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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 59 (1976)

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

Autor: Burnand, Jacques

Kapitel: 3: Die ökologischen Grenzen der Flaumeiche im Wallis

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: 18.01.2026

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

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.

3.11. Der menschliche Einfluss

3.111. 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-Strauchschicht. Gute Beispiele dafür finden sich ob Saillon und Visp. In extremen Fällen blieben in solchen Beständen nur noch einzelne Flaumeichenbüsche 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 -gebüschgruppen 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-

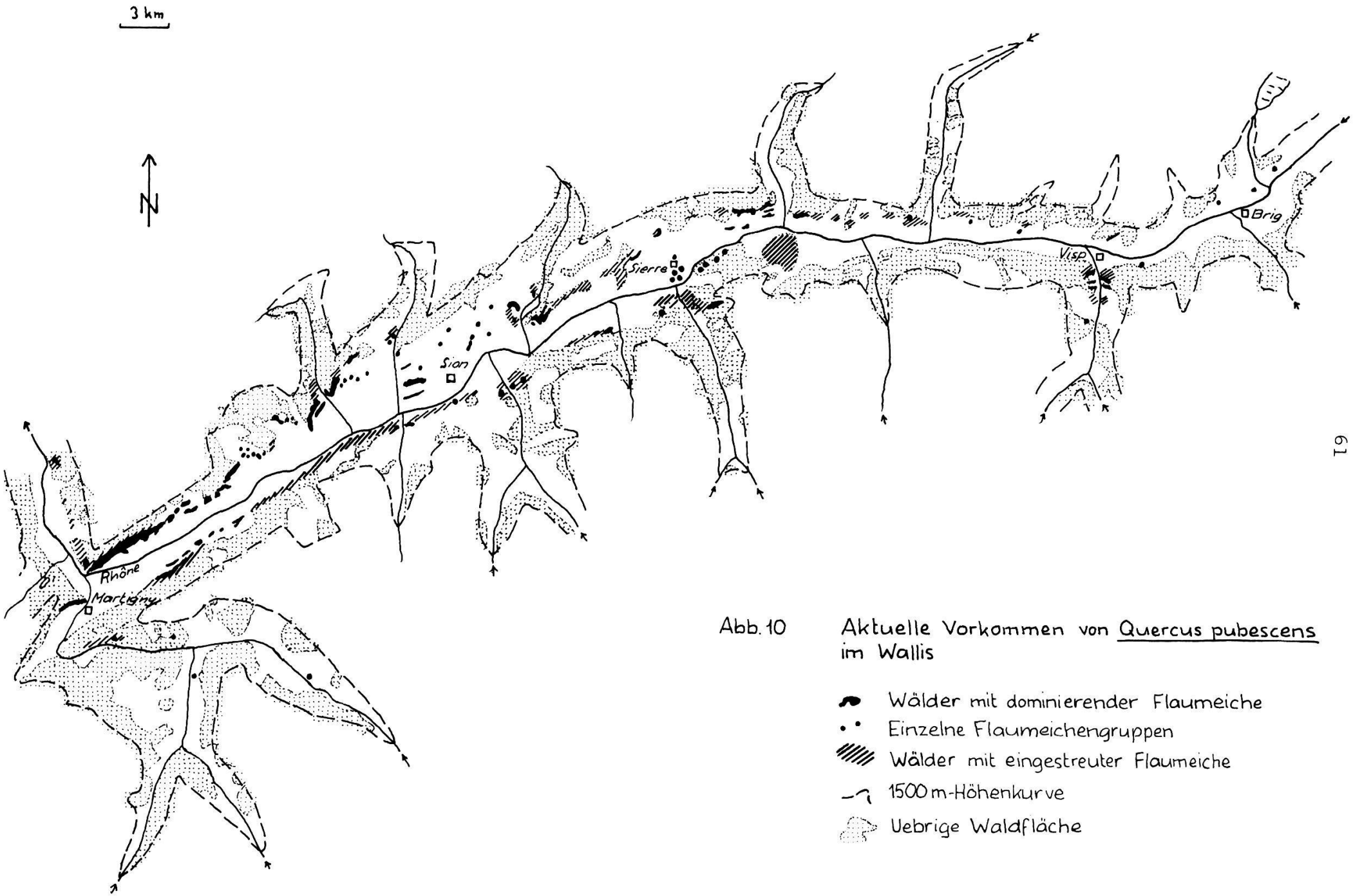


Abb. 10 Aktuelle Vorkommen von Quercus pubescens im Wallis

- Wälder mit dominierender Flaumeiche
- Einzelne Flaumeichengruppen
- Wälder mit eingestreuter Flaumeiche
- 1500 m-Höhenkurve
- Uebrige Waldfläche

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 Sonnenhänge 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 obern Verbreitungsgrenze mit andern Baumarten in Kontakt, an den Nordwesthängen über Charrat und

