ Unter welchen Bedingungen sind laubwerfende Bäume, unter welchen andern Bedingungen Nadelhölzer im Vorteil? Welchen Einfluss hat der Mensch auf die Verteilung der beiden Baumtypen?

Für Untersuchungen in diesem Zusammenhang sind die Wälder des

¹⁾ Innerhalb der Gattung Pinus sind diese "Verhaltensmuster" von KLOETZLI (1975) dargestellt worden.

Walliser Trockengebiets ein günstiges Objekt, denn die Baum-
schicht wird zur Hauptsache von nur je einem Vertreter der
laubwerfenden und der pinoiden Bäume gebildet. Konkurrenz-
verhältnisse innerhalb der zwei ökologischen Artengruppen,
welche die Untersuchungen komplizieren würden, kommen hier
deshalb nicht, oder nur am Rande des Gebiets, vor.

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 Frosthärtung 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 Übergangszeit 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 Überdauern von schlechten Perioden geeignet sind. Dank eines aufwendigen Schutzsystems (dicke Kutikula, Behaarung, osmotische und stomatische Anpassungen an den Wasserdampfdruck) kann der Assimilationsapparat Trockenheit und/oder Kälte ertragen, und bei Einsetzen von günstigen Assimulationsbedingungen 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 $\text{mg.g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
Sommergrüne Holzarten	15 - 25 (30)
Immergrüne Nadelbäume	3 - 18
Mediterrane Hartlaubarten	3 - 10

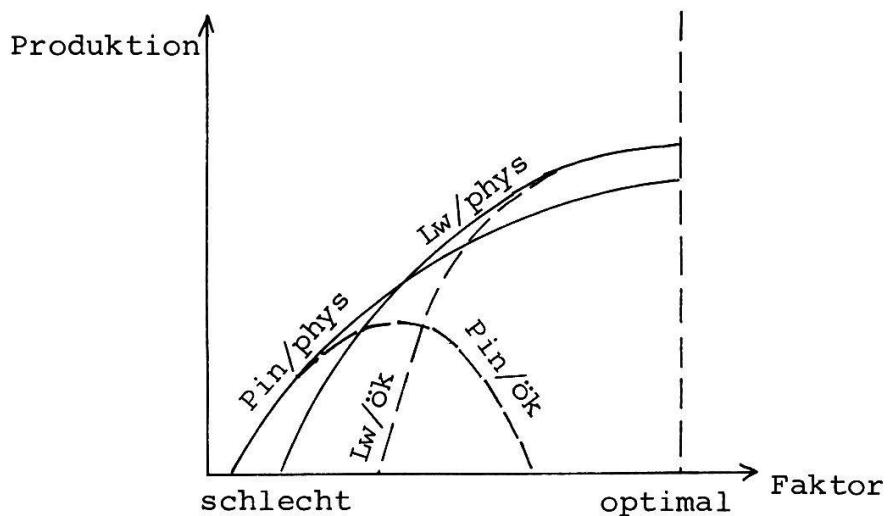


Abb.1 Schema des physiologischen (phys; ohne Konkurrenz) und des ökologischen Verhaltens (ök; unter Konkurrenzbedingungen; ELLENBERG 1954) der laubwerfenden (Lw) und der pinoiden Bäume (Pin).

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 Umkehrte 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 Übersicht 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-

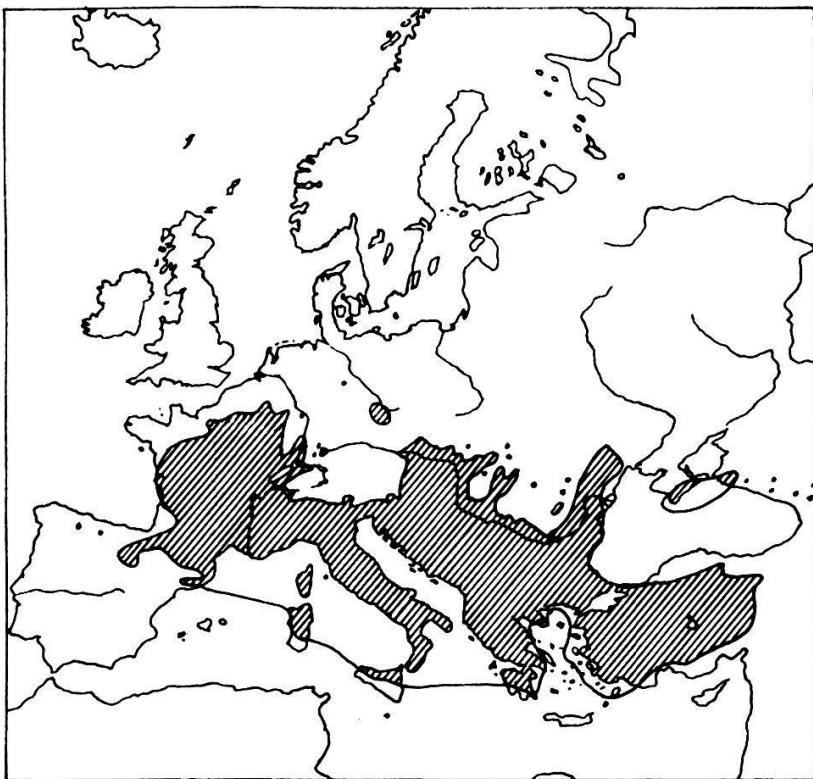


Abb. 2 Areal von *Quercus pubescens* Willd.
(nach MEUSEL et al. 1965).

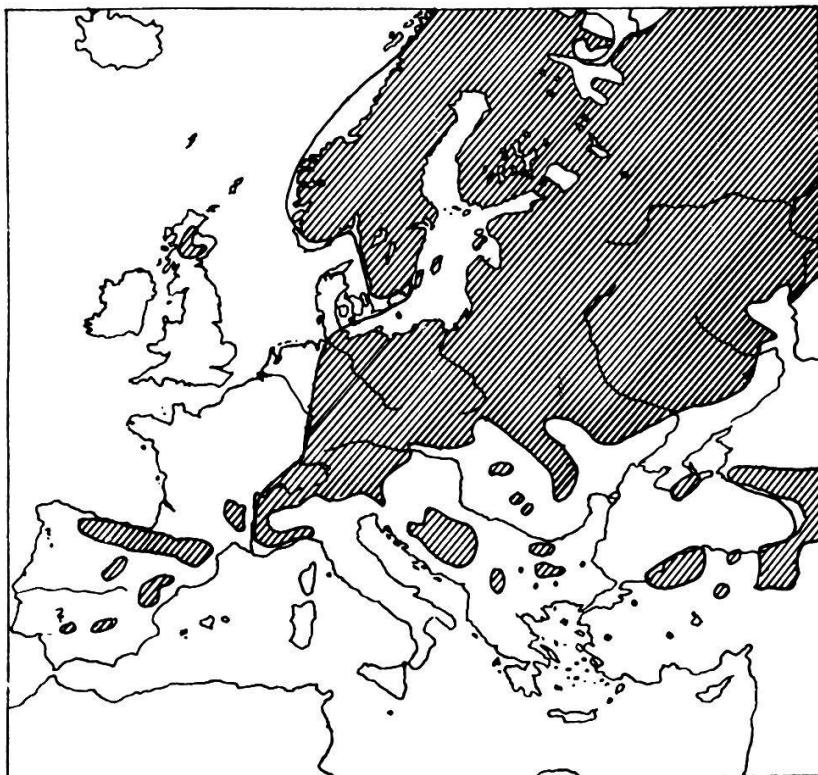


Abb. 3 Areal von *Pinus sylvestris* L. in Europa
(nach MEUSEL et al. 1965).

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. Ökologisch 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 Drücke (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 Verbindungs weg mit der Aussenwelt.

Nach GUTERSON (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.

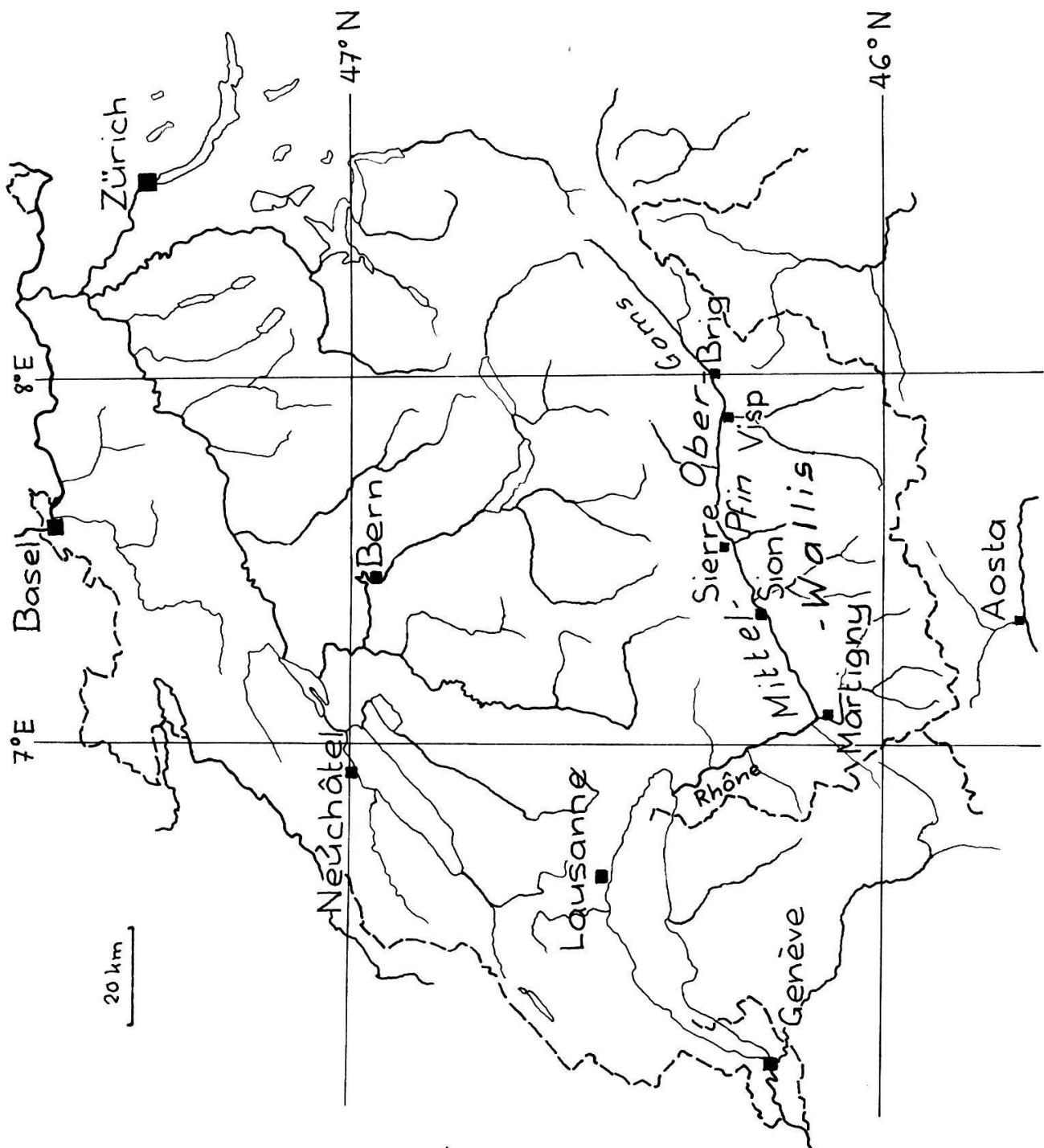
Während im unteren Goms der Talquerschnitt V-förmig ist und das Tal ein starkes Gefälle hat, ist in den unteren Talabschnitten der Talboden relativ flach und breit (Oberwallis unterhalb Brig 2 km, Mittelwallis 3 bis 4 km), und das Gefälle ist gering: Der Höhenunterschied zwischen Brig und Martigny beträgt 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 unten auf beiden Seiten etwa 50 % Neigung).

Abbildung 4
Geographische Lage des
walliser Trockengebiets
und einiger Lokalitäten.
Sich entsprechende Na-
men:

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

Im Oberwallis wird die
Rhone (*le Rhône*) der
Rotten 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 verschiene 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 unerträgliche 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 Trocken-gebiete 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 S^t 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, PRIMAUT 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
Visp	A	650	636	357	-	-	-
Ackersand	A	700	530	314	-	-	-
Chippis	A	522	549	320	8.8	18.2	-1.1
Sierre	A	573	575	337	9.6	18.9	-0.9
Sion-Couvent	A	549	588	341	9.8	19.2	-0.1
Sion-Aérodrome	A	482	572	329	8.6	18.0	-1.5
Martigny	A	480	771	450	9.1	18.5	-0.9
Montana	A	1509	888	505	5.2	13.7	-2.6
Leysin	B	1350	1396	884	5.9	14.0	-1.2
Monthey	B	405	974	701	9.8	19.1	(1) 0.7
Lausanne	C	589	1084	695	9.2	18.2	0.5
Genève-Cointrin	C	430	902	588	9.2	18.4	0.3
Neuchâtel	C	489	1013	627	9.1	18.4	0.2
Solothurn	C	470	1266	768	8.5	17.9	-0.8
Bern	C	572	1028	715	8.1	17.4	-1.0
Zürich-MZA	C	569	1149	713	8.0	16.9	-0.9
Locarno-Monti	C	379	1805	1329	11.7	20.8	2.9

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.

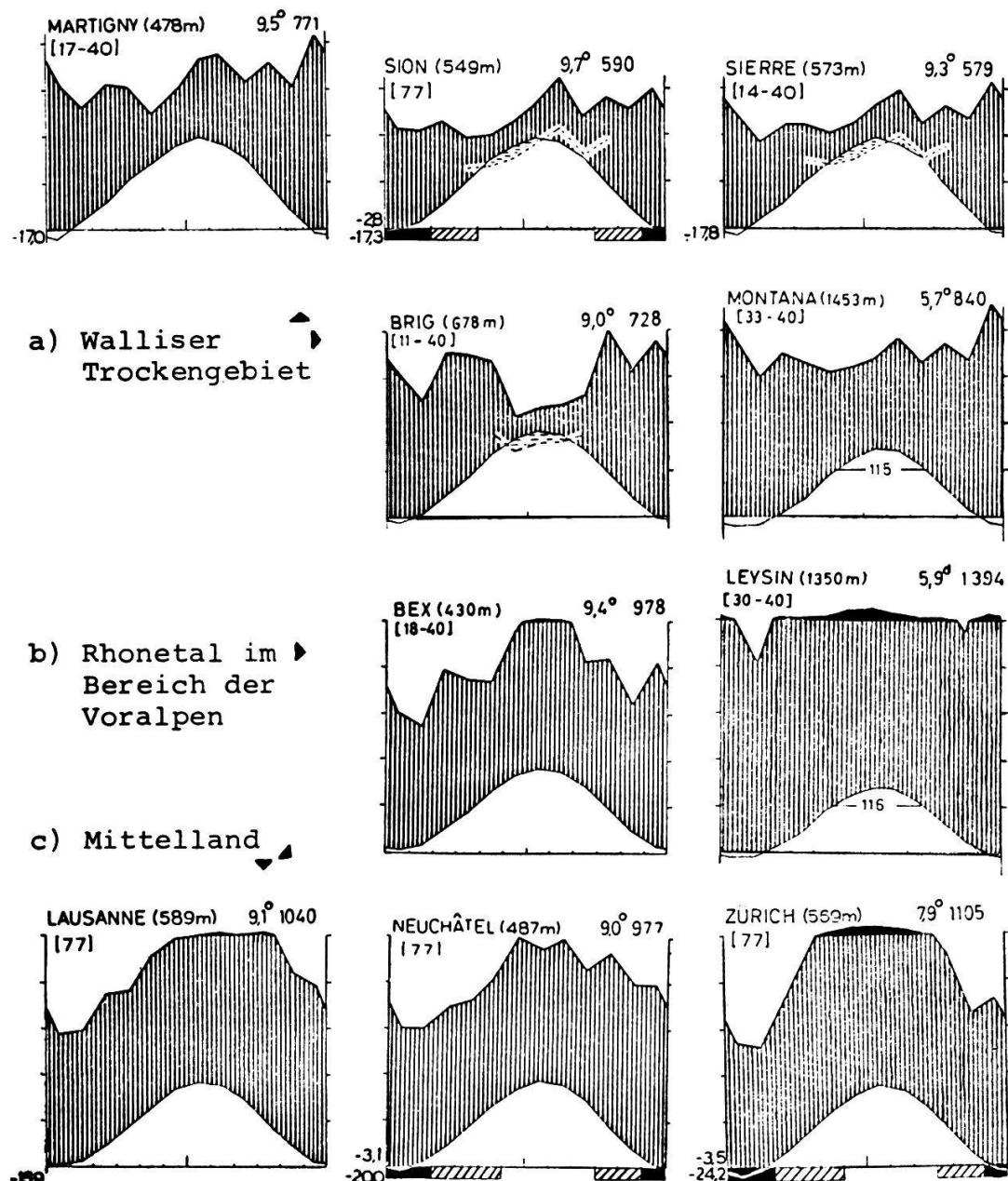


Abb. 5 Klimadiagramme vom Wallis und von der Nordseite der Alpen (aus WALTER und LIETH 1964, desgleichen die Diagramme in Abbildung 6).

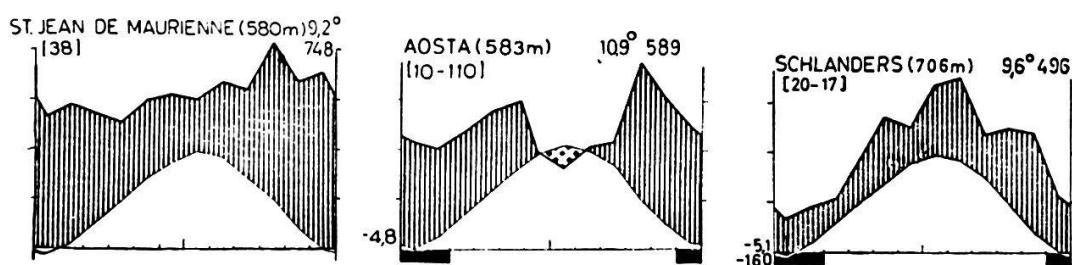


Abb. 6 Klimadiagramme von andern inneralpinen Trockengebieten.

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 Wärmespeicher-vermögen 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 (PRIMAUTL mdl.). Der niedrige 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

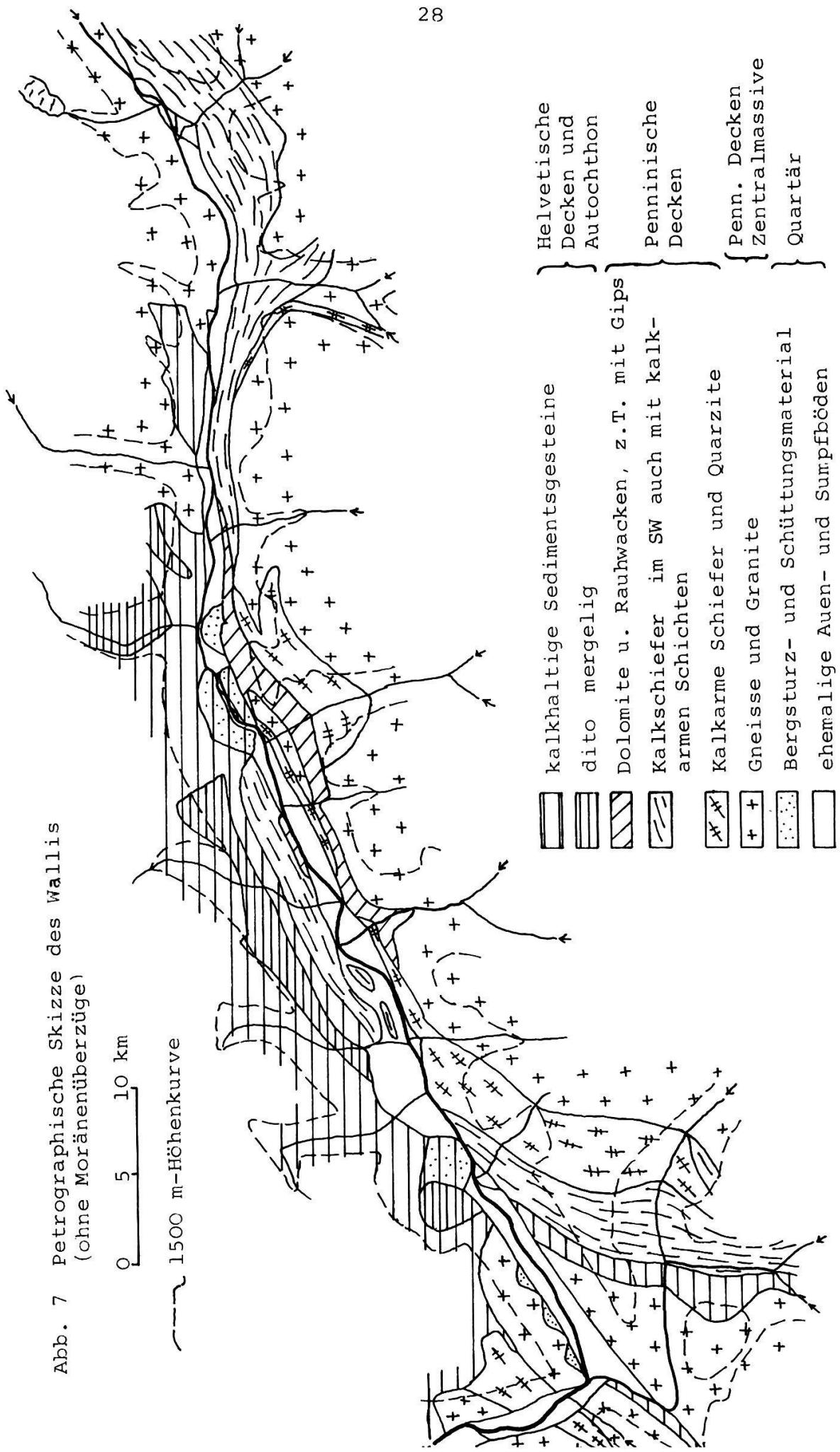
Die geologische Gliederung des Walliser Rhonetales ist äusserst vielfältig (GEOLOGISCHE KARTE DER SCHWEIZ 1972, KOENIG 1972). Dies ist durch die Lage des Tales im tektonischen Alpengefüge zu erklären: es liegt eingebettet zwischen den helvetischen Decken im Norden und den penninischen im Süden und reicht 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 verschiedensten 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 ultra-helvetischen 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 (^tS^t 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-S^t-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.-S^t-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 Trockenperioden 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 bourgeois 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 bei nahe 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 pubescens. 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 pubescens-petraeae zugeordnet wird.

2.262. Die übrigen Laubbäume

Die Buche (Fagus silvatica) fehlt im Innern des Walliser Trockengebietes 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 Ponierbaumarten 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 Strauchsicht 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 Lichtkompenationspunkt 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, kurzweligen 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:

$$\begin{aligned} S &= I + H + G - R - A \\ &= S_k + S_l \\ S_k &= I + H - R \\ S_l &= G - A \end{aligned}$$

Eine Uebersicht über die Strahlungspheomene gibt DIRMHORN (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 Luftsichten 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 DIRMHORN 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°						
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·cm⁻²·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 korrelieren.

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 (ROSEN 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-SCHACHT-SCHABEL 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 beobachteten, 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 Wasserspeicher-vermögen 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 bringen. 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 Eichelproduktion

gleich null.

Es bleibt somit nur die Möglichkeit, direkt die Bodenwasser-
verhältnisse 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 we-
gen des hohen Skelettanteils sehr schwierig. Solche Untersu-
chungen wurden in skelettreichen Böden wegen der technischen
Schwierigkeiten noch kaum gemacht, auch sind die Untersuchungs-
methoden kaum erprobt. Meistens begnügt man sich, wenn über-
haupt, mit der Analyse der Eigenschaften der gestörten (gesieb-
ten) Feinerde in bezug auf das Wasser und mit der Bestimmung
des Skelettvolumens, und berechnet daraus theoretisch das pflan-
zenverfügbare Wasser pro Bodenvolumen (MEYER 1976). Dass bei
der Untersuchung von gestörten Feinerdeproben mögliche Arte-
fakte berück sichtigt werden müssen, muss nicht besonders be-
tont 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 wahrschein-
lich nur im Zusammenhang mit andern Faktoren wirksam sein.

Durch den Prozess der Bodenreifung wird das Muttergestein zer-
setzt, und werden Nährstoffe (insbesondere Tonmineralien) frei-
gesetzt (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1966). Die Aussage von BRAUN-
BLANQUET und RICHARD (1949), dass Flaumeichen auf reiferen Bö-
den 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 oberen 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 m².

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

$$1) \quad v = \frac{100}{2} \frac{\sum s_1 + \sum s_2 + \sum \sigma}{2 \sum s_1} + \frac{\sum s_1 + \sum s_2 + \sum \epsilon}{2 \sum s_2}$$

$\sum s_1$ Summe der Stetigkeitswerte der Arten der ersten in der zweiten Gesellschaft.

$\sum s_2$ Summe der Stetigkeitswerte der Arten der zweiten in der ersten Gesellschaft.

$\sum \sigma$ 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 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 verschiedene exponierte und geneigte Flächen an den betreffenden Daten;
4. Jahresverteilung der absoluten astronomischen Tageseinstrahlungssummen (in kcal pro cm^2 und Zeiteinheit) für verschiedene exponierte und geneigte Flächen. Dafür wurden die Werte aus den Tabellen der potentiellen Sonneneinstrahlung für 47°N 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 Einstrahlungsmodells 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 km² 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 Sonnenschein-dauer 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 cm²) von FRANK und LEE (1966) multipliziert und in die graphische Darstellung (siehe Punkt 4) als Säule einge-tragen. Der Verlauf der Strahlungsänderungen zwischen den Da-ten wurde visuell interpoliert (Abb. 9).

Die Fläche unter der Kurve zwischen zwei Daten ergibt die Summe der Sonneneinstrahlung in kcal pro cm² über die Periode da-zwischen. Vom 21. Juni (Sonnenwende, Symmetriearchse für die astronomische Sonneneinstrahlung) wurden zur einfacheren Be-rechnung vor- und rückwärts 30tägige Perioden abgetragen (sie-he Abszisse in Abb. 9). Für jede dieser Perioden sowie für die Periode vom 24. März bis 19. Oktober (Summe von 7 30tägi-gen Perioden: entspricht etwa der Vegetationsperiode im Wal-lis nach GENSLER 1946 und PRIMAULT mdl.) wurde diese Strah-lungssumme berechnet, und die letztere auf eine Karte einge-tragen.

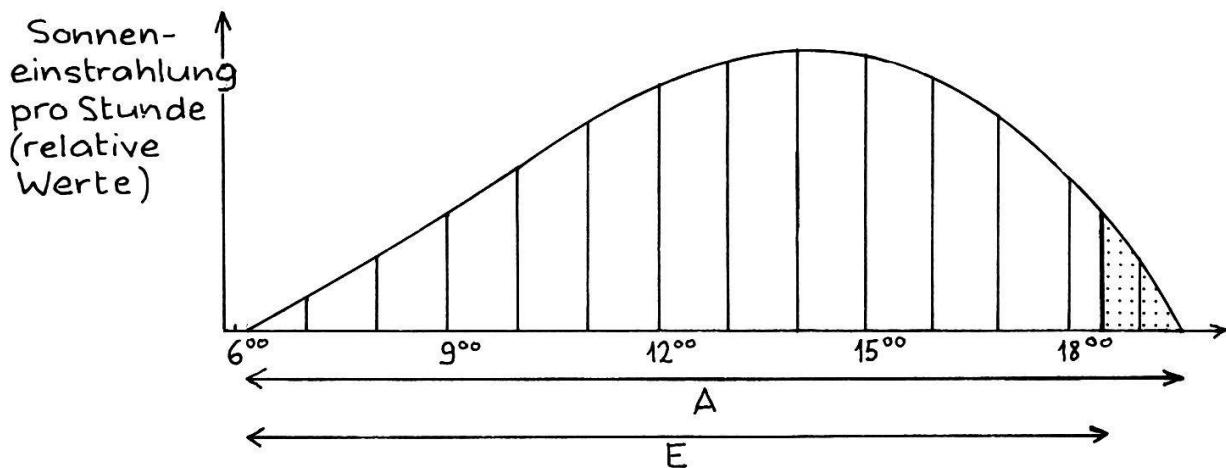


Abb. 8 Relativer Tagesgang der Sonneneinstrahlung.

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.

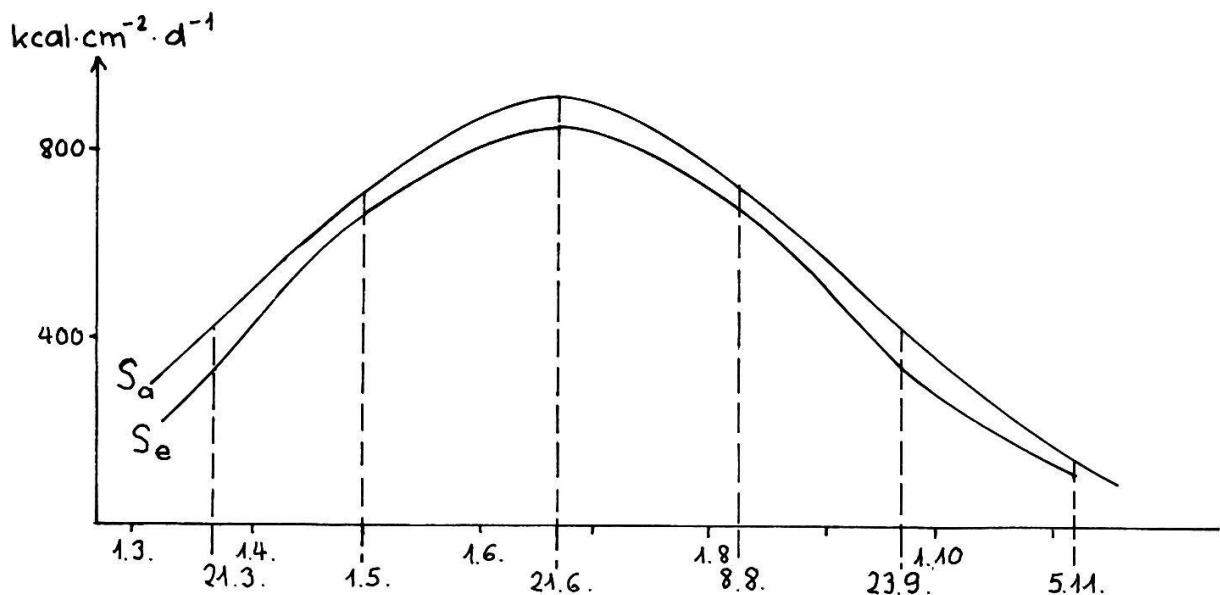


Abb. 9 Verlauf der Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode.

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 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 Suspenderieren 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 $\eta = 0.01$:

$\Delta \rho_e = \rho_{\text{fest}} - \rho_{H_2O}$; ρ_{fest} : Dichte der Teilchen, in diesem Fall $\rho_{\text{fest}} = 2.65$; $\rho_{H_2O} = 1$)

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 $\rho_{fest} = 2.65$.

t	Anzeige A ¹⁾ g·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	¹⁾ Die Bereiche von A sind hier an die grobkörnigen Walliser Böden angepasst und müssen bei feineren Böden wenn nötig gegen oben erweitert werden.
	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	

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

(\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 Teilaufgaben, die zusammengefügt werden mussten.

3. Die ökologischen Grenzen der Flaumeiche im Wallis

3.1. Ergebnisse und Diskussion der einzelnen Faktoren

Bei den Untersuchungen hat sich bald gezeigt, dass im Wallis der Einfluss des Menschen Verteilung und Zusammensetzung der Wälder entscheidend geprägt hat. Erst als einmal seine Rolle herausgeschält war, konnte der Einfluss der andern Standortsfaktoren bestimmt werden. Jener soll deshalb im folgenden an erster Stelle besprochen werden.

3.1.1. Der menschliche Einfluss

3.1.1.1. Der frühere Einfluss

Die Umfragen haben die Angaben der Literatur (Abschnitt 2.25) im allgemeinen bestätigt: In jedem Wald war im letzten Jahrhundert Waldweide mit Ziegen und Schafen üblich. Diese Waldnutzung hörte an gewissen Orten um die Jahrhundertwende, an andern vor 30 bis 50 Jahren auf.

Fast in jedem Bestand sind im Laufe der letzten Jahrzehnten grössere oder kleinere Brände ausgebrochen. Manchmal wurde der Wald ganz zerstört, manchmal war die Zerstörung nur partiell.

Die Wälder und Gebüsche der kollinen Stufe waren Lieferanten von Brennholz, wobei Eichenholz vorgezogen wurde. Wo der Wald bei dieser Art Nutzung nicht ganz ausgerottet wurde, entstanden so an einigen Orten Niederwälder, z.B. bei Fully und bei Sierre.

An andern Orten erlaubte das periodische Schlagen der Eichen die Ausbreitung der Föhre, deren harziges Holz kaum verwendet wurde. Dabei entstanden "Mittelwälder" mit einer Föhren-Baumschicht und einer Flaumeichen-Strauchsicht. Gute Beispiele dafür finden sich ob Saillon und Visp. In extremen Fällen blieben in solchen Beständen nur noch einzelne Flaumeichenbüschke übrig.

Unter diesen Bedingungen konnten kaum Eichen aufwachsen, deren Stamm als Bauholz genutzt werden konnte. Dass Eichen in grossem Ausmass beim Bau der Simplonlinie für Schwellen gefällt wurden, wird vom obern Pfinwald überliefert (ANDENMATTEN mdl., WILLE 1922), doch schreibt MEYER (1952) von der nähern Umgebung des Pfinwaldes (Varen, Guttet), dass von dort Schwellen aus Lärchenholz geliefert wurden, einem erstklassigem Bauholz, das in der subalpinen Stufe des Wallis leicht beschafft werden konnte. Die Ueberlieferung, dass vor dem Bau der Lötschbergbahn an der Südrampe, d.h. am rechten Rhonetalhang zwischen Brig und dem Eingang ins Lötschental, Eichenwälder standen, wird weder von der Siegfriedkarte 1910 noch von den Quartalberichten zum Bau der Linie (BERNER ALPENBAHN-GESELLSCHAFT 1907-1916) bestätigt. Die bei JOSSEN (1972) zitierten Dokumente nennen vielmehr diese Hänge schon vor Jahrhunderten "Wildinen" ohne Baumwuchs. Eichen- und Föhrenholz könnte aber beim Eisenbahnbau als Gerüstbau verwendet worden sein.

Flaumeichenholz wurde in manchen Gegenden für spezielle Zwecke verwendet. In Savièse machte man daraus z.B. Rebstangen, um Visp herum wurden Schlitten daraus verfertigt.

3.112. Der heutige Einfluss

In den letzten Jahrzehnten ist das wirtschaftliche Interesse an den Flaumeichen- und Föhrenwäldern im Wallis fast ganz verschwunden. Kaum ein Bauer hat noch Ziegen oder Schafe, und zudem ist Waldweide durch das Gesetz verboten. Auch als Brennstoff- oder Laubstreulieferanten haben diese Wälder keine Bedeutung mehr. Der direkte Einfluss des Menschen ist somit kaum noch vorhanden, ausser wenn durch Unachtsamkeit ein Waldbrand entfacht wird.

Im allgemeinen können sich diese Wälder also regenerieren. Ein Vergleich der Siegfried-Karten des letzten Jahrhunderts und der heutigen Landeskarten zeigt, dass die Fläche der als Wald betrachteten Bestände an den untern Hängen tatsächlich je nach Gegend um 10 bis 30 % zugenommen hat.

Viele Bestände haben sich seit einigen Jahrzehnten auch in ihrer Zusammensetzung geändert. Besonders die im vorigen Unterabschnitt erwähnten "Mittelwälder" mit Föhren in der Baumschicht und einer gut erhaltenen Eichenstrauchschicht haben sich oft zu Eichenwäldern weiterentwickelt. Die alten Föhren sterben ab, während die Eichensträucher auswachsen und das Aufkommen von jungen Föhren durch Lichtentzug verhindern. Heute präsentieren sich solche Wälder als Flaumeichenbestände, wo eingestreut noch einige absterbende Föhren stehen. Beispiele dafür findet man ob Saillon, Ardon oder Visp. Im letzteren Fall ist diese Entwicklung durch die Luftverschmutzung aus der chemischen Industrie beschleunigt worden, die den immergrünen Föhren besonders zusetzt (Abschnitt 2.33).

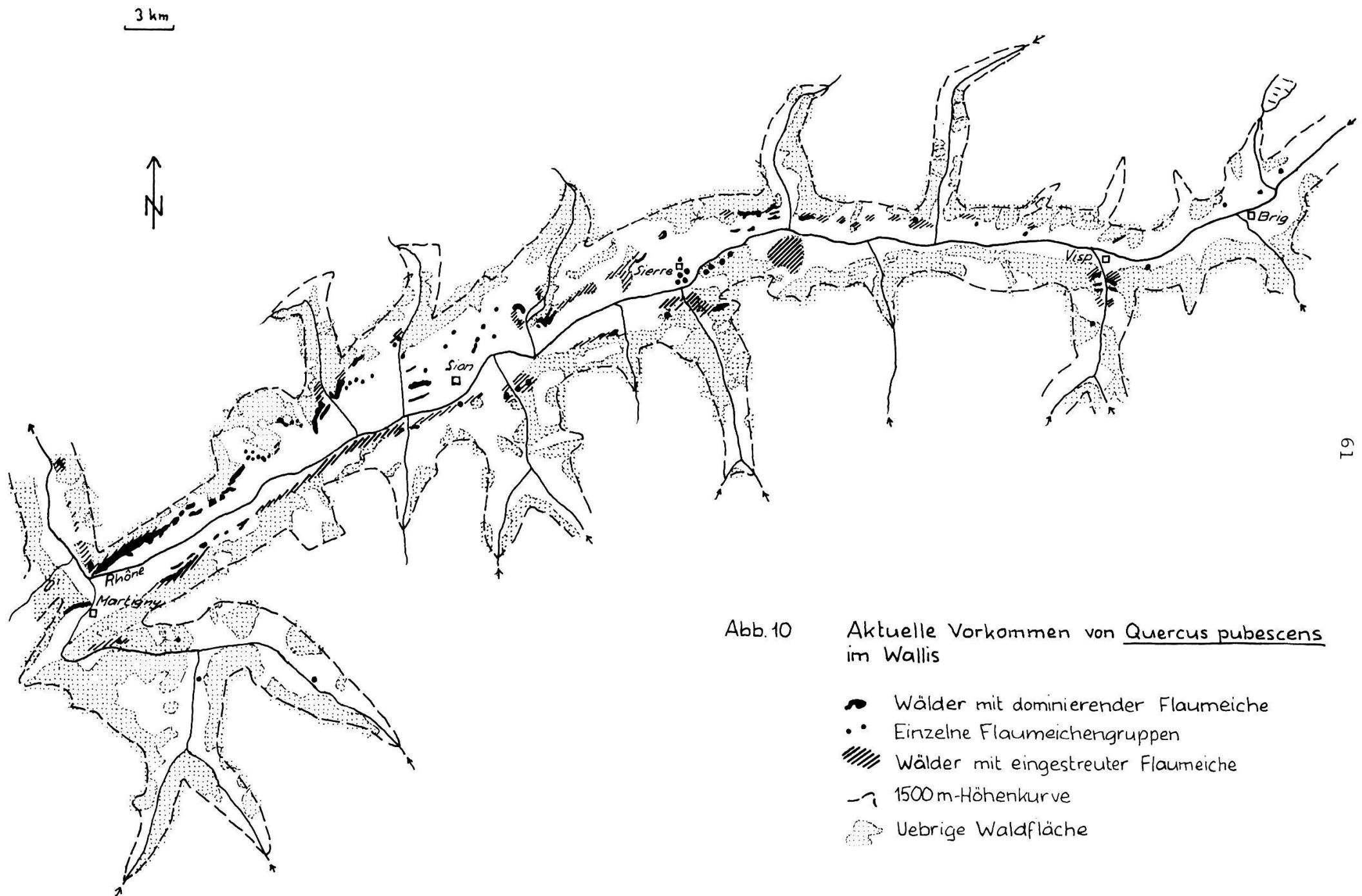
In neuester Zeit sind die Wälder des Walliser Trockengebiets durch die Anlage von Rebkulturen und Kieswerken immer mehr bedroht. Die Vernichtung eines Wald- oder auch Felsensteppenstückes wird in der Landschaft meist durch eine für lange Zeit von weither sichtbare Wunde in der Bergflanke angezeigt (z.B. bei der Kiesgrube zwischen Bramois und Grône!).

3.12. Die aktuelle Verbreitung von Flaumeiche und Waldföhre

Die heutigen Flaumeichenvorkommen sind die spärlichen Reste jener Wälder, welche der Anlage von Wiesen, Aeckern und andern Kulturen weichen mussten oder dem Druck der Beweidung nicht standhielten. Diese Reste sind zudem nicht regelmässig über das ganze Walliser Trockengebiet verteilt, sodass gewisse Talabschnitte fast keine, andere aber noch relativ viele Eichenbestände oder zumindest -gebüschtgruppen aufweisen.

Abb. 10 zeigt, dass im Oberwallis an den Südhängen Flaumeichenbestände fast gänzlich fehlen. Auch Einzelbäume und -büsche sind in den ohnehin spärlichen Waldresten der untern Hänge (unter 1200 - 1400 m) nur vereinzelt anzutreffen. Einzig am Eingang ins Vispertal bildet die Art an sonnenexponierten Lagen grössere Bestände.

Gut entwickelte Bestände findet man bis 1350 m ü. M.; in hö-



hern Lagen wachsen Einzelindividuen, wie im übrigen Wallis, bis ungefähr 1600 m. Zwischen der Stufe mit der Flaumeiche und derjenigen mit der Fichte (Picea excelsa), bzw. mit der Arve (Pinus cembra) und der Lärche (Larix decidua), schiebt sich auf einer Höhe von 1300 - 1500 m eine Stufe, in der die Waldföhre eindeutig dominiert. Dieser Baum ist im übrigen auch in den untern Regionen der Südhänge verbreitet (Abschnitt 3.11) und fast jedem Flaumeichenbestand beigemischt.

Ein ganz anderes Bild bieten im Oberwallis die nordexponierten Lagen, wo die Föhrenstufe zwischen 650 und 1000 m liegt und somit bis zum Talboden reicht, und wo die Flaumeiche sozusagen ganz fehlt. Dieser Gegensatz zwischen Schatten- und Sonnenhängen erscheint besonders deutlich im untersten Vispertal, wo die Hänge stark gegliedert sind, sodass auf kleinstem Raum die erwähnten Flaumeichenbestände mit föhrenbestockten Flächen abwechseln (Abb. 11).

Im untern Pfinwald, am Uebergang zwischen Ober- und Mittelwallis, erscheint hingegen ein ganz anderes Verteilungsmuster. Es sind nämlich einzig auf den Kuppen der 40 - 80 m über den Talboden ragenden Hügel Eichenbestände zu finden, während in den Föhrenbeständen der trockenen Mulden nur vereinzelte buschförmige Eichen wachsen.

Im obern und zentralen Mittelwallis sind Flaumeichenbestände an den südostexponierten Sonnenhängen häufiger als weiter talaufwärts, und auch an den Schattenhängen (NW-Lagen) bis etwa 700 m ü. M. wachsen Flaumeichen. In der Flaumeichenwaldstufe ist die Waldföhre seltener, und Misch- sowie Föhrenreinbestände sind da meistens anthropogen bedingt (siehe Abschnitt 3.11). Auch die darüberliegende Föhrenstufe ist nicht so stark ausgebildet wie im Oberwallis; an einigen Stellen steht die Flaumeiche sogar in direktem Kontakt mit der Fichte.

Im untern Mittelwallis mit seinem nicht mehr so kontinental getönten Uebergangsklima spielt die Föhre sozusagen keine Rolle mehr. Dagegen steht die Flaumeiche, die z.T. ausgedehnte Wälder bildet, an ihrer oberrn Verbreitungsgrenze mit andern Baumarten in Kontakt, an den Nordwesthängen über Charrat und

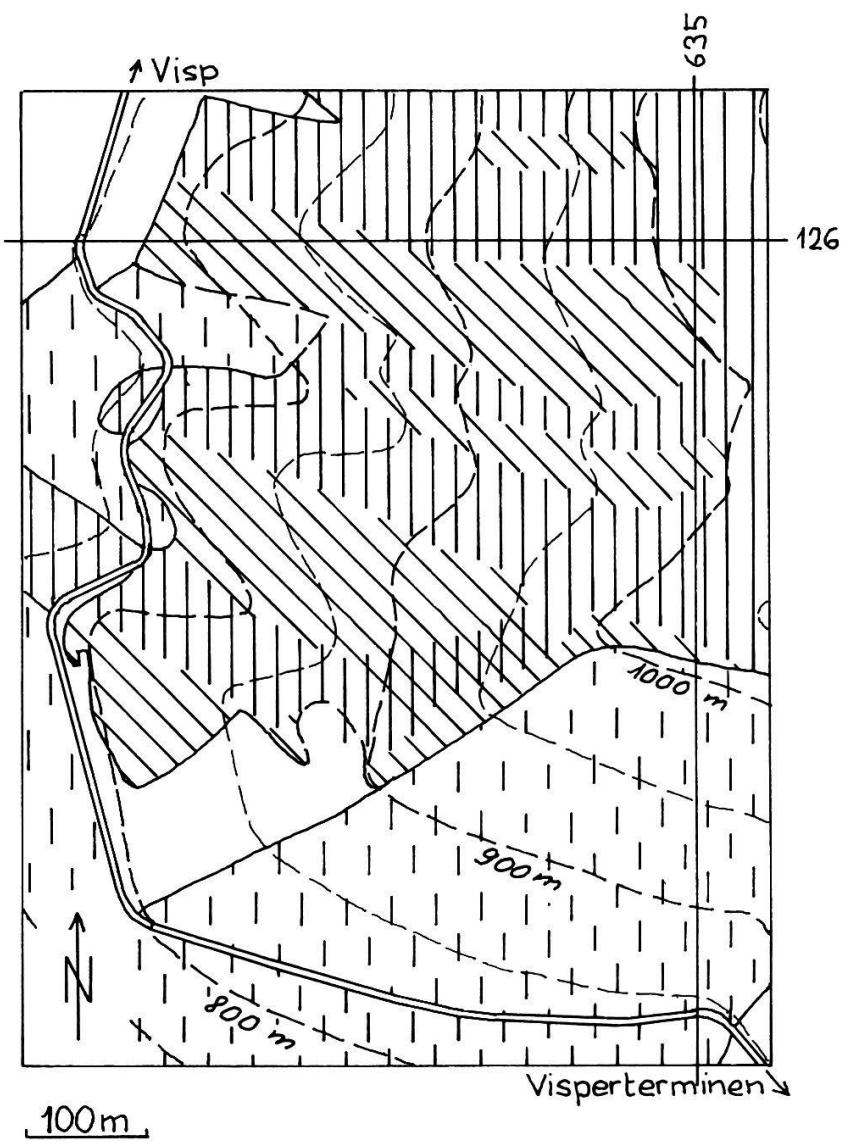


Abb. 11 Verteilung der Flaumeichen und der Waldföhren an den Hängen südöstlich von Visp.

- Flaumeichen (SW-Expositionen bis ca. 1000 m)
- Waldfoehren (NW-, N-Expositionen und höhere Lagen)
- Rebberge
- Steppenrasen und Wiesen

unterhalb des Rhoneknies mit der Buche (Fagus), ob Fully mit einem Mischwald aus Sommerlinde (Tilia platyphyllos), Esche (Fraxinus excelsior), Spitzahorn (Acer platanoides), Traubeneiche (Quercus petraea), Fichte und Tanne (Abies alba), ob Martigny mit letzteren drei Arten und der Buche¹⁾.

Die Konkurrenz dieser Bäume und das leicht feuchtere Klima drücken die obere Grenze der Flaumeichenbestände an Sonnenhängen auf etwa 1200 m herunter, an Schatthängen liegt sie, wie weiter talaufwärts, bei circa 700 m.

In die Seitentäler dringt die Flaumeiche nur wenig ein, ausser ins ost-west-verlaufende untere Drance-Tal südöstlich von Martigny.

3.13. Das Substrat

Ein Vergleich der Verbreitung von Flaumeiche und Waldföhre (Abschnitt 3.12) mit den geologischen Verhältnissen (Abb. 7, Seite 24) zeigt, dass im Walliser Trockengebiet keine der beiden Baumarten an eine bestimmte Unterlage gebunden ist, oder eine bestimmte meidet. Sie wachsen beide auf Kalk-, Kalkschiefer-, Tonschiefer- und Silikatunterlagen. Darüberhinaus kann beobachtet werden, dass auf allen Substraten sowohl die Föhren als auch die Flaumeichen extrem trockene Standorte, wie z.B. Felsköpfe an Südhängen, besiedeln können.

Auf der andern Seite kann festgestellt werden, dass die Bodenprofile und -eigenschaften unter Eichen- und unter Föhrenbeständen auf gleichem Muttergestein relativ ähnlich sind.

Als Beispiele sind in Abb. 12 vier Flaumeichenwald- und vier entsprechende benachbarte Föhrenwaldprofile, sowie ein Lössprofil unter Eichen aufgezeichnet. Es sind AC-Profile. Die Nadelwaldprofile unterscheiden sich von den andern vor allem in ihrem oberen Horizont. Sowohl unter Flaumeichen wie unter

¹⁾ Diese Kontaktzonen sind in Abb. 10 eingezeichnet, dagegen ist die Föhrenstufe nicht speziell eingetragen.

Abb. 12 a-i Bodenprofile unter Flaumeichen- und Föhrenbeständen auf vergleichbaren Muttergesteinen.

	Streuauflage	Feinerdefraktionen:
	Trockenmoder	= Sand, kalkhaltig
	Mull	- Sand, kalkfrei
	Wurzeln	— Staub, kalkhaltig
	Kalkflaum (Kalkausscheidungen)	— Staub, kalkfrei
	Bodenskelett, kalkhaltig	— Ton, kalkhaltig
	Bodenskelett, kalkfrei	— Ton, kalkfrei
		# Bodenskelett, Kalkschiefer

Zur besseren Uebersicht sind die Humusverhältnisse und die Körnung der Feinerde auf der linken, Wurzeln, Bodenskelett sowie Kalkausscheidungen auf der rechten Seite der Profilzeichnung dargestellt.