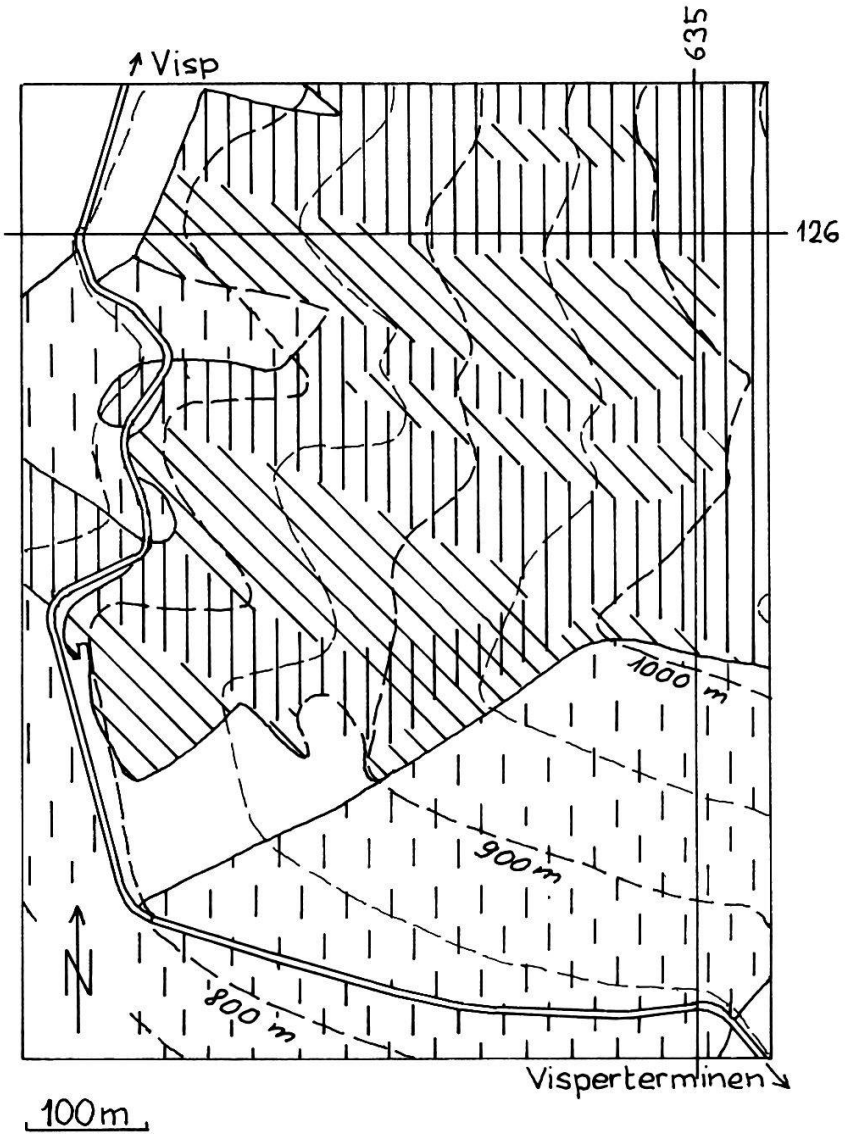


Abb. 11 Verteilung der Flaumeichen und der Waldföhren an den Hängen südöstlich von Visp.

Flaumeichen (SW-Expositionen bis ca. 1000 m)

Waldföhren (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 Buche[1].

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 obern 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

Trockenmoder

Mull

Wurzeln

Kalkflaum (Kalkausscheidungen)

Bodenskelett, kalkhaltig

Bodenskelett, kalkfrei

Feinerdefraktionen:

Sand, kalkhaltig

Sand, kalkfrei

Staub, kalkhaltig

Staub, kalkfrei

Ton, kalkhaltig

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.