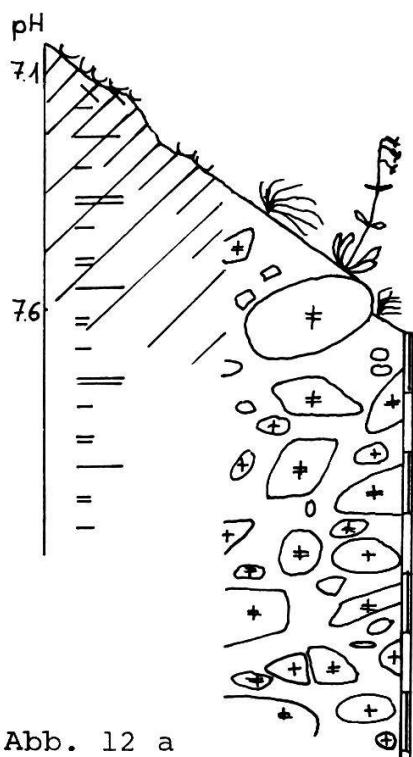


Abb. 12 a
Flaumeichen
Visp 634 500/125 650
SW 80 % Kalkschieferschutt

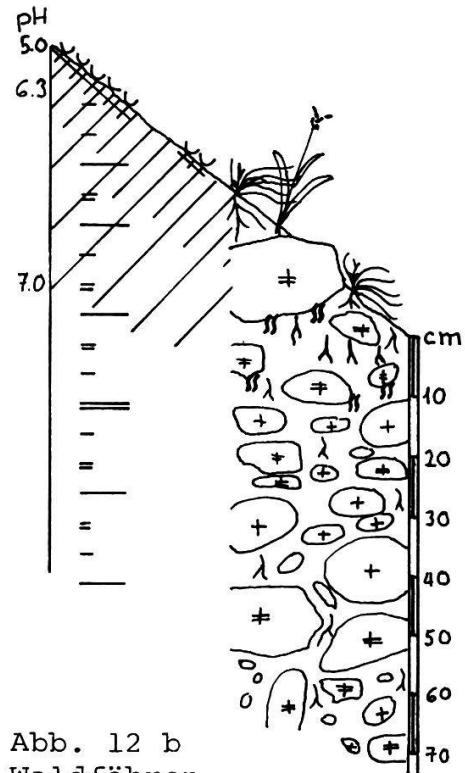


Abb. 12 b
Waldföhren
Visp 634 600/125 700
NNW 80 % Kalkschiefer-
schutt

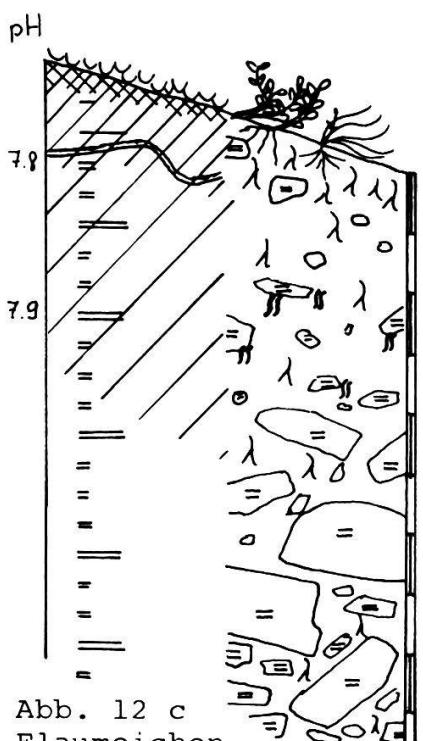


Abb. 12 c
Flaumeichen
Pfin 610 800/ 127 250
S 40 % Kalkschutt

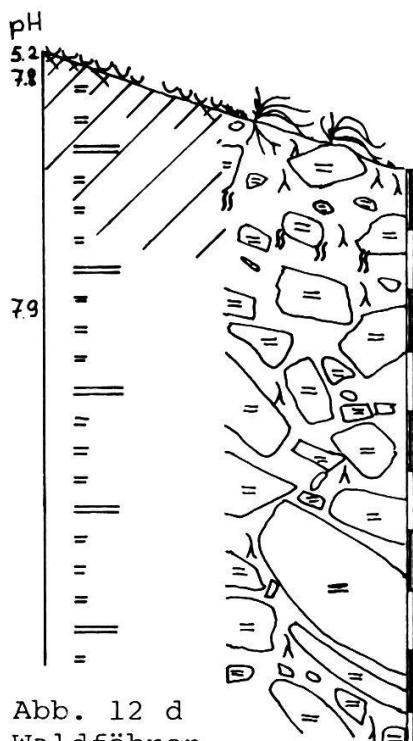


Abb. 12 d
Waldföhren
Pfin 610 750/ 126 950
S 35 % Kalkschutt

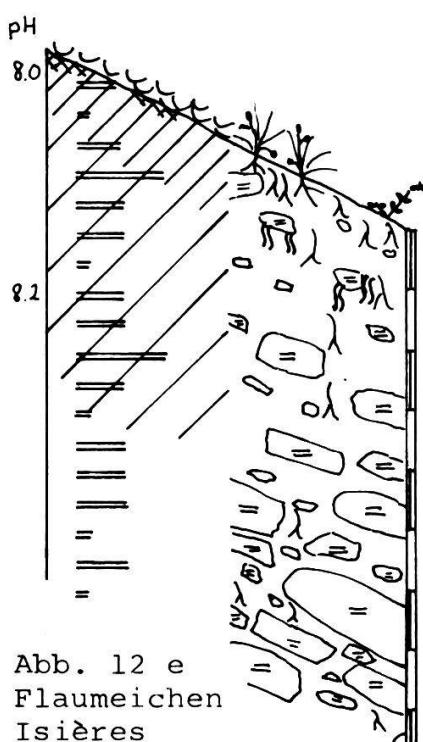


Abb. 12 e
Flaumeichen
Isières
585 750/118 250
SE 50 % Kalk

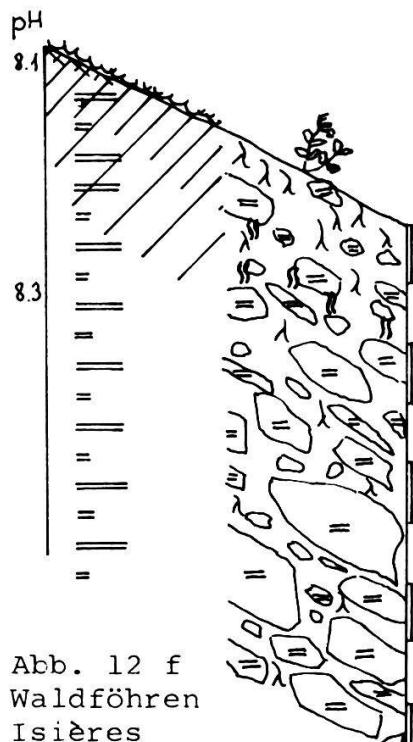


Abb. 12 f
Waldföhren
Isières
585 800/118 350
SE 50 % Kalk

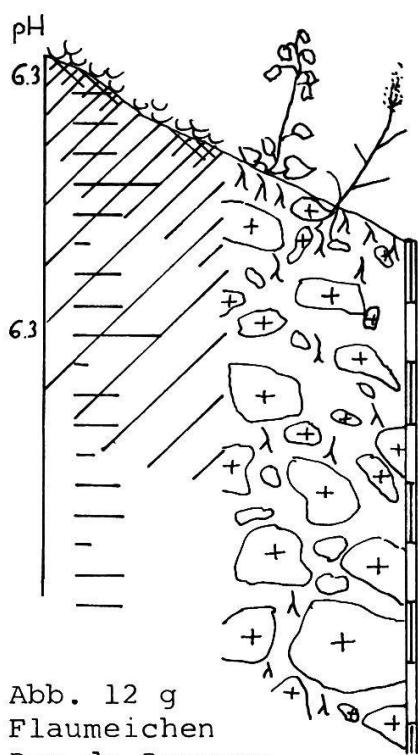


Abb. 12 g
Flaumeichen
Ban de Branson
572 100/109 700
SE 50 % Silikatschutt

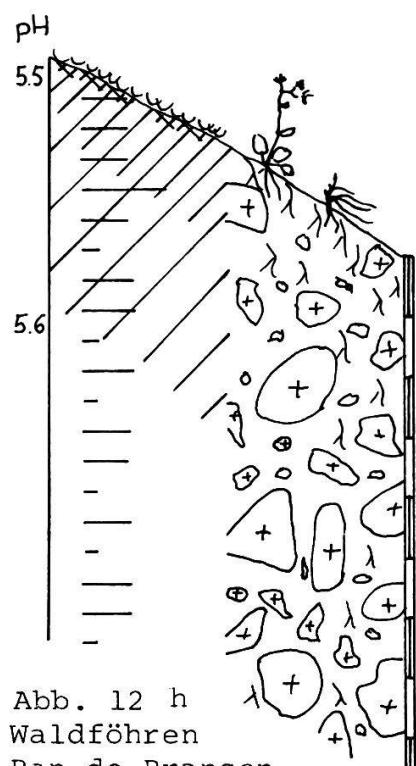


Abb. 12 h
Waldföhren
Ban de Branson
572 100/ 109 650
N 55 % Silikatschutt

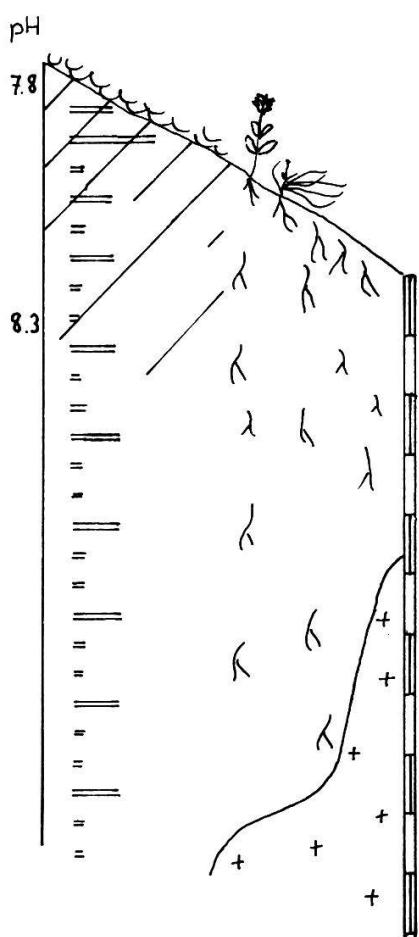


Abb. 12 i Flaumeichen
Forêt de la Lui/Follaterres
571 900/109 000
SE 50 %
kalkhaltiger Löss auf
Silikatfels

Föhren ist zwar eine "Trockenmoderschicht" ausgebildet, aber diejenige unter den Nadelbaumkronen ist dichter verfilzt und saurer; auch auf Kalkgestein kann deren pH unter 5 sinken.

Der Humusgehalt in 5 - 10 cm Tiefe ist unter beiden Waldtypen relativ hoch, ausser unter den Beständen bei Visp (Tab.6). In 40 bis 50 cm Tiefe beträgt der Humusgehalt höchstens die Hälfte der Werte des obersten Horizontes, wobei im allgemeinen die Abnahme mit der Tiefe in den Föhrenwaldprofilen schneller erfolgt. Der humusreiche Horizont ist unter Flaumeichen 20 - 50 cm, unter Föhren (10 -) 20 - 40 cm tief. Unter 50 cm Tiefe sind die Profile unter Flaumeichen und unter Föhren nicht mehr zu unterscheiden und bestehen aus verwittertem Muttergestein. Nirgends ist eine untere Wurzelgrenze zu sehen. Bei Visp (Profile 1 und 2) sind Föhrenwurzeln in 5 Meter Tiefe gefunden worden.

Die Korngrössenverteilung in der Feinerde zeigt Tab. 5, die auch die geschätzten Bodenskelettanteile enthält. Bemerkenswert ist, dass diese überall sehr gross sind. Meistens sind alle Grössen von 2 mm bis 50 cm Durchmesser vorhanden. Der Tonanteil dagegen ist auffallend klein. Immerhin ist unter Flaumeichen die Feinerde - mit Ausnahmen - ton- und siltreicher als unter Föhren.

Die Nährstoffanalysen (Tab. 6) zeigen auch keine wesentlichen Unterschiede in den Böden der zwei Waldtypen. Der Gehalt an austauschbaren Kationen hängt im wesentlichen vom Muttergestein ab. In Kalkböden ist der Kalziumgehalt hoch, aber auch der Natriumanteil ist etwa dreimal höher als in Silikat- oder Schieferböden. In diesen ist entsprechend dem leicht tieferen pH der H-Ionenanteil ein wenig höher.

Generell kann vermutet werden, dass Unterschiede zwischen Böden von Flaumeichen- und solchen von Föhrenstandorten auf biotische Faktoren, d.h. auf anthropogene Einflüsse oder auf solche des Bestandes selbst zurückgeführt werden können. Obwohl Föhrenwaldböden im allgemeinen in der Streuschicht saurer sind als solche unter Flaumeichenbeständen, sind sie meistens weniger weit entwickelt. Dass mit dieser Aussage die kausalen Be-

Tab. 5 Korngrößenverteilung in 40 - 50 cm Bodentiefe

Probefläche (gleiche Bezeichnung wie Abb. 12)	Anteil in der Feinerde in %			Verhältnis (geschätzt) Bodenskelett: Feinerde
	Ton	Silt	Sand	
a Visp Flaumeiche	5	30	65	1:1
b Visp Föhre	4	25	71	1:1
c Pfin Flaumeiche	3	19	78	1:1
d Pfin Föhre	3	39	58	1:1
e Isières Fl.	11	78	11	1:1
f Isières Fö.	4	54	42	1:1
g Ban de Branson Fl.	9	66	25	1:1.5
h Ban de Branson Fö.	7	56	37	1:1.5
i Follaterres Fl.	6	29	65	0:1 (Löss!)

Tab. 6 Chemische Eigenschaften der Feinerde in 40 - 50 cm Tiefe

	pH (H ₂ O)	Umtauschkapazität in mval/100 g					Basen- sättig. V%	Humus (%) Feinerde* (A) (B)	Kalk Ske- lett
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺			
a	7.1	5.8	.7	.08	.06	.3	95.7	1.0 1.7	-
b	6.3	7.5	1.0	.08	.10	2.1	80.6	1.9 3.8	-
c	7.9	59.9	1.1	.34	.08	.3	99.5	4.7 7.8	+
d	7.9	45.0	.9	.24	.09	.3	99.4	2.0 3.2	+
e	8.1	56.9	1.2	.32	.18	.3	99.5	3.0 9.1	+
f	8.3	60.6	1.0	.30	.22	.4	99.4	2.9 7.1	+
g	6.3	11.1	1.8	.10	.23	5.7	69.8	5.0 7.0	-
h	5.6	7.1	.7	.10	.18	6.3	56.3	2.4 7.9	-
i	8.3	25.9	1.1	.17	.08	.1	99.6	1.4 2.5	+

*Humus in der Feinerde: (A) in 40 - 50 cm
(B) in den obersten 10 cm

Zu Tab. 5 und 6: Muttergestein

- in a, b: Kalkschieferschutt
- in c - f: Kalkschutt, Kalk
- in g, h: Silikatschutt
- in i: kalkhaltiger Löss auf Silikatfels

ziehungen zwischen Boden und Vegetation nicht feststehen, wurde in Abschnitt 2.3 besprochen.

Alle Indizien - Verbreitung der beiden Baumarten im Rahmen der geologischen Verhältnisse, mangelnde Beweise der Abhängigkeit der einen oder andern Baumart von den Bodeneigenschaften - lassen darauf schliessen, dass das Muttergestein keinen primären Einfluss auf die Verteilung von Flaumeiche und Wald föhre im Wallis hat. Ob gewisse, durch das Klima verursachte Grenzen (Abschnitt 3.15) auf verschiedenen Muttergesteinen leicht verschoben wären, konnte im Rahmen dieser Untersuchungen wegen der starken anthropogenen Einflüsse nicht ermittelt werden.

3.14. Das Klima

3.141. Die Sonneneinstrahlung im Modell

Die berechneten Sonneneinstrahlungssummen während der Vegetationszeit (24.3. - 19.10.) für 131 Punkte im Wallis sind in Tabelle 7 dargestellt. Die Werte variieren je nach Neigung und Horizontüberhöhung an Südhängen zwischen 180 und 195 kcal pro cm^2 , an Nordhängen zwischen 115 und 130 kcal pro cm^2 . Andere Expositionen weisen Werte auf, die dazwischen liegen.

Die Unterschiede der Werte an Südhängen (SW- bis SE-Hängen) sind in den Monaten Mai bis August v.a. auf die verschiedenen Neigungen der Hänge zurückzuführen, während in den Monaten mit tieferem Sonnenstand die Horizontüberhöhung den grösseren Einfluss hat. Dasselbe gilt für die Nord-(NW- bis NE-) Expositionen. Die Einstrahlungssummen an West- und Osthängen dagegen, welche sich hauptsächlich in den meist nord-süd-verlaufenden Seitentälern befinden, werden wegen deren Enge in viel stärkerem Mass von der Horizontüberhöhung bestimmt.

Wie in Tabelle 7a aus Beispielen ersichtlich ist, ist das Verteilungsmuster der Einstrahlungssummen an den verschiedenen Hängen in den einzelnen 30 Tage-Perioden und in der ganzen Vegetationszeit grundsätzlich dasselbe. Mit sinkendem Sonnenstand

Tab. 7 Berechnete Sonneneinstrahlungssumme während der Periode vom 24. März bis zum 19. Oktober an Punkten im Walliser Trockengebiet

Punkt (Nr unter 100: rechte Talseite)	Exp.	Neig. (%)	Höhe ü.M.	Einstrahlung (kcal·cm ⁻²)
1 Bitsch	SE	52	1000	167.9
1a "	SE	52	800	155.1
2 Naters	S	53	700	159.0
3 " -Hegidorn	S	53	1000	190.8
4 Birgisch-Schitter	SSE	52	1500	187.0
5 " -Rotten	SSE	52	675	187.0
6 " -Dorf	SSE	52	1000	186.7
7 Lalden	S	50	675	186.0
8 " -Hang	S	50	1000	186.7
9 Mund-Bodmen	S5	50	1500	193.5
10 Eggerberg-Brücke	SSW	48	675	192.3
11 " -Dorf	SSW	48	1000	192.7
12 Ausserberg-Grund	S	50	650	190.8
13 " -Dorf	S	50	1000	192.8
14 " -Ranft	S	50	1500	194.2
15 Steg	S	55	650	190.8
16 Hohtenn-Station	S	55	1000	192.8
17 " -Laden	S	55	1500	194.2
18 Steg-Lonzaschlucht	WNW	77	1000	116.4
18a Gampel-Lonzaschlucht	ESE	67	1000	137.2
19 " -Dorf	SSE	50	650	190.7
20 " -Jeiziberg	SSE	50	1000	191.3
21 " -Jeizinen	SSE	50	1350	192.8
22 Leuk	SSW	43	650	193.0
23 " -Brentjong	SSW	43	1000	193.0
24 Albinen	WSW	48	1000	159.6
24a Inden	E	56	1000	124.5
25 Varen	SSE	30	675	189.9
26 " -Wald	S	43	1500	192.8
27 Miège	S	43	700	189.1
28 Sierre	SE	29	600	186.6
29 Mollens	SE	29	1000	188.7
30 Montana-Crans	SE	29	1500	189.1
31 Chermignon-Ollon	SSE	35	575	193.5
32 Lens-Flanthey	SSE	35	1000	190.9
33 Icogne	WNW	47	1000	146.7
34 Sion-Uvrier	SSE	29	525	190.3
35 Ayent	SSE	29	1000	190.1
36 Ayent-Anzère	SSE	29	1500	185.9
37 Sion	SSE	28	525	190.4
38 Savièse	SSE	28	1000	189.2
39 Conthey	SE	38	525	189.1
40 " -Mayens	SE	38	1500	189.1
41 Ardon-Lizerne	W	70	1000	119.4
41a " - "	E	70	1000	118.0
42 " -Village	SE	58	500	190.3
43 " -Isières	SE	58	1000	190.3

Tab. 7 (Fortsetzung 1)

Punkt (Nr über 100: linke Talseite)	Exp.	Neig. (%)	Höhe ü.M.	Einstrahlung (kcal.cm ⁻²)
44 Chamoson-Grugnay	S	46	650	173.1
44a " - "	NNE	54	750	124.3
45 "	E	54	1000	189.1
46 Leytron	SSE	37	500	184.1
47 " -Dugny	SSE	37	1000	181.4
48 " -Ovronnaz	SSE	37	1350	181.4
49 Fully-Randonne	SSE	66	1500	191.6
50 " -Vers l'Eglise	SSE	42	500	186.9
51 " -Les Garettes	SSE	66	1500	191.5
52 " -Branson	SSE	66	475	189.5
53 " -Jeur Brûlée	SSE	66	1500	191.5
53a " - " "	SW	64	1500	185.0
54 Dorénaz-Alesse	W	63	1000	160.1
55 Collonges	WSW	72	475	147.1
101 Termen	NW	50	800	129.2
102 "	NW	50	1000	132.9
104 Glis	N	55	750	114.3
105 " -Gamsen	NNW	63	700	117.8
106 " - "	NNW	63	1000	116.6
107 Visp-Eyholz	N	55	650	118.7
108 " - "	N	55	1000	114.8
109 " - Thelwald	NW	60	800	114.4
110 " - "	SW	60	800	180.3
111 Staldenried	W	50	800	163.1
112 "	W	50	1500	164.1
113 Stalden	SE	60	800	180.0
114 Törbel	SE	60	1500	182.5
115 Zeneggen-Esch	ESE	65	1000	157.9
116 Visp-Grauberg	NNE	55	650	121.8
117 " - "	NNNE	55	1000	125.6
118 Raron-Turtig	NNNE	55	650	123.5
119 Bürgen-Birch	NNNE	55	1000	124.5
120 Eischoll-Rotten	N	50	650	119.9
121 " - Loon	N	50	1000	121.6
122 Turtmann	N	53	650	117.1
123 Ergisch	W	64	1000	143.7
123a Unterems-Turtmännna	NE	48	1000	123.4
124 " - Hostatt	NNW	51	1000	128.7
125 Agarn	NNNE	55	650	126.3
126 Leuk-Pfin	N	55	600	121.6
127 " - Pfinberg	NNW	60	1000	119.3
128 Salgesch-Pfinwald	N	50	625	123.0
128a " - "	S	50	625	187.8
129 Sierre-Ochsenboden	NNW	55	1000	123.0
130 Chippis	NNW	43	550	136.9
131 Chandolin-Soussillon	WSW	60	1375	181.2
131a " - Niouc	S	70	1000	183.0
132 Chalais-Les Giettes	NE	65	1500	141.3
133 " - Réchy	NNW	40	550	129.6

Tab. 7 (Fortsetzung 2)

Punkt	Exp.	Neig. (%)	Höhe ü.M.	Einstrahlung (kcal·cm ⁻²)
133a Chalais-Réchy	NE	40	720	139.5
134 Grône-Loye	NNW	50	1000	138.7
134a " -Les Paujes	NNW	60	750	128.5
135 Sion-Bramois	NNW	60	525	117.5
135a " - "	WNW	60	525	150.0
136 Mase-Bevernec	W	53	1000	171.3
136a Nax	W	55	1000	180.0
137 Vex	ENE	43	1000	146.3
138 Sion-Chandoline	NNW	38	525	137.4
139 Les Agettes	NNW	39	1000	140.5
140 Nendaz-Aproz	NNW	53	525	126.4
141 " - Beuson	W	46	1000	154.2
141a " - "	NE	34	1000	143.2
142 " - Bieudron	NNW	54	525	126.7
143 " - Fey	NNW	54	750	126.4
144 Isérables	WSW	49	1000	169.4
144a Riddes-Villard	NE	50	1000	122.2
145 " - Ecône	NW	54	500	132.7
146 Saxon-L'Arette	NW	54	1000	135.1
147 "	NNW	40	500	134.1
148 " - Sapinhaut	NNW	40	1000	136.8
149 Charrat-Vison	NW	58	475	128.5
150 2" - pente	NW	58	1000	130.7
151 Martigny-Le Guercet	NNW	56	475	115.7
152 " - Chemin	NNW	56	800	116.7
153 " - La Croix	NW	55	500	100.7
154 Bovernier-Le Ravoire	SSE	58	800	190.9
155 " - Bémont	NNW	48	1000	109.1
156 Martigny-La Bâtiaz	ESE	51	475	180.6
157 M.-Combe-Ravoire	ESE	51	1000	181.3
158 " - " - "	ESE	51	1500	181.3
159 Vernayaz-Mt d'Ottan	ENE	75	1000	142.8
160 Salvan-Trient	NW	60	1000	124.6
161 Salvan	SE	40	1000	169.8
162 Evionnaz-La Balmaz	ENE	58	450	130.0

Tab. 7a Berechnete Sonneneinstrahlungssumme für die sieben 30 Tage-Perioden der Vegetationszeit und für diese als ganze (24.3. - 19.10.): Beispiele.

Periode I 24.3. - 22.4.
 II 23.4. - 22.5.
 III 23.5. - 21.6.
 IV 22.6. - 21.7.
 V 22.7. - 20.8.
 VI 21.8. - 19.9.
 VII 20.9. - 19.10.
 VP Vegetationsperiode

Pt ¹⁾	Exp.	Neig. (%)	Höhe ü.M.	Einstrahlungssumme (kcal·cm ⁻²)				
				III/IV	II/V	I/VI	VII	VP
12	S	50	650	29.2	28.2	26.6	22.9	190.8
13	S	50	1000	29.2	28.2	26.9	24.1	192.8
14	S	50	1500	29.2	28.4	27.2	24.8	194.2
34	SSE	29	525	30.0	28.6	25.8	21.6	190.3
35	SSE	29	1000	30.0	28.5	25.7	21.8	190.1
36	SSE	29	1500	29.9	28.0	25.1	20.0	185.9
24	WSW	48	1000	2 .3	2 .6	20.4	15.8	159.6
24a	E	56	1000	23.3	18.0	13.5	9.2	124.5
120	N	50	650	24.9	20.1	12.8	4.4	119.9
121	N	50	1000	25.3	20.6	12.8	4.5	121.6
138	NNW	39	525	27.1	22.2	15.3	8.3	137.4
139	NNW	39	1000	27.3	22.8	15.9	8.6	140.5

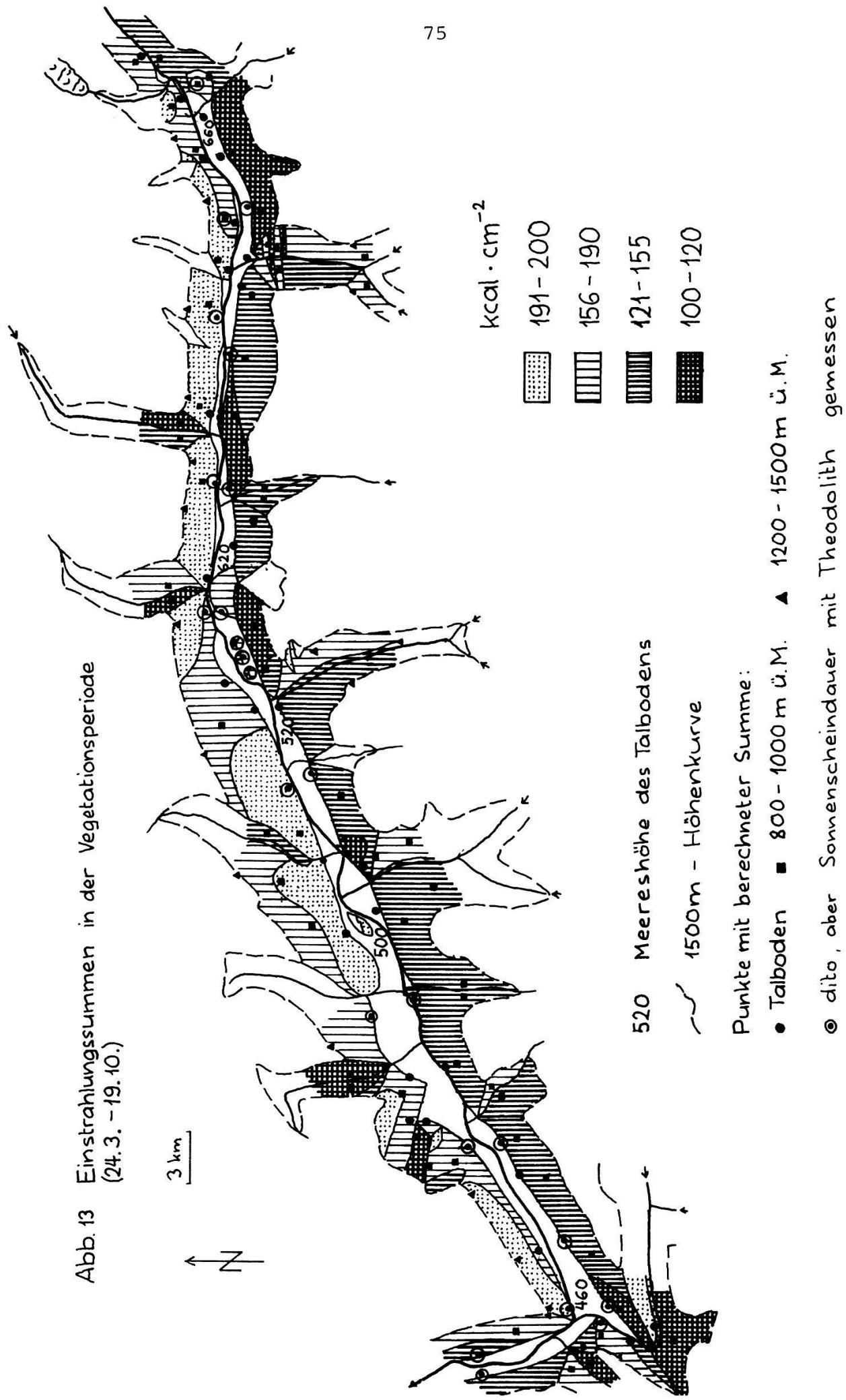
¹⁾ Für die Ortsbezeichnung siehe Tabelle 7.

werden aber die Unterschiede zwischen den verschiedenen Expositionen und Neigungen immer deutlicher. Schwanken die Werte der Perioden III und IV zwischen 24 kcal pro cm² an Nordhängen und 30 kcal pro cm² an Südhängen, so steigt dieser Gegensatz in der Periode VII (im Herbst) auf 4/25 kcal pro cm².

In Abb. 13 sind die Werte in Tabelle 7 in eine Karte mit interpolierten Isolinien der Einstrahlung integriert worden.

Regional gesehen sind die Einstrahlungsgegensätze zwischen den Talhängen im Oberwallis am grössten, da es ein Ost-West-Tal mit steilen Hängen ist. Das Mittelwallis mit seiner Ausrichtung von Nordost nach Südwest weist im allgemeinen weniger scharfe Gegensätze auf, besonders da die Hänge an manchen Orten weniger steil sind (z.B. Sierre-Montana).

Abb. 13 Einstrahlungssummen in der Vegetationsperiode
(24.3. - 19.10.)



Am Eingang ins Vispertal sind die Unterschiede in den Einstrahlungssummen wegen der gegliederten Talhänge auf kleinstem Raum konzentriert. An den Südwesthängen der rechten Talseite beträgt die Einstrahlung 180,3 kcal pro cm^2 an Nord-West-Hängen im Abstand von manchmal nur 30 Metern, nur 114,4 kcal pro cm^2 .

3.142. Die Minimumtemperaturen

In Tab. 8 sind die Mittel der Strahlungs-(Minimum-)Temperaturen in klaren Nächten von 31 Orten im Oberwallis im oberen Mittelwallis angegeben. Die Werte der zweiten Kolonne sind als Differenz zu den Strahlungstemperaturen von Prapourri (bei Vétroz, Mittelwallis), analog zu ROTEN (1964), dargestellt und können also direkt in dessen Karte eingeführt werden.

In Abb. 14 zeigen 5 Minimumtemperatur-Profile durchs Oberwallis (I bis V) und 3 durchs obere Mittelwallis (VI bis VIII) die topographische Abhängigkeit der nächtlichen Abkühlung, wobei auch hier die Kaltluftseen deutlich zum Vorschein kommen.

Hervorzuheben ist, dass die extremen Minimumtemperaturen im Bereich des Talbodens auftreten, der früher wenigstens periodisch überschwemmt war. Eine Ausnahme bildet das Gebiet des Pfinwaldes (Profil VI in Abb. 14). Da wegen des durchlässigen Untergrundes sich auch trockene Mulden dort befinden, kann sich extrem kalte Luft ansammeln. Spätfroste, die die Flaumeichen am Aufkommen hindern, sind deshalb nur in diesem Gebiet anzunehmen.

3.143. Die Kontinentalität

Die ausgewerteten Messergebnisse der Thermohygrographenstationen auf den zwei Transekten sind in Tabelle 9 dargestellt.

Bei der Oberwalliser Transekte I sinkt die relative Luftfeuchtigkeit sowohl an extrem sonnigen wie auch an bedeckten Tagen tiefer hinunter als bei der Transekte II im unteren Mittelwallis. In der Nacht werden aber bei allen Stationen hohe Werte

Tab. 8 Minimumtemperaturen (Strahlungstemperaturen, VAH 50 cm) :
Durchschnitt aus den Werten von fünf klaren Nächten.