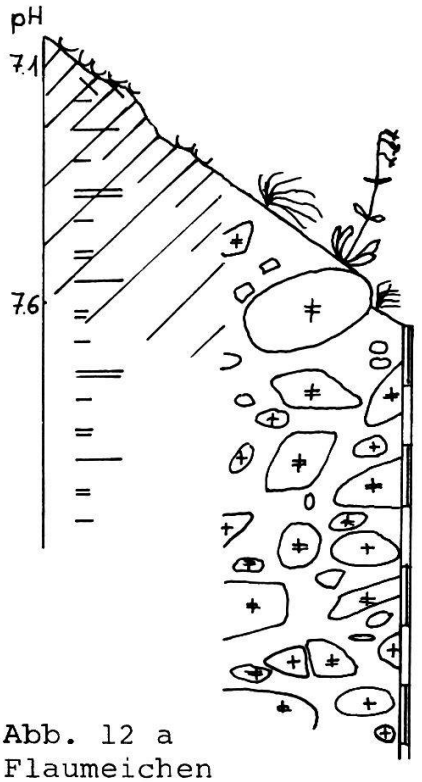


Abb. 12 a
Flaumeichen
Visp 634 500/125 650
SW 80 % Kalkschieferschutt

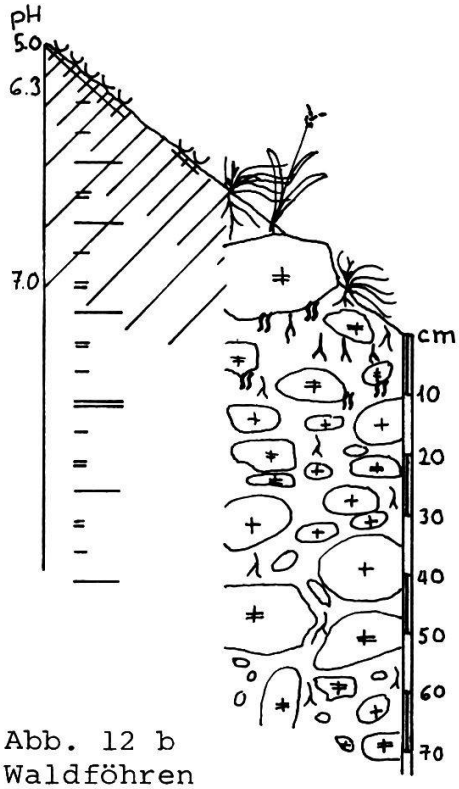


Abb. 12 b
Waldföhren
Visp 634 600/125 700
NNW 80 % Kalkschieferschutt

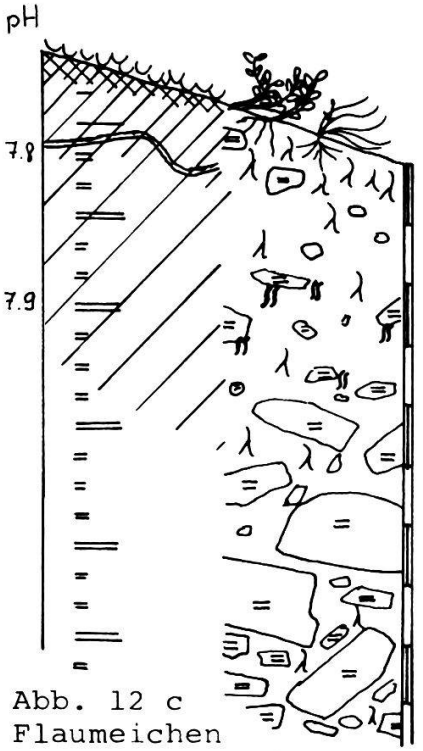


Abb. 12 c
Flaumeichen
Pfin 610 800/ 127 250
S 40 % Kalkschutt

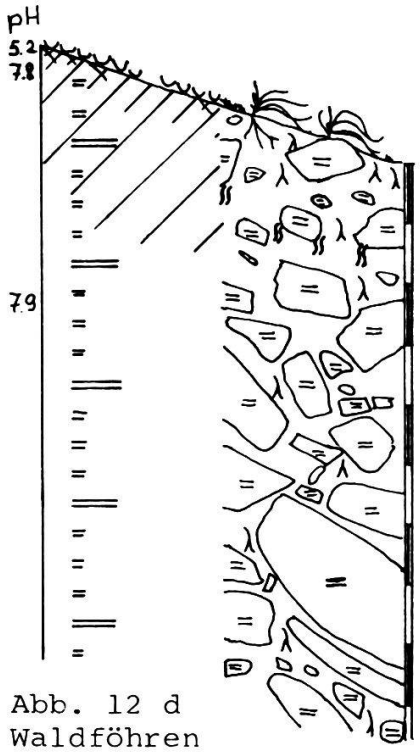


Abb. 12 d
Waldföhren
Pfin 610 750/ 126 950
S 35 % Kalkschutt

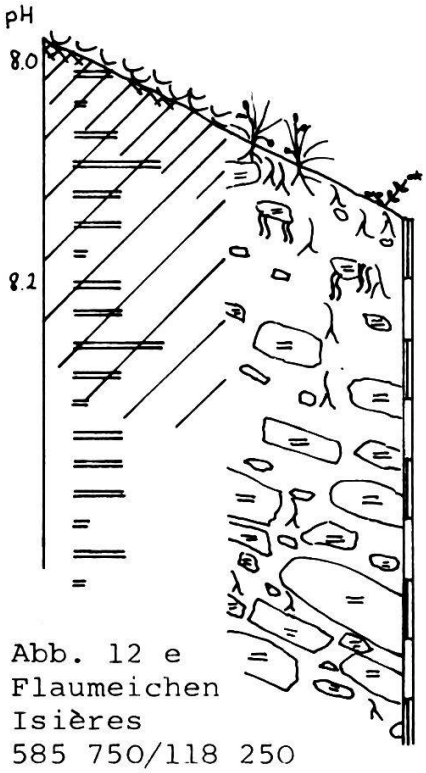


Abb. 12 e
Flaumeichen
Isières
585 750/118 250
SE 50 % Kalk

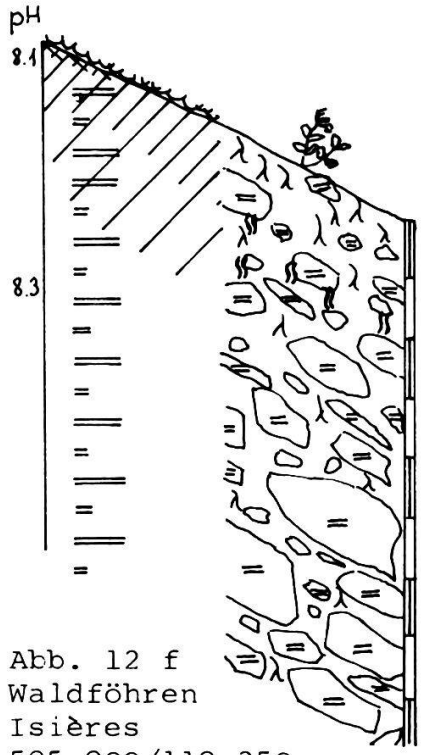


Abb. 12 f
Waldföhren
Isières
585 800/118 350
SE 50 % Kalk

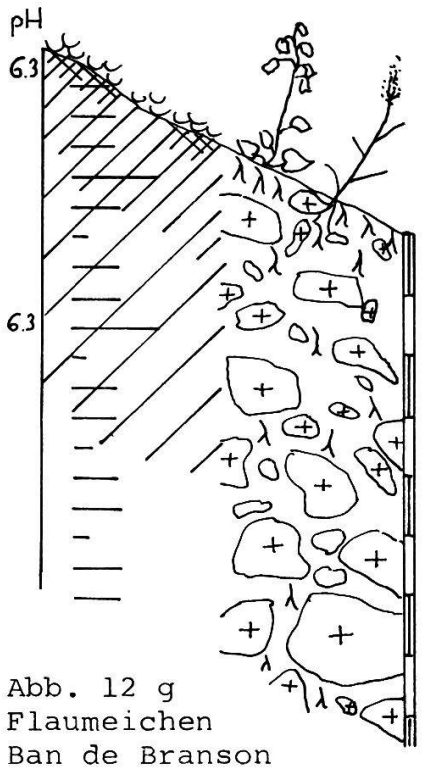


Abb. 12 g
Flaumeichen
Ban de Branson
572 100/109 700
SE 50 % Silikatschutt

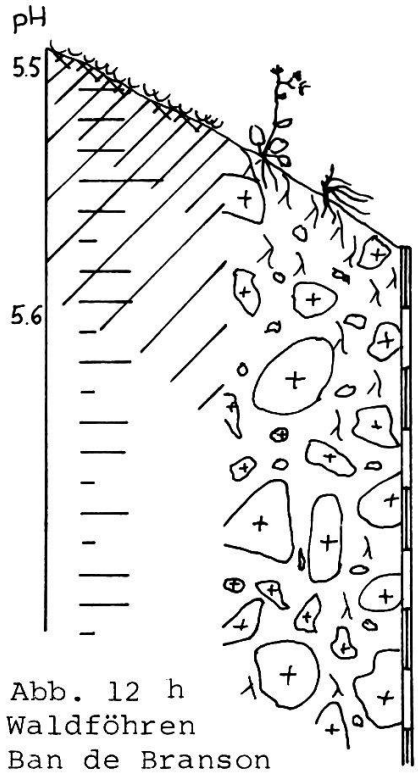


Abb. 12 h
Waldföhren
Ban de Branson
572 100/ 109 650
N 55 % Silikatschutt

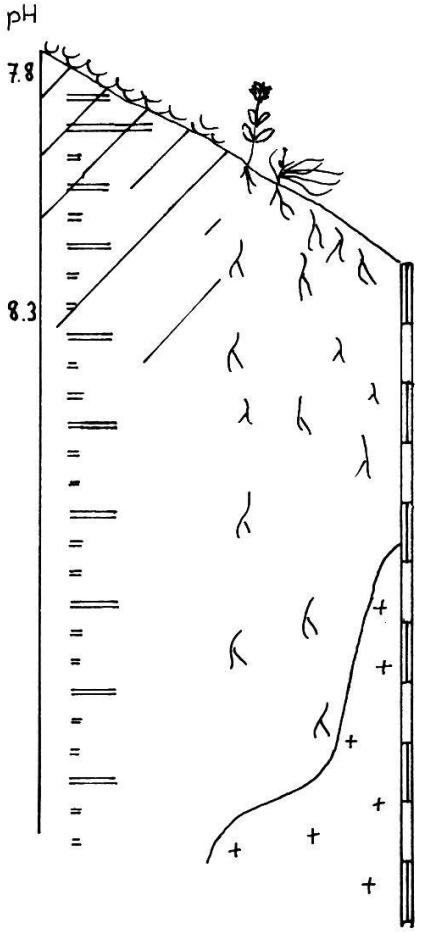


Abb. 12 i Flaumeichen
Forêt de la Lui/Follaterres
571 900/109 000
SE 50 %
kalkhaltiger Löss auf
Silikatfels

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 % Ton	Silt	Sand	Verhältnis (geschätzt) Bodenskelett: Feinerde
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_2O)	Umtauschkapazität in mval/100 g Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	H^{+}	Basensättig. V%	Humus (%) Feinerde* (A)	(B)	Kalk Skelett
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: <u>Muttergestein</u>

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 Waldföhre 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 ($kcal \cdot cm^{-2}$)
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	19o.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 ($kcal \cdot cm^{-2}$)
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	" - "	NNE	55	1000	125.6
118	Raron-Turtig	NNE	55	650	123.5
119	Bürchen-Birch	NNE	55	1000	124.5
120	Eischolll-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-Turtmänna	NE	48	1000	123.4
124	" -Hostatt	NNW	51	1000	128.7
125	Agarn	NNE	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 ($kcal \cdot cm^{-2}$)
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.o
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'Airette	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	NW58	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 ($kcal \cdot cm^{-2}$) 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

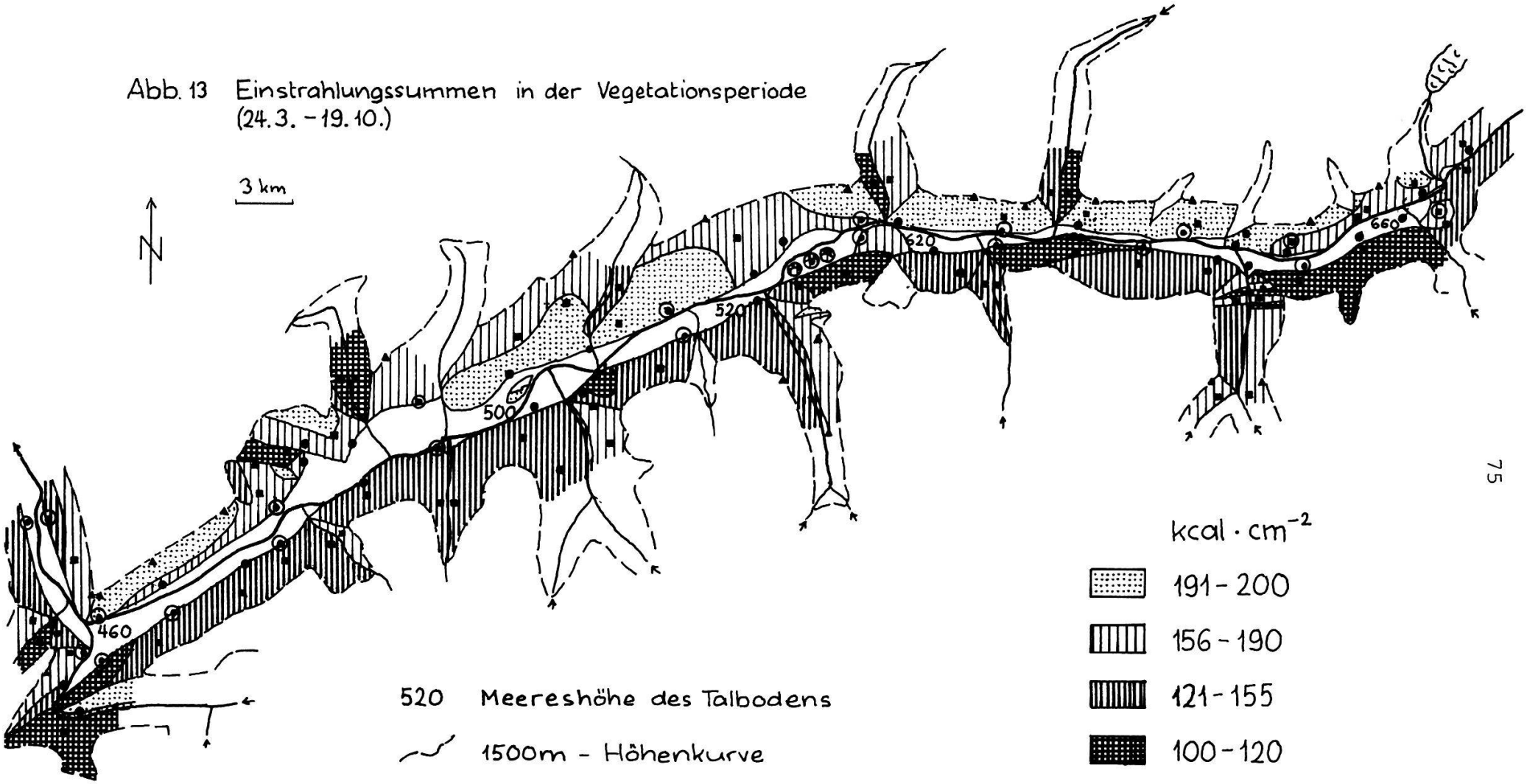
[1)] Für die Ortsbezeichnung siehe Tabelle 7.