Messstation	Lage	Höhe ü.M. (m)	Durch- schnitt (°C)	Differenz zu Pra- pourri(°C)
Oberwallis (20.- 24.9.72)				
Gampinen ¹⁾	Talgrund	630	-2.1	-1.0 ²⁾
Turtmann	Hang NW	750	2.7	+3.8
Hohtenn	Hang S	800	2.3	+3.4
Hohtenn Station	Hang S	1078	3.8	+4.9
St German	Hang S	750	2.4	+3.5
Ausserberg Stat.	Hang S	932	3.8	+4.9
Versuchshof Lonza	Talgrund	638	-1.7	-0.6
Grauberg	Hang NNE	750	2.7	+3.8
Visp Staldbach	Talgrund	660	-2.0	+0.1
Visp Südost	Hang NNW	800	3.3	+4.4
Visp Südost	Hang SW	800	3.0	+4.1
Lalden Station	Hang S	801	3.1	+4.2
Eyholz	Hangfuss N	700	1.5	+2.6
Termen	Terasse	900	1.4	+2.5
Naters Hegdorn	Hang S	913	2.5	+3.6
Pfingebiet, oberes Mittelwallis (4.- 8-4.73)				
Gampinen ¹⁾	Talgrund	630	-4.5	-1.0 ²⁾
Feithieren	Hangfuss N	780	-0.6	+2.9
Pfindenkmal	Talgrund	590	-2.4	+1.1
Abschlacht (Pfin)	Hangfuss N	700	-4.0	-0.5
Pfinhügel 599	Gipfel	599	-2.5	+1.0
599	Mulde	555	-4.6	-1.1
636.7	Gipfel	636	-2.3	+1.2
636.7	Mulde	560	-4.8	-1.4
610	Gipfel	610	-1.4	+2.1
610	Mulde	560	-5.2	-1.7
Creux de Chippis	Mulde	570	-2.6	+0.9
Leuk 917.4	Hangkante SW	917	-3.0	+0.5
Rumeling	Seitental	928	-3.1	+0.4
Niouc	Hang W	810	-0.4	+3.1
Briey	Hang NNW	716	-2.5	+1.0
Réchy	Hang NNW	730	0.0	+3.5

1) Vergleichsstation mit ROTEN (1964), siehe Text.

2) Wert aus ROTEN.

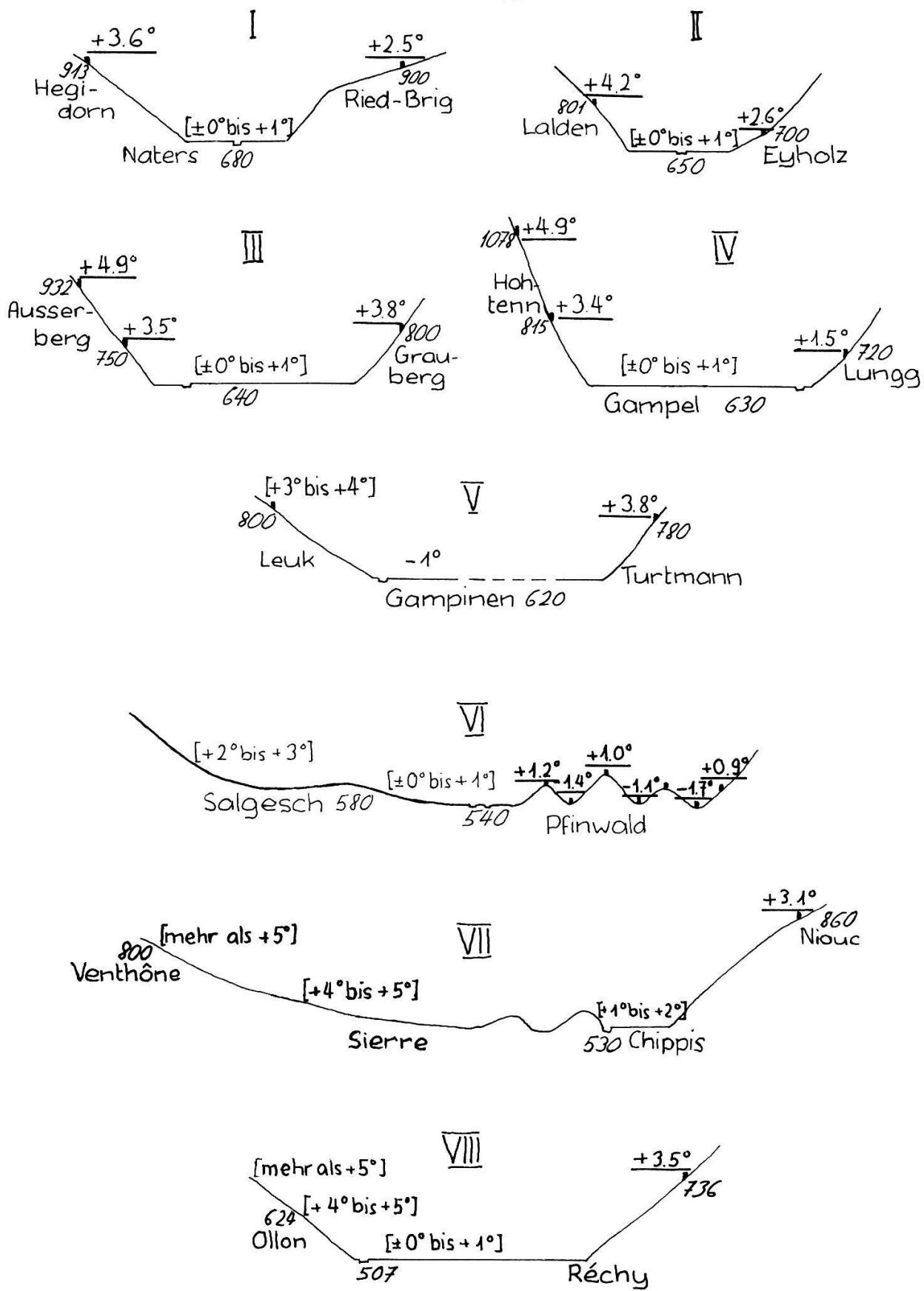


Abb. 14 Minimum-Temperaturen in Strahlungsnächten entlang 8 Profilen durchs Rhonetals (Lage siehe Text). Werte in [] aus ROTEN (1964), eigene Messungen unterstrichen. Werte als Differenz zu Prapourri-Werten (westl. Sion).

Tab. 9 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit entlang von Transekten quer durch das Rhonetal während der Periode Mai bis September: Durchschnitte der 20 strahlungreichsten (SR) und der 20 strahlungärmsten Tage (SA).

		Transekte II (unteres Mittelwallis) (1973)			Transekte I (Pfingebiet) (1972)			
Betrachtete 20 Tage der Periode	Faktor A = Amplitude	Charrat 700 m NW 40%	La Gîte 470 m eben	Fully Plaine 700 m SE 50%	Fully Tassonières	Pfin Abschlacht 700 m NW 30%	Pfin Denkmal 600 m W 10%	Varen unter Kirche 700 m S 50%
Temperatur in °C								
SR	max	22.0	26.3	24.7		28.6	26.1	26.3
	min	10.6	9.7	11.8		13.0	13.2	13.2
	A	11.4	16.4	12.9		15.6	12.9	13.1
SA	max	14.7	18.2	14.9		21.0	21.0	18.4
	min	8.7	8.8	7.9		11.9	10.4	10.4
	A	6.0	9.4	7.0		9.1	10.6	8.0
rel. Luftfeuchtigkeit in %								
SR	min	46.3	42.9	43.9		35.6	36.9	36.9
	max	97.1	96.3	85.7		94.7	99.0	88.4
	A	50.8	53.4	41.8		59.1	62.1	51.5
SA	min	70.6	65.1	69.2		58.6	62.6	60.3
	max	99.0	99.0	98.5		100	100	99.1
	A	28.4	33.9	29.3		41.4	37.4	38.8

erreicht. Nur bei den Südhangstationen werden 90 % nicht überschritten. Dementsprechend sind die täglichen Schwankungen im Oberwallis sehr hoch.

Die höhere Kontinentalität des Oberwallis äussert sich in bezug auf die Temperaturamplituden nur bei den Stationen der linken Talseite (N-, NW-Hänge), auf der anderen Talseite sind sie etwa gleich. Bei den Talbodenstationen sind die Amplituden bei derjenigen des Unterwallis eindeutig höher, wahrscheinlich wegen der Bildung von einem Kaltluftsee. Ein solcher kann sich bei der Station Pfin wegen der Schwellenlage des Ortes weniger stark ausbilden. Ein paar Kilometer talaufwärts im Oberwallis würde sich wahrscheinlich ein anderes Bild ergeben.

3.15. Die Energieverhältnisse als limitierender Faktor für die Flaumeiche

Vergleicht man das aktuelle Vorkommen von Flaumeichenbeständen und -bestandresten, sowie dasjenige von solchen, die sich in absehbarer Zeit aus Föhrenbeständen entwickeln werden (Abschnitte 3.11. und 3.12), mit den Einstrahlungsverhältnissen, so ist kein direkter Zusammenhang zu erkennen.

Betrachtet man aber zusätzlich noch die Meereshöhe als Ausdruck von Temperatur und Ausstrahlungsgrösse, so kann die in Abb. 15 dargestellte Beziehung aufgestellt werden. Darin lässt sich eine obere Grenze der Flaumeichenbestände als Funktion von Einstrahlung und Meereshöhe angeben, d.h. mit zunehmender Meereshöhe steigt auch der Bedarf der Flaumeiche an Einstrahlungsenergie. In der einfach logarithmischen Darstellung verläuft diese Grenze mehr oder weniger gerade. Sie liegt

- bei 500 ± 25 m ü.M. bei etwa 120,
- bei 1000 ± 50 m bei etwa 155 und
- bei 1400 ± 50 m bei etwa $190 \text{ kcal} \cdot \text{cm}^{-2}$ pro Vegetationsperiode.

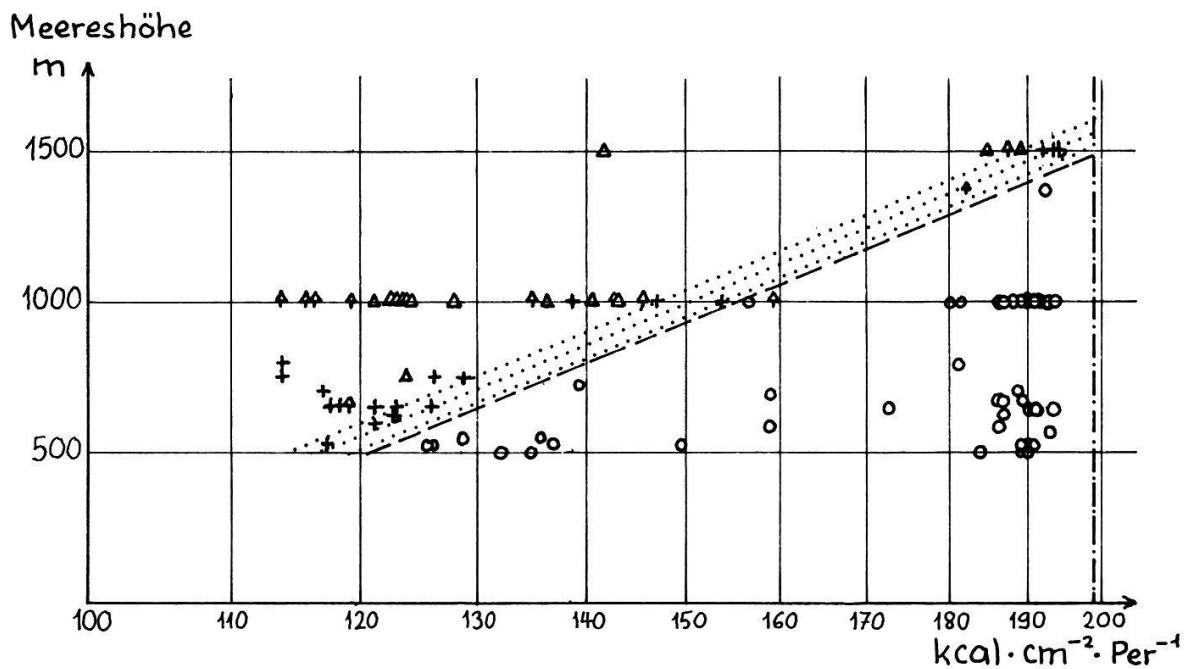
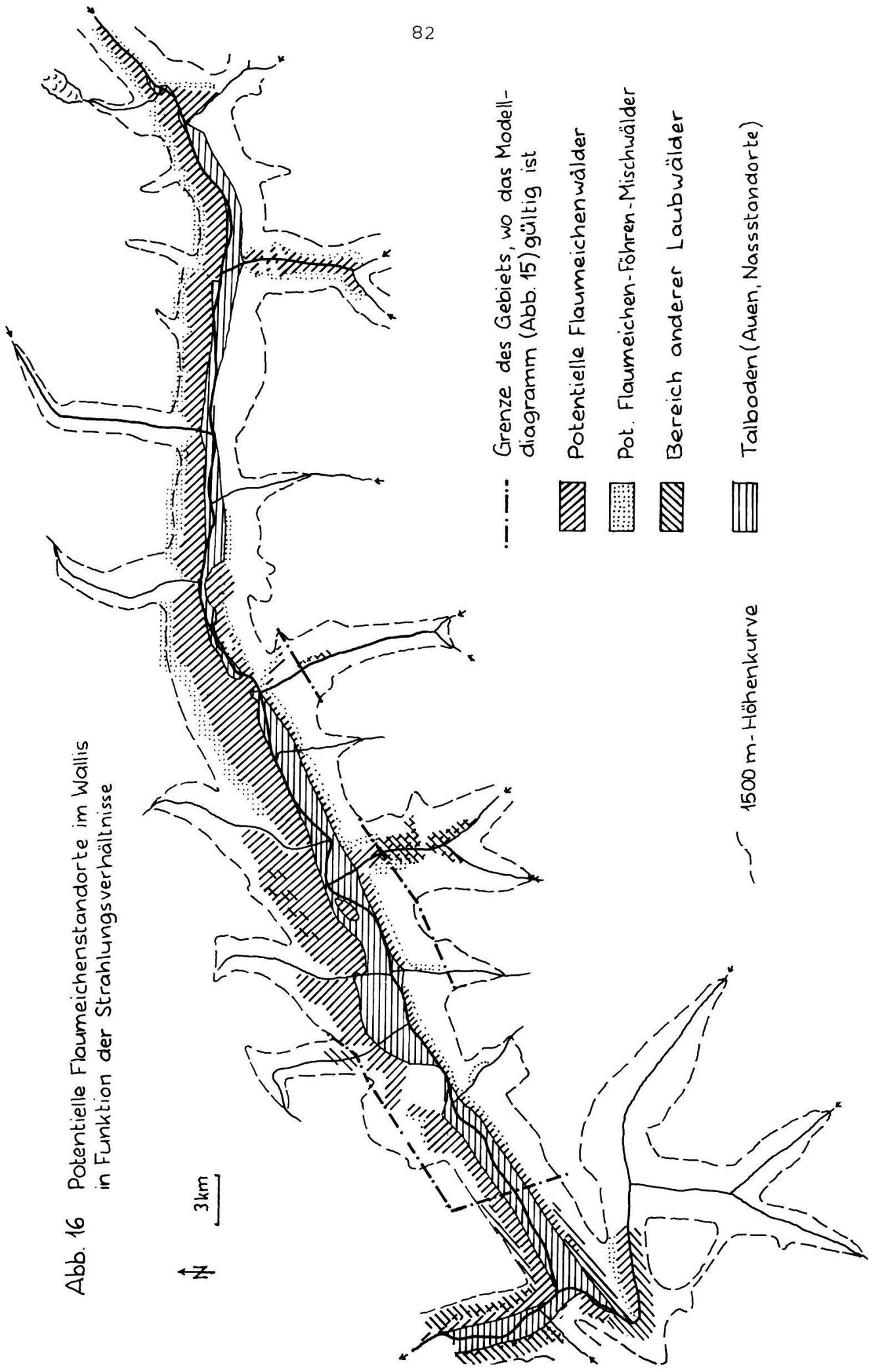


Abb. 15 Verteilung der Waldbaumarten im innern Walliser Trockengebiet in Abhängigkeit von Sonneneinstrahlung (berechnet pro Vegetationsperiode, siehe Abschnitt 3.141) und Meereshöhe.

- Flaumeichen - Standort
- + Föhren - Standort
- ▲ Fichten - / Arven - Lärchen - Standorte
- ◆ Nadelbaum - Mischbestand
- :::::: Bereich mit einzelnen Flaumeichen
Größtmögliche Einstrahlung bei günstigster Exposition und Neigung (S 50 %), ohne Horizont - überhöhung

Abb. 16 Potentielle Flaumeichenstandorte im Wallis
in Funktion der Strahlungsverhältnisse



Dies kann auch durch die Gleichungen

$$\log S_{\min} = 1.98 + 0.20 \cdot h \text{ oder}$$

$$S_{\min} = 4.56 \cdot e^{0.46 \cdot h}$$

ausgedrückt werden, wobei S_{\min} die Einstrahlung an der Grenze und h die Höhe (in km) über Meer bedeuten.

Die Annahme scheint berechtigt, dass unterhalb dieser Grenze, zumindest auf mittleren Standorten, die Eiche potentiell in den Wäldern vorherrschen und die Föhre grösstenteils verdrängen würde. Die potentielle Verbreitung der Flaumeichenwälder als Funktion der Energieverhältnisse (Abb. 13) ist in Abb. 16 dargestellt.

Deutlich kommt darin der Gegensatz zwischen den Sonnenhängen, die bis in höhere Lagen von Flaumeichenwäldern besiedelt wären und den Schattenhängen, an welchen z.T. überhaupt keine Flaumeichen vorkommen könnten, zum Ausdruck.

Die eigentliche Flaumeichenwaldstufe wird an ihrer Obergrenze von einer Stufe mit Föhrenwäldern abgelöst, wo noch ganz vereinzelte Flaumeichen eingestreut sind. In höheren Lagen wird dieser Gürtel aber bald von anderen Nadelwäldern abgelöst. Die obere Grenze der Flaumeiche wäre demnach eine physiologische und würde durch die Konkurrenz der Föhren nur sehr beschränkt herabgedrückt werden.

3.16 Der Zuwachs der Föhren bei Visp

Die Ergebnisse der Zuwachsmessungen an Föhren im Gebiet des untersten Vispertales (siehe Abb. 11 in Abschnitt 3.12) sind in Tab. 10 dargestellt. Deutlich kommt der trotz der schlechteren Licht-Verhältnisse (Exposition, Kronenschluss) um etwa 10 % grössere Zuwachs an Nordwesthängen (reiner Föhrenwald) als am Südwesthang (Flaumeichen mit vereinzelten Föhren) zum Ausdruck. Die Nadeln der Föhre in Nordwestexposition sind länger und sterben im Durchschnitt weniger schnell ab.

Tab. 10 Produktionsmessungen an Waldföhren¹⁾ bei Visp

	NW-Hang	SW-Hang
Alter des Baumes	79 Jahre	75 Jahre
Höhe des Stammes	12.1 m	7.0 m
Holzvolumen ohne Zweige ²⁾	0.444 m ³	0.314 m ³
Trockengewicht (TG) Holz ³⁾	196 kg	139 kg
TG Zweige	7.9 kg	2.7 kg
TG Nadeln	10.1 kg	6.6 kg
TG Misteln (<i>Viscum album</i>)	3.0 kg	2.4 kg
Alter der Nadeln ⁴⁾	5.0 Jahre	4.6 Jahre
Länge der Triebe 1973 ⁴⁾	28.2 mm	21.1 mm ⁵⁾
Stammzuwachs pro Jahr ⁴⁾	1.7 mm	1.6 mm
Astzuwachs pro Jahr ⁴⁾	1.2 mm	1.0 mm
TG-Zuwachs 1973 ⁶⁾ total	12.9 kg	7.6 kg
Zuwachs pro kg Nadeln (TG)	1.28 kg	1.15 kg
Zuwachs Föhren + Misteln pro ₇₎ kg Assimilationsgewebe (TG)	1.23 kg	1.11 kg

1) je ein representativer Baum pro Hang

2) berechnet an idealisierten Kegelstupfen

3) berechnet aus Angaben des Schweizerischen Forstkalenders

4) Durchschnitt

5) Zum Vergleich: Trieblänge 1973 von Flaumeichen am gleichen Ort: 65.1 mm!

6) von Anfang Vegetationsperiode bis zum 28. August

7) unter der Annahme, dass vom TG der Misteln 20 % photosynthetisch aktiv sind, und der Zuwachs 1973 10 % beträgt.

Diese Ergebnisse passen zwar durchaus ins Modell der Waldverteilung in Abhängigkeit der Energieverhältnisse, bedeuten aber, dass auf Flaumeichenstandorten nicht nur die Konkurrenz um Licht für das Verdrängen der Föhre von Bedeutung ist, sondern dass an den Südhängen ob Visp die Föhre als Konkurrent der Flaumeiche wegen der extrem trockenen Bedingungen noch zusätzlich geschwächt ist.

Nicht zu vergessen sind aber die Rauchschäden in den Föhren des Dälwaldes, ein paar Hundert Meter nördlich der betreffenden Hänge, verursacht durch die Abgase der chemischen Werke in Visp. Es kann vermutet werden, dass die Empfindlichkeit der Föhren auf Luftverschmutzung mit zunehmender Trockenheit des Standortes wächst, oder aber umgekehrt die Föhren infolge der Luftverschmutzung empfindlicher auf Trockenheit reagieren.

3.17. Keimversuche

Tab. 11 Keimungsraten von Eicheln zweier Herkünfte in Abhängigkeit des Keimbeetes. Sammeldatum 23.11.73, Setzdatum 1.12.73, Auszählung 31.3.74

Keimbeet	Keimungsraten der Eicheln	
	Herkunft A	Herkunft B
Flaumeichenstreu ¹⁾	2.2 %	88.8 %
Föhrenstreu ¹⁾	24.5 %	77.7 %
nackte Gartenerde	29.6 %	-- ²⁾
Herkunft: A Visp, Oberwallis: 100% = 45 Eicheln. B Ban de Branson, unteres Mittelwallis: 100% = 9 Eicheln.		

1) 2 cm-Schicht auf sterilisierter Gartenerde

2) nicht untersucht

Während die Eicheln aus dem unteren Mittelwallis (Campanula Trachelium-Flaumeichenwald, siehe Abschnitt 3) auf beiden Streuarten etwa gleich gut keimen, liegt die Keimungsrate der Oberwalliser Eicheln (Saponaria-Flaumeichenwald) auf der eigenen

Streu signifikant tiefer als auf der Föhrenstreu oder auf der nackten Erde. Diese Resultate sind aber mit äusserster Vorsicht zu interpretieren, da über den Reifezustand der Eicheln nichts bekannt war, und somit die Eicheln aus dem Ban de Branson möglicherweise reifer waren als diejenigen von Visp, und weil zudem die Keimhemmung in keinem Fall vollständig war. Abgesehen davon könnte aber dieses Keimverhalten auf die Möglichkeit einer zyklischen Entwicklung der Oberwalliser Wälder hinweisen, sodass in dem in Abschnitt 3.15 beschriebenen Flaumeichengebiet die Föhre überall eine gewisse Rolle spielen würde.

Eine zyklische Sukzession kennt man aus naturnahen Tannen-Fichten-Wäldern der Alpen, wo unter Bäumen der einen Art bevorzugt die andere aufkommt (SIMAK 1951, MAYER 1960). Ein zeitliches Abwechseln zwischen Laub- und Nadelbäumen ist von NILSSON (zitiert in HESSELMANN UND SCHOTTE 1906) in schwedischen Buchen-Fichten-Wäldern beschrieben worden. Im äusserst baumreichen tropischen Regenwald wird sogar eine mehrphasige zyklische Entwicklung angenommen (WALTER 1964).

Es ist aber wegen der sehr alten starken anthropogenen Einflüsse fraglich, ob in der Gegend von Visp dieser Zyklus je hätte ablaufen können, denn die Waldföhre kann, obwohl sie ein Pionierbaum ist, sich sehr lange in einem Bestand halten (in der Taiga z.B. bis 500 Jahre, siehe KLOETZLI 1975).

Aussagen, die über diese Vermutungen hinausgehen, können nur aufgrund weiterer eingehenderer Versuche gemacht werden.

Im Uebrigen ist zu beachten, dass die Brandgefahr im Gebiet sehr gross ist und die Föhre somit immer wieder Ansiedlungsmöglichkeiten haben sollte (siehe KLOETZLI 1975). Dem steht aber die Beobachtung gegenüber, dass im Pfingebiet die Brandflächen im Bereich von heute föhrenbeherrschten Wäldern fast ausschliesslich von Laubbäumen besiedelt sind, nämlich von den Pionierarten Betula pendula, Populus tremula und Salix spec. div., sowie von der Flaumeiche, die im abgebrannten Föhrenwald in der Strauchschicht vorhanden war und nach dem Brand ausgeschlagen hat (WERLEN 1968).

3.2. Allgemeine Diskussion zur Oekologie

3.21. Die Grenzen des Strahlung/Wald-Modells im Wallis

Die Beziehung zwischen der Verbreitung von Flaumeiche und Waldföhre und den Energieverhältnissen hat nur an den Stellen Gültigkeit, wo keine anderen Baumarten eine massgebende Rolle im Aufbau des Waldes spielen. In den weniger trockenen Gebieten ist das ökologische Verhalten der beiden Bäume durch ihre geringe Konkurrenzkraft gegenüber anderen Laubbäumen geprägt, sodass sie, wie in Mitteleuropa (ELLENBERG 1963), auf die wärmsten und trockensten, bzw. die schlechtesten Standorte verdrängt werden und die Strahlungsabhängigkeit ihrer Verteilung nicht mehr in Erscheinung tritt. Auch an den Hängen von Savièse ob Sion ist wegen den weitverbreiteten wechseltrockenen Böden die Verteilung von Flaumeiche und Föhre nach dem Schema von Abb. 15 nicht zu beobachten.

Ebenso werden in den Seitentälern Flaumeichen und Föhren trotz der geringen Meereshöhe bald von Laubbäumen und Fichten abgelöst. Eine Ausnahme bilden die Vispertäler, wo die Niederschläge mit wachsender Entfernung vom Haupttal nicht wie in anderen Seitentälern zunehmen, sondern sogar merklich abnehmen, sodass diese Gebiete zu den trockensten des Wallis gehören. Mesophile Laubbäume kommen dort natürlicherweise nicht vor, und an einigen Orten fehlt nach LUEDI (1943) sogar die Fichtenstufe; Wald-Föhrenwälder gehen wie im Sayan-Gebirge des kontinentalen Zentralsibirien (westl. Baikalsee, KLOETZLI mdl.) direkt in Lärchen-Arven-Wälder über.

Vom Modell der Energieverhältnisse her gesehen, sind etliche Hänge potentielle Flaumeichenstandorte (Gegend von Stalden, siehe Abb. 16). Dennoch sucht man dort die Flaumeiche vergebens. Die nächste wächst ein paar Kilometer talabwärts bei Visp. Eine Erklärung dafür liegt nicht sogleich zur Hand. Anthropogene Einflüsse, welche die Flaumeiche im Gebiet ausgerottet hätten, sind wahrscheinlich auszuschliessen, da in

anderen Gebieten des Wallis die Art auch im Extremfall nicht gänzlich ausgemerzt worden ist.

Der Vermutung, dass die extrem tiefen Niederschläge um Stalden herum eine Trockengrenze für die Flaumeiche bedeuten, steht gegenüber, dass im Aostatal mit ähnlich geringen Niederschlägen und einer ausgesprochenen Sommertrockenheit (Abb.6) Flaumeichen auch im zentralen Teil des Tales vorhanden sind.

Die meiner Ansicht nach wahrscheinlichste Erklärung ist eine historische. WELTEN (1958) hat gefunden, dass im Jahre 5000 v.Chr. die Hangterrasse von Grächen (1600 m ü. M.), 5 km talaufwärts von Stalden (800 m), vom Mattergletscher bedeckt war. An dieser Stelle war das Tal demnach von etwa 700 m Eis bedeckt. Ein Vergleich mit den heutigen Eisdicken und der Länge des Aletschgletschers (ATLAS DER SCHWEIZ) zeigt, dass damals der Mattergletscher ohne weiteres bis nach Stalden gereicht haben kann. Es kann also angenommen werden, dass der damalige Wald kaum über Visp hinaus in Vispertal eingedrungen war. Um 4000 vor Chr., nur wenige Jahrhunderte nach dem Rückzug des Gletschers aus diesem Talabschnitt, wurde das Wallis von Bauernvölkern besiedelt. Man kann deshalb vermuten, dass der Mensch die Flaumeiche im Vispertal "eingeholt" hat und sie durch sein Bestreben, das Land offen zu halten, daran gehindert hat, sich mit ihren schweren Samen in die nun eisfreien Gebiete auszubreiten, ähnlich wie im Magdeburger Trockengebiet oder im südlichen Schweden bei Trelleborg der sehr alte Einfluss des Menschen die Einwanderung der Bäume in Steppegebiete verhindert hat, die, vom Klima her betrachtet, durchaus waldfähig sind (ELLENBERG 1963, KLOETZLI mdl.).

3.22. Der Uebergang zwischen den Flaumeichen- und den Föhrenwäldern

Im Abschnitt 3.15 (Abb. 15) wurde eine durch das Strahlungsklima bedingte Grenze zwischen Flaumeichen- und Föhrenwäldern definiert, wobei aber angenommen wurde, dass auch über dieser Grenze die Flaumeiche zunächst dem Föhrenwald beigemischt wäre,

bevor dieser in höheren Lagen ganz rein wäre. Umgekehrt kann man annehmen, dass die Föhre unterhalb der Linie nicht ganz abwesend wäre. Nachzuprüfen ist aber dieser Uebergang im Wallis nicht, da die anthropogenen Einflüsse zu gross sind. Die Verhältnisse in anderen Gebirgsgegenden, wo eine Laubwald-Nadelwald-Stufung existiert, zeigen immerhin, dass die Annahme eines solchen stufigen Uebergangs durchaus berechtigt ist.

So beschreiben LEOPOLD (1950), PUIG (1970) und ERN (1972) aus Mexiko, WHITTAKER und NIERING (1968) aus Arizona (SW-USA) Quercus-Pinus-Stufungen mit mehr oder weniger breiten Uebergängen, wo beide Gattungen vorkommen. Auch in den Tälern des Himalayas ist im Eichen-Nadelwald-Bereich eine ähnliche Abfolge der Baumarten beobachtet worden (DOBREMEZ 1973). Weitere Beispiele gibt KLOETZLI (1975).

In diesem Zusammenhang am wichtigsten ist die Feststellung von OZENDA (1966), dass in den französischen Alpentälern, wo auch die beiden Baumarten des Wallis vorkommen, in den oberen Bereichen der "Série subméditerranée du chêne pubescent", bzw., in den inneren Alpentäler, der "Série interne du ch. p." auch im naturnahen Wald der Anteil an Pinus silvestris relativ gross ist, und dass die letztere Serie ohne scharfe Grenze in die höher gelegene Föhrenserie übergeht. Die Ähnlichkeit dieser Stufung mit der fürs Wallis angenommenen fällt sofort auf und berechtigt zum Schluss, dass, unabhängig von der Exposition, eine Stufung Flaumeichenwald-Mischwald-Föhrenwald im Wallis vorliegen würde, hätte der Mensch die Grenzen nicht verwischt.

3.23. Wald und Strahlung in anderen Gebieten

Ist das erarbeitete Modell der Waldverteilung in Abhängigkeit der Strahlungsverhältnisse nur für die Flaumeichen und die Föhren des Walliser Trockengebietes gültig, oder kann das Verteilungsmuster von Eichen und Föhren, vielleicht sogar allgemein von Laubbäumen und pinoiden Nadelbäumen, auch in anderen

Gebieten mit dem Strahlungshaushalt der Standorte erklärt werden ?

Eigene Begehungen im südlich ans Wallis anschliessenden Aostatal, einem West-Ost-Tal mit ähnlicher Vegetation, haben ergeben, dass auch dort ähnliche Verhältnisse herrschen. Bei eingehenderen Untersuchungen könnte auch dort ein Diagramm in der Art von Abb. 15 aufgestellt werden. An Südhängen steigen Flaumeichebestände bis ungefähr 1300, an Nordhängen bis etwa 900 m ü. M.

Die eingehenden Vegetationsuntersuchungen und -karten der anderen Gebiete in den Westalpen, wo die Waldvegetation mehr oder weniger ausschliesslich von Flaumeiche und Waldföhre beherrscht wird (OZENDA 1966, CADEL und GILOT 1963, AUBERT et al 1965, ARCHILOQUE et al. 1969, DOBREMEZ et al. 1974, BARBERO und LOISEL 1974), zeigen auch dort ein ähnliches Bild der Waldverteilung wie im Wallis. Die Flaumeichen-Serien¹⁾ ("série interne du chêne pubescent") gehen im Briançonnais (oberes Durance-Tal) und im Tal der Ubaye²⁾ im allgemeinen an Südhängen bei etwa 1300 m, an Nordhängen bei ungefähr 1000 m ü. M. in die Föhrenserien über ("série interne et série mésophile du pin silvestre").

Auch in den dem mediterranen Klima näherliegenden Tälern der Alpes maritimes (Var, Tinée, Roya) ist nach der Vegetationskarte von OZENDA (1961) auf eindrückliche Weise dieselbe Verteilung zu erkennen. Leider kann dort die Meereshöhe der verschiedenen Vegetationsgrenzen auf der Karte nicht ermittelt werden, doch kommt deutlich zum Ausdruck, dass die Nordhänge nur in den unteren Lagen oder überhaupt nicht von Flaumeichen- und Ostryawäldern, sonst aber von Föhrenwäldern bedeckt sind, dass aber an Südhängen die Flaumeichenbestände bis hoch hin-

¹⁾ Entwicklungsserie, nach dem Schlusswald benannt (siehe OZENDA 1966).

²⁾ Von den andern französischen inneralpinen Trockengebieten wird dasjenige der Maurienne wegen der Meereshöhe kaum noch von der Flaumeiche erreicht, wogegen das Gebiet der Tarentaise noch relativ feucht ist und keine Föhrenstufe aufweist.

auf wachsen (Abb. 17). Besonders eindrucksvoll zeigen die gegliederten Flanken des Nord-süd-verlaufenden Tinée-Tales die Expositionsabhängigkeit und somit die Strahlungsabhängigkeit der Verteilung der beiden Bäume. Im grossen erinnert das Bild an die Verhältnisse an den Hängen des untersten Vispertales (Abb. 11).

Im Susatal im Piemont westlich Turin schliesslich, beherrschen zwar Flaumeiche und Waldföhre auch im Zentrum des Trockengebietes nur wenige Hänge allein, doch kann nach MONTACCHINI (1972) trotzdem eine z.T. ähnliche Waldverteilung wie im Wallis beobachtet werden.

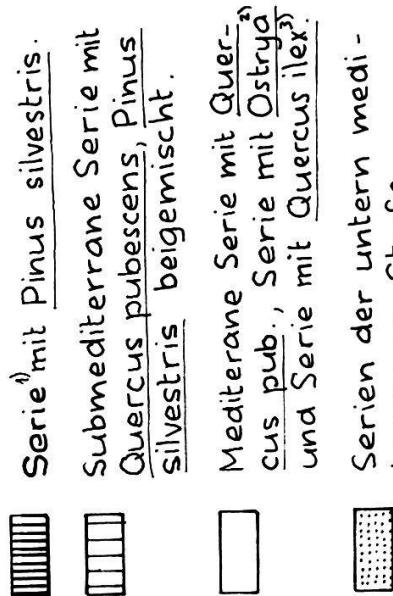
Es kann somit festgehalten werden, dass in den Trockengebieten der Zentral- und Westalpen ähnliche Verhaltensmuster von Flaumeiche und Waldföhre auftreten wie im Wallis, sobald sie keine Konkurrenz anderer Waldbäume erdulden müssen.

Gibt es nun auch ausserhalb der inneren Alpentäler Gebiete, wo Quercus- und Pinus-Wälder in Abhängigkeit der Strahlungsverhältnisse verteilt sind ?

In den Santa Catalina Mountains von Arizona haben WHITTAKER und NIERING (1968) ein Schema der Vegetationsverteilung auf Silikat (Diorit) in Abhängigkeit von Meereshöhe und Exposition aufgestellt. Mit zunehmender Meereshöhe ist folgende Stufung festzustellen: Halbwüste (scrub desert) - Quercus-Stufe - Quercus/Pinus-Stufe - Pinus-Stufe - Abies concolor/Pseudotsuga-Stufe - Abies lasiocarpa-Stufe. Die Grenzen zwischen den Stufen sind in Südexposition deutlich höher als an Nordhängen. Ueberträgt man dieses Schema in ein Diagramm, wie es im Wallis verwendet wurde (Abb. 15), wobei als Grundlage für die Einstrahlungsberechnung eine durchschnittliche Hangneigung von 30 % eingesetzt wird (Angaben aus der zitierten Arbeit), und die Horizontüberhöhung vernachlässigt werden kann (Photographien), erhält man das Schema von Abb. 18.

In den Schemata des Wallis und der Santa Catalina Mountains (Klima: Jahresmitteltemperatur ca. 10°C, Niederschläge etwa 650 mm, die aber deutlich auf eine Sommer- und eine Winter-

Abb. 17
Verteilung von *Quercus pubescens* und *Pinus silvestris* in den französischen Seealpen.
Nach OZENDA (1961, 1966).



1) Standorte, deren Vegetation auf mittleren Böden zu einem von der genannten Art beherrschten Wald entwickelt, wenn der menschliche Einfluss aufhört.
2) An einigen Nordhängen in tiefen Lagen.
3) An extremen Südhängen in den unteren Lagen.



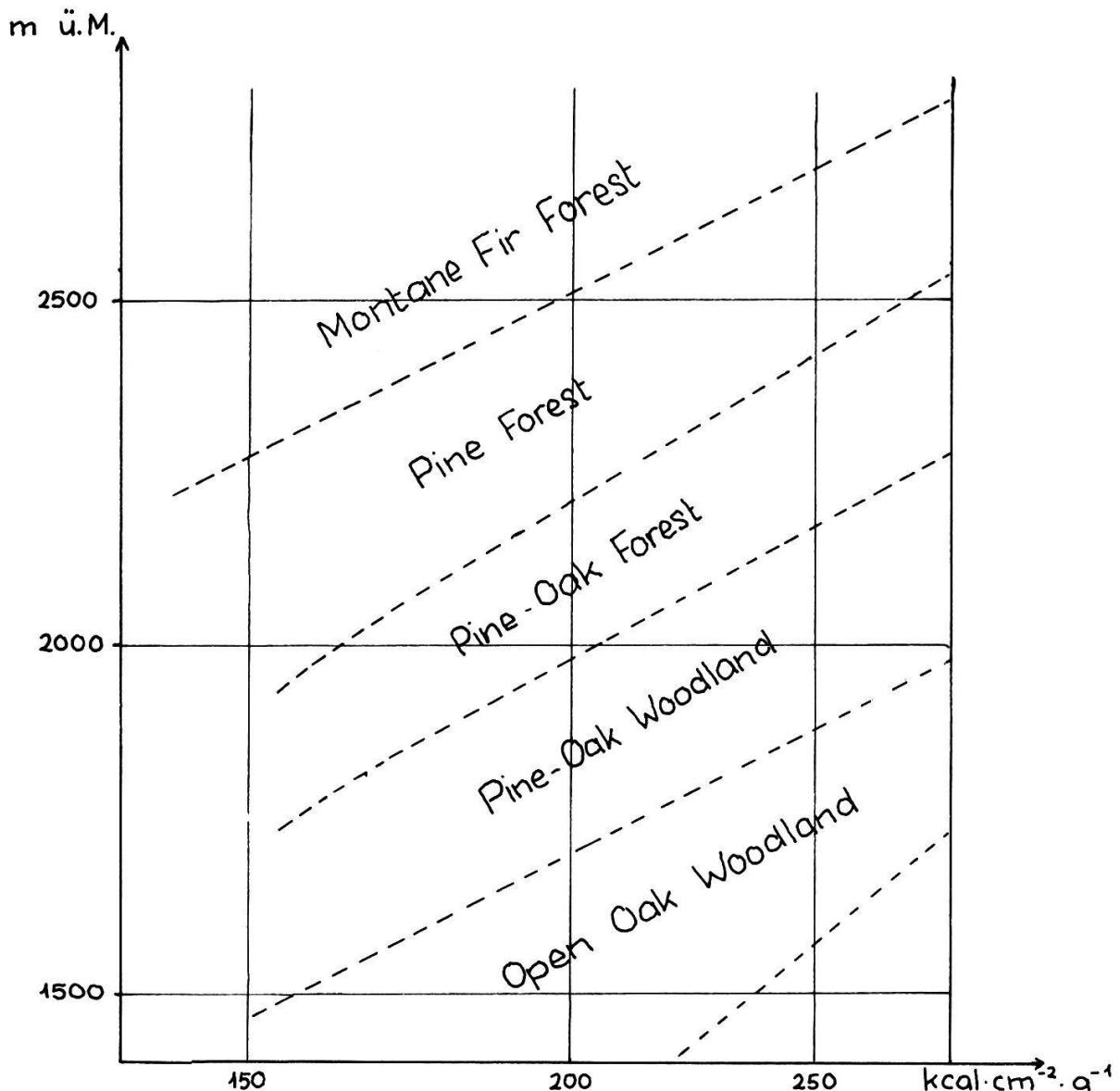


Abb. 18 Waldtypgrenzen in den Sta. Catalina Mountains (Arizona) in Abhängigkeit von Einstrahlung und Meereshöhe (auf Silikat). Umgerechnet nach WHITTAKER und NIERING (1968).

regenzeit verteilt sind) fällt die Ähnlichkeit sofort auf. In den einfach logarithmischen Darstellungen verlaufen die Grenzen in beiden Gebieten annähernd gerade.

Auch in den Bergen von Arizona ist somit die gleiche Abhängigkeit der Verteilung der Quercus- und Pinus-Arten von den Strahlungsverhältnissen festzustellen, und dies, obwohl alle Eichenarten ausser einer (Qu. gambelii) immergrün sind. Das bedeutet aber eine interessante Ausweitung der Gültigkeit des Walliser Strahlung/Wald-Modells von sommergrünen Eichen auf solche mit anderer Strategie. Eine weitere Ausweitung, nämlich auf andere Pinoiden-Gattungen, lässt sich nordwestlich im Himalaya feststellen. Nach LEGRIS (1963) und GADEKAR (mdl.) sind die Nordhänge der inneren Täler in der Höhenstufe zwischen 2400 und 3300 m ü. M. von Wäldern mit Abies pindrow, Picea smithiana und Pinus wallichiana (excelsa), die Südhänge dagegen auf der gleichen Meereshöhe von solchen mit Quercus semecarpifolia bewachsen. Die Untersuchungen von MEUSEL und SCHUBERT (1971) deuten in dieselbe Richtung.¹⁾

In den weiter im Südosten gelegenen Himalaya-Tälern Nepals und Sikkims dagegen sind die Laub- und Nadelwälder nach der Vegetationskarte von DOBREMEZ (1973) nicht nach diesem Schema verteilt. Auch in den ostmexikanischen Gebirgen, wo Quercus- und Pinus-Wälder weit verbreitet sind, folgt die Waldverteilung nicht dem für das Wallis entworfenen Modell (ERN 1972).

Obwohl beide Gebiete weit auseinander liegen, sind wahrscheinlich die zwei gleichen klimatischen Faktoren dafür verantwortlich, nämlich die Nähe des Wendekreises, die während der

¹⁾ Zum Vergleich der Vegetationsverhältnisse im Westen und Osten des Himalayas siehe auch SCHWEINFURTH (zitiert in WALTER 1968), wo im Jhelum-Tal (Kashmir) der Hartlaubwald mit Olea, Dodonaea und Nerium an Südhängen bei 2000, an Nordhängen aber bei 800 m Meereshöhe von Pinus roxburghii-Wäldern abgelöst werden.

Veg.-Zeit einen fast senkrechten Sonnenstand und somit eine gleichmässige Bestrahlung aller Expositionen bewirkt, und die sommerlichen Monsun- bzw. Zenitalregen, die eine starke Einstrahlung verhindern. In bezug auf letzteren Faktor beschreibt ERN (1972) in Mexico in Ergänzung zur obigen Ansicht, wie sich in den einzelnen Stufen die Wälder der Ost/Südost-Hänge und der West/Südwest-Hänge unterscheiden.¹⁾ Da diese während der Sommerregenzeit wegen der Zenitalregen des Nachmittags nie voll der Sonnenstrahlung ausgesetzt sind, sind sie weniger xerisch als die ersteren, welche noch die volle Strahlung der Morgensonne geniessen und deshalb auch in der Regenzeit jeden Tag austrocknen. Im Wallis dagegen sind die Niederschläge, wie CATZEFLIS, PRIMAULT und STREHLER (1972) nachweisen, mindestens während der Vegetationszeit mehr oder weniger zu jeder Tageszeit zu erwarten, zudem sind längere Trockenperioden nicht selten (PRIMAULT und CATZEFLIS 1966, KUHN 1973).

Damit ist die Frage nach den Gebieten, in denen das Modell angewendet werden kann, angeschnitten. Diese müssen erstens so gebirgig und so weit vom Wendekreis entfernt sein, dass sich die Expositionsgegensätze und die Höhendifferenz auswirken können. Gebirge sind aber im allgemeinen den Steigungsregen ausgesetzt und beherbergen in den humideren Gebieten stärker mesophile Waldgesellschaften, die Pinus-Arten auf Pionierstandorten verdrängen. Die Gebirge humider Gebiete müssen also gross genug sein, damit sich in den inneren Tälern ein eigenbürtiges, kontinentales Klima mit starken Strahlungsgegensätzen wie in den Alpen, entwickeln kann. Oder aber die Gebirge müssen, wie in Arizona, in einem trockenen Gebiet stehen, wo auch aufsteigende Luftmassen relativ wenige Niederschläge bringen.

Wie jedoch die Verhältnisse in den Winterregengebieten zeigen, darf die Vegetationszeit nicht zu trocken sein, da sonst die

¹⁾ am besten sichtbar in der Nadelwaldstufe um 3000 m ü. M. mit Abies religiosa-Nadelmischwald an W/SW- und Pinuswald an E/SE-Expositionen.

Trockenheit zum Faktor wird, der alle anderen übertönt. Südhänge sind dann, besonders auf Kalk, so trocken, dass wirklich nur noch die "genügsamen" Pinus-Arten darauf aufwachsen können, während sich die Laubbäume auf die weniger extremen Lagen zurückziehen (siehe z.B. HORVAT, GLAVAC und ELLENBERG 1975). Auch WALTER (1968) und ERN (1966) beschreiben zwar für die trockeneren Teile des Mittelmeergebietes eine Quercus-Pinus-Stufung, konnten aber keine Expositionsabhängigkeit des Uebergangs wie im Wallis feststellen. Dieselbe Aussage scheint nach FREITAG (1971) auch in Ost-Afghanistan, ebenfalls einem Winterregengebiet, gültig zu sein.

Zusammengefasst kann erwartet werden, dass die Verteilung der Laub- und Nadelwälder dort von den Strahlungsverhältnissen abhängig ist, wo folgende Bedingungen erfüllt sind: Das Gebiet muss stark gebirgig sein, strahlungsreiche, aber nicht zu trockene Sommer aufweisen (Niederschläge während der Vegetationszeit zwischen etwa 300 und 400 mm), weit genug vom Wendekreis entfernt sein, aber dennoch nicht so strenge Winter haben, als dass keine Laubwälder mehr vorkommen könnten (siehe innerasiatische Gebirge, WALTER 1968, 1974).

Solche Bedingungen sind in erster Annäherung in drei verschiedenen Klimabereichen anzutreffen:

1. In grossen Gebirgskomplexen, die, wie die Alpen, am polwärts gelegenen Rand von Gebieten mit Mediterranklima stehen. In Eurasien kommen, neben den Alpentälern, die Gebirge im Nordosten der Türkei und der Zentralkaukasus in Frage. Im letzteren sind aber viele Täler zu hoch gelegen, als dass Laubbäume (ausser Pionierarten wie Betula) vorkommen könnten (GIGON mdl.). Gewisse Gebiete, wie z.B. im Bereich des NW-Kaukasus weisen nach ORLOV (1951, zitiert in WALTER 1974) an Südhängen Quercus-, an Nordhängen dagegen Nadelwälder (v.a. mit Abies) auf. Die türkischen Gebirge sind dagegen durch den Menschen so stark entwaldet, dass man keine Gesetzmässigkeiten in bezug auf das Waldkleid mehr erkennen kann (SCHIECHTL 1967).

Demgegenüber sind nach den Darstellungen von KNAPP (1965) in gewissen Teilen Mittel- und Südkaliforniens die Quercus- und Pseudotsuga-Wälder in Abhängigkeit der Exposition verteilt: Die Eichen besiedeln die Südhänge, während die Nordlagen der Bereich der Nadelbäume sind.

Auf der Südhemisphäre, wo ja auch Winterregengebiete vorkommen, ist keine strahlungsbedingte Verteilung von Laub- und Nadelwäldern im Sinne des fürs Wallis entworfenen Modells bekannt, obwohl, wie KLOETZLI (1975) gezeigt hat, im allgemeinen die Koniferen der Südhalbkugel sich ökologisch ähnlich verhalten wie diejenigen der Nordhalbkugel, desgleichen auch viele Laubbäume.

Die Erklärung liegt im Falle des Kaplandes und von Australien darin, dass diese Hartlaubgebiete im Süden durch das Meer begrenzt sind, sodass kontinentale Gebiete mit nicht zu trockenen Sommern fehlen.

Im Bereich des mittelchilenischen Hartlaubwaldes aber, an dem ja im Süden ein Streifen sommergrüner Wälder anschliesst, scheint entweder die Sommertrockenheit, oder aber das perozeanische, immerfeuchte Klima die Vegetation zu prägen (SCHMIT-HUESEN 1960), sodass Gebiete mit "Walliser Klima" fehlen.

2. Analog zu den innern Tälern des Nordwest-Himalayas, in den Gebirgen am Uebergang von immer- oder feuchten zu ariden Gebieten, sofern er weit genug vom Wendekreis entfernt ist.

Auf der Nordhalbkugel kommen die Gebirge westlich von Peking in Betracht. Obwohl es ein ausgesprochenes Quercus- und Pinus-Gebiet ist, kann sich aber die Strahlung wahrscheinlich nicht im Sinne des "Walliser Modells" auf die Waldverteilung auswirken: Auf der Ostseite der Gebirge ist der Einfluss der Monsunregen zu stark, auf ihrer Westseite dagegen, wo er schwächer ist, und somit die Strahlung sich auswirken könnte, sind die Jahresniederschläge zu tief, als dass überhaupt noch Wald wachsen könnte.

Auf der Südhemisphäre ist in Südamerika der Uebergang zwischen

dem immerfeuchten Klima Südhiles und dem ariden Klima am Fusse der Ostanden sehr brusk, und, auf der Westseite der Hauptkette, kein abgeschlossenes Talbecken vorhanden, sodass nirgends ein eigenbürtiges Klima mit genügenden Sommerniederschlägen vorkommt (siehe WALTER 1968, WALTER und LIETH 1967). Im ganzen Gebiet scheint sich die Vegetation eher nach den hydrischen Verhältnissen an den Hängen zu verteilen, wobei aber auch hier ein Gegensatz zwischen der Vegetation der Süd- und der Nordhänge auftreten kann (SCHMITHUESEN 1960, GUINIER 1937).

Im Innern der Südinsel Neuseelands ist zwar das Klima demjenigen des Wallis relativ ähnlich, doch ist nach WARDLE (1964) die Waldverteilung aus klimageschichtlichen Gründen noch nicht stabilisiert; zudem ist der Wald im betreffenden Gebiet fast gänzlich durch anthropogenes Grasland ersetzt (WALTER 1968, SCHWEINFURTH 1966), sodass keine ökologischen Gesetzmässigkeiten erkannt werden können.

3. Im Wüsten/Halbwüstenbereich nördlich etwa des 30. Breitengrades in Gebirgen mit leichten Steigungsregen, die aber die Einstrahlung nicht stark abschirmen. Diese Bedingungen erfüllen wahrscheinlich einzig die Gebirge der südwestlichen Vereinigten Staaten. Weite Teile der Rocky Mountains und die innerasiatischen Gebirge haben dagegen zu strenge Winter für das Aufkommen von Laubbäumen und sind der ausschliessliche Bereich der Nadelbäume (KNAPP 1965, WALTER 1968, 1974).

3.24. Zur Strategie

Die Verteilung der Flaumeichen und Waldföhren in den inneralpinen Trockentälern ist ein Spezialfall der Ausdifferenzierung der Waldtypen durch die Konkurrenz zwischen sommergrünen Laubbäumen und pinoiden Nadelbäumen. Diese Ausdifferenzierung kann in diesen Tälern modellhaft untersucht werden. *Pinus silvestris* wird in den untern Höhenlagen von den Standorten mit starker Einstrahlung durch die Konkurrenz von *Quercus pubescens* verdrängt. Letztere Art vermag sich aber, mit oder

ohne Konkurrenz der Föhre, auf Standorten mit ungünstigen Strahlungsverhältnissen (Nordhänge, höhere Lagen) nicht zu halten. Die Verhältnisse entsprechen also ziemlich genau denjenigen des allgemeinen Schemas in Abb. 1 (Seite 10), wobei der dort angeführte "Faktor" mit den Strahlungsverhältnissen übereinstimmt.

Wie wirken sich aber die Strahlungsverhältnisse auf die Bäume direkt aus? Man kann vermuten, dass auf den ungünstigeren Standorten die Vegetationszeit zu kurz ist, sodass die Flaumeichen im Frühling zu spät austreiben können und im Herbst nicht genug Zeit für das Anlegen von Reserven, für die Ausreifung ihrer Früchte und für die Knospenreifung zur Verfügung haben.

Bemerkenswert ist aber, dass die Strahlungsverhältnisse auch auf die Verteilung von Pinoiden und immergrünen Sklerophyllen wirken, wie die Beispiele der Santa Catalina Mountains und der Himalaya-Täler zeigen. Das bedeutet, dass die Pinoiden, sind einmal die Strahlungsverhältnisse der prägende Faktor, unter ungünstigen Strahlungsbedingungen sowohl den sommergrünen als auch den immergrün-sklerophyllen Bäumen überlegen sind. Die Pinoiden können unter diesen Bedingungen zwei ihrer Trümpfe ausspielen: ihre grösere Kälteresistenz im Winter gegenüber den Hartlaubbäumen, und ihre "Allzeit bereit"-Strategie bei Verkürzung der warmen Jahreszeit, sowie ihre grösse Frostresistenz beim Austreiben gegenüber den sommergrünen Laubbäumen (ausführlich in KLOETZLI 1975).

Die betrachteten Gebiete sind wegen ihrer kontinentalen Bedingungen Grenzstandorte sowohl für die immergrünen wie für die sommergrünen Laubbäume, welche in unserm Fall alle Vertreter der Gattung Quercus sind. Die in Abschnitt 2.13 allgemein gemachte Feststellung, dass Eichen vielfach mit Pinus-Arten in Kontakt stehen, weil jene weniger anspruchsvoll als andere Laubbäume sind, findet im betrachteten begrenzten Bereich ihre Bestätigung.

Quercus pubescens illustriert diese Erscheinung in doppelter

Hinsicht: Die Art ist im Winter weniger frostempfindlich als die Hartlaubbäume und gelangt daher tief in kontinentale Klimabereiche. Im Vergleich zu den sommergrünen Bäumen Mitteleuropas verträgt sie eher Spätfroste und grössere Trockenheit, was ihr ebenfalls kontinentalere Standorte erschliesst. Nur an den schattigen Nordhängen kontinentaler "Vorposten" findet sie einen noch besser angepassten Konkurrenten in der Wald föhre.