werden aber die Unterschiede zwischen den verschiedenen Expositionen und Neigungen immer deutlicher. Schwanken die Werte der Perioden III und IV zwischen 24 kcal pro cm^2 an Nordhängen und 30 kcal pro cm^2 an Südhängen, so steigt dieser Gegensatz in der Periode VII (im Herbst) auf 4/25 kcal pro cm^2.

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)	Durchschnitt (°C)	Differenz zu Prapourri (°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.

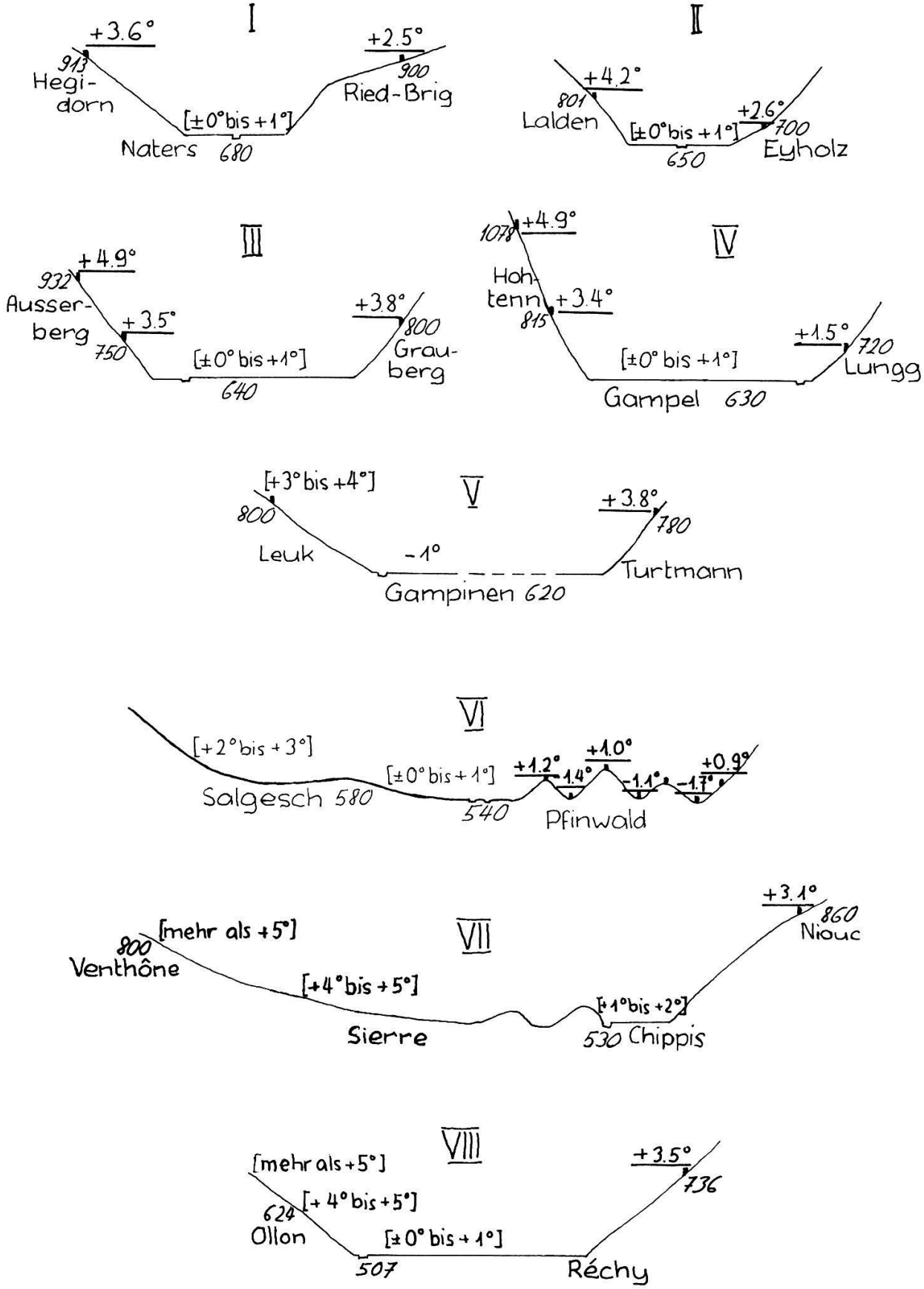


Abb. 14 Minimum-Temperaturen in Strahlungsnächten entlang 8 Profilen durchs Rhonetal (Lage siehe Text).
Werte in [ ] aus ROTEN (1964), eigene Messungen unterstrichen.
Werte als Differenz zu Prapourri-Werten (westl. Sion).

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).

Betrachtete 20 Tage der Periode	Faktor A = Amplitude	Transekte II (unteres Mittelwallis) (1973)			Transekte I (Pfingebiet) (1972)		
		Charrat La Gîte 700 m NW 40%	Fully Plaine 470 m eben	Fully Tassonières 700 m SE 50%	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 $kcal \cdot cm^{-2}$ pro Vegetationsperiode.

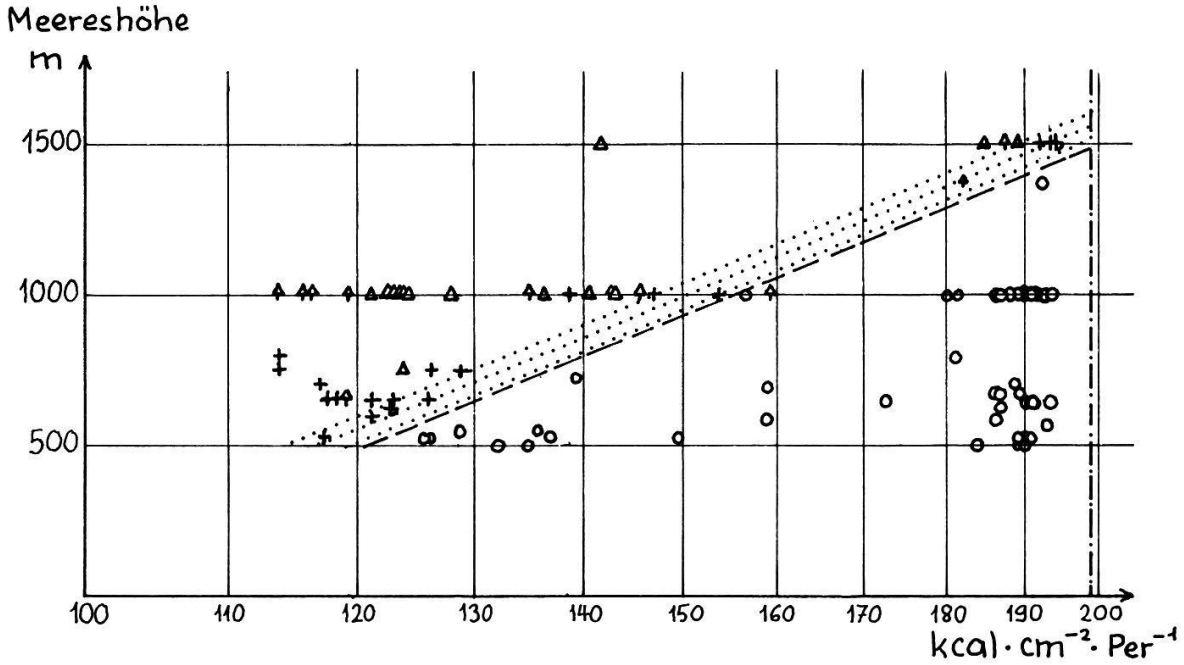


Abb. 15 Verteilung der Waldbaumarten im innern Walliser Trockengebiet in Abhängigkeit von Sonneneinstrahlung (berechnet pro Vegetationsperiode, siehe Abschnitt 3.141) und Meereshöhe.