4. Soziologische Untersuchungen in den Walliser Flaumeichen-

wäldern

4.1. Die Waldgesellschaften

Das Walliser Gebiet der Flaumeichenwälder erstreckt sich, wie in Kapitel 3 dargelegt, über zwei klimatische Bereiche. Einerseits findet man Bestände im inneren Trockengebiet, wo die Waldföhre als einziger Konkurrent auftritt, andererseits, um Martigny, im Bereich mit mehr ozeanisch getöntem Übergangsklima, wo z.T. noch andere Waldbauarten vorkommen. Diese beiden Teilgebiete entsprechen auch in erster Annäherung den zwei Flaumeichenwaldgesellschaften, die im Wallis unterschieden werden können. Im kontinentalen zentralen Mittelwallis und im Oberwallis kommt der "kontinentale Walliser Flaumeichenwald" (Saponario-Quercetum pubescentis prov.) vor, in den oberen Lagen des unteren Mittelwallis wächst der "subkontinentale bis subozeanische Walliser Flaumeichenwald" (Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis prov., siehe Tabelle 12 und Abbildung 19). Klima und Muttergestein ergänzen sich zum Teil gegenseitig, indem die Trockenheit des inneren Wallis durch die weitverbreitete Kalkunterlage sich noch mehr ausprägen kann. Leider fehlen aufnehmbare Bestände im Silikatgebiet des Oberwallis, sodass nicht entschieden werden kann, ob in diesem extrem kontinentalen Gebiet eine eigene Silikat-Gesellschaft ausgebildet sein könnte.

Tab. 12 enthält ausserdem aus dem Rhonetal im Bereich der nördlichen Voralpen mit stark ozeanisch geprägtem Klima drei Aufnahmen, welche nicht an die erwähnten Einheiten angeschlossen werden können.

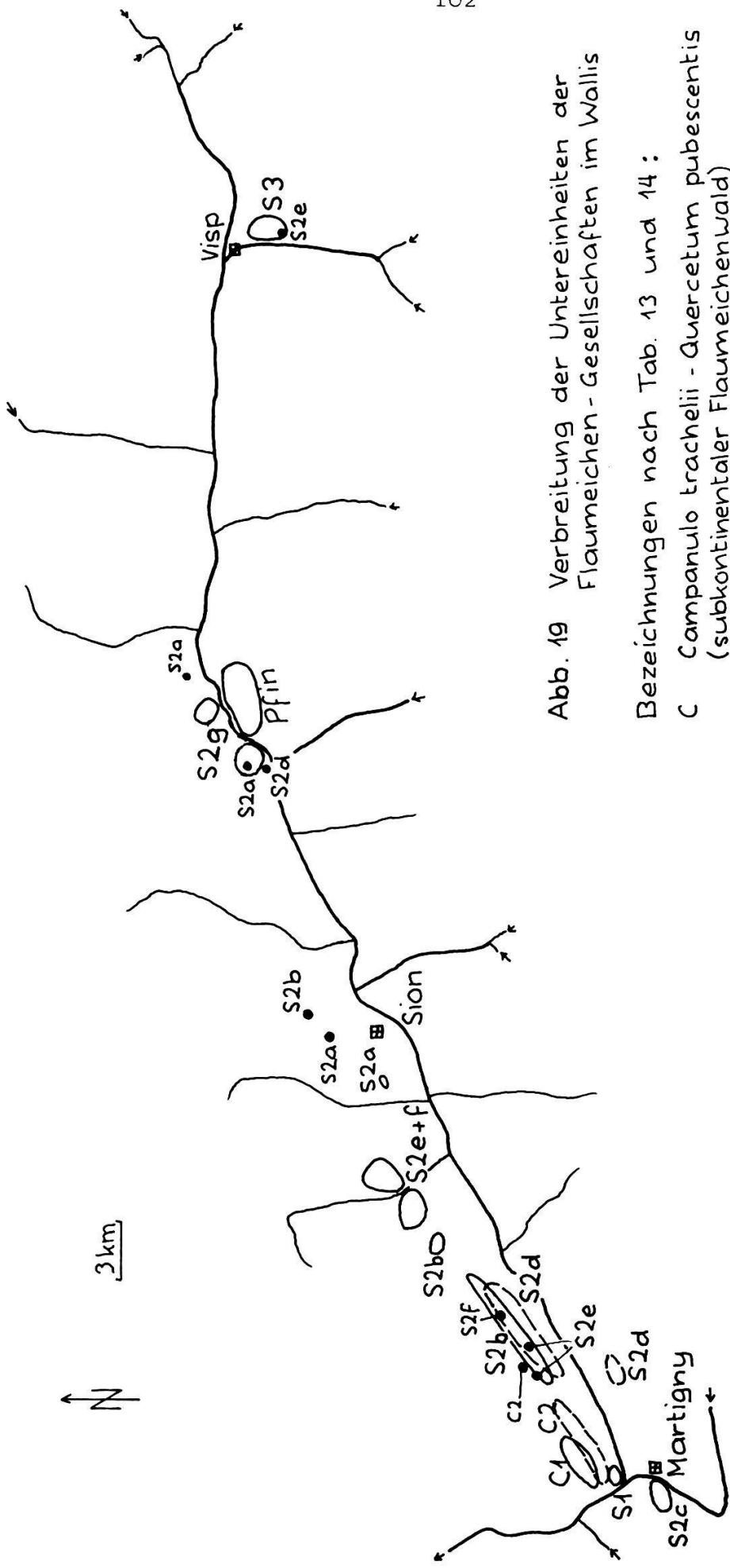


Abb. 19 Verbreitung der Unterheiten der Fläumeichen-Gesellschaften im Wallis

Bezeichnungen nach Tab. 13 und 14 :

C Campanulo trachelii - Quercetum pubescens
(subkontinentaler Flaumeichenwald)

S Saponario - Quercetum pubescens
(kontinentaler Flaumeichenwald)

- Gebiete mit mehreren Aufnahmen der betreffenden Einheit
- Einzelaufnahme

**4.11. Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis prov.,
subkontinentale bis subozeanische Silikat-Flaumeichen-
wälder des Wallis**

4.111 Standort

Das Campanulo trachelii-Quercetum hat seine Verbreitung bei Martigny am steilen Südosthang über Fully (Abb. 19, CI, C2). Die ausgedehnten Wälder stehen zwischen 700 und über 1000 m über Meer. Sie sind relativ stark den feuchten Strömungen ausgesetzt, die durch den Rhonedurchbruch einfallen. Angaben über die Niederschläge am Hang sind jedoch äusserst spärlich. Einzig GAMS (1927) gibt für "Les Garettes" (1513 m) eine ungefähre Niederschlagssumme von 1000 mm, für "Jeur Brûlée" (1500 m) von 1200 mm an. Wenn man den Wert von 750 mm von Martigny (460 m) berücksichtigt, kann eine jährliche Niederschlagssumme von etwa 900 mm für die Meereshöhe von 800-900 m angenommen werden.

Die Unterlage ist leicht saurer Silikatschutt, wobei die Basensättigung noch relativ hoch ist (Tab. 7, "Ban de Branson").

4.112. Gesellschaftscharakterisierung

Abgegrenzt von den anderen Flaumeichenwäldern des Wallis wird das Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis in Tabelle 13 eindeutig durch die Campanula trachelium-Gruppe (Differentialartengruppe G). Diese ist nicht einheitlich, sondern enthält sowohl eher mesophile Arten (C. trachelium, Mycelis muralis, Hedera helix in der Baumschicht) als auch Säurezeiger (Phyteuma betonicifolium).

Mit den Flaumeichenwäldern des Voralpenbereichs (mit Ruscus), hat die Gesellschaft die Cornus mas-(F-) Differentialartengruppe gemeinsam, wärmeliebende Arten, die aber nicht extrem kontinentale Standorte besiedeln.

Der Gesellschaft fehlen dagegen die meisten extrem thermophilen Arten, welche die Eigenständigkeit der Walliser Flora aus-

machen (Differentialartengruppen S bis Z). Thermophile Saumarten des Geranion sanguinei (v.a. Diff.-Artengruppen L und M) kommen nur im trockeneren Flügel der Gesellschaft vor.

Der Kontakt mit Föhrenwäldern ist kaum vorhanden, nach oben geht der Flaumeichenwald in Laubmischwälder und Buchenwälder über, oder es schliessen sich Fichtenwälder an.

4.113. Gliederung

Der Walliser Flaumeichenwald mit Campanula kann in zwei deutlich unterscheidbare Untereinheiten gegliedert werden, die durch klimatische, aber auch anthropogene Faktoren bedingt sind.

Die Mischwälder mit Brachypodium silvaticum (S 1 mit Diff.artengruppe C) sind an höhere, frischere Lagen gebunden. Sie sind alte Bannwälder ("Ban de Branson") und deshalb relativ ungestört. BRAUN-BLANQUET (1961) spricht von urwaldartigen Beständen. Neben stattlichen Exemplaren von Quercus pubescens und Acer opalus sind Fraxinus excelsior und, in der frischesten Variante, Tilia platyphyllos (Diff.-Artengruppe B) stark vertreten. Die Strauchschicht ist reichhaltig und gut ausgebildet. In der Krautschicht sind Lichtzeiger selten, Saumarten sind nur in der trockeneren Geranium sanguineum-Variante (Diff.-Artengruppe L) vorhanden. Dagegen sind, besonders in der Tilia-Variante, einige Fagetalia-Arten zu finden.

Die Untereinheit mit Origanum vulgare (S 2 mit Diff.-Artengruppe M) kommt in den unteren Hanglagen mit trockenerem Klima vor. Diese Wälder wurden früher z.T. im Niederwaldbetrieb bewirtschaftet. Quercus pubescens beherrscht die Baumschicht, nur Acer opalus ist noch beigemischt. Die Strauchschicht ist weniger stark ausgebildet und enthält weniger Arten als die der anderen Subassoziation. Die Krautschicht weist etliche Saumarten, dagegen kaum mehr Fagetalia-Arten auf.

Es können drei Varianten unterschieden werden: Die Melica uniflora-Variante (Diff.-Artengruppe D) scheint am wenigsten anthropogen beeinflusst zu sein. In der zweiten Variante weist die Diff.-Artengruppe E mit Chaerophyllum aureum, Geum urbanum und Poa pratensis auf bessere Nährstoffbedingungen, in der dritten Achillea millefolium (P) auf ehemals starke Beweidung hin.

4.12. Saponario-Quercetum pubescentis prov., kontinentale Flaumeichenwälder

4.121. Standort

Das Saponario (ocymoides) -Quercetum ist der Wald der trockensten Teile des Wallis mit Niederschlägen am Hangfuß bis 700 mm, wo ausser der Flaumeiche nur noch die Waldföhre waldbildend sein kann (Abb. 19, S1 bis S3). Es besiedelt hauptsächlich SW- bis SE-Lagen zwischen 500 und 1000 m ü. M. Nur an den Kalkhängen über Martigny und, als besondere Subassoziation, an den Lösshängen des Rhoneknies erstreckt sich sein Areal in weniger trockene Gebiete. Der anthropogene Einfluss ist überall sehr gross, die meisten Bestände sind ehemalige Weide- und Niederwälder. Die Unterlage ist wegen der Trockenheit überall basenreich. Im Gebiet zwischen Fully und Saillon wächst der Seifenkraut-Flaumeichenwald zwar im Silikatgebiet, doch können fast überall einzelne Kalksteine gefunden werden, die durch Steinschlag aus den Kalkschichten der oberen Hänge heruntergerollt sind.

4.122. Gesellschaftscharakterisierung

Obwohl die Gesellschaft nur die wenigen Differentialarten der Gruppe S von den subkontinentalen Wäldern als Ganzes abgrenzen, erscheint wegen der lückigen Verteilung der Wälder im Gebiet und wegen der klaren ökologischen Umschreibung eine Aufsplitterung in mehrere Assoziationen als nicht zweckmässig.

Die Baumschicht, meist nicht über 10 m hoch, wird von Quercus pubescens beherrscht. Vor allem im Oberwallis kann Pinus sil-

vestris beigemischt sein¹⁾. Die Strauchschicht ist in den meisten Beständen gut entwickelt (ausser in der Gegend von Visp).

4.123. Gliederung

Obwohl in 3.15 das Klima als Grundlage für das Strahlung/Wald-Modell im innern Wallis als einheitlich betrachtet wurde, ist es keineswegs so uniform, als dass der Flaumeichenwald nicht in verschiedene Untereinheiten vorkommen könnte (siehe PRIMAUT und CATZEFLIS 1966).

Klar abzugrenzen ist die Subassoziation mit Melampyrum cristatum (Diff.-Artengruppe Q), welche im untern Mittelwallis auf kalkreichem Löss vorkommt (S1). Sie steht in räumlichem Kontakt mit den Campanula trachelium-Flaumeichenwäldern und leiten auch zu diesen über (siehe Abschnitt 4.14.).

In der Visper Gegend, wo die Sommertrockenheit besonders ausgeprägt ist (Abb. 5, S. 24), setzt sich die Juniperus sabina-Subassoziation (S3) auf Kalkschieferschutt mit der Differenzialartengruppe des Sefibaumes (Z) und dem Fehlen der Strauchgruppen N und O deutlich von den übrigen Flaumeichenwäldern ab. Ob sie zu den nicht mehr existierenden Flaumeichenwäldern auf Silikat des Oberwallis überleiten würde, bleibt eine offene Frage. Es wurde deshalb auf eine vollständige Abtrennung der Einheit verzichtet.

Die übrigen Flaumeichenwälder des Innerwalliser Trockengebiets, die man als Coronilla emerus-Subassoziation (S2, mit der Diff.-Artengruppe N) bezeichnen kann, gliedern sich nach einem Kontinentalitätsgradienten, wie er in Abschnitt 3.143 angedeutet ist.

Die mesophilste Variante mit Hepatica und Fraxinus excelsior

¹⁾ Bei der soziologischen Analyse wurden die föhrenbeherrschten Bestände, die sich nach Abschnitt 3.15 zu Flaumeichenwäldern entwickeln würden, nicht miteinbezogen, da sie als Entwicklungsstadien betrachtet werden und die Darstellung deshalb unnötig komplizieren würden.

in der Krautschicht (S2a, Diff.-Artengruppe H) besiedelt Schattenhänge im zentralen Teil des Gebiets. Die meisten Bestände sind relativ hochgewachsen und geschlossen. Baum- schicht und Unterwuchs sind artenarm.

Die Acer opalus-Variante (S2b), wo dieser Ahorn eine grosse Rolle in der Baumschicht spielt (Diff.-Artengruppe I), besiedelt tiefgründigere Böden im Mittelwallis.

Die vier Varianten mit Lathyrus niger (S2c), Arabis turrita (S2d), Coronilla varia (S2e) und Cotoneaster tomentosa (S2g) kommen auf flachgründigeren Standorten vor. Der Feuchtig- keitsgradient ist bei ihnen zugleich ein geographischer, der vom Rand des Walliser Trockengebiets bei Martigny bis zu dessen zentralem Teil im Pfingebiet führt.

Neben Lathyrus niger (J) ist für die Variante bei Martigny der hohe Deckungsgrad der Saumarten der Differentialarten- gruppe L (Trifolium alpestre, Geranium sanguineum, Satureja vulgaris) bezeichnend.

Der Talabschnitt talaufwärts von Fully, wo trotz der Silikat- unterlage das trockene Klima und die fast überall vorhandene Schuttzufuhr aus den Kalkschichten der oberen Hänge die Aus- bildung des Campanula trachelium-Flaumeichenwaldes verhindern, ist das Gebiet der Arabis turrita-Variante mit der Differen- tialartengruppe K.

Im nächst trockeneren Talabschnitt, weitere 10 km talaufwärts, befindet sich an den Kalkhängen ob Ardon das Zentrum der Co- ronilla varia-Variante mit der Differentialartengruppe V. Zu unterstreichen ist ihr Orchideenreichtum; Limodorum ist bemer- kenswert häufig.

Im anschliessenden Gebiet bis nach Sierre sind die Hänge, z.T. weil sie relativ wenig steil sind, intensiv bebaut. Da wegen der Mergelschichten gewisse Gebiete zudem noch wechselseitig sind, sind Flaumeichenwälder dort sehr selten. Restbestände sind oft degradiert oder zu Föhrenbeständen umgewandelt. Erst in der Gegend von Sierre-Pfin sind wieder vermehrt Flaumeichen- bestände anzutreffen, und zwar in der extrem trockenen Variante

mit Cotoneaster tomentosa (Diff.-Artengruppe X). Fast keine Saumarten sind vorhanden, dagegen ist eine stärkere Verwandtschaft mit den Föhrenwäldern des Erico-Pinetum, die im Gebiet eines ihrer Verbreitungsschwerpunkte haben, zu erkennen, besonders in der Pfinwald-Ausbildung mit Arctostaphylos uva-ursi (Diff.-Artengruppe Y).

Die "arme Variante" (S2f) endlich ist durch das Fehlen vieler Arten gekennzeichnet. Sie kann jedoch, auch von ihrer Verbreitung her, an die Coronilla varia-Variante angeschlossen werden. Sie scheint an rutschige Hänge gebunden zu sein.

Auffallend ist die streng lokalisierte Verbreitung von Carex halleriana in der Gegend von Ardon, wo die Art unabhängig von der soziologischen Einheit Carex humilis zum grossen Teil zu ersetzen scheint.

4.13. Flaumeichenwald mit Ruscus im Bereich der Voralpen

Im Rhonetal im Bereich der Voralpen, d.h. im Buchengebiet mit etwa 1000 mm Niederschlag, sind in der Gegend von Aigle südexponierte steile Kalkhänge von Flaumeichenbeständen bedeckt. Sie sind relativ geschlossen und ziemlich artenarm, Lichtarten sind kaum vorhanden. Die ökologischen Bedingungen, sowie die Differentialartengruppe A und das Fehlen vieler Arten der Waliser Wälder trennen die Bestände um Aigle eindeutig von diesen. Die wenigen Aufnahmen erlauben aber kaum das Aufstellen einer eigenen Assoziation.

4.14. Gesamtvergleich der soziologischen Einheiten

Die Stetigkeitstabelle (Tab. 13) stellt die abstrahierte, dafür aber übersichtlichere Form der Gesamttabelle dar. Zum Vergleich sind noch die Aufnahmen von GRUENIG (1947) aus der Bieleseegegend (G) mit der Differentialartengruppe A' miteinbezogen.

Die Prüfung der Affinität nach der Formel von KULCZYNSKI (1928) zeigt in Abb. 20, dass die Waldeinheiten nicht in eine Dimen-

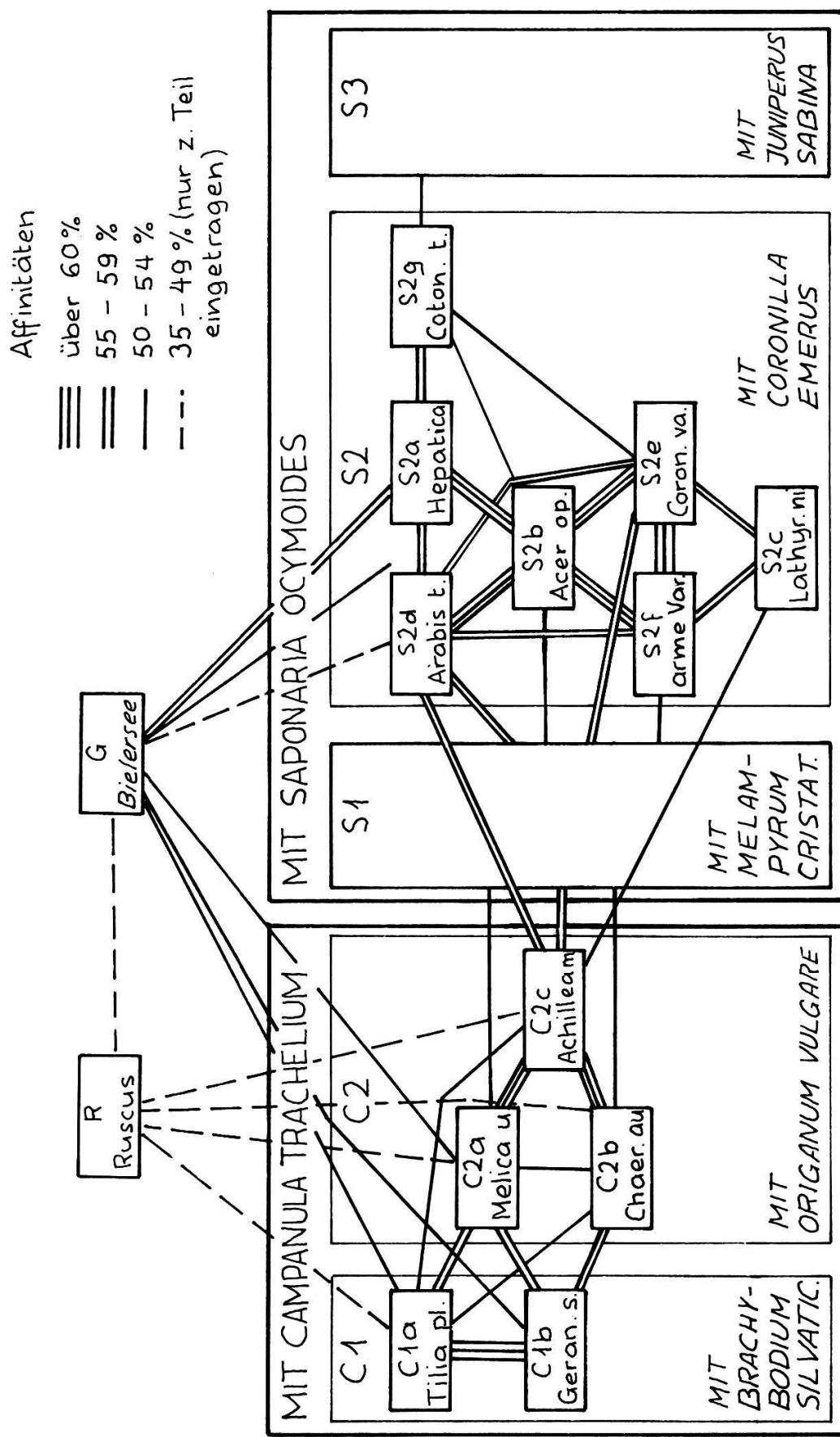


Abb. 20 Affinitätswerte nach KULCZINSKY zwischen den tieferen Einheiten (Varianten, bzw. Subassoziationen, wo keine v. vorhanden) der Walliser *Quercus pubescens*-Wälder (Tab. 12).

sion ohne Verzerrung der Beziehungen aufgereiht werden können.

Zwei Ballungszentren, die den beiden Walliser Gesellschaften entsprechen, sind zu erkennen. Innerhalb dieser sind relativ enge mehrfache Beziehungen zwischen den Untereinheiten festzustellen. Eine Ausnahme bilden die Visper Bestände mit *Juniperus sabina*, welche nur zur Cotoneaster-Variante des Sapponario-Quercetum eine relativ hohe Affinität aufweisen (siehe aber Abschnitt 4.123). Die Mittelstellung der Löss-Flaumeichenwälder mit Melampyrum cristatum zwischen den grossen Einheiten kommt auch in Abb. 20 zum Ausdruck.

Obwohl die Wälder der Jurahänge am Bielersee sich klar von den Walliser Flaumeichenwäldern unterscheiden, sind viele gemeinsame Punkte vorhanden. Besonders auffallend ist die relativ hohe Affinität mit den frischeren Untereinheiten beider Walliser Gesellschaften. Tabelle 13 zeigt, dass der Wald am Bielersee sowohl die relativ mesophilen Arten des Campanula trachelium- als auch die Licht- und Kalkzeiger des trockenen Saponaria-Flaumeichenwaldes enthält.

Die Flaumeichenwälder mit Ruscus der Gegend von Aigle unterscheiden sich deutlich von allen andern mitbetragteten Einheiten.

Von den Affinitätsbeziehungen her betrachtet, die in Abb. 20 dargestellt sind, sind für die Einheiten verschiedene Anordnungen in einer Vegetationstabelle denkbar. Nicht jede Reihenfolge ist aber ökologisch sinnvoll. Tabelle 12 ist der Versuch einer Anordnung, die sowohl die ökologischen Tatsachen als auch die Affinitäten zwischen den Einheiten berücksichtigt.

Die Anordnung der Artengruppen in Tab. 12 und 13 ist der Ausdruck eines komplexen Wassergradienten, wo Kontinentalitätsgrad (Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur), die Bodenwasserverhältnisse und das Licht eine Rolle spielen. Einzelne Gruppen sind in diesem Rahmen auch eher Zeiger für die Nährstoffverhältnisse im Boden.

4.2. Diskussion zur Soziologie der Walliser Wälder

Die soziologische Analyse der Walliser Flaumeichenwälder in Abschnitt 4.1 war eine statische. In Abschnitt 3.11 wurde aber dargelegt, dass sie sich in einer Phase der Regeneration befinden, seitdem vor ein paar Jahrzehnten der jahrhundertalte menschliche Einfluss aufgehört hat zu wirken. Es ist deshalb anzunehmen, dass der Zustand der Wälder im Laufe der Jahrzehnte sich geändert hat und sich noch weiter ändern wird. In einem voll regenerierten, mehr oder weniger stabilen Zustand ("Klimax") wäre ihre Zusammensetzung wohl anders als zur Zeit der Aufnahmen von Tab. 12 und wiederum anders als am Anfang dieser Entwicklung. Sicher wären sie dann geschlossener, und viele lichtliebende Arten würden fehlen. Wenn ELLENBERG (1963) von den Flaumeichenwäldern sagt, sie gehörten zu den artenreichsten Wäldern Mitteleuropas, so muss man sich im klaren sein, dass er, neben Beständen an felsigen Steilhängen, die vom Relief her licht sind (siehe GALLANDAT 1972), vor allem durch anthropogene Einflüsse stark gelichtete Bestände vor Augen hat, wobei er auch auf die derzeitige Entwicklung hinweist.

Somit wurden Quercion pubescentis und Flaumeichenwald-Assoziationen in einer Zeit charakterisiert, da die Bestände sehr licht waren (BRAUN-BLANQUET 1932, 1961, QUANTIN 1935, und andere). Wenn die angedeutete Entwicklung weitergeht, muss man vielleicht einmal eine Neufassung der soziologischen Einheiten erwägen.

Auch die Aufnahmen aus dem Wallis von GAMS (1927), BRAUN-BLANQUET und RICHARD (1949) und BRAUN-BLANQUET (1961) sind heute fast 60, bzw. etwa 25 oder 20 Jahre alt. Ebenso stammen die Aufnahmen von Flaumeichenwäldern aus dem Jura (HEINIS 1933, MOOR 1940, GRUENIG 1947) alle aus jener Zeit. Diese Aufnahmen bilden aber die Grundlage zur Fassung des Arabidi turritae-Quercetum pubescentis (Einheit Nr. 38) in ELLENBERG und KLOETZLI (1972), sodass auch diese Assoziation "revisionsbedürftig" sein könnte. Es ist deshalb schwierig, die nun vorliegenden

Aufnahmen aus dem Wallis mit den Gesellschaften der beiden Autoren zu vergleichen.

Immerhin kann schon heute gesagt werden, dass die Walliser Flaumeichenwälder dem *Arabidi turritae-Quercetum* nahestehen. Der Vergleich der Zusammensetzung der Bielersee-Wälder, dem "Grundstock" des *Arabidi turritae-Quercetum* mit 22 von 37 Aufnahmen, mit derjenigen der Walliser Wälder zeigt aber auch deren grundlegende Eigenständigkeit, die nicht nur durch das verschiedene Alter der Aufnahmen erklärt werden kann. Die besondere Stellung der kontinentalen Walliser Wälder mit *Saparnaria* wird darüberhinaus noch durch die Verwandtschaft mit dem *Cytiso-Pinetum* (Einheit Nr. 64 in ELLENBERG und KLOETZLI 1972), einer wahrscheinlich anthropogen bedingten Föhrenwaldgesellschaft auf Eichenstandorten, herausgestrichen. Somit ist die Fassung von eigenen soziologischen Einheiten im Wallis auch heute schon gerechtfertigt. Das heisst, dass die Walliser Aufnahmen aus dem *Arabidi turritae-Quercetum* von ELLENBERG und KLOETZLI abgespaltet werden müssen, und dass diese Einheit neu als diejenige der Jura-Kalkflaumeichenwälder gefasst werden muss¹⁾.