o Flaumeichen - Standort

+ Föhren - Standort

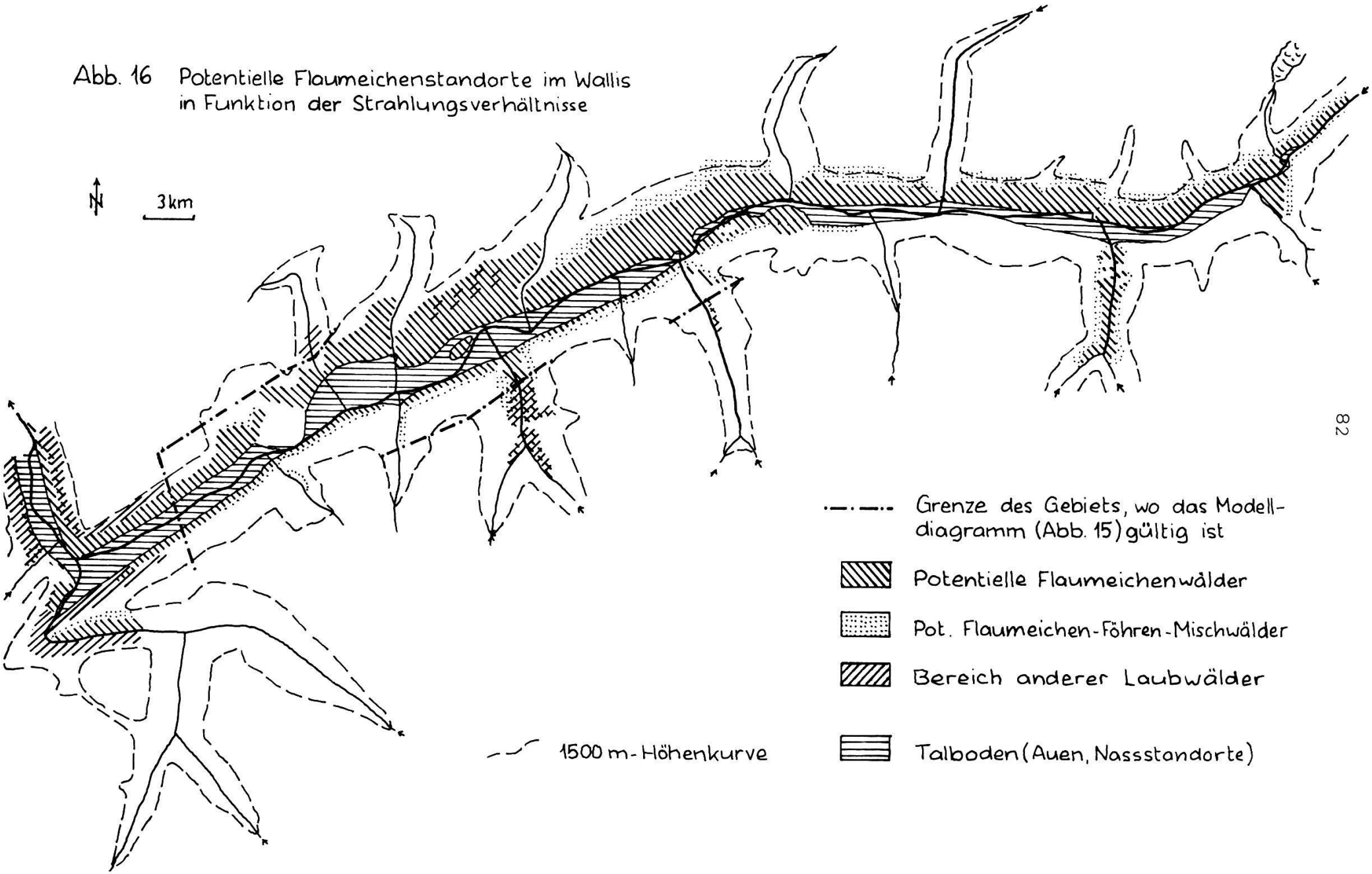
Δ Fichten -/Arven - Lärchen - Standorte

♠ 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 Waldföhren[1] 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 (Viscum album)	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 kg Assimilationsgewebe (TG)[7]	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 Steppengebiete 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 Aehnlichkeit 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-Serien [1] ("série interne du chêne pubescent") gehen im Briançonnais (oberes Durance-Tal) und im Tal der Ubaye[2] 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-

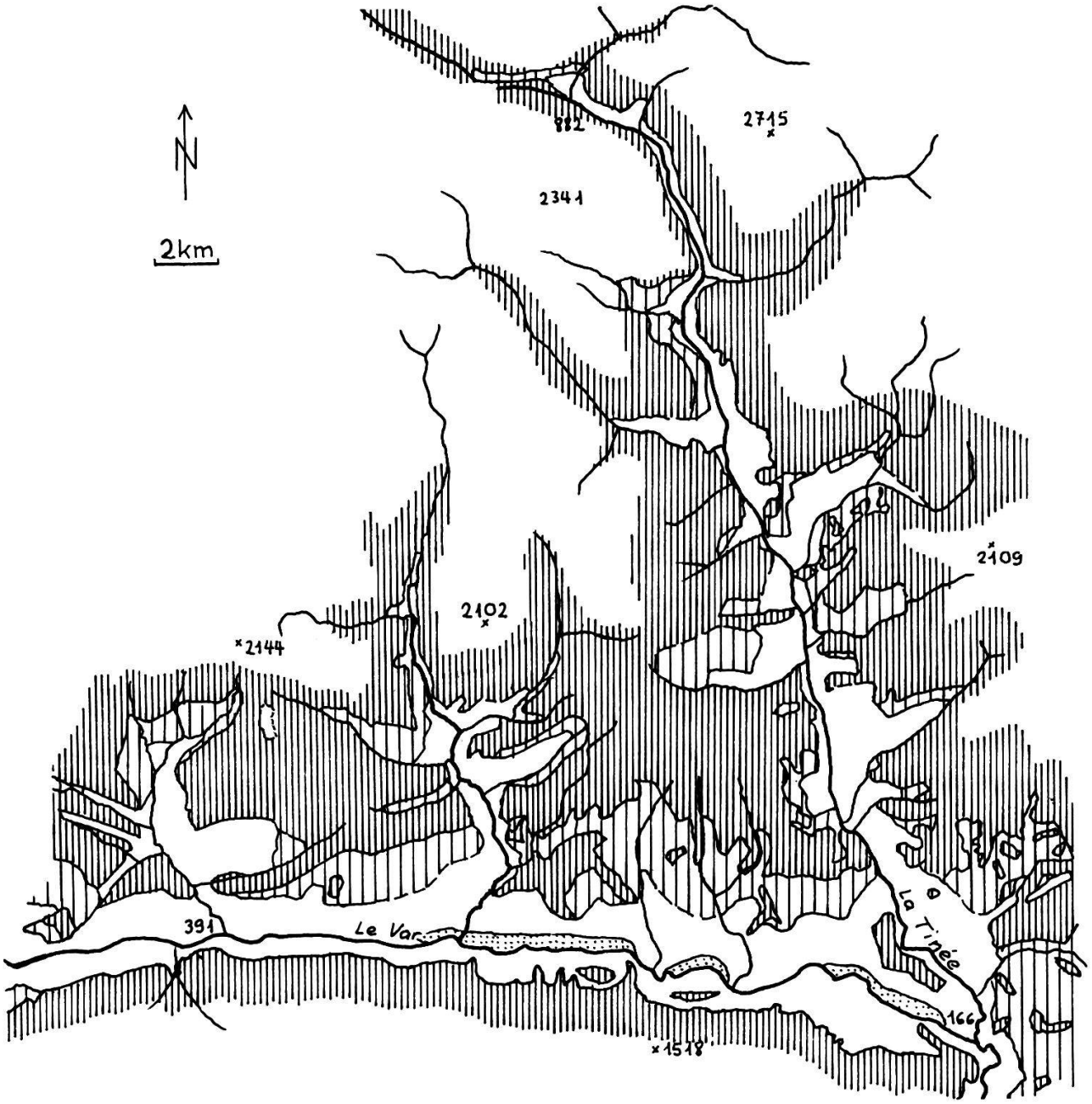


Abb. 17
Verteilung von Quercus pubescens und Pinus silvestris in den französischen Seealpen. Nach OZENDA (1961, 1966).

- Serie[1] mit Pinus silvestris.
- Submediterrane Serie mit Quercus pubescens, Pinus silvestris beigemischt.
- Mediterane Serie mit Quercus pub., Serie mit Ostrya[2] und Serie mit Quercus ilex[3].
- Serien der untern mediterranen Stufe.

Wälder der Südhänge sind bis viel weiter hinauf von der Flaumeiche beherrscht als diejenigen der Nordlagen.

[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 tieferen Lagen.
[3] An extremen Südhängen in den unteren Lagen.

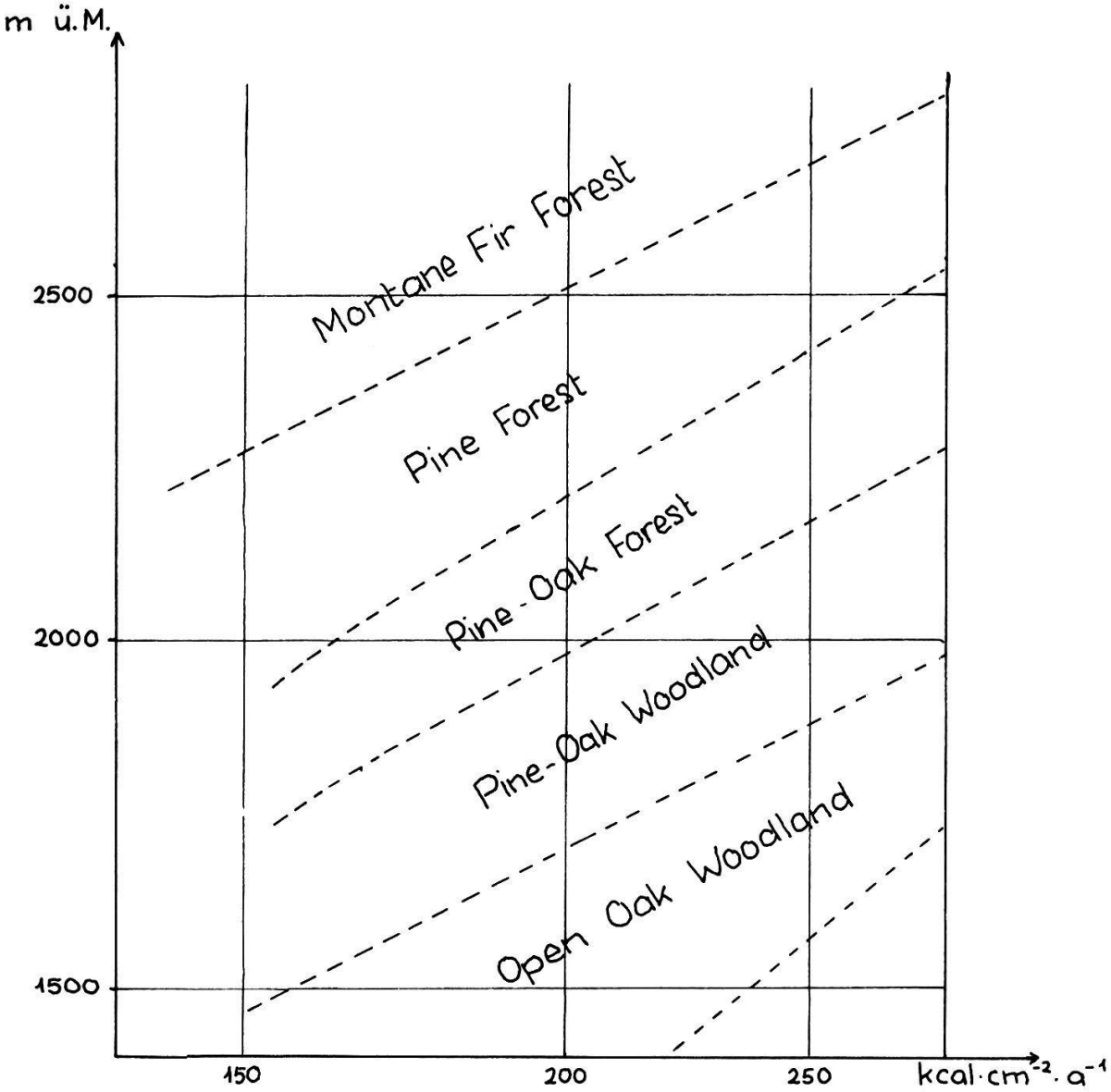


Abb. 18 Waldtypgrenzen in den Sta Catalina Mountains (Arizona) in Abhängigkeit von Einstrahlung und Meereshöhe (auf Silikat). Umgerechnet nach WHITTAKER und NIERING (1968).

regenzeit verteilt sind) fällt die Aehnlichkeit 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, GLAVAĆ 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 Südchiles und dem ariden Klima am Fusse der Ostanden sehr brüsk, 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 Strahlunsverhältnissen 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 grössere Kälteresistenz im Winter gegenüber den Hartlaubbäumen, und ihre "Allzeit bereit"-Strategie bei Verkürzung der warmen Jahreszeit, sowie ihre grössere 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 Waldföhre.