Schon BRAUN-BLANQUET (1961) hat im Wallis eine eigene Flaumeichenwald-Assoziation, das *Campanulo bononiensis-Quercetum pubescantis*, aufgestellt. Obwohl *Campanula bononiensis* die Eigenständigkeit dieser Wälder unterstreicht, erscheint wegen der geringen Stetigkeit dieser Art (ca. 11 %) die Namengebung unglücklich. Zudem müssen, trotz aller Vorbehalte wegen der Dynamik der Bestände, im Wallis mindestens zwei Gesellschaften unterschieden werden, sodass diese Glockenblume als Charakterart im Sinne von Braun-Blanquet wegfällt. Ueberhaupt fehlen

1) Die neuestens unternommene Gesamterfassung aller wärmeliebenden Eichenwälder des Jura von Genf bis Aarau und des Genferseegebiets durch KISSLING (in Vorb.) wird eine Uebersicht über alle Quercion pubescantis-Wälder der westlichen Hälfte der Schweiz ermöglichen. Auch die soziologische Stellung der in Tab. 12 und 13 miterfassten Flaumeichenbestände mit *Ruscus* der Umgebung von Aigle könnte damit erhellt werden.

den Walliser Flaumeichenwäldern Charakterarten, auch den zwei hier unterschiedenen Gesellschaften, was im übrigen mit den Beobachtungen von OZENDA (1966) in den französischen Alpentälern übereinstimmt.

Campanula trachelium wurde beim subkontinentalen Flaumeichenwald als Differentialart in den Namen aufgenommen, weil sie dessen mesophileren Ansprüche zeigt. Saponaria dagegen soll bei der kontinentalen Gesellschaft auf die Trockenheit, den Basenreichtum im Boden und die Lichtbedingungen hinweisen. Bei beiden Arten muss man sich aber bewusst sein, dass sie ausserhalb des Wallis in Eichenwäldern auch vorkommen. Damit ist zugleich auch der provisorische Aspekt der Namengebung dieser in Entwicklung begriffenen Gesellschaften unterstrichen.

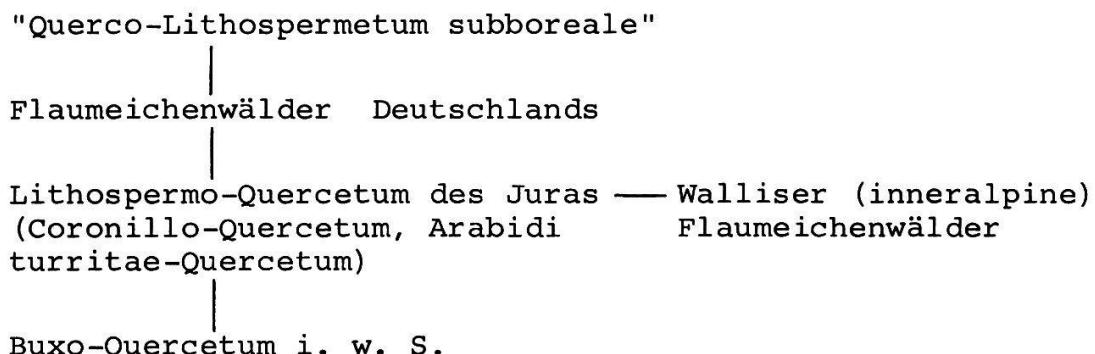
Die Geschwindigkeit dieser Regeneration ist stark von den Standortsfaktoren und insbesondere von der klimatisch und/oder edaphisch bedingten Trockenheit abhängig. Das bedeutet, dass die Wälder des trockensten inneren Wallis auf einer Entwicklungsstufe stehen, die nahe bei derjenigen des noch ganz stark anthropogen beeinflussten oder - auf Felsköpfen und ähnlichen Standorten¹⁾ - von Natur aus lichten Arabidi-Quercetum liegt. Lichtliebende Arten können sich deshalb im Saponario-Quercetum lange halten und verbinden die beiden Gesellschaften.

Der frischere Campanula trachelium-Flaumeichenwald dagegen regeneriert sich schneller, sodass er bald zu dunkel wird für Lichtarten. Er hat aber mit dem Arabidi-Quercetum die mesophileren Arten gemeinsam, welche sich wegen des humideren Klimas auch in den gelichteten Bestände im Gebiet des Juras halten können.

Regenerationsgeschwindigkeit und Klima erklären somit, warum beide Walliser Flaumeichengesellschaften Ähnlichkeiten mit den Wäldern der Bielerseegegend aufweisen.

¹⁾ Im Wallis sind solche Standorte heute meist waldfrei.

Bis dahin wurden die Walliser Flaumeichenwälder nur mit Schweizer Waldgesellschaften verglichen. Aber auch im grössten Rahmen ist ein solcher Vergleich aufschlussreich. ELLENBERG (1963) hat den Wandel beschrieben, dem die wärmeliebenden Eichenwälder von Südfrankreich bis ins östliche Mitteleuropa hinein unterliegen, von den mediterran getönten Buxo-Querceten zum "Querco-Lithospermetum subboreale" am Rand des Oder-Urstromtales, dem östliche Florenelemente beigemischt sind. Die Walliser Flaumeichenwälder können nun als "Zweig" dieser Kette angesehen werden, der in das inneralpine Trockengebiet hineinwächst:



Dieses Schema kann in seiner südlichen Hälfte anhand der Untersuchungen von OZENDA (1966) untermauert und dahingehend ergänzt werden, dass auch Uebergänge zwischen dem submediterranen Buchs-Flaumeichenwald und den inneralpinen Beständen existieren. Dieser Autor, der mit Entwicklungsserien, die nach dem Schlusswald benannt sind, arbeitet, beschreibt neben einer submediterranen, etwa dem Buxo-Quercetum entsprechenden Serie und einer mehr mitteleuropäisch getönten Serie mit Flaumeiche ("septentrionale" oder "collinéenne", von der Breite von Valence bis in den Jura hinein verbreitet, ungefähr dem Lithospermo-Quercetum entsprechend) eine ausgesprochen inneralpine Flaumeichenserie ("série interne") mit starken Anklängen an Föhrenserien. Diese soll nicht nur in den französischen Alpentälern vorkommen, sondern auch im Aostatal und im Wallis. Hier ist es aber nicht schwer, sie mit der Vegetation des Areals, wo Flaumeiche und Waldföhre den Wald allein beherrschen, d.h. mit dem Bereich des Saponario-Quercetum, zu identifizieren.

Die Campanula trachelium-Flaumeichenwälder des untersten Mittelwallis dagegen sind der nördlichen der beiden andern Flaumeichenserien, oder vielleicht sogar zum Teil der stärker mesophilen Traubeneichenserie ("série du chêne sessiliflore") anzugliedern. Die im Wallis gemachte Unterscheidung der Flaumeichenwälder kann somit auch für die entsprechenden Wälder der andern kontinentalen Westalpentäler, die in ein Gebiet mit mitteleuropäisch getöntem Klima münden, übernommen werden.

Schliesslich fällt die Grenze des Saponaria-Flaumeichenwaldes gegen Campanula trachelium-Bestände, wie ein Vergleich mit den Untersuchungen einer niederländischen Arbeitsgruppe zeigt (van GILS, im Druck, van GILS und KEYSERS, in Vorb.), aber auch mit der "Trockengrenze" der Waldsaumgesellschaften des Geranion sanguinei-Verbandes im Wallis zusammen. Solche Säume sind nur im relativ humiden Gebiet von Martigny bis weit herunter an Südhängen voll entwickelt. Weiter talaufwärts im Walliser Trockengebiet sind sie jedoch nur in der montanen Stufe, oder dann auf wechseltrockenen Böden (z.B. bei Savièse) zu finden. In den untern Lagen sind sie nicht vorhanden, der Wald geht dort direkt in die Felsensteppe über. Wie wir gemeinsam festgestellt haben, ziehen sich aber in diesen Lagen viele Geranion-Arten in die lichten Saponaria-Flaumeichenwälder zurück, wo die Bedingungen nicht so xerisch sind wie ausserhalb. In der allgemein extrem trockenen Pfingegegend und im sommertrockenen Gebiet von Visp fehlen sie sogar auch in den Wäldern (siehe Tab. 12). Der Kontinentalitätsgradient, der anhand der Sequenz der Flaumeichenwaldeinheiten im Wallis verfolgt werden kann, wird somit im besonderen durch das Verhalten dieser Saumarten bestätigt.

5. Natur- und Landschaftsschutzfragen

Der Flaumeichenwald ist im Wallis trotz seiner relativ geringen Ausdehnung wie der Föhrenwald ein prägender Bestandteil der Kulturlandschaft. Während der Vegetationszeit leuchteten die Flaumeichenbestände als dunkelgrüne Flecken zwischen den Rebbergen und den bräunlichgrünen Felsensteppenhängen, im Winter sind sie als rotbraune Flächen weithin sichtbar. Die Föhrenwälder dagegen geben das ganze Jahr über eine dunkle Note in die Landschaft. Nach dem Forstgesetz sind sie fast alle als Schutzwälder zu betrachten. Landschaftsökologisch gesehen, erhöhen diese Wälder im intensiv kultivierten Wallis die Vielfalt der Kulturlandschaft und bilden ein Refugium für viele Tierarten, insbesondere Vögel. Der Reichtum der Flora in den lichten Flaumeichen- und Föhrenwäldern ist bekannt. Ihr Schutz ist allein schon von diesem Standpunkt aus berechtigt.

An manchen Orten sind diese Wälder heute bedroht oder bereits vernichtet, da man aus den "unproduktiven" Beständen ("eeds Land", "ödes Land") einen wirtschaftlichen Nutzen heraussziehen möchte, indem man gewisse Parzellen rodet. Die grösste Flächen-einbusse haben die Wälder zugunsten der Ausdehnung der Rebberge erlitten. Zu diesem Zweck werden immer noch grosse Wunden in die Hänge gerissen, da man mit modernen Techniken nicht mehr auf die kleinflächigen Terrassen angewiesen ist, so z.B. unter dem Sex du Gru, Gemeinde Ardon und unter "Chamouaire" zwischen Saillon und Fully. Daneben werden grosse Lücken für die Anlage von Kiesgruben und Steinbrüchen in die Flaumeichen- und Föhrenwälder der unteren Lagen geschlagen, z.B. bei Visp, im Rottensand und Hang zwischen Bramois und Grône.

Dieser Vernichtung muss Einhalt geboten werden, was meiner Ansicht nach eines der wichtigsten Anliegen des Natur- und Landschaftsschutzes im Wallis sein sollte.

Ein weiterer Aspekt des Schutzes dieser Bestände ist ihre Pflege. Es sind nämlich zur Hauptsache ehemalige Nieder- und Weidewälder, welche nun ausgewachsen (siehe Abschnitt 3.1.). Heute besitzen aber Niederwälder einen kulturhistorischen Wert als Zeugen einer früher sehr verbreiteten Bewirtschaftungsweise. Neben Beständen, die vollen Schutz geniessen, sollten deshalb gewisse Parzellen als Niederwälder erhalten bleiben, mit einer Umtriebszeit von etwa 20 Jahren. Im Tessin stellt sich dasselbe Problem mit den Kastanien-Niederwäldern (paline). Mit der Unterstützung von Staat und Naturschutz sind dort ähnliche Massnahmen vorgesehen, insbesondere am Monte di Caslano (MEYER 1974).

Die im Walliser Flaumeichengebiet vom Standpunkt des Natur-, Landschaft- und Heimatschutzes her besonders wertvollen Objekte sind in Tabelle 14 aufgeführt¹⁾. Der Schutz, verbunden mit einem Pflegeplan all dieser Objekte, wäre eine Pioniertat und würde dem Kanton zur Ehre gereichen. Er wäre ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung der Vielfalt der Vegetation der Schweiz und würde die Behauptung des Walliser RION (1852, zitiert in BRAUN-BLANQUET und RICHARD 1949) widerlegen: "Le Valais ne ressemble que trop à une île aux bords escarpés, élevée au milieu du monde civilisé". Denn Naturschutz ist integrierter Bestandteil einer dauerhaften Zivilisation (DORST 1965).

¹⁾ Es sind nur Objekte berücksichtigt, die mit dieser Arbeit in Verbindung stehen. Reine Steppen- und Föhrenwaldobjekte sind nicht aufgeführt (siehe aber Heidnisch Biel, Hügel von Charrat, ganzes Pfingebiet, usw.!)

Tab. 14 Besonders wertvolle Flächen mit Flaumeichenbeständen im Walliser Trockengebiet
Surfaces avec des peuplements de chênes pubescents à protéger en Valais

Localité	Objet	Statut actuel	Statut nécessaire
A. Wald/Steppenrasen-Komplexe			
Complexes bois/gazons steppiques			
Follaterres - Forêt de la Lui Commune de Fully 571 600/107 900 - 572 500/108 600 - Sous Chiboz Commune de Fully 576 300/111 900 - 576 800/112 300 -	Bois de chênes pub., autrefois taillés, avec surfaces de gazons 500 - 800 m, exp. SE En grande partie sur loess Complexe Chênes pub./ gazons steppiques encore assez ouvert 800 - 1050 m, exp. S Sur silice.	Protégé, fait par- tie de la réserve de l'Institut de silviculture EPFZ Complexe Chênes pub./ gazons steppiques encore assez ouvert 800 - 1050 m, exp. S Sur silice.	Même statut, avec parcelle aménagée en taillis Aucune protection suivant la rapidité du développement aménagement en tail- lis.
Entre Ardon et Isières Commune d'Ardon 585 500/118 000 - 585 900/118 400	Complexe Chênes pub./ gazons/rochers 600 - 800 m, exp. SE Sur calcaire.	Aucune protection voir ci-dessus.	

1) Les coordonnées ne donnent pas les limites exactes des surfaces!

Tab. 14 (Fortsetzung)

Ort	Objekt	Heutiger Status	Erforderlicher Status
Unter Jeizinen Gemeinde Gampel ¹⁾ 622 700/131 400	Mehr oder weniger einziger Komplex mit einiger- massen grosser Fläum- eichenfläche am Ober- walliser Sonnenhang, einer der höchsten Flaumeichenbestände des Wallis überhaupt. Ca. 1320 m. Südhang Auf Silikat.	Kein Schutz	Voller Schutz
B. Mikroklimatisch bedingte Komplexe von Flaumeichen- und Föhrenbeständen			
Unterer Pfinwald, bes. die Hügel 636.7 und 599. (Gden. Sierre, Salgesch, Leuk. 609 100/126 500 - 611 300/128 100	Flaumeichenbestände wegen Spätfrost auf die Hügelkuppen beschränkt. 550 - 637 m Auf Kalkschutt.	KLN-Objekt. Ein kleiner Teil Waldreservat des Inst. für Waldbau ETHZ.	Vollständiger Schutz
Hang über Strasse Visperterminen Diese beiden Gemeinden 634 500/125 500 - 635 000/1264400	Flaumeichen- und Föhren- bestände in Abh. der Ex- position (siehe Abb. 11) 750 - 1000 m Bündnerschiefer/Moräne.	Kein Schutz. Südlichste Rippe seit 1973 durch Kiesgrube ange- schnitten.	Trotz der Verunstaltung des Hanges durch die Kiesgrube noch schützenswert. Vollständiger Schutz.

1) Die Koordinaten geben nur ungefähr den Ort, oder, bei grösseren Objekten, die Grösse der Fläche an.

Tab. 14 (Fortsetzung 2)

Localité	Objet	Statut actuel	Statut nécessaire
C. Gut entwickelte Flaumeichenwälder Forêts de chênes pubescents bien développées			
Ban de Branson au sens large Commune de Fully 572 200/108 700 - 573 200/109 800	Vieille forêt "vierge" avec les plus gros chênes pubescents et érables à feuilles d'obier (Acer opalus) du Valais et pro- bablement de Suisse 700 - 1100m, exp. SE Sur éboulis de silice	Pas de protection spéciale, sauf à partie ouest (rés. Inst. silviculture EPFZ).	Protection intégrale

Zusammenfassung

Im Rahmen des weitverbreiteten Problems der ökologischen Grenzen zwischen Laub- und Nadelwäldern wurden 1970 bis 1974 in den Quercus pubescens- und Pinus silvestris-Wäldern des inneralpinen Walliser Trockengebiets ökologische Untersuchungen durchgeführt. Ihr Ziel war, die Standortsfaktoren festzustellen, welche für die jeweilige Ausbildung der beiden Waldformationen entscheidend sind. In den untern Stufen des Gebiets sind einzig die beiden erwähnten Arten waldbildend, sodass die Verhältnisse im Wallis ein relativ einfaches Untersuchungsmodell darstellen.

Untersucht wurden der menschliche Einfluss, die Bodeneigenschaften, die klimatischen Faktoren, insbesondere die Strahlungsverhältnisse, und die aktuelle Verbreitung der Bäume. Ausserdem wurden die Flaumeichenwälder des Wallis pflanzensoziologisch analysiert.

Ergebnisse

Anhand eines Modells wird gezeigt (Abschnitt 3.15), dass die Strahlungsverhältnisse, die von der Sonneneinstrahlung und der Meereshöhe bestimmt werden, der entscheidende Faktor für die natürliche Verbreitung der beiden Baumarten sind. Die Flaumeiche beschränkt sich dabei auf die Standorte mit stärkerer Einstrahlung: Die minimal notwendige Einstrahlung ist umso grösser, je höher der Standort liegt. In Mulden, wo sich Kaltluftseen bilden können, beschränken Spätfroste das Areal der Flaumeiche zusätzlich. Alle Waldstandorte ausserhalb des Grundwasserbereichs, die von dieser Art aus diesen Gründen nicht besiedelt werden können, sind potentielle Waldföhren-Standorte.

Die Bodenverhältnisse dagegen haben keinen bedeutenden Einfluss auf die Verteilung von Eiche und Föhre: Die Trockenheit beschränkt die Flaumeiche nicht stärker als die Föhre. Nährstoffe sind im Boden reichlich vorhanden (Abschnitt 3.13).

Wenn der Wald vom Menschen nicht ganz zerstört wurde, war er seinem Einfluss (Brand, Beweidung, Niederwaldbetrieb) jahrhundertelang ausgesetzt, wobei viele Eichenwälder zu Föhrenwäldern, andere zu "Mittelwäldern" mit kümmerlichen Eichenbüschchen und einer lockeren Föhren-Baumschicht umgewandelt wurden. Heute hat die traditionelle Bewirtschaftung aufgehört, sodass sich die Bestände erholen und sich wieder zu naturnäheren Wäldern entwickeln können (Abschnitt 3.11).

Es bestehen noch andere Gebirgsgegenden mit relativ kontinentalem Klima, wo während der Vegetationszeit die Einstrahlung stark ist, ohne dass die Niederschläge zu schwach wären. Es sind dies die andern inneralpinen Täler (auch mit Quercus pubescens und Pinus silvestris), die Gebirge der südwestlichen Vereinigten Staaten (Quercus, Pinus), die Täler des inneren Nordwest-Himalayas (Quercus, Pinus, Abies) und einige Kaukasus-Täler (Quercus, Koniferen). Der Vergleich zeigt, dass auch dort die Verteilung von Laub- und Nadelholz von den gleichen Faktoren wie im Wallis abhängig ist, wobei sowohl sommergrüne als auch immergrüne Eichenarten beteiligt sein können (3.23 und 3.24).

Auf der pflanzensoziologischen Ebene können die Flaumeichenwälder des Wallis in zwei Assoziationen eingeteilt werden. Das Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis prov. besiedelt Standorte im Bereich des Übergangsklimas mit weniger kontinentalen Verhältnissen (auf Silikatuntergrund), das Sapponario-Quercetum pubescentis prov. wächst in den kontinentaler Bereichen. Auch die Untereinheiten werden durch Klima und Boden bestimmt (4.1). Der Vergleich mit bestehenden Einheiten wird durch die heutige Entwicklung der Bestände und durch das verschiedene Alter der Aufnahmen erschwert und kann deshalb nur provisorisch sein (4.2).

Im letzten Kapitel (5.) wird gefordert, dass die wertvollsten Walliser Flächen mit Flaumeichenbeständen unter Schutz gestellt werden.

Résumé

=====

Les forêts de Quercus pubescens du Valais (zone intra-alpine) et leurs limites écologiques

Dans le cadre du problème général des limites entre les forêts de feuillus et de conifères, l'écologie des forêts de Quercus pubescens et de Pinus silvestris du Valais, seules essences d'importance des étages inférieurs de cette région à climat continental, a été étudiée entre 1970 et 1974 afin de définir les facteurs déterminant la répartition de ces deux espèces. Les facteurs étudiés sont: leur répartition, l'influence anthropogène sur les peuplements, les facteurs pédologiques et le climat, notamment le rayonnement.

De plus, on a procédé à une analyse phytosociologique des forêts de chênes.

Résultats

A l'aide d'un modèle (chap. 3.15), on peut démontrer que la répartition des deux espèces en Valais est déterminée par le rayonnement du soleil et par l'altitude. Les chênes sont limités aux stations à fort rayonnement: ce dernier doit être d'autant plus intense que l'altitude augmente. Les chênes évitent en outre les cuvettes où surviennent des gelées tardives. Les pins occupent toutes les stations ne convenant pas aux chênes.

La nature du sol (roche-mère) ne joue par contre pas de rôle dans cette répartition. Les deux espèces souffrent à peu près dans la même mesure de la sécheresse. Les sols ne sont jamais pauvres en éléments nutritifs (Chap. 3.13).

Pour autant que les forêts n'aient pas été complètement détruites, elles ont subi pendant des siècles l'influence de l'activité humaine (incendies, pâture, coupe en taillis). Certaines chênaies ont été transformées en peuplements de pins ou en taillis-sous-futaie où les chênes forment le maigre

sous-bois et où les pins constituent le couvert. Aujourd'hui, toute activité humaine ayant cessé, les forêts se régénèrent et leur composition tend à redevenir plus naturelle (3.11.).

Il existe d'autres régions montagneuses à climat relativement continental et où, pendant la période de végétation, le rayonnement est intense sans que les précipitations soient trop faibles. La comparaison montre que, là-bas aussi, la répartition des chênes et des conifères est fonction des mêmes facteurs qu'en Valais. Il en est ainsi des autres vallées internes des Alpes centrales et occidentales (présentant les mêmes essences que le Valais), des montagnes du Sud-ouest des Etats-Unis (Quercus, Pinus), des vallées internes de l'Himalaya nord-occidental (Quercus, Abies, Pinus) et de certaines vallées du Caucase (Quercus et Conifères). Ce schéma semble pouvoir s'appliquer aux espèces de chênes tant caducifoliées que sempervirentes (3.23 et 3.24).

Enfin, l'étude phytosociologique des forêts de Quercus pubescens du Valais permet de distinguer deux associations en fonction du climat et de la roche-mère. On trouve dans les stations à climat de transition de la région de Martigny, sur sols siliceux, le Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis prov., dans le centre du Valais à climat plus continental le Saponario-Quercetum pubescentis prov. Les subdivisions sont elles aussi déterminées par le gradient climatique et les sols (4.1.). La comparaison avec des unités sociologiques existantes est rendue difficile par le développement actuel des forêts et la différence d'âge des relevés et ne peut être que provisoire (4.2.).

Dans le dernier chapitre, l'auteur propose de conserver les surfaces du Valais contenant des chênaies les plus importantes du point de vue de la protection de la nature et du paysage.

Summary

=====

The Quercus pubescens forests in Valais (Swiss Central Alps) and their ecological limits

On the background of the general problem of the limits between deciduous (and mediterranean type) and coniferous forests, ecological investigations were made from 1970 to 1974 in the Quercus pubescens and Pinus silvestris forests in Valais, a region with continental climate where these two species are the only important forest trees in the lower parts. The aim was the determination of the factors producing the forest pattern. The factors investigated were the human influence on the stands, the climate (especially the irradiation), the soil factors and the distribution of the two trees. Besides, a phytosociological investigation of the oak woods was carried out after the method of Braun-Blanquet.

Results

On the base of a model, it has been shown that the distribution is mainly determined by irradiation and altitude. The oaks are restricted to the sites with strong irradiation: the minimum irradiation required increases with increasing altitude. The oaks further avoid the depressions where late spring frosts occur. The pines grow on all sites where the oaks cannot exist (Chapter 3.15).

Parent rock conditions do not play an important role in the distribution of the two species, which are both equally drought resistant. The nutrient supply in the soils is never low (3.13).

As far as they are not destroyed, the forests suffered the influence of human activities (fire, pasture, coppice selection system) for centuries. Some oak woods were transformed into pine stands or into composite forests with oaks in the scrub layer and pines in the tree layer. Today, as every

human activity has stopped in these forests, they are regenerating towards a more natural composition (3.11).

Other mountain regions exist with relatively continental climate and where, during the growth period, there is intense irradiation, but also sufficient quantities of precipitations. The comparison shows that there, too, the distribution of oaks and conifers is determined by the same factors as in Valais. These regions are: the other inner valleys of the central and western Alps (with the same species as in Valais), the mountains of the south-western United States (Quercus and Pinus), the inner valleys of the north-western Himalayas (Quercus, Abies, Pinus) and some Caucasus valleys (Quercus, Conifers). This model, therefore, seems to fit as well to deciduous as to other oak species (3.23, 3.24).

From the phytosociological point of view, the Valais oak woods can be divided into two associations according to climate and parent rock conditions: into the Campanulo trachelii-Quercetum pubescentis prov. under less continental climate at the limit towards the outer Alps, on silicate soils, and into the Saponario-Quercetum pubescentis prov. in the centre of Valais. The subdivisions also follow a complex water gradient influenced by climate and soils (4.1). The comparison of these associations with other existing units is made difficult by the present development of the stands and by the different dates of the relevés and must therefore be considered only provisional (4.2.).

In the last chapter, the conservation of the most outstanding places with oak woods is suggested.

Literatur

=====

ARCHILOQUE, A., L. BOREL und R. MOLINIER, 1969: Feuille de Moustiers-Ste Marie (XXXIV-42). Doc. pour la carte de la végétation des Alpes 7, 107 - 144.

AUBERT, G., L. BOREL, A. LAVAGNE und P. MOUTTE, 1965: Feuille d'Embrun-Est (XXXV-38). Elaboration d'une carte à moyenne échelle (1/50 000) à partir de relevés exécutés à grande échelle (1/25 000). Doc. pour la carte de la végétation des Alpes 3, 61 - 86.

BARBERO, M. und R. LOISEL, 1974: Carte écologique des Alpes au 1:100 000, feuille de Cannes. Doc. Cartogr. écolog. 14, 81 - 99.

BARRY, J.P., 1961: Contribution à l'étude de la végétation de la région de Nîmes (Gard). Thèse Fac. Sc. Univ. Paris. Ann. Biol. 36, 311 - 550.

BAUDIÈRE, A., 1970: Recherches phytogéographiques sur la bordure méridionale du Massif Central français (Les Monts de l'Epinouze). Thèse Fac. Sc. Univ. Montpellier. 600 S.

BERNER ALPENBAHN-GESELLSCHAFT Bern-Lötschberg-Simplon, 1907 - 1916: Quartalberichte an das eidg. Post- und Eisenbahndepartement über den Stand der Arbeiten der Berner Alpenbahn. 320 S.

BERTSCH, K., 1959: Moosflora von Südwestdeutschland. 2. Aufl. Stuttgart (Ulmer). 234 S.

BEZINGE, A., und G. BONVIN, 1974: Image du climat sur les Alpes. Bull. Murith. 91, 27 - 48.

BOUËT, M., 1948: L'insolation en Valais. Bull. Murith. 65, 86 - 94.

---, 1960: Pluie, neige, brouillard et orages dans le Valais central. Bull. Murith. 77, 8 - 19.

---, 1961: Le vent en Valais. Mémoires Soc. vaudoise Sc. nat. 12 (7), 277-352.

---, 1972: Le foehn en Valais. Veröff. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt 26, 12 S.

BRAUN-BLANQUET, J., 1917: Die Föhrenregion der Zentralalpen-täler, insbesondere Graubündens, in ihrer Bedeutung für die Floengeschichte. Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. 98 (2), 59 - 86.

---, 1932: Zur Kenntnis nordschweizerischer Waldgesellschaften. Bh. bot. Cb. 49 (Erg.bd), 7 - 42.

---, 1961: Die inneralpine Trockenvegetation. Stuttgart (G. Fischer). 273 S.

---, 1964: Pflanzensoziologie. 2 Aufl. Wien, New York (Springer). 865 S.

- BRAUN-BLANQUET, J., und R. RICHARD, 1949: Groupements végétaux et sols du bassin de Sierre. Bull. Murith. 66, 106 - 134.
- , und P. FUKAREK, 1955: La forêt de Pinus salzmanni de St Guilhem-le-Désert. Collectanea Botanica 4(3), 437 - 489.
- BUDYKO, M.I., 1958: The heat balance of the earth's surface (translation). Washington (Dept. of Commerce, Weather Bur.). 259 S.
- BURNAND, J., 1970: Vergleich von Waldgesellschaften im Gebiet der Bergsturzhügel von Siders. Diplomarbeit Geobot. Inst. ETH Zürich (unveröff.). 52 S.
- , in Vorb.: Cartes de l'insolation dans la vallée du Rhône valaisanne entre Mörel et Martigny.
- BURRI, M., 1955: La géologie du quaternaire aux environs de Sierre. Bull. Murith. 72, 1 - 14.
- CADEL, G., und J.C. GILOT, 1963: Feuille de Briançon (XXXV-36). Doc. pour la carte de la végétation des Alpes 1, 91 - 140.
- CATZEFLIS, J., B. PRIMAULT und H. STREHLER, 1972: Analyse de la pluviosité dans le Valais central. Veröff. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt 28, 15 S.
- CHRIST, H., 1879: Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich. 488 S.
- DIRMHIRN, I., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Frankfurt a. M. (Akad. Verlagsges.). 426 S.
- DOBREMEZ, J.F., 1973: Carte écologique du Népal III: Région Kathmandu - Everest, 1:250 000. Doc. Cartogr. écologique 11, 17 - 30.
- , P. OZENDA, A. TONNEL und F. VIGNY (LABORATOIRE DE BIOLOGIE VEGETALE), 1974: Carte de la végétation potentielle des Alpes nord-occidentales (partie française). Doc. Cartogr. écologique 13, 9 - 48.
- DORST, J., 1965: Avant que nature meure. Neuchâtel (Delachaux et Niestlé). 538 S.
- ELLENBERG, H., 1954: Naturgemäße Anbauplanung, Melioration und Landschaftspflege. Landwirtsch. Pflanzensoziologie 3 Stuttgart (Ulmer). 109 S.
- , 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER, H.: Einführung in die Phytologie IV(1). Stuttgart (Ulmer). 136 S.
- , 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In: WALTER, H.: Einführung in die Phytologie IV(2). Stuttgart (Ulmer). 943 S.
- , 1975: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica 9. 97 S.
- , und F. KLOETZLI, 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 48, 589 - 930.
- ERN, H., 1966: Die dreidimensionale Anordnung der Gebirgsvegetation auf der Iberischen Halbinsel. Bonner Geogr. Abhandl. 37. 136 S.

- ERN, H., 1972: Vegetationsstudien im östlichen Zentalmexiko unter besonderer Berücksichtigung der Gebirgswälder im Gebiet des Puebla-Tlaxcala-Projektes der deutschen Forschungsgemeinschaft. Vervielf. Manuskr. 123 S.
- ESTOPPEY, F., 1975: Etude d'une chênaie buissonnante du Lavaux. Trav. certif. Univ. Lausanne. Manuskr. 12 S.
- FRANK, E.C., und R. LEE, 1966: Potential solar beam irradiation on slopes. Tables for 30° to 50° latitude. US For. Serv. Res. Paper RM-18. 116 S.
- FREI, E., P. JUHASZ und R. BACH, 1966: Bodenkarte der Schweiz 1:1 000 000: Erläuterungen zur Karte und zur Systematik der Böden der Schweiz. Schweiz. Landw. Forschung 5(3/4), 537 - 551.
- FREITAG, H., 1971: Die natürliche Vegetation Afghanistans. Beitr. zur Flora und Vegetation Afghanistans I. Vegetatio 22(4-5), 285 - 343.
- FREY, H., 1934: Die Walliser Felsensteppe. Diss. Univ. Zürich. 218 S.
- FRUEH, J., 1899: Ueber postglaciale, intramoränischen Löss. Eclogae geol. Helveticae 6(1), 47 - 59.
- FURRER, E., 1966: Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz. Schweiz. Z. Forstw. 117, 720 - 735.
- GADEKAR, H., 1975: Ecological conditions limiting the distribution of Fagus silvatica L. and Abies alba Mill. near Schwarzenberg (Lucerne) Switzerland. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 54, 98 S.
- GALLANDAT, J.D., 1972: Etude de la végétation des lisières de la chênaie buissonnante dans trois localités du Jura suisse (Quercion pubescentis-petraeae et Geranion sanguinei). Bull. Soc. Neuchâteloise Sc. Nat. 95, 97 - 111.
- GAMS, H., 1927: Von den Follatères zur Dent de Morcles. Beitr. geobot. Landesaufnahme der Schweiz 15. 760 S.
- GEIGER, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Auflage. Braunschweig (Vieweg). 646 S.
- GENSLER, G.A., 1946: Der Begriff der Vegetationszeit. Diss. Univ. Zürich. 142 S.
- GIGON, A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 48. 159 S.
- , 1975: Ueber das Wirken der Standortsfaktoren; kausale und korrelative Beziehungen in jungen und in reifen Stadien der Sukzession. Mitt. Eidg. Anst. forstl. Versuchsw. 51, 25 - 35.
- van GILS, H., im Druck: Die Geranion sanguinei-Arten in verschiedenen Klimagebieten. In TUEXEN, R. (Hrsg.): Ber. Intern. Symp. Internat. Vereinigung Veg.-kunde in Rinteln/Weser 1975.

- van GILS, H., und E. KEYSERS, in Vorb.: Saumgesellschaften mit Geranium sanguineum und Trifolium medium in der submontanen Stufe des Walliser Rhonetales.
- GRUENIG, P., 1947: 25 Vegetationsaufnahmen aus Diplomarbeit Inst. für Waldbau ETH Zürich, unveröff.
- GUINIER, Ph., 1937: Le Parc national de Nahuel-Huapi. La Terre et la Vie (Paris) 1937 (6), 161 - 179.
- GUTERSONH, H., 1961: Geographie der Schweiz. Band II, 1. Teil: Wallis, Tessin, Graubünden. Bern (Kümmerly und Frey). 486 S.
- HAINARD, P., 1969: Signification écologique et biogéographique de la répartition des essences forestières sur l'adret valaisan. Boissiera 15. 150 S.
- HALLER, A. v., 1742: Enumeratio methodica stirpium helveticae indigenarum. Göttingen (Abram Vanderhoek). 794 S.
- HAUSER, A., 1972: Wald und Feld in der alten Schweiz. Zürich und München (Artemis). 424 S.
- HEINIS, F., 1933: Die Pflanzengesellschaften der Richtifluh bei Waldenburg. Verh. naturforsch. Ges. Basel 44, 336 - 364.
- HESS, E., 1942: Die autochthonen Föhrenrassen des Wallis. Schweiz. Z. Forstw. 93(1), 1 - 14.
- HESS, H., E. LANDOLT und R. HIRZEL, 1967, 1970, 1972: Flora der Schweiz. 3 Bände. Basel (Birkhäuser). 858, 956 und 876 S.
- HESSELMANN, H., und G. SCHOTTE, 1906: Die Fichte an ihrer Südwestgrenze in Schweden. Meddelanden från Statens Skogsför-söksanstalt. 52 S.
- HORVAT, I., V. GLAVĀČ und H. ELLENBERG, 1974: Vegetation Südosteuropas. Geobotanica selecta IV. Stuttgart (G. Fischer). 768 S.
- HUNZIKER, Th., 1956: Oekologische Untersuchungen über die natürliche Föhrenverjüngung im nordostschweizerischen Mittelland. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 32(2), 83 - 145.
- JACCARD, H., 1895: Catalogue de la flore valaisanne. Neue Denkschrift Schweiz. Naturforsch. Ges. 34. 56 + 472 S.
- JOSSEN, P., 1972: Brigerbad. Erschmatt VS (Pfarramt). 230 S.
- KELLER, Th., 1968: Der Einfluss der Luftverunreinigungen auf den Wald im Lichte der neuesten Literatur. Schweiz. Z. Forstw. 119 (4/5), 353 - 363.
- KLOETZLI, F., 1975: Oekologische Besonderheiten Pinus-reicher Waldgesellschaften. Schweiz. Z. Forstw. 126(9), 672 - 710.
- KNAPP, R., 1965: Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika. Stuttgart (G. Fischer). 373 S.
- KOENIG, M.A., 1972: Kleine Geologie der Schweiz. 2. Auflage. Thun und München (Ott). 168 S.
- KOESTLER, J.N., E. BRUECKNER und H. BIBELRIETHER, 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg u. Berlin (Parey). 284 S.

- KOZLOWSKI, T.T., und C.E. AHLGREN (Hrsg.), 1975: Fire and Ecosystems. Physiological Ecology. New York, San Francisco, London (Acad. Press). 542 S.
- KUEMMEL, K., 1949: Die Stellung Südfrankreichs und der Krim im west- und ostmediterranen Vegetationsstufenprofil. Ber. Naturhist. Verein der Rheinlande u. Westphylens 1949. 45 S.
- KUHN, N., 1973: Frequenzen von Trockenperioden und ihre ökologische Bedeutung. Vierteljahrsschrift Naturforsch. Ges. Zürich 118(3), 257 - 298.
- KULCZYNSKI, S., 1928: Die Pflanzenassoziationen der Pieninen. Bull. Acad. Polon. Sci., Serie B, 3, 57 - 203.
- LANDOLT, E., 1975: Nomenklatorische Bemerkungen zur Publikation von M. HAUSER über die Artengruppe der Campanula patula L. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 53, 71 - 73.
- LARCHER, W., 1973: Oekologie der Pflanzen. UTB 232. Stuttgart (Ulmer). 320 S.
- , und B. MAIR, 1969: Die Temperaturresistenz als ökophysiolgisches Konstitutionsmerkmal: 1. Quercus Ilex und andere Eichenarten. Oecol. Plant. 4, 347 - 376.
- LEGRIS, P., 1963: La végétation de l'Inde, Ecologie et Flore. Trav. labor. forest. Toulouse. Tome 5^e, 1^esect.: L'Asie méridionale, vol. II. 589 S.
- LEOPOLD, A.S., 1950: Vegetation zones in Mexico. Ecol. 31(4), 507 - 518.
- LUEDI, W., 1943: Unsere Umwelt als Indikator der Klimaverhältnisse. Ann. Schweiz. Ges. Balneol. u. Klimatol. 36, 142 - 160.
- MAIR, B., 1969: Kälteresistenzverhalten einiger Holzpflanzen von drei thermisch verschiedenen Standorten. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 82, 107.
- MAYER, H., 1960: Bodenvegetation und Naturverjüngung von Tanne und Fichte in einem Allgäuer Plenterwald. Ber. Geob. Inst. ETH Zürich 31 (1959), 19 - 42.
- Mc Vean, D.N., und D.A. RATCLIFFE, 1962: Plant communities of the Scottish Highlands. Monographs of the Nature Conservancy 1. London (Her Majesty's Stationery Office). 445 S.
- MEUSEL, H., E. JAEGER und E. WEINERT, 1965: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Iena (VEB Fischer). Textteil 585 S., Kartenteil 258 S.
- , und R. SCHUBERT, 1971: Beiträge zur Pflanzengeographie des Westhimalayas, 1. Teil. Flora 160, 137 - 194.
- MEYER, K.A., 1950, 1951, 1952: Frühere Verbreitung der Holzarten und einstige Waldgrenze im Wallis. 1. Unterwallis, linkes Rhoneufer. 2. Mittelwallis. 3. Im Rhoneknie und Landschaften des rechten Rhoneufers bis Eggerberg. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw. 26(2), 683 - 750; 27, 285 - 347; 28, 157 - 208.

- MEYER, M., 1974: Zur Ausscheidung von Schutzgebieten und deren Unterhalt am Monte di Caslano (Sassalto). Gutachten Geobot. Inst. ETH Zürich (vervielfältigtes Manuskr.). 13 S.
- , 1976: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an insubrischen Trockenwiesen karbonathaltiger Standorte. Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich 57. 145 S.
- MIROV, N.T., 1967: The Genus Pinus. New York (Ronald Press). 602 S.
- MOLINIER, R., 1955: Rapport sur la nature et la signification des divers bois de pins dans le Sud-Ouest de la France. 8^e Congrès internat. de Bot. 1954. 35 - 38.
- MONTACCHINI, F., 1972: Lineamenti della vegetazione dei boschi naturali in Valle di Susa. Allionia 18, 195 - 252.
- MOONEY, H.A., und E.L. DUNN, 1970: Photosynthetic systems of mediterranean-climate shrubs and trees of California and Chile. The Amer. Naturalist 104, 447 - 453.
- MOOR, M., 1940: Pflanzensoziologische Beobachtungen in Wältern des Chasseralgebiets. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 545 - 566.
- OBERDORFER, E., 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziologie 10. 564 S.
- , 1962: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland. 2. Aufl. Stuttgart (Ulmer). 987 S.
- OVINGTON, J.D., 1954: Studies of the development of woodland conditions under different trees. 2. The forest floor. J. Ecol. 42, 71 - 80.
- OZENDA, P., 1961: Carte de la végétation de la France 1:200 000, feuille 68 (Nice). Serv. Carte Phytogeographique, Toulouse.
- , 1966: Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. Doc. carte de la végétation des Alpes 4. 198 S.
- PALLMANN, H., 1933: Ueber Bodenbildung und Bodenserien in der Schweiz. Die Ernährung der Pflanzen 30, 225 - 238.
- PISEK, A., 1960: Immergrüne Pflanzen (einschliesslich Coniferen). In: Handbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer) V(2), 415 - 459.
- PRIMAUT, B., 1962: Unifions les méthodes de mesure. Report 16th Internat. Horticultural Congress, 151 - 155.
- , 1964: Le risque de gel à Vétroz/VS. In: ROTEN, M.: Recherches microclimatologiques sur la vallée du Rhône en Valais. Sion (Gessler). 199 - 208.
- , und J. CATZEFLIS, 1966: Du climat valaisan. La Recherche agronomique en Suisse 5(2), 248 - 267.

- PUIG, H., 1970: Etude phytogéographique de la Sierra de Tamau-lipas, Mexique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 106, 59 - 79.
- QUANTIN, A., 1935: L'évolution de la végétation à l'étage de la chênaie dans le Jura méridional. SIGMA, Comm. 37. 382 S.
- RICHARD, J.L., 1961: Les forêts acidophiles du Jura. Mat. levé géobot. de la Suisse 38. 164 S.
- , 1972: La végétation des crêtes rocheuses du Jura. Bull. Soc. Bot. Suisse 82(1), 68 - 112.
- ROSEN, M., 1964: Recherches microclimatologiques sur la vallée du Rhône en Valais. Thèse Univ. Fribourg. 195 S.
- ROTH, Ch., in Vorb.: Grenzstandorte zwischen Buche und Wald-föhre in der Nordschweiz.
- RUŽIČKA, M., 1964: Geobotanische Verhältnisse der Wälder im Sandgebiet der Tiefebene Zaorska Nizina (Südslowakei). Biol. Prace 10(1). 119 S.
- SCHEFFER, F., und P. SCHACHTSCHABEL, 1966: Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart (enke). 473 S.
- SCHIECHTL, H.M., 1967: Die Wälder der anatolischen Schwarzföhre (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) in Kleinasien. Mitt. Ost-alpin-dinar. pfl.soz. Arbeitsgem. 7, 109 - 118.
- SCHLICHTING, E., und H.P. BLUME, 1966: Bodenkundliches Praktikum. Hamburg und Berlin (Parey). 209 S.
- SCHMID, E., 1936: Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beitr. geobot. Landesaufnahme der Schweiz. 21, 190 S.
- SCHMID, P., und N. KUHN, 1970: Automatische Ordination von Vegetationsaufnahmen in pflanzensoziologischen Tabellen. Die Naturwissenschaften 9, 462 - 463.
- SCHMITHUESEN, J., 1960: Die Nadelhölzer in den Waldgesellschaften der südlichen Anden. Vegetatio 9(4-5), 313 - 327.
- SCHÜEPP, M., 1960: Klimatologie der Schweiz. C: Temperatur. 1. Teil. Beih. Annalen Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt. 14 S.
- , 1962: Klimatologie der Schweiz. I: Sonnenscheindauer. 1. Teil. Ebenda. 36 S.
- SCHWARZ, O., 1936-1939: Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebiets. Feddes Rep., Sonderheft D. Textband 200 S.
- SCHWEINFURTH, U., 1966: Neuseeland. Beobachtungen und Studien zur Pflanzengeographie und Ökologie der antipodischen Inselgruppe. Bonner geogr. Abhandl. 36. 351 S.
- SIMAK, M., 1951: Untersuchungen über den natürlichen Baumartenwechsel in schweizerischen Plenterwäldern. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw. 27, 406 - 468.
- STEUBING, L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin und Hamburg (Parey). 262 S.

- STEVEN, H.M., und A. CARLISLE, 1959: The native pinewoods of Scotland. Edinburgh (Oliver and Boyd). 368 S.
- TILL, O., 1956: Ueber die Frosthärtc von Pflanzen sommergrüner Laubwälder. Flora 143, 499 - 542.
- TURNER, H., 1966: Die globale Hangbestrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. Mitt. Eidg. Anstalt forstl. Versuchsw. 42(3), 109 - 168.
- TUTIN, T.G., V.H. HEYWOOD, N.A. BURGES, D.H. VALENTINE, S.M. WALTERS und D.A. WEBB, 1964: Flora Europaea. Vol. I. Cambridge (Univ. Press). 464 S.
- UTTINGER, H., 1965: Klimatologie der Schweiz. E: Niederschlag. 1.-3. Teil. Beih. Annalen Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt. 124 S.
- VALKO, P., 1970, 1971: Das kurzwellige Strahlungsfeld der Atmosphäre - Richtwerte für Ingenieure und Architekten. Schweiz. Bl. für Heizung und Lüftung. 37(1), 24 - 32. 37(2), 56 - 60. 37(4), 115 - 119. 38(4), 121 - 126.
- WALTER, H., 1960: Einführung in die Phytologie. Bd.III: Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1. Teil: Standortslehre. 2. Aufl. Stuttgart (Ulmer). 566 S.
- , 1964, 1968: Die Vegetation der Erde in ökophysiologicaler Betrachtung. Bd. 1: die tropischen und subtropischen Zonen. 2. Aufl. Bd. 2: Die gemässigten und arktischen Zonen. Stuttgart (G. Fischer). 592 S., 1001 S.
- , 1970: Vegetationszonen und Klima UTB 14. Stuttgart (Ulmer). 244 S.
- , 1974: Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. Stuttgart (G. Fischer). 457 S.
- , und E. WALTER, 1953: Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz: das Wesen der Pflanzengesellschaften. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 56, 227 - 235.
- , und H. LIETH, 1960, 1964, 1967: Klimadiagramm-Weltatlas. 3 Lieferungen. Iena (VEB Fischer).
- WARDLE, P., 1964: Facets of the distribution of forest vegetation in New Zealand. N.Z. J. of Bot. 2(4), 352 - 365.
- WELTEN, M., 1958: Die spätglaziale und postglaziale Vegetationsentwicklung der Berner Alpen und Voralpen und des Walliser Haupttales. Veröff. Geob. Inst. Rübel 34, 150 - 158.
- WERLEN, Ch., 1968: Etude de la végétation des surfaces brûlées de la forêt de Finges suivie de quelques données en vue d'un reboisement. Diplomarbeit Inst. für Waldbau ETH Zürich. 50 S.
- WHITTAKER, R.H., und W.A. NIERING, 1964, 1968: Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. I. Ecological classification and distribution of species. J. Ariz. Acad. Sc. 3(1), 9 - 34. IV. Limestone and acid soils. J. Ecol. 56, 523 - 544.

WILLE, F., 1922: Die Rauchschadenfrage der Aluminiumfabriken mit besonderer Berücksichtigung der Aluminiumfabrik Chippis. Berlin (Parey). 66 S.

Anhang zu Tabelle 12 (Vegetationstabelle)

Selten vorkommende Arten:

- 4x *Castanea sativa*: Aufnahme 5: Mächtigkeit 1, 44 +, 72 +, 103 +.
- 3x *Laserpitium siler*: 74, 75, 78 je +. *Orchis maculata*: 1, 6, 79 je +.
- 2x *Alyssoides utriculatum*: 59, 64 je +. *Arenaria serpylli-folia*: 38, 62 je +. *Aster amellus*: 42, 100 je +. *Carex montana*: 2, 11: je +. *Carex verna*: 39, 63: je +. *Centaurea vallesia-ca*: 38, 70: je +. *Dianthus silvester*: 56, 77 je +. *Globularia elongata*: 70, 94 je +. *Neottia nidus-avis*: 27, 71: je +. *Onobrychis viciifolia*: 95, 98 je +. *Oxytropis halleri*: 93, 99 je +. *Oxytropis pilosa*: 98, 103 je +. *Prunella grandiflora*: 72, 78 je 1. *Sesleria coerulea*: 78 1, 80 +. *Silene alba* : 63, 64 je +. *Sorbus aucuparia*: 39, 42 je +. *Trifolium montanum*: 94, 102 je +. *Vicia gerardi*: 63, 105 je +.
- 1x *Agrimonia eupatoria*: 72 +. *Agropyron intermedium*: 70 +. *Antennaria dioeca*: 91 +. *Asperula cynanchica*: 70 +. *Astragalus excapus*: 101 +. *Astragalus onobrychis*: 77 +. *Biscutella levigata*: 59 +. *Carex nitida*: 86 +. *Carlina vulgaris*: 84 +. *Carpinus betulus* U: 2 +. *Cerastium arvense*: 106 +. *Ceterach officinarum*: 26 +. *Colchicum autumnale*: 2 +. *Coronilla minima*: 87 +. *Cytisus nigricans*: 3 +. *Echium vulgare*: 91 +. *Elymus europaeus*: 5 +. *Eructastrum nasturtiifolium*: 92 +. *Evonymus europaeus*: 13 +. *Galeopsis tetrahit*: 32 +. *Galium boreale*: 89 +. *Galium album*: 16 +. *Goodyera repens*: 95 +. *Hieracium amplexifolium*: 82 +. *Hornungia petraea*: 106 +. *Ilex aquifolium*: 1 +. *Knautia arvensis*: 57 +. *Laserpitium latifolium*: 87 +. *Lathyrus silvester*: 56 +. *Listera ovata*: 27 +. *Melica nutans*: 43 +. *Molinia litoralis*: 5 +. *Monotropa spec.*: 27 +. *Muscati comosum*: 66 +. *Odontites viscosa*: 86 +. *Ononis natrix*: 70 +. *Ononis pusilla*: 77 +. *Onosma helvetica*: 94 +. *Orchis militaris*: 75 +. *Poa bulbosa*: 106 +. *Poa trivialis*: 53 +. *Prenanthes purpurea*: 27 +. *Pyrola chlorantha*: 95 +. *Salvia glutinosa*: 44 +. *Saxifraga aizoon*: 82 +. *Silene viscaria*: 106 +. *Turritis glabra*: 106 +. *Ulmus scabra* U: 57 +.

(zu Tabelle 12)

Bemerkungen zu den Arten:

- im Flaumeichenwald (meistens) nicht blühend.
- 1) mit eingeschlossen Individuen mit Genintrogressionen von *Quercus petraea* (siehe Abschnitt 2.14).
- 2) meistens die "graue Föhre" (siehe Abschnitt 2.14).
- 3) *Rubus fruticosus* aggr. (*R. non saxatilis, idaeus, caesius*)
- 4) Nach LANDOLT (1975) ist die im Wallis vorkommende Art als *Campanula costae* zu bezeichnen.

"Systematische Zuordnung" der Arten:

- * Hochstete Arten des *Arabidi turritae-Quercetum* in ELLEN-BERG und KLOETZLI (1972).

Charakterarten:

KF Klasse Querco-Fagetea
 OF Ordnung Fagetalia
 VF Verband Fagion
 VC Verband Carpinion
 OQ Ordnung Quercetalia pubescantis-petraeae
 VQ Verband Quercion pubescantis
 OP Ordnung Prunetalia
 VB Verband Berberidion
 KT Klasse Trifolio-Geranietea
 VT Verband Trifolion medii
 VG Verband Geranion sanguinei

Charakterarten verschiedener Stufen innerhalb der Einheit:

Qr Quercetea robori
 Ep Epilobietea
 MA Molinio-Arrhenatheretea
 FB Festuco-Brometea
 Ar Artemisietae
 As Asplenietea rupestris
 Th Thlaspietea rotundifolii

Lebensformen:

T Therophyten
 G Geophyten
 H Hemikryptophyten
 C krautige Chamaephyten
 Z Zwergsträucher
 N Sträucher
 P Bäume
 li Lianen

(zu Tabelle 12)

Koordinaten der Aufnahmen:

Nr	Koordinaten	Nr	Koordinaten	Nr	Koordinaten
1	563 825/128 300	51	597 530/124 075	101	634 740/125 620
2	563 860/128 330	52	571 220/106 125	102	634 760/125 760
3	562 140/131 830	53	570 890/105 810	103	634 350/125 770
4	573 025/109 350	54	571 230/106 050	104	634 800/125 870
5	573 060/109 320	55	571 150/106 040	105	634 800/125 930
6	572 770/109 325	56	570 600/105 660	106	634 530/125 600
7	572 720/109 325	57	608 000/126 000		
8	572 850/109 450	58	580 170/114 200		
9	572 830/109 150	59	578 250/112 250		
10	572 740/109 425	60	577 350/108 150		
11	574 015/109 450	61	577 110/107 960		
12	573 390/109 640	62	578 300/112 200		
13	572 200/106 860	63	579 075/112 875		
14	572 040/108 700	64	579 000/112 850		
15	572 000/108 000	65	580 270/113 925		
16	571 900/108 720	66	580 300/113 960		
17	571 800/108 750	67	579 300/113 180		
18	572 700/109 170	68	579 070/113 210		
19	572 300/108 920	69	586 125/118 575		
20	572 750/108 910	70	586 050/118 520		
21	572 925/109 030	71	585 625/118 450		
22	572 270/108 600	72	585 900/118 650		
23	576 625/112 080	73	585 800/118 430		
24	573 320/109 350	74	585 350/118 475		
25	571 800/108 400	75	585 820/118 850		
26	572 020/108 435	76	585 770/118 250		
27	572 100/108 400	77	586 520/118 870		
28	572 080/108 460	78	585 875/118 600		
29	573 350/109 400	79	576 540/112 100		
30	577 150/111 600	80	585 675/118 200		
31	571 975/108 370	81	634 610/125 770		
32	573 800/109 880	82	585 300/118 250		
33	572 200/108 420	83	579 310/113 340		
34	572 080/108 300	84	585 930/118 820		
35	572 110/108 240	85	586 480/118 850		
36	571 910/108 220	86	607 325/126 575		
37	571 770/108 110	87	612 400/129 200		
38	572 025/108 075	88	607 510/126 550		
39	607 315/126 675	89	612 325/129 880		
40	595 170/122 375	90	608 180/126 250		
41	591 940/119 975	91	611 175/127 750		
42	591 145/119 960	92	611 275/127 830		
43	612 180/129 180	93	608 195/126 275		
44	636 860/127 240	94	610 825/127 175		
45	577 530/111 700	95	610 760/127 280		
46	578 950/113 180	96	610 800/125 225		
47	579 750/113 780	97	611 250/127 750		
48	580 000/114 050	98	611 190/127 640		
49	583 550/1 7 575	99	608 250/126 330		
50	583 340/117 325	100	611 175/127 690		

Die Orte sind auf folgenden Landeskarten zu finden:

570 000 bis 580 000/105 000 bis 110 000: LK 1325, 1:25 000

570 000 bis 585 000/110 000 bis 122 000: LK 1305, "

585 000 bis 600 000/118 000 bis 122 000: LK 1306, "

590 000 bis 602 500/122 000 bis 128 000: LK 1286, "

602 500 bis 620 000/125 000 bis 132 000: LK 1287, "

LK 274, 1:50 000
über 620 000: