

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von

H. Hahn - W. Kuls - W. Lauer - P. Höllermann - K.A. Boesler

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 63

Michael Richter

**Geoökologische Untersuchungen
in einem Tessiner Hochgebirgstal**

**Dargestellt am Val Vegorness im Hinblick
auf planerische Maßnahmen**

1979

In Kommission bei
Ferdinand Dümmlers Verlag - Bonn

Michael Richter

**Geoökologische Untersuchungen
in einem Tessiner Hochgebirgstal**

Dargestellt am Val Vegorness im Hinblick
auf planerische Maßnahmen

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von

H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. Höllermann K. A. Boesler

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 63

Michael Richter

**Geoökologische Untersuchungen
in einem Tessiner Hochgebirgstal**

Dargestellt am Val Vegorness im Hinblick
auf planerische Maßnahmen



1979

In Kommission bei

FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN

— Dümmlerbuch 7613 —

Geoökologische Untersuchungen in einem Tessiner Hochgebirgstal

**Dargestellt am Val Vegorness im Hinblick
auf planerische Maßnahmen**

von

Michael Richter

**Mit 40 Abbildungen, 16 Tabellen und 7 Fotos im Text, sowie
5 pflanzensoziologischen Listen und 7 mehrfarbigen Karten als Beilagen**

In Kommission bei

FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN

 **Dümmersbuch 7613**

Unter dem Patronat des Dipartimento
dell'ambiente del Canton Ticino

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-427-76131-2

© 1979 Ferd. Dümmers Verlag, 5300 Bonn 1

Herstellung: Richard Schwarzbald, Witterschlick b. Bonn

VORWORT

Die vorliegende Arbeit basiert auf den Ergebnissen von Geländeuntersuchungen im Val Vegorness, die im Rahmen eines Promotions-Stipendiums von Juni 1974 bis März 1976 durchgeführt wurden.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Peter Höllermann, danke ich für die Überlassung des Themas und die Betreuung der Arbeit. Er ermöglichte auch die Bereitstellung zahlreicher Klimageräte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, der ebenfalls herzlich gedankt sei.

Den im Text noch einmal gesondert erwähnten Kollegen in Bonn und im Tessin bin ich für zahlreiche Hinweise verbunden. Den Älplern in Sonogno danke ich für ihre Gastfreundschaft und Hilfe: so stellten mir Bernardo Fratessa, Siro Gianettoni sowie Luciano und Michele Sonognini beispielsweise die Almhütten für die Aufenthalte im Val Vegorness zur Verfügung und halfen mir stets beim Transport der Geräte. Ihnen möge diese Arbeit bei der Durchsetzung erforderlicher Meliorationsmaßnahmen dienlich sein. In diesem Zusammenhang sei auch dem Dipartimento dell' ambiente del Canton Ticino gedankt, das mit einer Druckbeihilfe sein Interesse an den Untersuchungsergebnissen bekundete.

Meine Mutter Anne-Margarete Richter hat in ihrem Heim in Gerra-Gambarogno alles getan, um mir meine Tätigkeit im Tessin so angenehm wie möglich zu machen. Ihr sei diese Arbeit gewidmet.

Den Herausgebern der Bonner Geographischen Abhandlungen danke ich für die Aufnahme dieser Arbeit in ihre Schriftenreihe.

Vaals/NL, im Oktober 1979

M. Richter

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
1.	ALLGEMEINER TEIL	
1.1.	Einleitung.....	
1.2.	Problematik und Ziele der Arbeit.....	2
1.3.	Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes....	5
1.4.	Ortsbezeichnungen im Val Vegorness.....	6
2.	GEOMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN	
2.1.	Geologischer Aufbau und Petrographie.....	8
2.2.	Verwitterung.....	11
2.3.	Vertikalgliederung des Vegornesstaies.....	13
2.4.	Gewässernetz und fluviatile Einwirkungen	
2.4.1.	Reste alter Talsysteme im Val Vegorness.....	15
2.4.2.	Gewässernetzordnung.....	19
2.4.3.	Abflußverhältnisse im Val Vegorness.....	22
2.4.4.	Die postglaziale Flußerosion und -akkumulation...	25
2.5.	Glazialer Formenschatz und Schnee-Einwirkung	
2.5.1.	Die pleistozäne Glazialerosion und -akkumulation.	26
2.5.2.	Die morphologischen Wirkungen des Schnees.....	28
2.6.	Massenverlagerungen	
2.6.1.	Formenschatz rasch verlaufender Massenbewegungen.	31
2.6.1.1.	Massensturz.....	31
2.6.1.2.	Lawinentätigkeit.....	34
2.6.2.	Langsam verlaufende Massenbewegungen.....	38
2.6.2.1.	Begründung für die schwache Verbreitung periglazialer Formen.....	38
2.6.2.2.	Beurteilung der Oberflächenabspülung.....	40
3.	BODENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN	
3.1.	Bestimmungsfaktoren für die Bodentypenabfolge....	43
3.2.	Die vorherrschenden Bodentypen.....	45
3.3.	Die Auswirkungen der organischen Substanz auf die Bodenstruktur, Wasserkapazität und Luftdurchlässigkeit silikatischer Gebirgsböden...	51
3.4.	Saugspannung und Permeabilität des Bodenwassers..	55

3.5.	Trophie, Säuregrad, Humusform und Nährstoffgehalt als Bestimmungsfaktoren der biologischen Aktivität der Böden.....	59
4.	KLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN	
4.1.	Niederschlag.....	65
4.1.1.	Auswertung langfristiger Niederschlagsmessungen im oberen Verzascatal im Vergleich zu ausgewählten Stationen.....	65
4.1.2.	Abweichungen vom normalen Niederschlagsgradienten im Untersuchungsgebiet.	70
4.2.	Temperatur und Luftfeuchte.....	74
4.2.1.	Die Temperaturverhältnisse im oberen Val Verzasca im Vergleich zum gesamten Tessin.	74
4.2.2.	Geländeklimatische Untersuchungen.....	80
4.2.2.1.	Reliefbedingte und vertikale Veränderungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit.....	81
4.2.2.2.	Expositionsbedingte Unterschiede in der Lufttemperatur und -feuchtigkeit.....	90
4.3.	Die Besonderheiten des alpinen Mikro- und Bestandsklimas und ihre Auswirkungen auf die Vegetation.....	93
4.4.	Die Schneebedeckungsverhältnisse.	98
4.4.1.	Beobachtungen und Berechnungen zur Schneemächtigkeit.....	98
4.4.2.	Niveaubedingte Einschnei- und reliefbedingte Ausaperungslinien.....	100
4.5.	Die Strahlungsverhältnisse..	102
4.5.1.	Strahlungsverhältnisse und Insolationskartierung.	102
4.5.2.	Zusammenhänge zwischen Strahlung, Schneebedeckung und Phänologie.....	105
5.	VEGETATIONSKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN	
5.1.	Vorbemerkungen zu den vegetationskundlichen Untersuchungen.....	112
5.2.	Die Vegetationsstufen-Abfolge und die Veränderung der Lebensformenspektren..	113

	Seite
5.3.	Die montane Stufe..... 120
5.3.1.	Beurteilung der Standortansprüche und des Futterwertes von Pflanzen der Wirt- schaftswiesen..... 120
5.3.2.	Die natürlichen Pflanzengesellschaften der Buchenwaldstufe unter besonderer Be- rücksichtigung der Gehölzformationen..... 125
5.4.	Die obere montane und untere subalpine Tannenwaldstufe..... 130
5.4.1.	Die Tannenwälder als potentiell natürliche Vegetation..... 130
5.4.2.	Der Sekundärbewuchs durch Lärchen in der Tannenwaldstufe..... 131
5.4.3.	Standortansprüche und Zusammensetzung der Borstgras-Weiden in der Tannenwaldstufe..... 133
5.4.4.	Beurteilung der Vorholz-Wuchsleistung in Gebüschformationen auf schwach bestossenen Weiden der Tannenwaldstufe..... 136
5.5.	Die obere subalpine Stufe 138
5.5.1.	Die natürlichen Gesellschaften im Waldgrenzbereich 138
5.5.2.	Gründe für die Vegetationsvielfalt im Wald- grenzbereich..... 141
5.5.3.	Die Gehölzartenverjüngung in der subalpinen Stufe. 148
5.5.4.	Der Zwergstrauchgürtel oberhalb der Waldgrenze... 152
5.6.	Die alpinen Krummseggenrasen..... 153
5.7.	Die subnivalen Fels- und Schuttgesellschaften.... 157
6.	AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE FÜR PLANERISCHE MASSNAHMEN
6.1.	Zusammenfassende Beurteilung der ökologi- schen Wirkungsfaktoren im Val Vegorness..... 159
6.2.	Die sozioökonomische Situation im Val Ver- zasca unter besonderer Berücksichtigung Sonognos.. 164
6.2.1.	Bevölkerungsrückgang und heutige Wirt- schaftsstruktur..... 164
6.2.2.	Der Rückgang der Almwirtschaft im Val Verzasca... 167

	Seite	
6.3.	Vorschläge für eine generelle Erschließungsplanung als Grundlage für Almmeliorationen..	171
6.3.1.	Straßenbau bis Corte della Pianca.....	171
6.3.2.	Verbesserungsmöglichkeiten durch die Straßenerschließung.....	175
6.3.3.	Meliorationen auf den oberen Almstaffeln.....	177
6.3.4.	Erneuerung der allgemeinen Weideregulung.....	179
6.4.	Auswertung der Ergebnisse für landschaftspflegerische Maßnahmen.....	182
6.4.1.	Almwirtschaftlicher Aspekt.....	182
6.4.2.	Forstwirtschaftlicher Aspekt.....	184
6.5.	Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf weitere Gebiete.....	190
	ABSTRACT	194
	LITERATURVERZEICHNIS	199

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung		Seite
1	Geologische Übersichtskarte	10
2	Hypsographische Kurve und Flächenverteilung	14
3	Verflachungen alter Terrassensysteme, Profile	16
4	Längsprofil	18
5	Gewässernetzsystem	20
6	Gewässernetz und Talform	21
7	Niederschläge und Abflußhöhen	24
8	Neuschneefälle 3. - 7. 4. 1975	36
9	Granulometrisches Dreiecksdiagramm	44
10	Bodenprofile und -kennwerte	48-49
11	Bodenfeuchtegang Sommer 1974	52
12	Saugspannung Sonogno/Corte della Pianca	56
13	Saugspannung Corte di fondo	57
14	Versickerungsgeschwindigkeit des Bodenwassers	59
15	Niederschlagssummen, -tage, -intensitäten	67
16	Monatliche Niederschlagsverteilung	68
17	Niederschlagsverlauf in Frasco	69
18	Niederschlagsverlauf im Val Vegorress	73
19	Temperaturgradienten Tessin	76
20	Klimadiagramme von Sonogno	77-78
21	Tagesamplituden Temperatur, Luftfeuchte	83
22	Kaltluftseen	85
23	Temperaturinversionen	86
24	Temperaturschichtung bei versch. Wetterlagen	88
25	Isoplethen-Diagramme Temperatur, Luftfeuchte	91
26	Temperaturen verschiedener Pflanzenbestände	96
27	Oberflächen-Temperaturen	97
28	Karte der maximal möglichen Besonnung	104
29	Phänometrische Beobachtungen Heidelbeere	109
30	Aufblühzeiten verschiedener Pflanzentypen	111
31	Pflanzengesellschaften der Höhenstufen	114-115
32	Lebensformenspektren	118
33	Landwirtschaftliche Nutzung Sonogno, 1950	122
34	Landwirtschaftliche Nutzung Sonogno, 1975	123
35	Testfläche Piodoo, Ausaperungsflächen	142
36	Testfläche Piodoo, Pflanzengesellschaften	143
37	Baum- und Waldgrenze	149
38	Standortdreieck	160
39	Viehbesitzer und Viehbestände Verzascatal	168
40	Weidenutzung 1975 und zukünftiger Ausbau	172-173

KARTENBEILAGEN

Karte	
1	Übersicht und Ortsbezeichnung
2	Morphographie
3	Hangneigung
4	Niveauorientierte Einschnieulinien
5	Relieforientierte Ausaperungslinien
6	Aktuelle Baumarten-Verbreitung
7	Potentiell natürliche Vegetation

TABELLEN

Tabelle		Seite
1	Gewässernetzgrößen	20
2	Volumengewichte, Humusgehalte von Böden	44
3	C/N-Werte	61
4	Niederschlagsvariabilität	66
5	Niederschlagssummen bei Gewittern	71
6	Gewitterhäufigkeit	72
7	Temperaturamplituden	79
8	Extremwerte Temperatur, Luftfeuchte	82
9	Vertikale Veränderung der Einstrahlung	105
10	Vegetationsstufen	116
11	Mähwiesen in Sonogno	120
12	Pflanzenzusammensetzung von Wiesenarealen (Beilage)	
13	Zeigerpflanzen-Gruppen montane Stufe	126
14	Pflanzensoziologische Liste Buchenwald	127
15	Grauerlenwald	128
16		129
17	Einwohnerzahlen Verzascatal	165
7 Fotos		12 - 13 und 37 - 38
Beilage:	5 pflanzensoziologische Listen und 7 mehrfarbige Karten	

1. ALLGEMEINER TEIL

1.1. Einleitung

Die geoökologischen Untersuchungen im Val Vegorness finden ihren Anschluß an bereits durchgeführte Arbeiten, die den Rückgang der Almwirtschaft im gesamten Verzascatal behandeln (M. RICHTER, 1975). Als Ausgangspunkt für die erwähnte und die vorliegende Arbeit dient die Tatsache, daß von ehemals ca. 50 Verzascher Almen im Jahre 1975 nur noch fünf bestossen wurden; drei davon befinden sich in Sonogno, der hintersten Talgemeinde im Val Verzasca, nämlich die Alpe Mugaglia und Alpe Redorta im Val Redorta sowie mehrere zusammengelegte Almen im Val Vegorness.

In der oben angeführten Arbeit wurde als eines der wesentlichen Ergebnisse festgestellt, daß von allen Verzascher Almen diejenige im Val Vegorness die größte Überlebenschance besitzt; die übrigen werden bei ausbleibenden hoch-subventionierten Meliorationen im Laufe des nächsten Jahrzehnts aufgegeben. Dagegen spricht ein allgemeines Interesse der Bevölkerung an der Beibehaltung der Almwirtschaft, vor allen Dingen in Sonogno, wo weitere Erwerbsmöglichkeiten fehlen, nachdem diejenigen im neu aufgekommenen touristischen Sektor mittlerweile weitgehend ausgeschöpft sind.

Nach einer Klärung der sozio-ökonomischen Situation ist die Untersuchung des naturräumlichen Potentials der nächste Schritt in Hinblick auf eventuelle planerische Maßnahmen. Anfängliche Schwierigkeiten bei der Frage nach dem methodischen Vorgehen konnten erst nach einer mehrmaligen Einengung des Untersuchungsgebietes überwunden werden. Folgende Kriterien führten zu diesem Schritt:

Bislang liegen nur zwei physisch-geographische Arbeiten grösseren Umfangs über das Verzascatal vor (F. GYGAX, 1934; E. GRÜTTER, 1967). Neben diesen beiden geomorphologisch und hydrologisch ausgerichteten Untersuchungen gibt es kein Material kleinräumiger Betrachtungen, auch nicht aus den Nachbarwissenschaften. Für eine geoökologische Erforschung müßten folglich auf allen Teilgebieten eigene Untersuchungen stattfinden; für diese Aufgabe ist das gesamte Verzascatal jedoch entschieden zu groß, vor allem wenn die Arbeit über eine geoökologische Vorerkundung hinaus gehen soll.

Eine herkömmliche naturräumliche Gliederung grösseren Maßstabs wurde nicht angestrebt, da bei der Heterogenität und Komplexität eines Hochgebirgstales wie bei zahlreichen bisherigen Arbeiten Fragen der hierarchischen Gliederung, der Grenzziehung und Raumaufteilung in den Vordergrund getreten wären, so daß auf die angestrebte direkte Praxisbezogenheit hätte verzichtet werden müssen.

Die angesprochene Heterogenität bezieht sich allgemein auf die Vielgestaltigkeit eines Hochgebirgsraumes. In sich ist das Verzascatal verhältnismässig einheitlich aufgebaut; es handelt sich um ein petrographisch relativ homogenes Gebiet, das bei ähnlichen makroklimatischen Bedingungen auch eine gleichartige Bodenabfolge und Vegetationszonierung aufweist. Diese Tatsache erlaubt eine intensive Untersuchung eines Teilgebietes, das dann als Muster für ähnlich strukturierte Räume dienen kann. Das Val Vegorness konnte nach zahlreichen Voruntersuchungen als repräsentativ angesehen werden und wurde daher neben seiner bereits erwähnten Sonderstellung im Rahmen der Verzascer Almwirtschaft als Beispiel ausgewählt.

Nachteilig für die Durchführung der Untersuchungen wirkten sich die Abgelegenheit und die schlechte Erreichbarkeit des Vegorness-tales aus. Eine Fahrstrasse führt nur bis 1000 m NN, die verschiedenen Almstaffel befinden sich hingegen zwischen 1350 m und 2400 m. Vom Endpunkt der Fahrstrasse aus mußten daher alle Hilfsmittel für die Untersuchungen zu Fuß transportiert werden. Dazu kommt, daß während der Wintermonate die Geländearbeiten wegen der grossen Lawinengefahr nur im untersten Talbereich durchgeführt werden konnten. Andererseits sind praxisbezogene geökologische Untersuchungen in einem durch infrastrukturelle Rückständigkeit mitverursachten Notstandsgebiet eine im Endeffekt reizvollere Aufgabe als in einer entwickelteren Region, über die bereits Planungsergebnisse vorliegen.

1.2. Problematik und Ziele der Arbeit

Bei einem Großteil der vorliegenden landschaftsökologischen Arbeiten kann keine gleichrangige Berücksichtigung der Faktorenbündel

festgestellt werden. Selbstverständlich ist ein Landschaftshaushalt als Ganzes kaum meßbar, da dies auch für ein interdisziplinär arbeitendes Team eine nicht zu bewältigende Aufgabe wäre. Ohne Analysen der bestimmenden Ausgangsgrößen Relief, Boden, Klima und Vegetation ist eine "geoökologische Betrachtungsweise" jedoch fragwürdig. In diesem Zusammenhang scheint es vermessen, wenn Untersuchungen einfacher Wechselbeziehungen zwischen zwei Haushaltsfaktoren bereits als "Ökologie" angeboten werden. Sinnverfehlungen dieser Art führen zu einer Überstrapazierung des Begriffs, was langfristig nicht zu einer offenbar erwünschten Aufwertung der physischen Geographie führen kann.

Dies betrifft auch die ständige Betonung der Ausrichtung an "relevanten Fragestellungen", die nach U. EISEL (1977, S. 85) eine "bessere Überlebensstrategie ist als gruppeninterne Selbstbestätigung". Daß aus "Relevanz...", spezifiziert im derartigen Kontext, zu Recht eine ... ökologische Perspektive abgeleitet werden kann" muß allerdings schon deswegen angezweifelt werden, weil "Relevanz" zwar oft postuliert, für Praktiker jedoch kaum in letzter Konsequenz sichtbar gemacht wird. Über die Materialsammlung und -auswertung hinaus werden allzu häufig die Anwendungsmöglichkeiten vernachlässigt, so daß die angekündigte praxisorientierte Geoökologie dennoch theoretische Grundlagenforschung bleibt.

Diese Tatsache führte dazu, daß ökologische Grundlagen von der Planung weitgehend aus vorliegenden Kartenwerken interpretiert werden (s. C. KRAUSE und G. OLSCHOWY, 1977), so daß der Wunsch nach geoökologischen Detailarbeiten mangels brauchbaren Demonstrationmaterials offenbar garnicht erst aufkam oder aufgegeben werden mußte.

Zur Behebung des soeben beschriebenen Dilemmas bisheriger geoökologischer Betrachtungsweisen schlägt G. HARD (1973 a, S. 93) eine "Ökologie der Nutzung und des Nutzungswechsels, der Rekultivierung und Verödung, der Nutzbarkeit, Belastung, Belastbarkeit und Regenerationsfähigkeit von Landschaftsteilen vor", wobei er die Variablenklasse "menschliche Eingriffe" in den Vordergrund rückt. Daß dabei eine Beschränkung auf den traditionellen geographischen "mittleren Maßstab der Betrachtung" beibehalten werden sollte (G. HARD, 1973 b, S. 29), ist nicht ganz einsichtig. Thematisch zentrierte ökologische Arbeiten, die die anthropogene Beeinflussung in Ökosystemen untersuchten, wurden bislang überwiegend in nicht-geographischen Disziplinen durchgeführt, d. h. in der Agrar- und Forstökologie,

Biologie oder Bodenkunde. Es handelt sich dabei also um Fachbereiche, die kaum in chorologischen Dimensionen arbeiten, zumal funktionale Verknüpfungen haushaltlicher Prozesse ohnehin nicht in ihrer räumlichen Ausdehnung festgelegt werden können. U. EISEL (1977, S. 97) ist der Ansicht, daß sich die "... Wirksamkeit räumlicher Dimensionen eines Haushaltsystems ..." bei der Lösung ökologischer Fragestellungen von selbst ergeben kann.

Die vorliegende Arbeit soll in erster Linie eine Bewertung des natürlichen Potentials ermöglichen (s. o.). Im Vordergrund stehen dabei dynamische Aspekte, da für die Gesamtbeurteilung eines Hochgebirgstales in Hinblick auf land- und forstwirtschaftliche Planungsmaßnahmen Aussagen z. B. über die Belastbarkeit oder Regenerationsfähigkeit von Ökosystemen dringlicher sind als die Herleitung von Abgrenzungskriterien und Verteilungsmustern. Die Arbeitsweise ist also induktiv, da Untersuchungsergebnisse einfacher Teilprozesse als Basis der Erklärung komplizierter Wirkungsgefüge mehrerer Ökofaktoren dienen. Erst mit dem Erkennen der dynamischen Zusammenhänge lassen sich dann auch räumliche Abgrenzungen vornehmen. Da jedoch ein stark reliefiertes Hochgebirgstal wie das Val Vegorress eine unübersehbare Vielfalt an kleinsträumigen Ökosystemen beinhaltet, müssen sowohl die einzelnen Systemzusammenhänge als auch die Beziehungen zwischen den verschiedenen Wirkungsgefügen auf eine niedrigere Stufe der Komplexität zurückgeführt werden (D. STODDART, 1970, S. 118). Abgrenzungen und Konfigurationen von Ökotypen lassen sich nur noch in Maßstäben 1:1000 und grösser darstellen, so daß ihre räumliche Anordnung nur ausschnittsweise an Beispielen vorgestellt werden kann. Die Beurteilung des Untersuchungsgebietes z. B. in Hinblick auf almwirtschaftliche Aspekte (Viehumtrieb, Weideverbesserung, Maximalbestossung) muß sich hingegen auf grössere Dimensionen beschränken, da die einzelnen Nutzungsflächen in sich uneinheitlich sind.

Insofern ist also eine Darstellung von haushaltlichen Prozessen in Ökosystemen nicht immer sinnvoll, da sich im vorliegenden Fall Fragen nach einer zweckmässigen Bewirtschaftung oder Landschaftspflege auf Systemkomplexe beziehen. Aus diesem Grunde werden die einzelnen Ökofaktoren sowohl bezüglich ihrer Abhängigkeit von übrigen Faktoren als auch hinsichtlich ihrer räumlichen Verteilung gesondert behandelt.

Die Untersuchungsmethoden hierfür stammen in den seltensten Fällen aus der physischen Geographie, vielmehr sind sie den Arbeitsweisen benachbarter Wissenschaften entnommen, vor allem der Botanik und Bodenkunde. Dennoch kann die Arbeit durch die gleichrangige Verflechtung verschiedenster Einzeldisziplinen einer geökologischen Betrachtungsweise zugeordnet werden.

Die sukzessive Beschreibung der einzelnen Faktoren führt also erst allmählich zur Klärung von Wirkungszusammenhängen in Partialkomplexen. Eine weitere Zusammenfassung dieser Partialkomplexe für eine ökologische Bewertung grösserer Teilgebiete läuft mit einer zunehmenden Generalisierung der haushaltlichen Prozessabläufe und der räumlichen Verbreitung parallel, so daß eine abschliessende Gesamtbeurteilung des natürlichen Potentials im Val Vegorness - trotz quantitativer Einzeluntersuchungen mit exakten Meßergebnissen - relativ allgemein wirken muß.

Es bietet sich also eine Zusammenfassung mit einer groben Orientierung über die ökologischen Systemzusammenhänge zur Klärung regionaler und überregionaler Planungsmaßnahmen an, während der Kern der Arbeit mit der Darstellung einzelner Faktoren und Faktorenkomplexe für spezielle Planungsfragen herangezogen werden kann.

1.3. Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Val Vegorness bildet, im äussersten Norden des Haupttales gelegen, den Talschluß des Val Verzasca. Es wird von folgenden Tälern umgeben:

- im W: Val di Prato (Maggia)
- im NE und N: Val Chironico (Leventina)
- im SE: Val d'Efra (Verzasca)
- im S: Val Redorta und Verzasca-Haupttal

Vom Talschluß aus gesehen erstreckt sich das Val Vegorness über ca. 5 km in W-E-Richtung bis zum Talknick bei Cabioi (Karte 1, Beilage). Auf den folgenden 4 km setzt es sich in meridionaler Richtung mit einer geringen Abweichung nach W fort, zeigt also in diesem Bereich annähernd N-S-Richtung. Bei Sonogno trifft der Vegornessbach in 910 m NN mit dem Hauptbach des benachbarten Val Redorta zusammen und trägt von dieser Stelle an den Namen Verzasca. Der Kulminationspunkt erreicht im Pizzo Barone eine Höhe von 2864 m, so daß das Untersuchungsgebiet eine Vertikalerstreckung von rund

1950 m aufweist. Auf die Gesamtfläche des Val Vegorness von 25,7 km² bezogen verdeutlicht diese Höhendifferenz in knapp sieben Kilometer Horizontalabstand die aussergewöhnliche Steilheit des Tales (weiteres Beispiel: Sonogno - Corona di Redorta = 1890 m Vertikalabstand auf 5 km Horizontalabstand). So ergeben sich an mehreren Stellen relative Höhendifferenzen von rund 1000 m auf einem Kilometer Horizontalabstand (z. B. an der Pizzo di Piancoi- und der Pizzo della Bedeia-S-Flanke, am SW-Abfall der Cima Bianca und am N-Abhang der Cima di Cagno). Einen Eindruck über die Steilheit der Hänge vermitteln die maßstabsgetreuen Querprofile in Abb. 3 sowie die Hangneigungskarte (Karte 2, Beilage).

Die Abgrenzung zu den benachbarten Tälern wird durch die unten festgelegte Kammlinie der Wasserscheiden vorgegeben:

Sonogno in der Talmündung bei 910 m - Terrassensporn von Barm (1663 m) - Cima di Cagno (2545 m) - Corona di Redorta (2804 m) - Madas (2739 m) - Pizzo Barone (2864 m) - Pizzo di Piancoi (2769 m) - Pizzo della Bedeia (2666 m) - Passo Piatt (2108 m) - Cima Bianca (2612 m) - Pizzo di Mezzodi (2707 m) - Madom Gröss (2741 m) - Terrassensporn von Pampined (1864 m).

Der W-Punkt liegt nw des Madas (699,3/138,2), der N am Pizzo Barone (700,2/140,2), der E zwischen Pizzo di Mezzodi und Madom Gröss (702,2/136,3) und der S an dem Zusammenfluß mit der Redorta (704,1/133,7).

Mit Sonogno gibt es im Untersuchungsgebiet nur eine Dauersiedlung. Die übrigen Gebäudegruppen im Talgrund und an den Hängen gehören zur Maiensäß- oder Alpen-Region.

1.4. Ortsbezeichnungen im Val Vegorness

Für die Lagebestimmung der in der Arbeit angesprochenen Standorte sind in Karte 1 die Gebiets-, Siedlungs- und Gipfelbezeichnungen zusammengefaßt. Die jeweiligen Ortsnamen richten sich dabei nach dem einheimischen Sprachgebrauch, also nicht nach der Nomenklatur der vorliegenden topographischen Landesaufnahmen. Dieser Schritt ist in Zusammenhang mit der teilweise fragwürdigen Namengebung besonders in der TK 1:50000 zu sehen. Hier findet man beispielsweise eine "Alpe Piodaio", womit weder im Italienischen noch im Tessiner Dialekt ein konkreter Sachverhalt oder eine örtliche Gegebenheit an-

gesprochen wird. Bei den Einheimischen heißt diese Alp dagegen "Piodoo", was soviel wie "glattgeschliffener Fels" bedeutet und sich auf die in diesem Gebiet zahlreich auftretenden Rundhöcker bezieht (die Bezeichnung "Pioda" tritt im Val Vegorness an verschiedenen Stellen mit blanken Felspartien auf, s. Karte 1).

In der erst Ende 1976 erschienen TK 1:25000, Blatt P. Campo Tencia, Nr. 1272, wird dem lokalen Sprachgebrauch besser entsprochen. Hier findet man nun z.B. an Stelle von "Madone Grosso" die Bezeichnung "Madom Gröss" für den Berggipfel im E des Tales. Bei einigen Stellen muß aber auch in dieser Karte die Richtigkeit der Namengebung bestritten werden. Dies gilt z.B. für den "Lago Porcheir": er wird im Blatt P. Campo Tencia "Lago dei Porcheirsc" genannt, wobei sich auch die Bewohner der Gemeinde Sonogno über die korrekte Aussprache der Endsilbe "-rsc" im unklaren sind.

Die Namengebung gerade von kleineren Teilgebieten im stärker frequentierten Talgrund-Bereich stellt häufig einen unmittelbaren Bezug zu örtlichen Gegebenheiten her: so leitet sich "Sprügh" von "Spruga" (Höhle) ab, wobei hier Mauerreste unter einem weit überhängenden Felsen eine seit langem aufgegebene Alp anzeigen. "Ciüppa" bedeutet im Dialekt soviel wie "chiuso" (geschlossen) und bezieht sich auf ein Weidegatter am Hauptweg. "Pipa" (Pfeife) bezeichnet die Stelle eines Stützpfeilers des Lastenaufzuges zwischen Corte di Fondo und Piodoo, wobei die pfeifenartig gebogene Eisenhalterung des Zugseiles namengebend ist.

2. GEOMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

2.1. Geologischer Aufbau und Petrographie

Das Verzascatal liegt in der zur Region der penninischen Decken gehörenden Lepontischen Kulmination, der höchsten tektonischen Aufwölbung in den Alpen. Bei einer Unterteilung in drei Teilkomplexe lassen sich die im W gelegene Tosa- und die im E befindliche Tessin-Kulmination ausscheiden, die durch die N-S gerichtete Maggia-Querdepression getrennt werden. Die Faltenachsen in der ausführlicher zu behandelnden Tessiner Aufwölbung schwenken von NW-SE-Richtung im südlichen Bereich in N-S-Richtung im nördlichen Abschnitt um (vgl. Strukturkarte der Tessiner Alpen von E. WENK, 1955).

Der tiefe Taleinschnitt des Verzascatales erlaubt einen weiten Einblick in den Deckenbau, wobei fünf der insgesamt sechs penninischen Decken aufgeschlossen sind (vgl. dazu M. GWINNER, Abb. 207 und S.305). Im obersten Abschnitt des Val Verzasca, also auch im Vegornesstal, werden die Bergmassive allerdings nur von der III.Decke gebildet, der Simano-Decke. Mit den tiefpenninischen Decken ist in der Lepontischen Region der kristalline Kern des Penninikums freigelegt, der im Gebiet des Val Vegornes fast ausschließlich aus Gneisen besteht.

Die in Abb. 1 vorliegende geologische Übersichtskarte ist dem bislang unveröffentlichten Blatt Campo-Tencia 1:25000 aus dem Geologischen Atlas der Schweiz entnommen. Die in der Karte wiedergegebenen Einheiten werden in der folgenden Übersicht zusammengefaßt:¹

Paragneise

feinkörnige, oft feinlagige Biotit-Plagioklasgneise und Zweiglimmer-Plagioklasgneise, z.T. mit \pm Granat, Disthen und Staurolith, meist gebändert, stellenweise übergehend in Glimmerschiefer.

Augengneise

Zweiglimmer-Alkalifeldspat-Augengneise, vorwiegend grobfaserig, oft biotitreich, mit polymikten Augen, Übergänge in gleichkörnige, hellere Varietäten.

¹Für die Hinweise über die petrographische Zusammensetzung der vorherrschenden Gesteine sowie für die Überlassung der Kartenskizze danke ich Herrn Prof. Dr. E. Wenk, Mineralogisches und Petrographisches Institut der Universität Basel.

Verzasca-Gneise

helle Zweiglimmer-Oligoklasgneise, mittelkörnig, plattig, mit glimmerreichen Lagen

Amphibolite

vorwiegend Biotit-Plagioklasamphibolit, übergehend in Hornblende-schiefer und Hornblende-Plagioklasgneise mit Bändern von Glimmer-schiefer und Biotit-Plagioklasgneis; basisch und ultrabasisch.

- (- quartäre Ablagerungen, aus den zuvor genannten Gesteinen bestehend; detaillierte Formenunterscheidung in der geomorphologischen Karte, Karte 2, Beilage).

Während im Verzascatal flachachsige Faltungen bei weitem dominieren - von der Wurzelzone im Süden abgesehen -, tritt im Val Vegorness an wenigen Stellen Achsenfallen bis 45° auf. Insgesamt kann jedoch auch für das Untersuchungsgebiet eine lediglich schwach geneigte Lagerung der Gneisserien festgestellt werden. Dieser allmähliche Anstieg der Decken verursacht möglicherweise die parallellaufende Höhenzunahme der Gipfelflur von S nach N über den Kulminationspunkt hinaus bis zum P. Campo-Tencia. Allgemein spiegelt sich die N-S-Richtung der Deckenstruktur in den Groß- und Kleinfalten, in der Gitterregelung und in der Orientierung der Mineralkörner in den Gneisen wieder (E. WENK, 1943). Schief und quer dazu streichende Faltenachsen entsprechen den ebenfalls verstärkt auftretenden E-W-Richtungen. Die Lineation der Schieferungsflächen ist generell für die Tessinergneise typisch und dokumentiert sich in der parallelen Anordnung der "polymikten Augen, Linsen und Gerölle" und vor allem in "streifenartigen Parallelzügen von Körnern derselben Mineralart (Glimmer, Hornblende, Feldspat, Quarz)", die der gleichen Richtung folgen (E. WENK, 1955). Die genannten Struktur- und Faltenachsen-Richtungen sind für die bei E. GRÖTTER (1967, vgl. dort Kluftdiagramm auf S. 42) genauer behandelte Anlage tektonischer Bruch- und Kluftlinien von entscheidender Bedeutung. Die Auswirkungen der Schieferungen und Fältelungen im Gestein auf die Verwitterungs- und Bodenbildungsprozesse werden in Kap. 2.2. angesprochen.

Abgesehen von pärtiassischen Polymetamorphosen war in dem Lepontischen Gneiskomplex von den drei erwiesenen alpinen Metamorphosen die oligozän-miozäne für die Gneissifizierung entscheidend (M. FREY

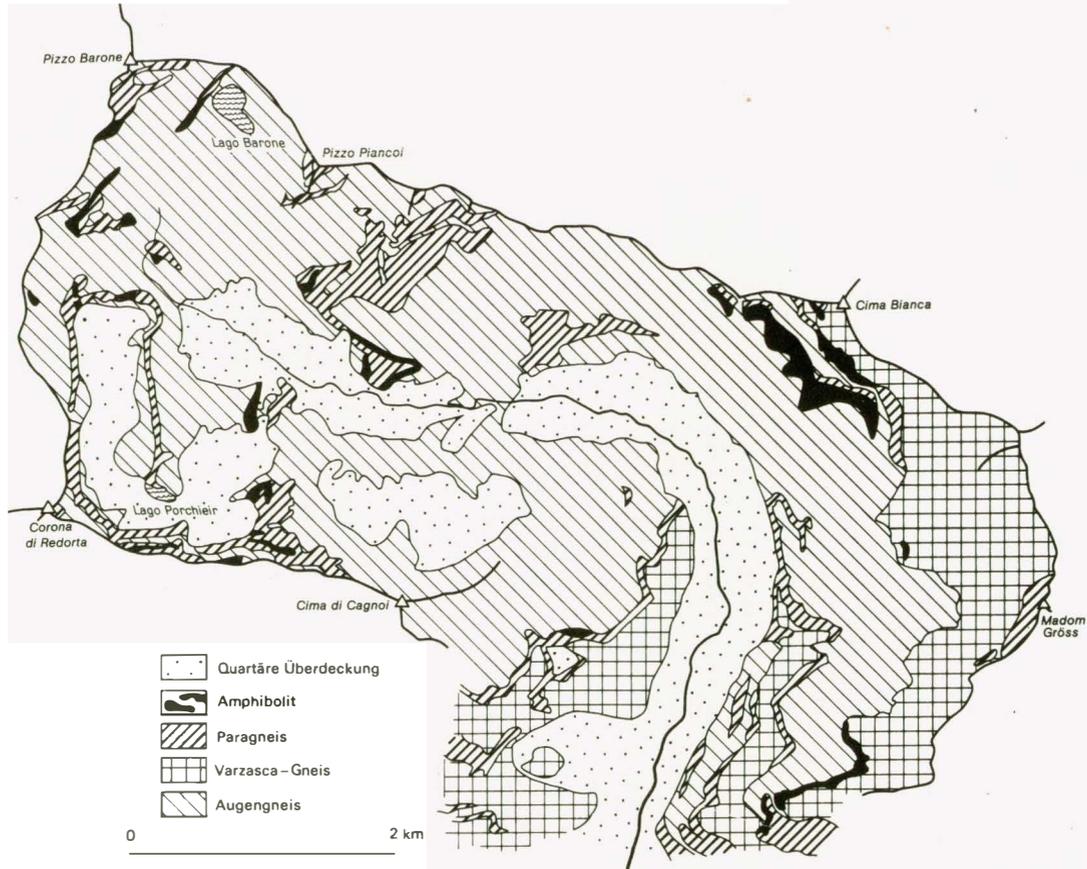


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes

et al., 1974). Im Vergleich zu den präpermisch entstandenen Gneisen der Ostalpen sind die Tessinergneise also recht jung (E. WENK, 1975). Dies geht aus vergleichenden Altersbestimmungen an Gesteinsglimmern aus fünf verschiedenen Herkunftsgebieten in den Schweizer Alpen hervor (E. JÄGER et. al., 1961), wonach für den Biotit des Cocco-Gneises im benachbarten Maggiatal ein Alter von nur 16 ± 1 Millionen Jahren angegeben werden kann. Das Vorkommen von Amphiboliten weist auch auf granitische Gesteinsschmelzen in der tieferen Erdkruste während der Metamorphose hin, wobei die Frage nach einer magmatischen oder anatektischen Entstehung noch nicht geklärt ist.

Speziell für das Untersuchungsgebiet darf eine relativ späte "Reaktivierung" der Gesteine angenommen werden, da nach M. FREY et al. (1974, S. 272) eine Abnahme des Alters sowohl von der Bergell-Region im E zur Simplon-Region im W als auch von S (insubrische Wurzelzone) nach N (Simplon-Region) festzustellen ist. Die verzögerte Metamorphose hängt dabei offensichtlich mit den in der Zeit und Intensität verschiedenen Hebungsvorgängen zusammen. Vertikale Krustenbewegungen sind auch heute noch in der weiteren Umgebung des Val Vegorness relativ stark, wie eine Karte von E. GUBLER (1976, S. 677) zeigt. Danach ist für die letzten 50 Jahre eine durchschnittliche Höhenzunahme von fast 1,5 mm/Jahr berechnet worden (nächstliegende Messung: Bronzebolzen-Fixpunkt in Biasca). Dieser Wert wird nur noch im mittleren Wallis und im nördlichen Graubünden überschritten (= 1,8 mm/Jahr).

2.2. Verwitterung

Da die Prozesse der Gesteinsaufbereitung in alpinen Hochgebirgen hinreichend bekannt sind, sei an dieser Stelle nur kurz auf die Verbreitung der vorherrschenden Verwitterungsformen eingegangen.

Auf Grund der Tatsache, daß sich die mechanische Verwitterung weitgehend auf oberflächlich anstehendes, d.h. von Böden und höherer Vegetation unbedecktes Gestein beschränkt, ist ihre größte Wirksamkeit in den oberalpinen und subnivalen Schutt- und Felspartien zu erwarten. Da andererseits gerade diese Region die längste Schneebedeckung aufweist, steht für die Gesteinsaufbereitung durch Frostsprengung nur ein relativ kurzer Zeitraum zur Verfügung. Nach St. HASTENRATH (1960, S. 80 ff.) nimmt die jahreszeitliche Verteilung von schneefreien Frostwechseltagen oberhalb von 2000 m vom Herbst über Sommer und

Frühjahr bis zum Winter ab. Geht man also von diesen Voraussetzungen aus, so dürfte für das Untersuchungsgebiet keine starke Spaltenfrost-einwirkung zu erwarten sein, da in der oberalpin-subnivalen Stufe die in den Herbst fallende maximale Häufigkeit schneefreier Frost-wechsellage mit dem Zeitpunkt geringster Schmelzwasserzufuhr zusammenfällt. Es spricht jedoch dagegen, daß gerade in den weiträumigen Schuttflächen oberhalb 2300 m an S-Hängen und 2150 m an N-Hängen frische Bruchflächen mit scharfen Kanten bei nur geringem Flechtenbewuchs typisch sind, Anzeichen für eine kräftige Frostverwitterung also vorhanden sind. Günstig für die Frostsprengung wirken sich zum einen die hohen Niederschläge im Val Vegorness aus. Zum anderen dürften die Gesteinsgefüge eine entscheidende Rolle spielen, da die Gneise des Untersuchungsgebietes durch plattige Strukturen mit dichter Schieferung oder intensiver Klüftung charakterisiert werden (vgl. Foto 1).

Häufige Vorkommen an Augengneisen mit abgerundeten Bruchkanten weisen im Übergangsbereich zur oberalpin-subnivalen Höhenstufe mit verstärkter mechanischer Verwitterung auch auf chemische Verwitterungsprozesse hin. In diesen Fällen sind die stark zerspalteten Blöcke stets in einer flach- bis mittelgründigen Bodenaufgabe eingebettet, wobei es zwischen steil gestellten Gesteinsflächen zu Detritusablagerungen mit Pflanzenbedeckung kommen kann (vgl. Foto 2).

Obwohl zumindest in der montanen Stufe die täglichen Temperaturmaxima während des Sommers des öfteren über 25° liegen (vgl. Abb. 21) und allgemein die Niederschläge und die Luftfeuchtigkeit recht hoch sind, läßt der starke Anteil scharfkantigen Skeletts in den untersuchten Böden den Eindruck einer insgesamt nur relativ schwach ausgeprägten chemischen Verwitterung entstehen. Inwiefern dies tatsächlich der Fall ist, läßt sich ohne weiterführende Untersuchungen schlecht aufklären, denn die geringe Zurundung der Steine im Boden könnte nach P. BLASER (1973, S. 317 f.) auch auf die Schieferung und den hohen Biotitanteil des Gesteins zurückzuführen sein. Zumindest steht fest, daß die Gneise primär durch Oxidation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} aufgeblättert werden und schließlich zu einem skelettreichen, sandig-schluffigen Grus zerfallen (vgl. Korngrößenanalysen in Kap. 3.1.). Der Einfluß der Oxidationsverwitterung wird durch die intensive Braun- bis Rot-Braunfärbung unterstrichen. Da die Gesteine sehr basenarm sind, dürfte zudem nach einleitender Hydratation mit rand-



Foto 1: Durch Frostsprengung zerstückelter Paragneisblock am Lago Barone, 2395 m NN. Geologenhammer im Vordergrund als Größenvergleich. Okt. 77

Foto 2: Durch Frostsprengung zerstückelter Paragneisblock, der an seinen Rändern Spuren einer chemischen Verwitterung aufweist (Abrundungen), 2380 m NN. Aug. 73.

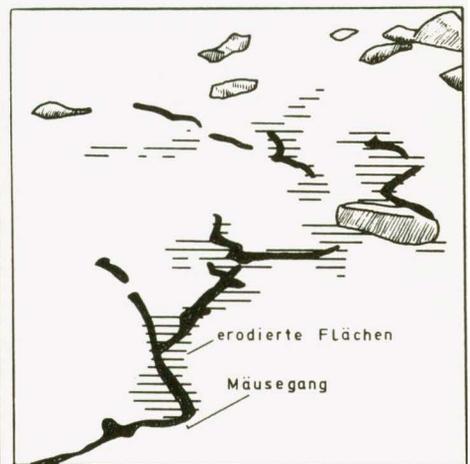


Foto 3: Bodenabspülungen an Mäusegängen in einer Borstgrasweide von Cortè della Pianca. Größenmaßstab: Gneisplatte mitte rechts = ca. 50 cm lang. Mai 75.

licher Auflockerung des betreffenden Kristallgitters die saure Hydrolyse an der chemischen Verwitterung maßgeblich beteiligt sein. Dabei spielt die Komplexbildung mit den verstärkt anfallenden organischen Säuren zusätzlich eine große Rolle. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß in der Frostschuttregion biologische Verwitterungsprozesse durch Flechtensäure-Einwirkung weniger rasch ablaufen als in den tiefer gelegenen Stufen mit zunehmender Beteiligung höherer Pflanzen.

2.3. Vertikalgliederung des Vegornesstales

Bei einer vertikalen Gliederung sind die meisten Gebirgstäler im Sopraceneri in drei grosse morphologische Bereiche einzuteilen (vgl. E. GROTTNER, 1967, S.20 ff.). Diese grobe Untergliederung läßt sich auch für das Val Vegorness zeigen; die hypsographische Kurve des Tales veranschaulicht die Einteilung in die drei charakteristischen Talbereiche (vgl. Abb. 2).

- 1) Gipfel- und Gratregion: 2300 - 2864 m (= 17,3 %). Die Felsregion nimmt zwar den kleinsten Flächenanteil ein, sie bestimmt jedoch im mittleren und oberen Tessin den Hochgebirgscharakter des Gebietes. Im südlichen Sopraceneri, also auch im südlichen Verzascatal, und vor allem im Sottoceneri sind dagegen steile Felsgratpartien recht selten.
- 2) Zone der grossen Verflachungen: 1900 - 2300 m (= 32,7 %). Der hohe flächenmässige Anteil dieser Region ist den ausgedehnten Talbodenresten des Pettanetto- und Bedrettosystems zuzuschreiben.
- 3) Der Taltrog: 920 - 1900 m (= 50 %). Die steileren Talhänge des Vegornesstales spiegeln sich in der unteren Hälfte der hypsographischen Kurve wieder. Dieser Bereich muß nochmals in zwei Teile untergliedert werden:
 - a) Von 1400 - 1900 m (= 32,5 %) ist der Taltrog auf Grund der schmalen Hangleisten eines untersten Talbodenniveaus weniger steil; auch der zusammenhängende Talbodenrest dieses Systems (Sobriorniveau) im Talhintergrund, d.h. der Talboden oberhalb Sprügh mit dem Gebiet von Corte di fondo und Corte della Pianca, fällt in diesen Höhenbereich.
 - b) Zwischen 920 m und 1400 m (= 17,5 %) befindet sich schließlich der untere, steile Teil des Taltroges, dessen Entstehung vor allem auf die starke Obertiefung durch die eiszeitlichen Talgletscher zurückzuführen ist.

Der Verlauf der hypsographischen Kurve stimmt, wie E. GRÜTTER (1967, S. 19) es in zahlreichen Diagrammen verdeutlicht hat, für alle Seitentäler des Verzascatal im großen und ganzen überein. Unterschiede ergeben sich hingegen in der Höhenverteilung des Flächenzuwachses, da mit den von NNW nach SSE abfallenden Gratregionen im Verzascatal die Vertikalgliederung der südlicheren Seitentäler in der Höhe abnimmt.

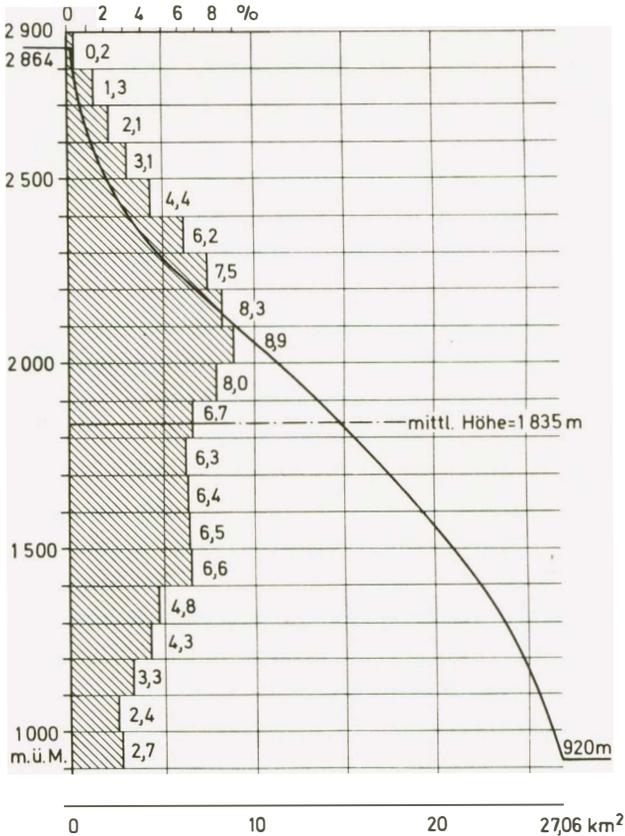


Abb. 2: Hypsographische Kurve und Flächenverteilung pro 100 m Höhenabstand (in %) im Val Vegorness.

2.4. Gewässernetz und fluviatile Einwirkungen

2.4.1. Reste alter Talsysteme im Val Vegorness

Die folgenden Ausführungen über die drei Hauptverflachungssysteme im Val Vegorness basieren auf einer stattlichen Anzahl morphologischer Untersuchungen im schweizerischen Alpengebiet. Die Terrassensysteme im Tessin wurden erstmals von H. LAUTENSACH (1912) beschrieben und in einer systematischen Abfolge zusammengestellt. Er unterschied das zuoberst gelegene Pettanetto-System, das darunter liegende Bedretto-System und das bereits im Günztrog befindliche Sobrioso-System. 1934 wurden von F. GYGAX die Terrassensysteme des gesamten Verzascales beschrieben, während H. ANNAHEIM nach ersten Untersuchungen der Landschaftsformen im Luganerseengebiet (1936) in einer weiteren Arbeit (1946) die drei Hauptsysteme (Arbostora-, Barro- und Pura-System) der insgesamt 16 Luganeser Terrassensysteme den drei Systemen des Sopraceneri gegenüberstellte. In zahlreichen regional-morphologischen Arbeiten der letzten beiden Jahrzehnte wurden durch Schüler von F. GYGAX die drei Hauptverflachungssysteme nach H. LAUTENSACH (1912) für die jeweiligen Sopraceneri-Täler genauer lokalisiert, so von R. WITSCHI (1956), A. CANALE (1957), M. REIST (1960), G. HIRSBRUNNER (1960), V. BINGGELI (1961), G. ZELLER (1964), W. GEISS-BÜHLER (1967) und H.W. MUELLER (1972). Für das Verzascatal kam es neben der grundlegenden Arbeit von F. GYGAX (1934) zu einer weiteren zusammenfassenden Bearbeitung der Verflachungen (E. GRÜTTER, 1967). Da über die Terrassensysteme also ausführliches Beobachtungsmaterial vorliegt, wird ihre Genese und lokale Lage im Val Vegorness nur kurz angeschnitten.

Die Terrassensysteme sind als Restbestände älterer Talböden anzusehen, die nach Phasen stärkerer Heraushebung während Stadien relativer Ruhe entstanden. Auch wenn die Deckenlagerung im Val Vegorness an den meisten Stellen horizontal gerichtet ist, darf nach W. STAUB (1957) eine Entstehung von strukturabhängigen Terrassen durch Verwitterung ausgeschlossen werden, da analoge Verflachungssysteme in anderen Alpengebieten schräg oder senkrecht stehende Gesteinsfolgen kappen. Das Alter der Pettanetto-Verflachungen ist nicht genau gesichert; die Ausbildung der sogenannten Hochfluren fallen nach Ansicht der verschiedenen Autoren entweder ins Miozän oder ins frühe Pliozän, wobei es sich im ersten Fall mit dem Simmenfluhniveau nach P.BECK

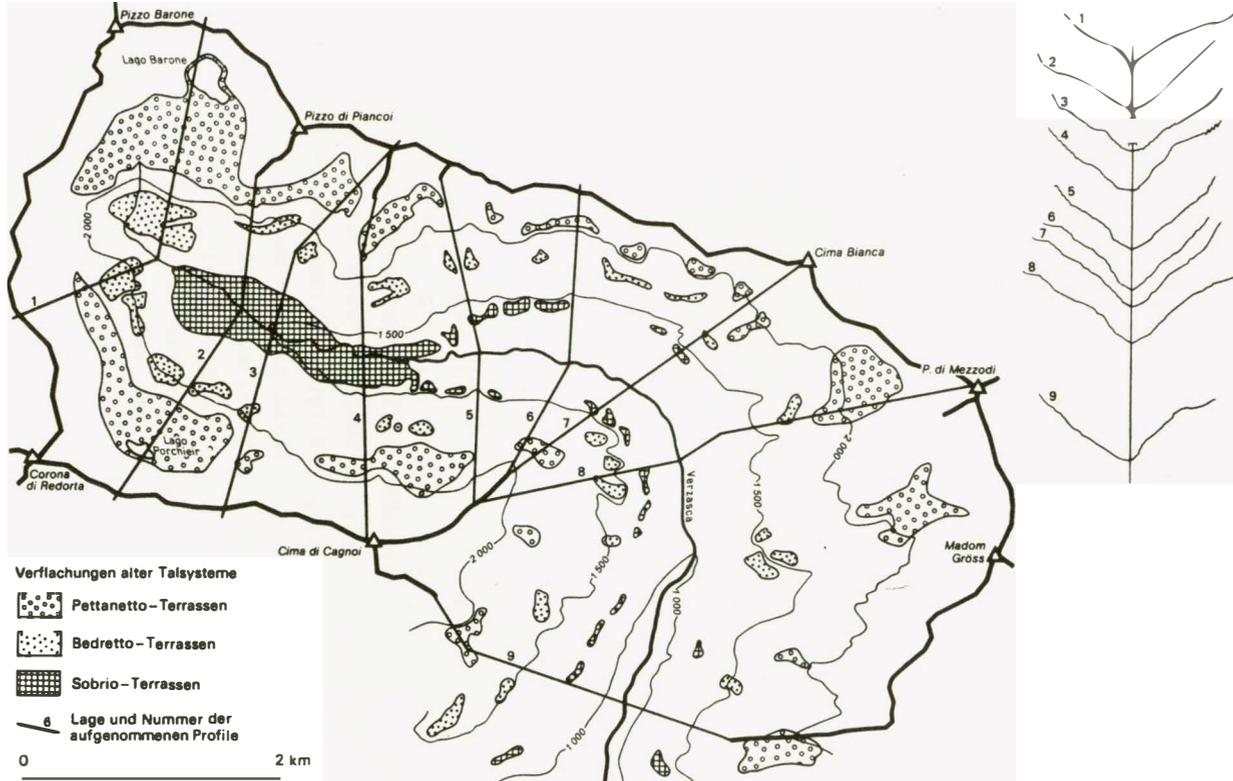


Abb. 3: Karte der Verflachungen alter Terrassensysteme mit Schnittlinien der Querprofile durch das Val Vegorner in der kleinen Skizze oben rechts. Die Profile sind nicht überhöht, die Felspartien der Gratregion werden durch den gezackten Linienverlauf gekennzeichnet.

(1933) parallelisieren ließe. Die Bedrettotalanlage entspricht nach F. GYGAX (1934) dem Burgfluhniveau von P. BECK (1933), so daß ein präglazial-pliozänes Entstehungsalter anzunehmen ist. Das Sobrio- bzw. Pura-System repräsentiert nach H. ANNAHEIM (1946, S.79) eine glazial mehr oder weniger deformierte voreiszeitliche Eintiefungsphase (Asti-Stufe), die mit dem Kirchetniveau P. BECKs verglichen werden kann. Dagegen fällt nach F. GYGAX (1934, S.72) die fluviale Talanlage des Sobrio-Systems in die Mindel-Riss-Eiszeit.

Im Val Vegorness sind von den drei verschiedenen Terrassensystemen die Pettanetto-Verflachungen am besten erhalten geblieben (s. Abb.3). Diese Tatsache ist auf die in dieser Höhenlage relativ geringe fluviale Zerschneidung bzw. Abtragung zurückzuführen und auf die unbedeutende eiszeitliche Gletscherbedeckung mit nur schwacher Korrosionswirkung. Die Bedretto- und vor allem die zuunterst gelegenen Sobrio-Terrassen sind dagegen nur noch fragmentarisch erhalten, da sie sowohl durch die linienhafte Flußerosion als auch durch die glaziale Tiefenerosion stark zerstückelt sind. Allerdings ist im Talgrund hinter der Stufe bei Sprügh zwischen ca. 1330 m und 1650 m NN der Sobrio-Talboden über rund 2 km vollständig erhalten. Im Val Vegorness ist also die Sobrio-Talstufe noch nicht durch die rückwärtsschreitende Erosion bis zum Talschluß zurückverlegt worden.

F. GYGAX (1934) berechnete anhand der einzelnen Terrassenreste die Talgefälle der ehemaligen Flußsysteme; seine Ergebnisse, die in Abb.4 zusammengestellt sind, zeigen deutlich eine Erhöhung der durchschnittlichen Gefällswerte zwischen dem Pettanetto-Boden und dem rezenten Talboden. Damit ist ein Zusammenhang zwischen zunehmender Eintiefung und wachsender Reliefenergie gegeben, die der letzten Steigerung (Paroxysmus) der gebirgsbildenden Bewegung vom späten Miozän an entspricht (vgl. W. STAUB, 1957, S. 125).

In Abb. 4 ist außerdem die Lage von zwei eiszeitlichen Gletscherständen eingetragen. Ihre Rekonstruktion wurde durch Schliftgrenzen ermöglicht, die in Kap. 2.5.1. genauer besprochen werden. Die Bedretto-Terrassen sind danach eindeutig als Trogschultern anzusehen, während das Pettanetto-Niveau lediglich im Bereich der Kare regelmäßig mit Gletschereis bedeckt war. Allerdings weist die Verbindungslinie zwischen den obersten Schliftgrenz-Resten darauf hin, daß vorübergehend auch die Pettanetto-Terrassen eisbedeckt waren, was am ehesten einem riss-eiszeitlichen Gletscherhöchststand entsprechen würde.

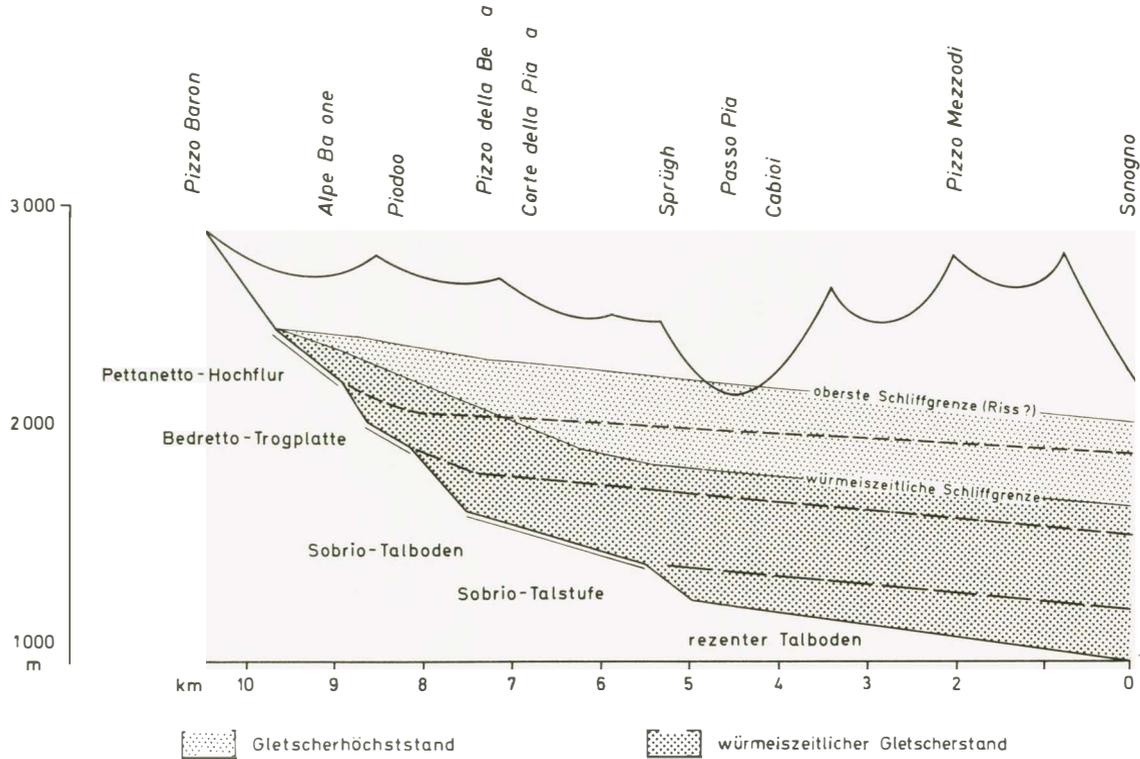


Abb. 4: Längsprofil durch das Val Vegorona. Die drei unterbrochenen Linien zeigen den Verlauf der Terrassenreste ehemaliger Flußsysteme an, die beiden gerasterten Felder geben zwei eiszeitliche Gletscherstände wieder.

2.4.2. Gewässernetzordnung

Die folgenden Ausführungen zum Gewässernetz basieren auf Methoden von R.E. HORTON (1945) und A. STRAHLER (1964), wobei das in Abb. 5 dargestellte Flußsystem als Grundlage dient. Das Gewässernetz wurde der topographischen Karte 1:25000, Blatt P.C. Tencia, entnommen. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Eine rein physiognomische Typisierung des Gewässernetzes ist bei der geringen Größe des Einzugsgebietes problematisch. Für das Val Vegorness scheint eine dendritische Ausbildung vorzuliegen. Das relativ niedrige Bifurkations-Verhältnis (im Sinne von A. STRAHLER, 1964; gemeint ist das "Zusammenfluß-Verhältnis") deutet eine lineare Abnahme der Anzahl von Flüssen niederer Ordnung zu Flüssen nächsthöherer Ordnung an. Für das Val Vegorness scheint also ein Zusammenhang zwischen dem relativ regelhaft und gleichförmig ausgebildeten Gewässernetz und dem homogenen Ausgangsgestein bei horizontaler Deckenlagerung zu bestehen.

Auch die Entwässerungsdichte wird durch diese beiden Faktoren maßgeblich bestimmt: sie ist im Val Vegorness recht hoch, wie ein Vergleich zu weiteren Messungen der Gewässernetz-Dichten in den Alpen zeigt:

Val Vegorness	3,05 km/km ²	} eigene Auswertungen
Val della Porta	1,71 km/km ²	
Val Piora	1,89 km/km ²	
ges. Verzascatal	1,75 km/km ²	(GROTTER, 1967)
Berner Oberland	1,29 km/km ²	} (MAULL, zit. b. HÜLLERMANN, 1964, S. 139)
Sandstein Säntis	2,5 km/km ²	
Gurglertal	1,18 km/km ²	} (HÜLLERMANN, 1964)
Oberes Suldental	0,64 km/km ²	

Der Niederschlagsreichtum des Untersuchungsgebietes kann für die Erklärung der hohen Flußdichte nur bedingt herangezogen werden, da die Abflußreaktion sehr rasch verläuft (s.u.) und dementsprechend bereits nach wenigen Stunden bzw. Tagen ein kurzfristiger Niederschlagsrückhalt aufgebraucht ist. Auf jeden Fall weisen die Verhältnisse im Val Vegorness daraufhin, daß ein ausgeprägtes Steilrelief nicht zwangsläufig ein weitmaschiges Gewässernetz bei gleichzeitig verstärkter flächenhafter Abspülung zur Folge haben muß.

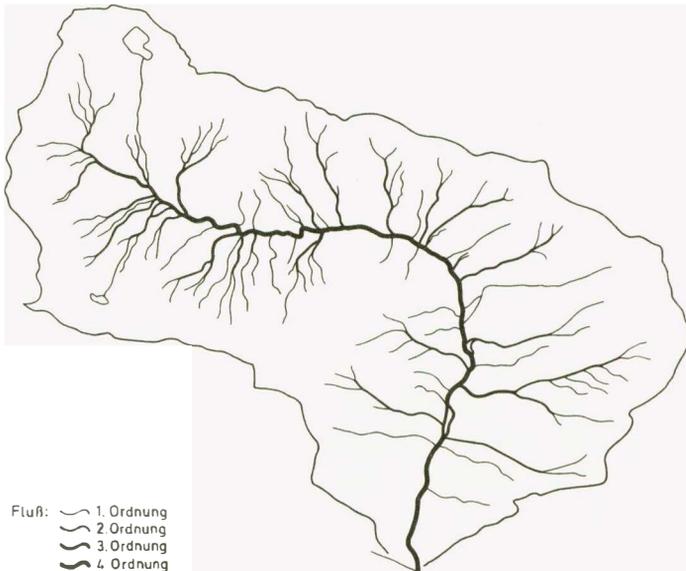


Abb. 5: Gewässernetzordnung des Flußsystems im Val Vegorress.

Tab. 1: Größenangaben zum Gewässernetz des Val Vegorress

Gesamtlänge der Gewässer:	78425 m
Fläche des Einzugsgebietes:	25,7 km ²
Höhendifferenz des Einzugsgebietes:	1959 m
Gewässernetzdichte:	3,05 km/km ²
Bifurkationsverhältnis:	4,8

Zahl der Gewässer für die einzelnen Ordnungen:

$$N_{u1} = 105, \quad N_{u2} = 30, \quad N_{u3} = 5, \quad N_{u4} = 1$$

Durchschnittliche Länge der Gewässer verschiedener Ordnung:

$$\bar{L}_{u1} = 461,4 \text{ m}, \quad \bar{L}_{u2} = 632,5 \text{ m}, \quad \bar{L}_{u3} = 675 \text{ m}, \quad \bar{L}_{u4} = 7625 \text{ m}$$

Durchschnittliches Gefälle der Gewässer verschiedener Ordnung:

$$\bar{S}_{u1} = 68,25 \%, \quad \bar{S}_{u2} = 59,55 \%, \quad \bar{S}_{u3} = 32,9 \%, \quad \bar{S}_{u4} = 7,74 \%$$

Die durchschnittlichen Längen- und Gefällsverhältnisse der jeweiligen Ordnungen lassen einen deutlichen Bezug zum Relief erkennen, der im Schema der Abb. 6 zum Ausdruck kommt und anhand der beiden folgenden Korrelationen erklärt werden soll:

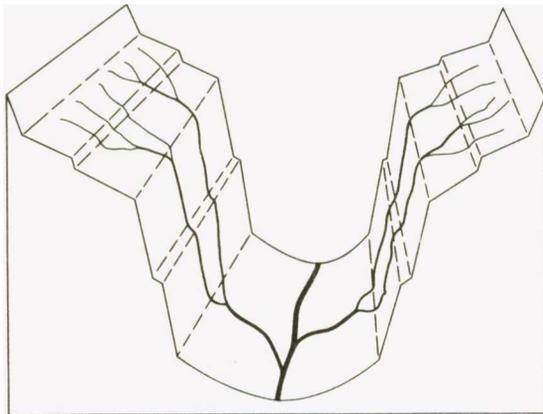
Beziehung Ordnungszahl (y)/Flußlänge (x, in lg [u]):

$$y = 0,37 x + 2,12 \quad r = 0,85$$

Beziehung Ordnungszahl (y)/Gefälle (x, in %):

$$y = -20,8 x + 94,2 \quad r = 0,98$$

Der relativ niedrige Koeffizient der Korrelation zwischen Ordnungszahl und Flußlänge ist insbesondere auf die starke negative Abweichung der Flüsse 3. Ordnung und die positive des Hauptbaches (4. Ordnung) zurückzuführen. Die Beziehung zwischen Ordnungszahl und Gefälle ist wesentlich enger, wobei die starke Steigung der Geraden aus den aussergewöhnlich hohen Gefällen der Gewässer 1., 2. und 3. Ordnung resultiert; dies ist wiederum mit den überdurchschnittlichen Neigungsverhältnissen der Hangregion zu erklären. Vor allem die Flüsse 2. Ordnung zeigen eine starke positive Abweichung vom Gradienten, da gerade sie bei der Überwindung der steilen Trogwände unterhalb der Bedretto-Terrassen im hohen Maße mit Wasserfällen beteiligt sind. - Das Gewässernetz im Val Vegorness repräsentiert mit seiner Form und den wechselnden Längen- und Gefällsverhältnissen also recht deutlich das Flußsystem eines Trogtales (vgl. Abb. 6).



Fluß: — 1. Ordnung — 2. Ordnung — 3. Ordnung — 4. Ordnung

Abb. 6: Ausbildung des Gewässernetzes in Abhängigkeit von der Talform (schematisch).

2.4.3. Abflußverhältnisse im Val Vegorness

Analog zu den Niederschlagsunterschieden zwischen Tessin und dem Gebiet nördlich des San Gottardo (vgl. 4.1.) gibt es eine beachtliche Differenz im Wasserhaushalt zwischen N- und S-Seite der zentralen Schweizer Alpen, die bei V. BINGGELI (1975) als "hydrologische Asymmetrie" bezeichnet wird. Nach seinen Berechnungen liegen die durchschnittlichen jährlichen Abflußhöhen für eine mittlere Höhenlage um 1500 m im Tessin rund 35 % höher als diejenige der Alpen-Nordseite. So weist die Verzasca einen besonders hohen Wasserreichtum auf, wobei nach E. GRÖTTER (1967) die hydrologische Bilanz für die Periode 1956/57 - 1963/64 folgendermassen lautet:

$$230 \text{ cm/N} = 192 \text{ cm/A} + 38 \text{ cm/V}$$

Die Grösse des Abflußfaktors (A/N), der für die Südschweiz bei 80 % und in der Nordschweiz bei 76 % liegt, macht jedoch deutlich, daß der stärkere Abfluß im Tessin nicht allein auf die höheren Niederschläge, sondern auch auf eine relativ geringere Verdunstung zurückzuführen ist. - Für das Val Vegorness stellte C. JÄGGI (1970, S.23) die folgende Beziehung zwischen Abfluß und Gebietsniederschlag auf:

$$A = N - 300 \text{ mm}$$

Dabei berechnete er für den Zeitraum von 1962/63 - 1966/67 einen Jahresmittelwert von 1940 mm beim Abfluß und von 2240 mm beim Gebietsniederschlag. Dies entspricht einem aussergewöhnlich hohen mittleren Abfluß-Koeffizienten von 86,6 %, der dem von 82,6 % für das gesamte Verzascatal gegenüberzustellen ist. Auch hier sind wahrscheinlich Unterschiede in der Verdunstung für die Differenzen im Abflußfaktor ausschlaggebend, da sie im Val Vegorness auf Grund der grösseren mittleren Höhe des Einzugsgebietes niedriger sein dürfte. Im Vergleich zu den übrigen Seitentälern sind die Abflußspenden im Val Vegorness wegen der etwas geringeren Gebietsniederschläge kleiner.

Die Unterschiede in den jährlichen Abflußschwankungen können beträchtlich sein. Da langfristige Werte für das Val Vegorness fehlen, seien die Extremwerte des gesamten Verzascatal für eine 35jährige Meßperiode angeführt (aus E. GRÖTTER, 1967, S. 73 und C. JÄGGI, 1970, Tab. II):

1935/36: Maximum = 321,1 cm/AH

1948/49: Minimum = 89,9 cm/AH

Schwankungs-Koeffizient = 3,57

Bezüglich der monatlichen Verteilung läßt sich der Abfluß bei dem in Abb. 7 dargestellten Verlauf eindeutig dem Schneetypus zuordnen. Charakteristisch dafür ist das Maximum in der Abflußspende bei einem negativen Abfluß-Koeffizienten im Mai, Juni und Juli, also zum Zeitpunkt erhöhter Schneeschmelze. Eine Erklärung für das Auftreten des Minimums zwischen Dezember und März ist demgegenüber neben den geringen Niederschlägen in ihrer Festlegung als Schnee zu finden. Die Schwankungs-Koeffizienten der Monatswerte liegen für die 35jährige Meßperiode im Val Verzasca für die einzelnen Jahre zwischen 8,7 und 34,7, der Extremwert bei 65,8 (Min. = 10 mm/AH im Jan. 1966; Max. = 658 mm/AH im Sept. 1965). Für die nur 3jährige Meßzeit im Val Vegoriness kann ein extremer Schwankungs-Koeffizient von immerhin 27 festgestellt werden. Die Streuung der Monatswerte ist im Sommer wegen der unterschiedlichen Gewitter- bzw. Starkregen-Häufigkeit am höchsten und im Winter wegen der relativ stabilen Wetterlage am geringsten.

Die Schwankungen zwischen den einzelnen Tagesmitteln zeigen natürlich die höchsten Koeffizienten. Der extreme Schwankungs-Koeffizient liegt im Verzascatal für eine 8jährige Meßperiode bei 251, der höchste Wert für ein hydrologisches Jahr bei 231,7 und für einen Monat bei 38,7.

Die Zunahme der durchschnittlichen Schwankungen von den täglichen über die monatlichen und jährlichen zu den absoluten Extremen gibt E. GRÜTTER (1967, S. 75) für die 8jährige Meßperiode wie folgt an:

$$2,07 - 16,6 - 106,4 - 251$$

Für das Val Vegoriness kann wegen des unzureichenden Datenmaterials keine entsprechende Zusammenstellung gegeben werden, die Werte liegen hier wohl etwas niedriger. Es kann jedoch festgehalten werden, daß auch für das Vegornesstal überdurchschnittlich hohe Werte charakteristisch sind. Dies betrifft vor allem den täglichen Schwankungs-Koeffizienten, der sich in einer raschen Abflußreaktion dokumentiert und letztlich auch für das im vorigen Kapitel behandelte niedrige Bifurkationsverhältnis verantwortlich ist. Im Val Vegoriness ist normalerweise einen Tag nach Ende eines gußartigen Niederschlags mittlerer Größe wieder der Normalzustand erreicht, während nach einem weniger dichten Landregen gleicher Menge der erhöhte Abfluß etwa zwei Tage andauern kann. Eine Begründung für den raschen Abfluß wird in Kap. 3.2. gegeben. - Zusammenfassend ist festzustellen, daß das dichte Gewässernetz des Untersuchungsgebietes gut mit den hohen und raschen

Abflußdaten korrespondiert.

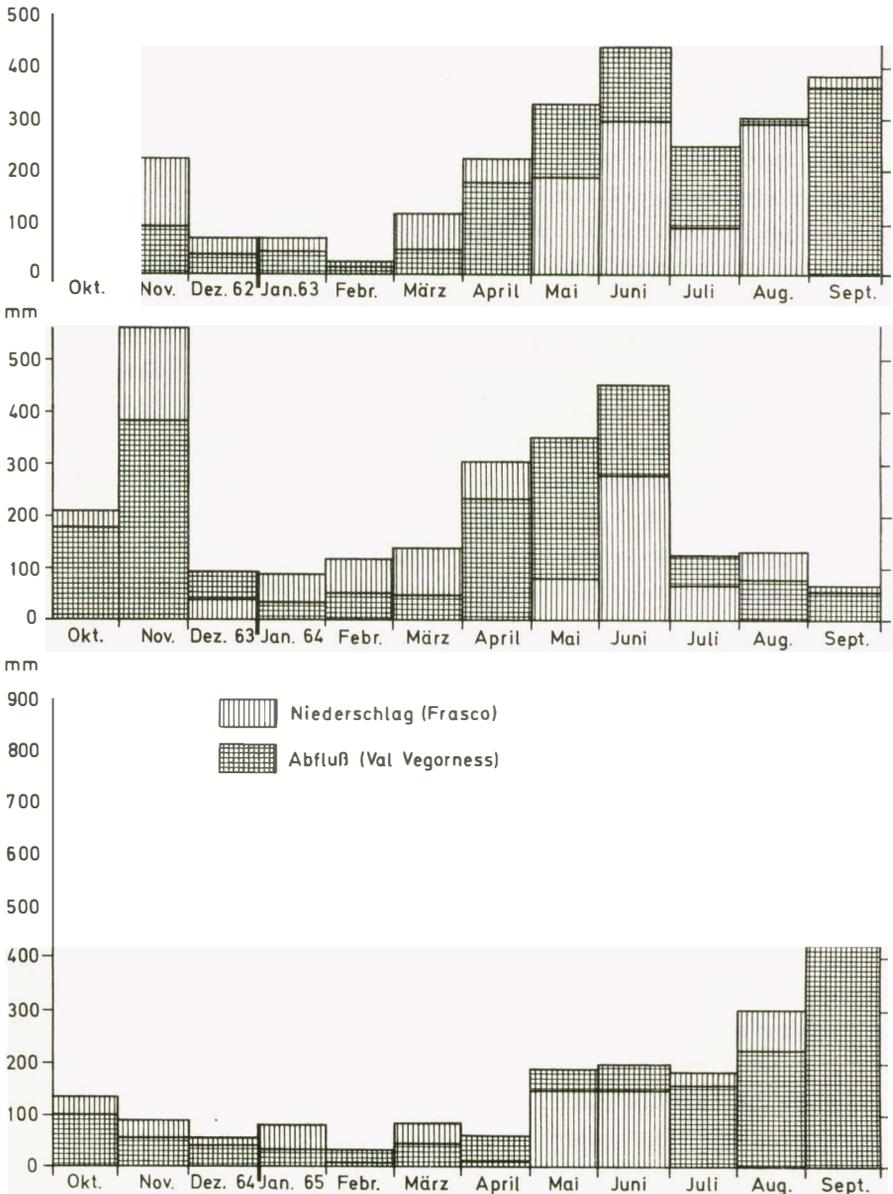


Abb. 7: Monatssummen der Niederschläge und der Abflußhöhen im Val Vegorness in den Jahren 1962/63 bis 1964/65 (nach GRÜTTER, 1967). Die Säulen stehen hintereinander, nicht aufeinander.

2.4.4. Die postglaziale Flußerosion und -akkumulation

Die Ergebnisse der beiden vorhergehenden Kapitel lassen für das Val Vegorness eine besonders dichte lineare Entwässerung erkennen, die, zusammen mit den hohen Gefälls- und Hangneigungswerten, eine starke Flußabtragung erwarten lassen. E. GRÖTTER (1967, S. 41) schätzt die postglaziale fluviale Erosionsleistung allerdings gering ein, da sie sich nach seiner Ansicht lediglich "in kleinen, höchstens wenigen Metern tiefen Kerben bei Steilstufen, ... in unzähligen Kolken" und "in tiefen Klammern einiger Seitenbäche" dokumentiert. Als Maß für die rezente Flußerosion legt er also einzig die gut erkennbaren Hohlformen in Flußbetten mit anstehenden Felsschwellen zugrunde, ohne beispielsweise der Herkunft umfangreicher Akkumulationen Rechnung zu tragen, wie z.B. den weiträumigen Seitentaleinmündungen oder der 500 m breiten und über 4 km langen Alluvialebene zwischen Brione und Frasco, deren Sedimente zum erheblichen Teil aus dem Val Vegorness stammen. Die schwache Ausprägung offensichtlicher Erosionsformen im Untersuchungsgebiet ist jedoch weniger mit einer geringen Flußabtragung, als vielmehr mit der starken Oberschüttung des Talgrundes durch Material der rasch verlaufenden Massenbewegungen zu begründen: anstatt sich in den anstehenden Fels einzuschneiden, wirkt sich die Erosionsleistung der Fließgewässer verstärkt in dem weniger klar ersichtlichen, langfristigen Abtrag der anfallenden Schuttmassen aus. Dabei kommt es bei Hochwasser zu seitlichen Unterspülungen der Schuttkörper von Halden bzw. der Ablagerungen von Schwemmfächern und zu anschließendem Abtransport des Lockermaterials. Beispiele plötzlicher Schuttabsackungen von einigen m³ als Folge derartiger Seitenerosions-Einwirkungen wurden im Verlaufe der Feldarbeiten an mehreren Stellen gefunden, so am Hauptbach jeweils 200 m nördlich von Cabioi und von Corte di Fondo. Tiefenerosions-Erscheinungen im anstehenden Fels sind in Form von bis zu 15 m tiefen, schmalen Klammern und dazwischen geschalteten grösseren Strudeltöpfen von bis zu 5 m Durchmesser in eindrucksvoller Ausbildung an der gesamten Gefällsstrecke der Sobriotalstufe bei Sprügh festzustellen. Bachtobel in Seitentaleinmündungen zeigen die Wasserläufe der Einzugsgebiete von Alpe di Cognora, von Pendoreira und des Cagno-Kares. Der Tobel unterhalb Alpe di Trecc ist bei 2 - 10 m Breite bis zu 50 m tief. Diese Mündungsklammern halten sich immer an Kluftsysteme, wobei die Klüfte in N-W-Richtung senkrecht zur Streich-

richtung des Gesteins stehen.

An den Einmündungen der genannten Klammern in das Haupttal findet man besonders gut ausgebildete Schwemmfächer; sie sind genetisch eindeutig als Formen der Flußakkumulation zu betrachten, während bei den in der morphologischen Karte ebenfalls als "Schwemmfächer" klassifizierten Ablagerungen auf dem Sobriotalboden zwischen Ciüppa und Corte della Pianca ein bedeutender Anteil des Schutt- und Feinerdematerials von periodisch herabstürzenden Lawinen herangeführt wird (s. Karte 2). Inwiefern Muren am Aufbau der Vegornesser Schwemmfächer beteiligt sind, läßt sich schlecht abschätzen. Anzeichen rezenter Murgänge konnten im Untersuchungsgebiet nicht ausgemacht werden und scheinen auch im übrigen Verzascatal äusserst selten zu sein, was wahrscheinlich auf einen geringen Fein- und Lockermaterialgehalt im Einzugsgebiet zurückzuführen ist.

Aufschüttungstalböden sind im Val Vegorness nur an wenigen Stellen zu finden, und zwar dort, wo der Hauptbach ein geringes Gefälle von 2 - 4⁰ aufweist, also hinter der Felsstrecke bei der Ciüppa und hinter höher aufragenden Schutt- bzw. Schwemmfächerverriegelungen im Talgrund von Canöv und Corte della Pianca. Die größten Alluvionen befinden sich in der Umgebung von Sonogno, also bei der Einmündung des Val Vegorness in das Haupttal. Hier bilden Akkumulationen auf einer Länge von fast 2 km zwischen Sonogno und Pintrecc Verebnungen zwischen 50 und 350 m Breite.

2.5. Glazialer Formenschatz und Schnee-Einwirkung

2.5.1. Die pleistozäne Glazialerosion und -akkumulation

Als markantestes Formenelement der glazialen Einwirkung im Val Vegorness erweist sich der von Sonogno bis zur Sobriostufe reichende Tiefrog, der in der morphologischen Übersichtskarte (Karte 2) deutlich zum Ausdruck kommt. In diesem Talabschnitt, der schon von H. LAUTENSACH (1912) besonders hervorgehoben wird, ragen die steilen Trogwände mehr als 400 m über den Talgrund auf. Die untere Hälfte der Steilhänge ist allerdings durchgehend von Schuttmassen verhüllt, vor allem durch Sturzschutt, aber auch durch Seitenmoränenreste und an den Mündungsschluchten von Seitenbächen durch Schwemmfächer. Nach H. ANNA-Heim (1946, S.144) dokumentiert sich gerade in der spät- bis postglazialen Schuttbildung im Talrog die ehemalige Eintiefungsintensität

des Gletschers. Die Zweiteilung der Talflanken in einen unteren Abschnitt mit Hangfußschutt und einen oberen mit steilen Felswänden kommt in der Hangneigungskarte (Karte 3) durch verschiedene Neigungsverhältnisse gut zum Ausdruck. Oberhalb der Sobriostufe wird das Tal weiträumiger, da die ohnehin niedrigeren Talwände noch höher mit flacher geneigten Schuttmassen eingehüllt sind, die nun vor allem aus Material von großflächigen Schwemmfächern bestehen. Weiter talauf bilden die Bedrettoverflachungen einen deutlich erkennbaren Trogschluß, der möglicherweise schon vor Beginn der Vereisung als fluviatil angelegte Talstufe bis an die abschliessende Kammregion zurückverlegt worden ist. Als Nährgebiete des eiszeitlichen Vegorness-Gletschers können die im Bereich der Pettanettoverflachungen gelegenen Kare des Lago Barone und der Fornà im Norden und des Lago Porcheir im Süden angesehen werden.

Die fluviatil vorgegebenen Gefällsunterschiede und Richtungsveränderungen im Längsprofil des Talverlaufes können zur Klärung der glazialen Ausformung und Übertiefung des Val Vegorness herangezogen werden. Für den Bereich der Trogplatten im Talschluß ist dem ehemaligen Vegorness-Gletscher eine flächenhaft wirkende Erosion zuzuschreiben. Der Tiefenschurf war in dieser Höhe gering, wie die gut erhaltenen Pettanettoverflachungen beweisen. Ausgedehnte Rundhöckerfluren deuten ebenfalls die oberflächliche Modellierung durch den Gletscher an. Die Talstufe oberhalb der Bedrettoverflachungen hatte eine Zunahme der Fließgeschwindigkeit des Eises zur Folge, was nach F. GYGAX (1934, S. 69) zu einer "beckenförmigen Ausbildung des Talbodens...durch vermehrten Tiefenschurf des Gletschers" führte. An der Sobriotalstufe kam es zu einer mehrmaligen Zunahme der Geschwindigkeit, wobei neben der verstärkten Tiefenerosion auch eine seitliche Unterschleifung zur Ausbildung der steilen Trogwände und zur verstärkten Reduzierung der Sobrioleisten verantwortlich war. Die rechtwinklige Umbiegung des Eisstromes im Talknick bei Cabioi bedingte eine Prallstelle am Mezzodi-W-Abfall, wodurch die weite Ausräumung in diesem Gebietsabschnitt eine Erklärung findet. Entsprechend sind Überreste der beiden unteren Terrassensysteme hier viel spärlicher als am gegenüberliegenden Hang. Ausserdem staute sich das Eis an der Prallstelle auf, so daß es neben dem Hauptstrom zum Tal ausgang hin auch zu einem vorübergehenden seitlichen Abfluß über den 2108 m hohen Passo Piatt kam, dem einzigen Transfluenzpaß im Untersuchungsgebiet. Die Eisedecke konnte hier jedoch nie sehr mächtig ge-

wesen sein, da die Reste der oberen Schlifffgrenze zwischen ca. 2150 m vor dem Pizzo della Bedeia und 1980 m am Talausgang bei Alpe di Cagnoï zu finden sind (s. Abb. 5; vgl. F. GYGAX, S. 14 f.). Die größte Mächtigkeit des Verzascagletschers betrug damit bei Sonogno annähernd 1000 m, wodurch bei dem vorgegebenen engen Talquerschnitt die hohe Schurf- und Transportleistung des ehemaligen Gletschers eindrucksvoll unterstrichen werden. Eine wesentlich deutlicher ausgeprägte Schlifffgrenze zwischen 1600 m unterhalb Pampined und 1800 m über der Ciüppa am Bedeia-Hang zeigt einen länger andauernden Gletscherstand an. Sie ist möglicherweise während der Würm-Eiszeit entstanden, da die vorangegangene Riss-Eiszeit (oder auch ein früheres Würm-Stadium) ein höheres Gletscherniveau mit einer entsprechenden Oberarbeitung der Schlifffgrenzen früherer Eiszeiten bewirkt haben dürfte.

Die hohe Erosionsleistung der eiszeitlichen Gletscher macht verständlich, daß glaziale Akkumulationsformen kaum vertreten sind. So sind die wenigen Moränen im Val Vegorness als spät- bzw. postglaziale Reste der Rückzugsstadien zu interpretieren. Sie sind zum großen Teil stark zerstückelt, da die Neigungs- und Gefällsverhältnisse im Tal eine Zerschneidung und Abtragung durch fluviatile Prozesse bedingten. Ausserdem kam es besonders im Taltrog zu großflächigen Überdeckungen des Moränenmaterials mit Sturzschutt. Für diesen Bereich sind lediglich in der Umgebung von Cabioi und der Sobrio-Talstufe umfangreichere Seitenmoränen-Reste festzustellen. Die glazialen Ablagerungen der Pettanetto-Verflachungen am Lago Porcheir sind hingegen als Grundmoränen anzusehen. Ihnen sitzen Firn- bzw. Felssturzmoränen auf, die in den Episoden der Gletschervorstöße während der letzten Jahrhunderte entstanden sein könnten. Daß die postglaziale Klimageschichte des Tessin mit der chronologischen Abfolge der übrigen Schweiz übereinstimmt, beweisen die pollenanalytischen Untersuchungen von H. ZOLLER (1960). Darüberhinaus belegen für die letzten fünf Jahrhunderte dendrometrische Messungen von M. PELLEGRINI (1973) eine weitgehende Analogie mit den Gletscherschwankungen in den Walliser und Oberberner Alpen.

2.5.2. Die morphologischen Wirkungen des Schnees

Für die Ermittlung der klimatischen Schneegrenze im oberen Verzascatal können Untersuchungen aus nahegelegenen Gebieten herangezogen werden. H.W. MUELLER (1972, S. 52) gibt für das benachbarte Maggia-

tal eine Höhenlage von 2950 m an; P. FITZE (1969, S. 46), der darauf hinweist, daß die Schneegrenzwerte der Literatur meist zu tief angesetzt sind, berechnete das "Niveau 365" für die schweizerische Alpensüdseite nach der Methode von ESCHER (1969, zit. bei FITZE: "Die Schneegrenze ist ... in jenen Höhen zu suchen, in der die Jahresmitteltemperatur $-5,5^{\circ}$ bis $-6,0^{\circ}$ C beträgt"), und legt es bei ca. 3150 m fest. Das Val Vegorness reicht also in keinem Fall in den Bereich der klimatischen Schneegrenze hinein.

Da im Untersuchungsgebiet Gletscher fehlen, läßt sich auch die lokale Schneegrenze nicht ohne weiteres bestimmen. H.W. MUELLER (S. 54) vermutet sie für N-gerichtete Hänge mit schattenreichen Karen bei 2650 m, was bei der Höhenlage der Ghiacciai di Croslina am NE-Hang des nahegelegenen Pizzo Campo Tencia für das Untersuchungsgebiet ebenfalls etwas zu niedrig sein dürfte: die Grenze zwischen Nähr- und Zehrgebiet liegt dort bei ca. 2800 m, so daß die genauere Festlegung der lokalen Schneegrenze für das Val Vegorness ebenfalls ohne Bedeutung bleibt.

Für morphogenetische und ökologische Fragestellungen sind die temporären Schneegrenzen bzw. die regelmässig wiederkehrenden relieforientierten Ausaperungs-Isochionen ohnehin von grösserer Bedeutung. Im besonderen Maß betrifft dies den Bereich des stark gegliederten Geländes oberhalb der Waldgrenze, wo durch unterschiedlich geneigte und exponierte Hänge, Kanten sowie Voll- und Hohlformen die Schneedeckenandauer und damit auch Einwirkungen des Schnees vorgegeben sind. Zwar läßt sich im Val Vegorness keine eindeutige Schnee- und Firnfleckenregion unterscheiden, da z.B. nach dem trockenen und warmen Sommer 1976 das Tal absolut schneefrei war. Es gibt jedoch Gebietsabschnitte, für die in Jahren mit normalem Witterungsverlauf abgesehen von den Lawinträgern Firnreste gleichbleibende Konfigurationen bilden und zwar in der weiteren Umgebung des Lago Porcheir zwischen 2150 m und 2300 m, in den leicht geneigten Verflachungen zwischen Lago und Pizzo Barone oberhalb 2450 m und im Gipfelbereich des Pizzo di Mezzodi ab 2300 m.

Als auffällige Formen der Schnee-Einwirkung seien zuerst Schuttglättungen unregelmässig und mosaikartig in ein einheitliches Niveau angeordneter Steine erwähnt. Diese sogenannten Pflasterböden können im Val Vegorness zwischen 2180 und 2740 m auf Verebnungsflächen nw des Lago Porcheir, am SE-Abfall des Pizzo Barone und im Fornä-Kessel

festgestellt werden. Die Steinpflaster befinden sich längs von Rinn-salen (kleine Flecken von wenigen qm) mit sehr geringem Gefälle und im Bereich von Hangfuß-Quellen am unteren Ende von Schutthalden, d.h. an Stellen, wo sich Schneeflecken sehr lange halten können und eine starke Bodendurchfeuchtung gewährleistet ist. Eine ebene Fläche mit Steinplattenböden liegt auch am Gipfel des Lago Barone in 2855-2862 m Höhe. Bei der Entstehung der Pflasterböden kommt die überwiegend plattige Form des Gneis der horizontalen Einbettung in wasserdurch-tränktes Feinmaterial sehr entgegen, das wegen der geringen Neigung des Geländes nicht fortgeschwemmt werden kann. Für die humusreiche Feinerde zwischen den Steinplatten ist eine stärkere Besiedlung mit Charakterpflanzen der Schneetälchenvegetation typisch, die die lange Schneebedeckung der Pflasterböden beweisen (*Polytrichum sexangularis*, *Alchemilla pentaphylla*, *Gnaphalium supinum*).

Die morphologische Wirkung des Schnees äussert sich daneben in Form moränenartiger Schuttwülste am Fuß spät ausapernder Schutthalden. Schneeschuttwälle dieser Art sind oberhalb des Lago Barone am SE-Hang des Pizzo Barone anzutreffen, d.h. in der Nähe der genannten Pflasterböden und zwar in 2450-2540 m Höhe. Das Material dieser rund 50 m langen, 2-3 m hohen und an der Basis bis 8 m breiten Querwülste stammt aus den oberhalb gelegenen Schutthalden, wobei es, wie entsprechende Spuren im Schnee beweisen, rutschend und stürzend den unteren Rand der Schneefelder erreicht und sich dort auftürmt. Schließlich sei auf einen Doppelgrad hingewiesen, der unterhalb der Kammlinie vom Pizzo Barone aus über eine Distanz von ca. 200 m auf den Pizzo di Scinghin zuläuft. Zwar ist es wahrscheinlich, daß sich die Gratverdoppelung an eine Kluftlinie zwischen Augengneis im NW und Plagioklas-Gneis im SE hält, also z.T. strukturbedingt ist; die weit in den Sommer hineinreichenden Schneereste in der Doppelgratsenke, die rechtwinklig zur Hauptwindrichtung und parallel zum Grat-Wächtenverlauf angeordnet ist, deuten jedoch auch auf eine Nivationserscheinung hin.

Unterhalb des subnival-periglazialen Bereiches scheint sich die morphologische Wirkung des Schnees, abgesehen von Lawinen-Ablagerungen, vielmehr auf erosive Vorgänge zu beschränken, da potentielle Aufbauformen in den tiefergelegenen Höhenstufen durch fluviatile und denudative Prozesse rasch abgebaut würden. Die Bedeutung des Schneesurfes soll für das Val Vegorness zusammen mit den übrigen Erosionsmechanismen beurteilt werden (Kap. 2.6.2.2.).

2.6. Massenverlagerungen

2.6.1. Formenschatz rasch verlaufender Massenbewegungen

Die ausserordentliche Obersteilung der Talhänge hat einen hohen Anteil an Formungsprozessen mit rasch verlaufenden Massenbewegungen zur Folge. Schutt- bzw. Felsstürze und Lawinen sind dabei an erster Stelle zu nennen; ferner sind an mehreren Orten Ablagerungen von Bergsturzmaterial festzustellen. Schuttstreu (Gehängeschutt) und Murschutthaldden (vgl. G. SCHWEIZER, 1968, S. 34 und H.W. MUELLER, 1972, S.90) als weitere Formen schneller Massenbewegungen sind im Untersuchungsgebiet nicht anzutreffen. Das Fehlen von Schuttstreu (Halde ohne schuttliefernde Rückwand) darf auf das harte kristalline Ausgangsgestein zurückgeführt werden, während für die Entstehung von Murschutthaldden der Anteil an wasserspeicherndem Feinerdematerial zu gering ist.

2.6.1.1. Massensturz

Nach W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER (1972) ist unter Massensturz "...jede am Steilhang ablaufende, den freien Fall einschliessende Massenbewegung" zu verstehen. "Steinschlag, Fels- und Bergsturz gehören zu dieser Bewegungsgruppe" (S. 319). Die morphographische Karte (Karte 2) veranschaulicht die Bedeutung der Struzschuttbildungen im Landschaftsbild des Val Vegorness; sie bedecken insgesamt 20 % der Gesamtfläche.

Im folgenden wird nach E. GERBER (1974, S. 74) zwischen Schutthaldden (im engeren Sinn) als Entstehungsform direkter Schuttlieferung aus einer Felswand und Schuttkegeln als Form indirekter Schuttlieferung unterschieden. Letztere bilden sich ähnlich wie die Kegel von Grabenlawinen am Ausgang von Scharten oder Rinnen, wobei das Material aus einem höher gelegenen Einzugsgebiet stammt. Eng benachbarte Schuttkegel können miteinander zu zusammengesetzten Schutthaldden verschmelzen, die vorwiegend auf lineare Schuttlieferung zurückzuführen sind. Im Val Vegorness herrschen zusammengesetzte Schutthaldden vor (88 %), so daß in der morphographischen Karte auf eine detaillierte Darstellung der Haldentypen verzichtet wurde.

Da die im Val Vegorness vorherrschenden Gneise grobkörnig, rauhbrüchig und schiefrig sind, weisen die aktiven Schutthaldden einen konstanten, mittleren Schüttungswinkel auf, der mit ca. 35 ° den Beobachtungen von A. PIOWAR (1903) entspricht. Im Zusammenhang mit der

Sortierung grosser Blöcke am Haldenfuß bis zum stärker konsolidierten Haldenscheitel sind die Böschungen leicht konkav, wobei jedoch die Haldenstirn häufig eine Setzung durch Schneeakkumulation zeigt (E. GERBER, 1974, S. 77) und daher konvex gewölbt ist. Wie aus der morphographischen Karte zu entnehmen ist, gibt es im Val Vegorness zwei Bereiche mit besonders weiträumigen Schuttablagerungen:

1) Vorwiegend kahle Sturzhalden bzw. -kegel im Bereich zwischen Matten- und Frostschuttstufe (60 %)

2) Vorwiegend bewachsener Schutthaldensaum im Taltrog (28 %).

Die restlichen 12 % verteilen sich über das übrige Gebiet, wobei das Schuttmaterial vorwiegend den Bedretto-Verflachungen aufliegt.

Der weitgehend aus Sturzkegeln zusammengesetzte Schutthaldengürtel der oberen Region überdeckt am Fuß der Felsgratpartie weite Flächen der Pettanetto-Verebnungen, so zwischen Alpe und Lago Porcheir, an den Felswänden se bis sw von Alpe Porcheirina, oberhalb Alpe Cognora und zwischen den beiden Staffeln der Alpe Trecc. Es handelt sich zum kleineren Teil um "lebende Schutthalden" (A. LEIDLMAIR, 1953, S. 24) bzw. aktive Sturzhalden mit einem Böschungswinkel von $33 - 37^{\circ}$ (vor allem zwischen Lago und Pizzo Barone und am Pizzo di Mezzodi), deren "Schutzzufuhr durch Steinschlag so häufig erfolgt, daß die Akkumulation die Zerstörung durch Wasser, Lawinen und Rutschung überwiegt" (E. VORNDRAN, 1969, S. 79). Etwas weniger steil sind die vorherrschenden mäßig aktiven Sturzhalden ("absterbende Schutthalden" n. A. LEIDLMAIR, 1953), die schon einen lockeren Pflanzenbewuchs auf Erdflecken zeigen. Beobachtungen von P. HÖLLERMANN (1964, S. 54 und S. 58) entsprechend befindet sich besonders im Bereich der feinerde-reicheren Kegelspitzen sowie im Lee von Felsinseln und -vorsprüngen eine dichtere Vegetationsbedeckung. Zahlreiche an Schutthängen gelegene mässig aktive Sturzhalden laufen am Haldenfuß in Schneeschuttwällen oder Firnmoränen aus (s. Kap. 2.5.2.).

Das Hauptvorkommen der Sturzhalden der oberen Region liegt in Abhängigkeit der schuttliefernden Wände der Felsgratpartie auf einem Niveau, daß mit der zunehmenden Erhöhung der umgebenden Gipfel zum Tal-schluß hin von ca. 2000 m bei Alpe Porcheir auf 2400 m am Pizzo Barone ansteigt. Im Val Vegorness ist also nicht direkt eine Höhenstufe maximaler aktueller Schuttlieferung festzustellen; ausschlaggebend für die heutige Steinschlag- bzw. Felssturztätigkeit ist die Lagebedingung, die durch das Vorkommen von Felswänden der Gratpartie mit

den vorgelagerten Verflachungen des Pettanetto-Systems gegeben ist. Die Tatsache, daß die momentane Schutzzufuhr vor allem reliefbedingt ist, mag auf die relativ niedrige Höhenlage des Untersuchungsgebietes zurückzuführen sein. Denn abgesehen von den beiden höchsten Gipfeln (2864 m und 2801 m) ragen die Felswände noch nicht in den Höhenbereich maximaler Steinschlagfähigkeit hinein, der nach P. HÜLLERMANN (1964, S. 51) in der Nähe der lokalen Schneegrenze liegt (also ca. 2800 m).

Die Schutzzufuhr aus Steilwänden ist während der Frühjahrsmonate am stärksten, d.h. in der Zeit maximaler Frostwechselhäufigkeit und damit intensiver Gesteinsaufbereitung bei gleichzeitig tiefgreifender Durchfeuchtung durch Schmelzwasser. Da die Talhänge überdurchschnittlich steil sind, stürzen Blöcke aus der Felsgratpartie über mehrere hundert Höhenmeter bis auf den Talgrund, so daß diese Schutthalde ("allochthone Bildungen oder Fremdlingsformen" nach H. POSER, 1954, S. 146 f.) im Taltrug zwar größtenteils dicht bewachsen sind, aber durchaus noch zu den mässig aktiven Sturzhalden zu zählen sind. So konnten im April-Mai 1975 an Strahlungstagen fast allmorgentlich Niedergänge von Felsstürzen aus den Felswänden zwischen Alpe Porcheirina und Lago Porcheir bis hinunter auf den Talgrund von Gerra beobachtet werden. Dabei fällt das Sturzmaterial häufig auf schneebedeckte Halden bzw. Lawinenkegel und wird in die Talrichtung umgelenkt. Auch an den Trogwänden selbst bricht das Gestein in die Tiefe, z.B. gegenüber von Gan, also aus einem Höhenbereich von nur ca. 1400 m.

Im allgemeinen muß der Schutthaldensaum im Taltrug jedoch als Vorzeitform angesehen werden, da die Sturzschuttnachlieferung nur schmale Sektoren betrifft. Daß es sich vorwiegend um ältere, mässig aktive bis inaktive Formen handelt, zeigt nicht nur die dichtere Vegetationsbedeckung, sondern auch der Zurundungsgrad der einzelnen Blöcke durch Verwitterung und die rezente Abtragung durch Bachläufe, Lawinen und Schuttrutschungen, die letztlich auch die geringere Steile von 27 - 30° erklärt.

An einzelnen Stellen sind im Talgrund Schutthalde zu finden, die einseitig oder beidseitig in ihrem Fußbereich durch Schwemmfächer überdeckt sind (z.B. nördlich von Lovald, nördlich von Cabioi oder auf Corte della Pianca); diese Erscheinung verdeutlicht, daß heute im Taltrug die Akkumulation durch fluviatile Kräfte diejenige durch

rasch verlaufende Massenbewegungen übersteigen kann. Für die Entstehung der Schutthalden im Taltrug dürfen vor allem Zeitabschnitte mit einer erheblich niedrigeren lokalen Schneegrenze angenommen werden, also im Spätglazial und während der postglazialen Klimaverschlechterungen.

Ablagerungen von Bergsturzmassen, die aus dem gleichzeitigen Abbruch umfangreicher Gesteinspakete mit schußstromartiger Großbewegung resultieren und auch flacher geneigte Hänge überdecken, befinden sich östlich des Lago Porcheir, südsüdwestlich des Pizzo di Mezzodi, unmittelbar nördlich von Gan und Cabioi, im Cagnoï-Kar, südlich von Alpe della Porcheirina und westlich von Pendoreira (s. Karte 2). Das Gebiet zwischen Barm, Sonogno und Pinell ist auf einer Fläche von fast 1 km² mit groben Bergsturztrümmern überdeckt, deren Herkunftsgebiet in einer nordöstlich-südwestlich gerichteten Abbruchsnische im Felsband nördlich von Barm liegt. Nördlich von Lovald führte ein Bergsturz zu einer flachen Talverbauung, so daß die Fluß-Akkumulation südlich von Cabioi als Ergebnis von Staueinwirkungen durch Bergsturzmaterial zu betrachten ist.

2.6.1.2. Lawinentätigkeit

Wenn auch Bildung und Aufbau von Schutthalden in alpinen Hochgebirgen maßgeblich von der Sturzschutttzufuhr abhängen, so sind sie als Erscheinungsform einer Vielzahl von schuttbildenden Prozessen zu verstehen (vgl. J. GARDNER, 1971). Neben Erdbeben und Murgängen können auch Lawinen eine erhebliche Rolle bei der Materialzufuhr auf Schutthalden spielen, wobei nach B.H. LUCKMAN (1970) und A. RAPP (1961) in einigen Gebieten Lawinenschürfung und -ablagerung bei der Massenverlagerung dominierend sein können. Im Val Vegorness sind sowohl vom Klima als auch vom Großrelief her Voraussetzungen für eine ausgesprochen starke Lawinentätigkeit gegeben. Diesbezüglich ist vor allem zu berücksichtigen, daß nach C. PEEV (1959, S. 138) Hänge mit mittleren Neigungswinkeln am lawinengefährdetsten sind, da es auf flacheren Abschnitten nicht im gleichen Maße zu initialen Gleit- und Kriechbewegungen des Schnees kommt und sich in steilen Partien keine mächtigen Schneeakkumulationen entwickeln können. Zu aussergewöhnlichen Schneeablagerungen sind die ausgedehnten Pettanetto-Verflachungen am Nordhang zwischen Lago Porcheir und Pendoreira prädestiniert,

ferner die Umgebung von Alpe Porcheir am E-Hang und von Alpe di Cognora und Alpe di Trecc am W-Hang. Die Ablagerungsmengen im Laufe eines Winters lassen sich indirekt aus der Ausaperungskarte ablesen. Damit ist es leicht verständlich, daß gerade der Bereich mit den Verflachungen am N-Hang als das ausgedehnteste Herkunftsgebiet zahlreicher Lawinen betrachtet werden muß. Dies geht auch aus dem mächtigen Ablagerungsfeld mit zahlreichen Lawinenkegeln im Talgrund von Cabioi bis Corte della Pianca hervor (Foto 4 a-e). Die zwischen dem Herkunfts- und Ablagerungsgebiet gelegenen, stark geneigten Trogwände werden in vorgegebenen Sturzbahnen überwunden, so daß die meisten Lawinen im Vegornesstal, ähnlich wie das Sturzmaterial der Schutthalden, aus einem trichterförmigen, flachen Einzugsgebiet stammend eine schmalere, steile Rinne hinabstürzen und sich im Talgrund über die Schuttkegel oder Schwemmfächer ausbreiten. Im Winter überwiegen Altschneelawinen, die häufig durch einen anderen Lawinentyp ausgelöst werden können: dabei handelt es sich um lokale Runsenlawinen aus der höhergelegenen, steilen Gratregion, die auf die flacheren Akkumulationsgebiete hinabfallen und Bewegungen im dortigen Altschnee hervorrufen. Eine derartige Abfolge löst oft durch Lärm verursachte weitere Lawinenabgänge aus, so daß im Winter gerade in der Mittagszeit an Schönwettertagen eine ganze Lawinenserie abgeben kann.

Die vowiegend im Spätwinter oder Frühjahr niedergehenden Naßschneelawinen zeigen im Vergleich zu dem beschriebenen Typ eine erheblich grössere Zerstörungskraft, da sie sich normalerweise durch sehr schweren Schnee auszeichnen (bis 800 kg/m^3 ; A. CONCI, 1972). Ihre Entstehung setzt Starkniederschläge bei Süd- oder Südwestlagen voraus, die sich im Untersuchungsgebiet erst oberhalb 1000 m NN als Schnee absetzen. In dieser Situation ist im Niveau der Pettanetto- und Bedretto-Terrassen mit mächtigen Ablagerungen feuchten, wasserdurchtränkten Schnees zu rechnen, der sich bei gleichbleibenden oder ansteigenden Temperaturen als weiche Schneebrettlawine auf Grund einer zu schwachen Gefügeverzahnung der abgerundeten Schneekristalle langsam in Bewegung setzt. Auch wenn sich derartige Fälle nicht jährlich wiederholen, tragen sie wegen ihrer katastrophalen Auswirkungen in stärkster Weise zur Massenverlagerung bei, so daß hier genauer auf entsprechende Vorkommnisse eingegangen werden muß. Dazu kommt, daß im Verlaufe der Feldarbeiten die Verheerungen durch großflächige Schadenlawinen im Vegornesstal aufgenommen werden konn-

ten, da Ende März und Anfang April 1975 aussergewöhnlich hohe Niederschläge fielen. In der Zeit vom 3. - 7. 4. wurden in Sonogno 221,3 mm Niederschlag gemessen, der hier jedoch noch bei einer maximalen Schneemächtigkeit von 63 cm (am 5. 4.) zum größten Teil als Regen niederging. Das Ausmaß der extremen Schneefälle im April geht aus Abb. 8 hervor, die der Arbeit von H. COURVOISIER und P. FÖHN (1975) entnommen wurde. Danach liegt das Untersuchungsgebiet noch im Bereich mit mehr als 150 cm Neuschnee oberhalb ca. 1200 m NN. Die Großlawinen, die fast alle am 5. und 6. 4. losbrachen, richteten auch im Val Vegorness verheerende Forstschäden an, wobei erhebliche Mengen an Lockermaterial in den Talgrund verfrachtet wurden. Vor allem die Schneeablagerungen im Gebiet zwischen Sonogno und Cabioi wiesen einen hohen Anteil an Fein- und Schuttmaterial auf, da sie als aperiodische Lawinengänge an relativ walddreichen Hängen niedergingen. Dies betrifft insbesondere die beiden benachbarten Lawinenaufschüttungen unmittelbar nördlich und südlich von Serta, die das ganze Jahr 1975 hindurch den Talweg versperzten. Oberhalb von Cabioi konnten die Lawinen dagegen weniger Zerstörungen anrichten, da sie sich hier an die zahlreicheren, regelmäßig benutzten Sturzbahnen hielten. Der geringere Verschmutzungsgrad des Lawinenschnees in diesem Abschnitt deutete auf den schwächeren Hangabtrag hin, zumal im vorliegenden Fall die Altschneedecke und nicht die Bodenoberfläche als primäre Gleitbahn gedient hatte.

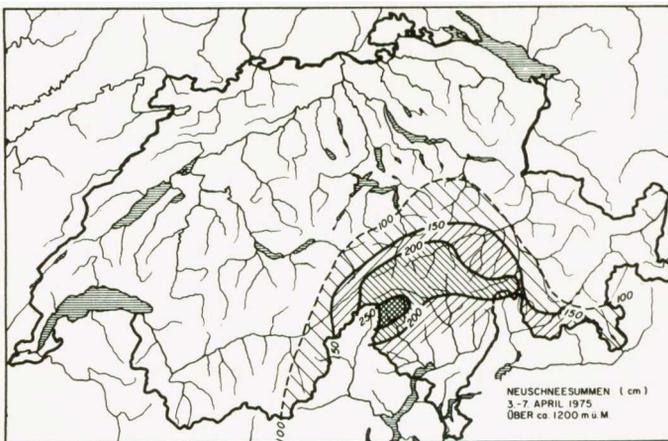


Abb. 8: Neuschneefälle in cm vom 3. bis 7. April 1975 in der Schweiz (aus COURVOISIER und FÖHN, 1975). Das Val Vegorness lag während der Periode mit den extremen Schneefällen am Rande des Zentrums.



Foto 4 a - e: Ausaperung von Lawinenkegeln im Talgrund von Gerr zwischen dem 24. 4. und 1. 8. 75 (vgl. Karte 5).

Daß zerstörerische Naßschneelawinen im Nordtessin vorwiegend im Spätwinter und Frühjahr niedergehen, ist einer Tabelle bei H. COURVOISIER und P. FÜHN (1975) zu entnehmen, wonach sich von 10 Lawinenkatastrophen im Zeitraum 1800 - 1975 nur zwei vor dem Februar der betreffenden Winter ereigneten.¹

Nivationseinwirkungen und Korrasionsprozesse spielen in flacheren Herkunftsgebieten der Lawinen eine untergeordnete Rolle. Vielmehr zeichnen sich die schweren Alt- und Naßschneelawinen erst im Bereich der steilen Trogwände durch eine erhöhte Erosionsleistung aus, indem durch mitgerissene Steine und Felsbrocken der Untergrund und vor allem dem Lawinenschnee entgegenstehende Hindernisse angegriffen werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß entgegen einer weitverbreiteten Ansicht zumindest im Val Vegorness die Lawinkorrasion an unbewachsenen Schutthängen und -rinnen geringer zu sein scheint als an bewachsenen. Dies gilt weniger für rasenbewachsene Flächen (z.B. *Calamagrostetum villosae*) als vielmehr für offene Gebüsch- oder Baumbestände am Rande von Lawinenbahnen, wo bei aufragenden Pflanzen bereits die Zugbeanspruchung und erst recht die Entwurzelung (selbst im *Alnetum viridis*) zu einer Verletzung des Bodens mit unmittelbar folgender Verlagerung des Lockermaterials führen kann. Schadeneinwirkungen sind damit besonders für die Steilhänge unterhalb der Bedretto-Verflachungen typisch. Auch auf den Schutthalde des Talgrundes sorgen die Schneemassen und mitgeführten Steine zu randlichen Zerstörungen an den Wällen der vorgegebenen Lawinenbahnen. Diese bilden vor allem im Gebiet zwischen Corte di fondo und Ciüppa Rinnen für episodisch oder auch ständig fließende Bäche, die wiederum für eine Eintiefung und damit eine Akzentuierung der randlichen Wälle sorgen. Da die Lawinen jedoch die vorgegebenen Bahnen in breiteren Streifen erodieren und in der Regel auch grössere Blöcke transportieren als Sturzbäche, dürfte ihre Abtragungsleistung die der jeweiligen Bäche übertreffen (vgl. A. RAPP, 1957). Ablagerungsformen, die ausschließlich Lawinen zuzuschreiben sind, können im Val Vegorness nicht festgestellt werden. Es sei jedoch nochmals

¹Für das Untersuchungsgebiet sind katastrophale Lawinentätigkeiten mit schweren Waldverwüstungen außer im April 1975 für den Februar 1888 und 1951 erwiesen. Nach einer Zeitungsnotiz im "Il Dovero" vom 7. März 1888 wurden damals mindestens acht Ställe in der näheren Umgebung von Sonogno und 1951 dreizehn Wirtschaftsgebäude in Cabiöi sowie die ein Jahr zuvor fertiggestellte Almhütte von Canöv zerstört (mdl. Mitt. d. Älpler).

darauf hingewiesen, daß gerade in den tiefergelegenen Schutthalden, Schwemmfächern und Aufschüttungswällen am Rande von Bächen rezente Ablagerungen zu einem erheblichen Teil aus mitgeführtem Lawinenmaterial bestehen.

2.6.2. Langsam verlaufende Massenbewegungen

2.6.2.1. Begründung für die schwache Verbreitung periglazialer Formen

Das Vorkommen von Solifluktiionsformen wird als ein Abgrenzungskriterium der Hochgebirgsstufe angesehen, wobei das "rezente Periglazial" sogar mit der subnivalen Höhenstufe gleichgesetzt wird (vgl. C. TROLL, 1955; morphologisch wird der Begriff "subnival" weiter gefaßt als in der Botanik). Für eine morphologische Betrachtungsweise mag diese Begrenzung eventuell gerechtfertigt sein; Formen gebundener Solifluktion reichen jedoch normalerweise fast bis zur Obergrenze der Zwergstrauchregion hinunter, also in einen Bereich, der für die Geobotaniker noch eindeutig innerhalb der alpinen Höhenstufe liegt. - Nach G. FURRER und G. DORIGO (1972, S. 102) ist die Solifluktiionsgrenze mit dem arithmetischen Mittel der Kernzonenuntergrenze von Girlanden und Wanderblöcken gleichzusetzen, wobei für das Untersuchungsgebiet eine Höhenlage von ca. 2200 m NN angenommen werden darf (G. FURRER und G. DORIGO, Abb. 4 und 5; P. FITZE, 1969, Fig. 18), d.h. sie verlief damit rund 200 m oberhalb der potentiell natürlichen Waldgrenze.

Im Rahmen der fast zwei Jahre andauernden Feldarbeiten konnten trotz gezielter Beobachtungen lediglich schwach ausgeprägte und schlecht erkennbare Solifluktiionsformen festgestellt werden. Diese Tatsache deckt sich mit den Erfahrungen von P. FITZE (1969) und H.W. MUELLER (1972) für die südalpinen Silikatgebiete bzw. für das obere Maggiatal. Sowohl P. HÜLLERMANN (1967, S. 154 f.) als auch P. FITZE (1969, S. 32) stellten eine unterschiedliche Eignung des Ausgangsgesteins für periglaziale Verlagerungen fest, wonach z.B. im Bündnerschiefer und Flysch Solifluktiionserscheinungen wesentlich deutlicher ausgeprägt sind als im Gneis. Nach E. ZUBER (1968, S. 132 ff) dürften die Gründe in der unterschiedlichen Frostanfälligkeit der Bodentextur liegen. Einen wesentlichen Bestimmungsfaktor sieht er im Feinmaterialanteil, indem er schluffig-tonigen Bö-

den mit grossem Feinporenanteil ein erhöhtes Wasserhaltevermögen zuschreibt. Die Durchnässung des Oberbodens spielt sicherlich für die Gefrierungsvorgänge eine erhebliche Rolle; sie kann jedoch nicht alleinige Ursache für die Formenbildung sein, da die Wasserhaltekapazität der Vegornesser Böden trotz grobkörniger Textur hoch ist (s. Kap. 3.4.). Grundvoraussetzung für erleichtertes Bodenfließen bildet auch eine textur- und strukturbedingte schlammig-breiege Konsistenz des feuchten Bodenmaterials, die im Val Vegorness nicht gegeben ist.

Trotzdem darf bei einigen Formen neben der Viehtritt-Beeinflussung eine solifluidale Einwirkung vermutet werden. So weisen nahezu alle Rasenhänge mit einer Neigung von mehr als 25° oberhalb 2100 m NN (N-Exposition) bzw. 2250 m NN (S-Exposition) ein sehr bewegtes Mikrorelief auf, das auf engstem Raum aus verschiedenartigen Kleinstufen und -terrassen zusammengesetzt ist. Ein Großteil der Hangtreppe ist auf Rasenabschälung zurückzuführen, die nach Ansicht zahlreicher Autoren nur bedingt einer solifluidalen Verlagerung zuzuschreiben ist. C. TROLL (1973) sieht in der "Gelideflation" das Resultat eines komplexen Wirkungsgefüges, an dem folgende Faktoren beteiligt sein können: Frostklima, Kammeis, Kryoturbation, Deflation, Schneedecke, Beweidung, Rasenzerstörung. Für das Val Vegorness wäre bei der Entstehung von Rasenkliffs und Barflecken ein Prozessablauf denkbar, der durch Nabenversatzschäden initiiert, durch Kammeisbildung bei Frostwechseln gefördert und durch Oberflächenabfluß bei Schmelzwasser- und Niederschlagseinwirkung weiter verstärkt wird. Deflation als Abtragungsfaktor darf wohl weitgehend ausgeschlossen werden, da in dem abgeschirmten Tal heftige Winde selten sind, und die starke Durchfeuchtung des grobkörnigen Bodens einer Auswehung entgegensteht.

Weitere Kleinformen deuten auf Periglazialerscheinungen hin: so weisen mehrere der Oberfläche aufliegende Gneisplatten eindeutige Stauchwülste an ihrer Stirnseite auf, seltener auch kurze Auswanderungsnischen bzw. Gleitbahnen. Damit ist zusammen mit der Längsachsen-Einregelung in Gefällsrichtung ein Abgleiten der isoliert liegenden Platten ähnlich den Wanderblöcken erwiesen, wobei das umgebende Fein- und Grusmaterial des Bodens durch die weitgehend geschlossene Grasdecke in der Bewegung gehemmt wird (vgl. P. HÜLLER-MANN, 1964, S. 77).

An wenigen Stellen sind ausserdem Rasenwälzungen auszumachen, wobei Feinmaterial aus dem oberen Bereich des Barfleckens an seinem Unter- rand durch die angrenzende Vegetation erst einmal aufgestaut wird, und schließlich Fließbewegungen des Bodens Pflanzen durch Einrollen in eine inverse Lage bringen. Dieser Prozess dürfte vermutlich ebenfalls durch Trittwirkung des Weideviehs beschleunigt werden, obwohl wegen des Fehlens von Viehtreiten keine unmittelbare Beeinflussung nachzuweisen ist. Trotz der zumindest teilweise solifluidal beding- ten Rasenwälzformen kann man in keinem der beobachteten Fälle von echten Girlandenböden sprechen, da sich die beschriebenen Bewegungs- und Verlagerungsvorgänge auf Flächen von weniger als einem m^2 be- schränken und keine großflächigen Blaiken ergeben.

Schließlich sei auf die reichlichen Vorkommen von Blockmeeren in der baumfreien Region verwiesen, die als Anhäufungen von grobem, undif- ferenziertem Trümmermaterial ohne schuttliefernde Rückwand im Val Vegorness besonders zwischen 1800 und 2500 m NN Flächen bis zu meh- reren $100 m^2$ bedecken können. Sie weisen in der subalpin-alpinen Stufe stets einen dichten Felsflechten- und gelegentlich sogar Zwergstrauchbewuchs auf, so daß sie als Relikte vorzeitlicher Wan- derschuttdecken angesehen werden müssen. Oberhalb 2150 m am N-Hang und 2350 m am S-Hang gibt es auch aktive Wanderschuttdecken, deren Blockmaterial sowohl aus Sturzhalden stammt (z.B. auf den Verebnungs- terrassen zwischen Lago und Pizzo Barone bei 2560 m, oberhalb Alpe Trecc bei 2350 m und westlich des Lago Porcheir bei 2200 m) als auch durch mechanische Verwitterung direkt am Entstehungsort vorliegt (un- mittelbar südlich des Lago Barone bei 2390 m und im Gipfelbereich südwestlich des Pizzo Barone bei 2730 m).

Weitere Periglazialformen wie Strukturböden, Erdstreifen, Bülden- böden und Erdströme konnten im Val Vegorness nicht gefunden werden.

2.6.2.2. Beurteilung der Oberflächenabspülung

Nach der Klassifikation der Massenverlagerungs-Typen in den Alpen von W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER (1972) gehört die Oberflächen- abspülung zu den langsamen bis schnellen, direkt wahrnehmbaren Mas- senschurf- und Massentransport-Bewegungen. Damit steht sie von der Verlagerungsgeschwindigkeit her gesehen zwischen den sehr rasch ver- laufenden Sturzereignissen der Lawinen oder der Steinschläge und den sehr langsamen, quasiviskosen Kriechvorgängen der Solfluktionspro- zesse.

Bei Erosionsschäden an der Bodenoberfläche treten im Hochgebirge neben der Abspülung durch fließendes Wasser oder der Windauswehung verstärkt Schneeschurf-Einwirkungen als Abtragsmechanismen hinzu, wobei Bäume, Hangknicke oder Narbenversatz als Ansatzstellen dienen (W. LAATSCH, 1974). Grundsätzlich ist die Intensität der Oberflächenabtragung von der Pflanzenbedeckung und der Befestigung des Bodens durch Wurzeln abhängig. Auf wenig bewachsenen Flächen spielen für Verlagerungen des Feinmaterials die Korngrössenzusammensetzung des Bodens, Struktur und Gefügestabilität, Wasseraufnahmefähigkeit und der Skelettanteil eine entscheidende Rolle. Exposition, Relief-form, Hangneigung und Oberflächenrauigkeit kommen als morphologische, Niederschlagsintensität, Schneedecke und Wind als klimatische Faktoren hinzu (näheres s. G. RICHTER, 1965).

Blaikenbildung als Folge von Oberflächenabtrag wurde im Val Vegor-ness lediglich an einem unbeweideten Hangabschnitt unterhalb des Pizzo Scinghin in der Nähe des Passo Campala angetroffen, ist im Untersuchungsgebiet also ausgesprochen selten. Die daraus abzuleitende hohe Stabilität gegen Bodenerosion dürfte in erster Linie auf die relativ üppige, auf unbewachsenen Stellen rasch aufkommende Vegetation zurückzuführen sein. Diese Tatsache läßt sich gut an Bodenverletzungen entlang des Weges zwischen Corte di fondo und Piodo feststellen, wo gerade nach Viehauf- bzw. abtrieb an einigen Stellen kleine Rutschungen entstehen können. Bereits im nachfolgenden Jahr werden derartige Barflecken wieder überwachsen und zwar vorwiegend mit Festuca- und Calamagrostis-Rasen, die die ehemaligen Barstellen versiegeln.

Auch die edaphischen Faktoren wirken sich günstig auf die Bodenstabilität aus. Insbesondere betrifft dies die hohe Wasserpermeabilität des Bodens (vgl. Kap. 3.3.). Aber auch der hohe prozentuale Skelett- und Sandanteil bei lockerer Einzelkorn- bis Kohärentstruktur (vgl. Kap. 3.1.) steht einer raschen Zerschlämmung und dadurch erleichterten Transportierbarkeit des Feinmaterials entgegen. Schließlich kommt noch die geringe Austrocknungsgefahr der Böden hinzu, die auf eine beträchtliche Wasserhaltekapazität zurückzuführen ist. Einer Verdichtung und einer erhöhten Abspülung ist somit entgegengewirkt. Das bedeutet jedoch nicht, daß es bei der erheblichen Niederschlagsintensität und Starkregenhäufigkeit keinen oberflächlichen Abfluß gibt. Auf Grund des sehr dichten Gewässernetzes (vgl. Kap. 2.4.2.)

und zahlreicher episodisch durchflossener Rinnen wird das Hangwasser allerdings sehr bald aufgenommen und linear weitergeführt. Einzig bei der Schneeschmelze kann es lokal zu Feinmaterialverlagerungen durch Schmelzwasser kommen, und zwar an Stellen, an denen oberflächlich verlaufende Spitzausgänge durch die aufliegende Schneedecke während des Winters zusammengebrochen sind und im Frühjahr Angriffsflächen für einen geringfügigen Abtrag bieten (s. Foto 3). Daß es sich dabei um Tiergänge handelt, geht aus freigelegten Crocuszwiebel-Depots hervor, die vereinzelt bis 1800 m ü.M. zu finden sind (vornehmlich im *Nardetum strictae*).

Insgesamt gesehen ist auch die Windauswehung recht unbedeutend, wobei wiederum die Korngrößen- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens einem äolischen Abtrag entgegenstehen.

Die Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, daß weder intensiv genutzte noch brachgefallene Almflächen pauschal als Gebiete erhöhter Bodenerosion anzusprechen sind (G. HARD, 1976 und W. ZIELONKOWSKI, 1974; vgl. a. Kap. 5.5.4.). Sowohl die rasche Versiegelung des Bodens durch einen dichten Wurzelfilz der Pflanzen, speziell durch das weit verbreitete *Nardus stricta*, als auch die günstigen edaphischen Bedingungen stehen bei normaler Beanspruchung durch das Weidewieh einer erhöhten Erosionsgefährdung entgegen.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß an mehreren Stellen mit vergleichbaren natürlichen Gegebenheiten im Sopraceneri auf vergangenen Weideflächen Erosionsblaiken festzustellen sind. Es handelt sich dabei ausschließlich um Gebiete, auf denen im Zusammenhang mit der Extensivierung der Almwirtschaft grössere Schafherden ohne Aufsicht weiden (z.B. im Val della Porta und am Ghiridone bei Brissago). Bekanntlich beanspruchen gerade die spitzen Zehen der Schafe die Grasnarbe im hohen Maße, so daß nach Versatz der Pflanzendecke Angriffsflächen für Abtragungsvorgänge gegeben sind. Es sei also abschliessend betont, daß aus den negativen Erfahrungen durch die Schafbeweidung für das Untersuchungsgebiet und die weitere Umgebung entsprechende Konsequenzen gezogen werden sollten (Begrenzung der Stoßzahlen und Bestoßungszeiten).

3. BODENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Bestimmungsfaktoren für die Bodentypenabfolge

Auf Grund der einheitlichen petrographischen Verhältnisse ergeben sich für das ganze Untersuchungsgebiet Korngrößenverteilungen, die kaum variieren. Das granulometrische Dreiecksdiagramm (Abb. 9) unterstreicht diese Tatsache deutlich, denn die Einteilung nach dem Vorschlag der Ämter für Bodenforschung zeigt, daß alle Proben in die Körnungsklasse uS = lehmiger Sand fallen. Trotz der gleichartigen Petrographie des Ausgangsgesteins ist die große Homogenität der Korngrößenverteilung überraschend, da die Proben aus Bereichen aller Klimastufen und damit verschiedener Verwitterungsformen stammen. Der hohe Skelettanteil deutet auf eine schwach ausgeprägte chemische Verwitterung hin, obwohl das Gestein z.T. geschiefert ist und viel Glimmer enthält. Besonders ungünstig sind offensichtlich die Bedingungen für eine Tonbildung, so daß die kompakten Glimmerschiefer und Gneise höchstens zu einem sandig-schluffigen Grus zerfallen (vgl. P. BLASER, 1973, S. 318). Der allen Böden gemeinsame hohe Skelettanteil liegt nirgendwo unter 20 Gew.%.

Für die chemische Verwitterung spielen vor allen Dingen organische Säuren als auch der niedrige pH-Wert des Ausgangsgesteins eine erhebliche Rolle (saure Hydrolyse). Mit zunehmender Höhe nimmt die physikalische Frostverwitterung zu. Es konnte jedoch keinerlei Abhängigkeit zwischen granulometrischer Zusammensetzung und Meereshöhe festgestellt werden. Ebenso ist für die Fraktionen unter 2 mm kein nennenswerter Verteilungsunterschied zwischen Kolluvien und Erosionsstellen zu erkennen.

Die Böden im Val Vegorness zeichnen sich größtenteils durch einen sehr hohen Humusanteil aus, wobei die organische Substanz bis in die tiefsten Horizonte verlagert wurde und bis zum Ausgangsgestein eine starke Verbraunung des Bodens verursacht hat. Insgesamt ist mit zunehmender Meereshöhe ein steigender Anteil der organischen Substanz festzustellen, der in der alpinen/subnivalen Stufe allmählich wieder abnimmt. Der Humusgehalt-Anstieg bis zur oberen subnivalen Stufe läßt sich leicht mit dem geringer werdenden mikrobiellen Abbau erklären. Nach GANSSEN (zit. in SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1970, S. 74) hängt die Zunahme der organischen Substanz vor allem mit den erhöhten Niederschlägen und den dadurch bedingten anaeroberen Verhältnissen zusammen. Daneben wirken sich die ungünstigen thermischen Bedin-

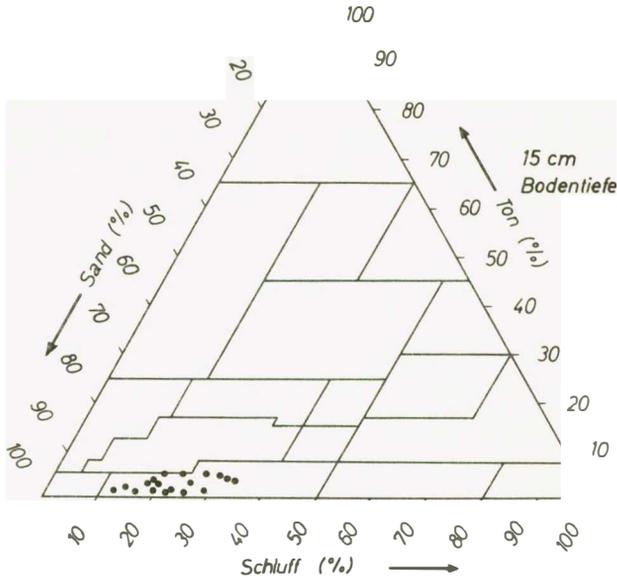


Abb. 9: Granulometrisches Dreiecksdiagramm mit Eintragungen der Korngrößenverhältnisse von 19, z. T. in Abb. 10 vorgestellten Böden aus ca. 15 cm Bodentiefe. Die Gruppierung zeigt eine Konzentration in der Körnungsklasse "lehmiger Sand".

ungen und die Schneedeckenandauer negativ auf die Zersetzung aus. Oberhalb der Maximalstufe des Humusgehaltes verursacht die rasche Verringerung der Stoffproduktion, letztlich der gesamten Phytomasse, einen Rückgang der organischen Substanz.

Die Vegornesser Böden zeichnen sich durch eine geringe Lagerungsdichte aus, wie die niedrigen Volumengewichte zeigen:

Tab. 2: Volumengewichte und Humusgehalte ausgewählter Böden (-10 cm)

Meereshöhe	Bodentyp	g/cm^3	Humusgeh.	Pfl.-Ass
920 m	Wiesen-Braunerde	1,18	7 %	Fettwiese
1095 m	Ranker	1,0	11 %	<i>Nardetum</i>
1320 m	Ranker	0,87	17 %	<i>Nardetum</i>
1505 m	Ranker	0,83	20 %	<i>Nardetum</i>
1640 m	Ranker	0,76	28 %	<i>Calamagrost.</i>
1830 m	Humuspodsol	0,68	42 %	<i>Rhoderetum</i>
2000 m	Ranker	0,64	28 %	<i>Nardetum</i>
2750 m	alpine Rasenbraunerde	1,20	8 %	<i>Curvuletum</i>

Das große Porenvolumen, das durch den erheblichen Humusanteil bei geringem Zersetzungsgrad und demzufolge sperrig-lockerem Gefüge beeinflusst wird, hat eine überdurchschnittlich Wasseraufnahmekapazität zur Folge. Neben einem allgemein gesicherten Haftwasseranteil ist in fast allen Fällen eine hohe Wasser-Permeabilität und Durchlüftung gewährleistet, worauf in Kap. 3.3. genauer eingegangen wird. Zusammen mit dem hohen Niederschlag- und Schmelzwasserangebot werden die Böden im Val Vegorness also normalerweise durch einen hohen Feuchtegehalt charakterisiert.

3.2. Die vorherrschenden Bodentypen

Durch die im vorigen Kapitel skizzierten einheitlichen Voraussetzungen für die Bodenbildung im Val Vegorness ergibt sich eine verhältnismäßig einfache Abfolge von Bodentypen, die sich hauptsächlich in der Bodentiefe und -mächtigkeit unterscheiden. Auf Grund der starken Reliefenergie ergibt sich allerdings ein rascher Wechsel verschiedener Typen der gleichen Bodengesellschaft, der aber meist nur auf kurzer Distanz eine charakteristische Bodentypenabfolge beinhaltet. Einfache Catenen dieser Art lassen sich z.B. in Rundhöckerlandschaften der oberen subalpinen Stufe erkennen, wo sich von windgeschorenen Buckeln mit kaum entwickelten, wechsell-trockenen Rohböden über flachgründigen podsoligen Braunerden bis zu tiefgründigen Übergangsformen zwischen alpinen Rasenbraunerden und Pseudogleyen fließende Übergänge verfolgen lassen. Teile der von I. NEUWINGER und A. CZELL (1961) für die Tiroler Zentralalpen genauer beschriebenen ökologischen Bodenreihen (Wärme-, Wind-, Schnee- und Feuchtereihe) mit typischen Pflanzengesellschaften sind in etwas abgewandelter Form auch im Untersuchungsgebiet zu erkennen. Sie liegen jedoch selten in vollständiger Abfolge vor, da die enge Kammerung des Reliefs fast immer zu einer Unterbrechung solcher Serien führt.

Für eine Überblickskartierung der Böden des Val Vegorness ist das Bodenmosaik entschieden zu engmaschig, denn einzelne Flächen umfassen nur wenige m². Davon abgesehen ließe sich eine solche Kartenaufnahme kaum verwirklichen (schlechte Erreichbarkeit weiter Gebiete, schwierige Bestimmung ohne Profilgrabungen). Eine stark generalisierte und dadurch wenig praxisbezogene Bodenkarte wäre also keinesfalls mit einer Aufnahme der realen Vegetation in Bezug zu set-

zen, die sich auch aus größerer Distanz und mit Hilfe von Luftbildern erstellen läßt.

Bei dem folgenden Überblick werden die Bodentypen vom unentwickelten bis zum fortgeschrittenen Reifestadium vorgestellt, womit gleichzeitig eine annähernde Höhenstufung gegeben ist. Daneben weisen einige Bodentypen ein weites Vertikalspektrum auf, besonders einfache Rohböden und Ranker, die sowohl in Gipfellagen als auch über Talgrund -Alluvionen auftreten.

Obere alpine und subnivale Stufe

In den Fels- und Schuttpartien der oberen alpinen und subnivalen Stufe herrschen sehr flachgründige, skelettreiche (A-)C-Böden mit spärlichem Flechten- und Moosbewuchs vor, die nach W. KUBIENA (1948) zu den alpinen Rohböden (R⁰mark) zu zählen sind. Unter dicht bewachsenen Krummseggenrasen können aber auch in großen Höhen mittelgründige Ranker auftreten, die an wenigen Stellen zu alpinen Rasenbraunerden mit deutlich erkennbarem B-Horizont überleiten (Abb. 10).

Mittlere alpine Stufe

Bei weitgehend geschlossenem Rasenbewuchs sind in der mittleren alpinen Stufe flach- bis mittelgründige Ranker und im gleichen Maße alpine Rasenbraunerden typisch. Im Bereich der Pettanetto-Verebnungen und der flacheren Übergänge zu den Bedretto-Terrassen des Tal-schlusses, also bei Alpe Barone, Alpe Porcheir, aber auch in Fornä, Cognora und Trecc sind die Entwicklungsbedingungen von den Hangneigungsverhältnissen her durchweg günstiger als an den steileren Partien unterhalb des Bedretto-Systems. Die Böden weisen daher in weiten Bereichen der alpinen Stufe ein höheres Alter und Reifestadium auf als in den Weide- und Zwergstrauch-Gebieten der subalpinen Stufe, so daß die Mächtigkeit an den meisten Stellen mehr als 30 cm beträgt und die Horizontabfolge mit einer deutlichen A-B-C-Gliederung eine ungestörte, säkulare Entwicklung anzeigen. Reste fossiler Podsole, die für die alpinen Rasenbraunerden der Zentralalpen typisch sein können (I. NEUWINGER, 1967), waren im Untersuchungsgebiet nicht auszumachen. An steileren Hängen von mehr als 20° Neigung führen Rasenabschälungen stellenweise zu Umlagerungen des Materials, so daß hier eine Bodenentwicklung stark gehemmt ist (s. Kap. 2.6.2.1.). Über Schutthalden und anstehendem Fels herrschen schließlich wieder einfache alpine Rohböden bzw. Skelettböden vor. - Da diese unreifen Entwicklungsstadien azonal sind, also auch in den tiefer gelegenen

Gürteln auftreten, wird bei den folgenden Stufen-Beschreibungen nicht gesondert auf entsprechende Vorkommen hingewiesen.

Obere subalpine und untere alpine Stufe

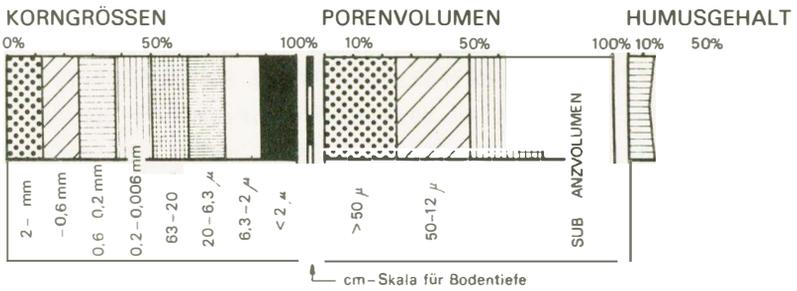
Im Bereich der natürlichen und wirtschaftsbedingten Strauch- bzw. Weideformationen im Wald- und Baumgrenzbereich läßt sich nach H. PALLMANN und P. HAFFTER (1933) über Silikatböden eine stark vom Relief abhängige Podsolzone ausscheiden. Flach- bis mittelgründige Humuspodsole scheinen für die Rhodereten und Nardeten in den Zentralalpen typisch zu sein; im Untersuchungsgebiet und auch in den umliegenden Tälern sind sie jedoch weniger offensichtlich, obwohl die klimatischen Voraussetzungen für eine Podsolierung gegeben sind (hohe Niederschlagsmengen und niedrige Jahresmitteltemperaturen). Das heißt jedoch nicht, daß die Podsolierung im oberen Val Verzasca geringer ist als in den Zentralalpen. Nach P. BLASER (1973) ist für die sandigen Silikatböden im südlichen Sopraceneri eine Maskierung der Horizonte durch die dunkle organische Substanz charakteristisch, was bei dem hohen Humusgehalt und der intensiven Braun- bis Schwarzfärbung der Böden in der subalpinen Stufe auch für das Val Vegorness vermutet werden darf. Nur an wenigen Stellen konnte ein deutlich sichtbarer Bleicherde-Horizont festgestellt werden, der unter Alpenrosenheiden am besten ausgeprägt zu sein scheint. Auf Grund des hohen Anteils an organischer Substanz in den stets dunkel gefärbten Illuvialhorizonten kann für die moosreichen, spät auspernden Zwergstrauchheiden mit *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium*-Arten ein (Eisen-) Humuspodsol vermutet werden.

Den dichten Alpenrosenbeständen stehen die schüttereren, vergrasteten Zwergstrauchheiden gegenüber, bei denen eine Podsolierung höchstens mit einer schwachen Bleichung angedeutet ist, meistens lediglich durch eine weitere dunkle Humusanreicherung im B-Horizont ersichtlich wird. In diesem Falle wäre allenfalls von einer podsoligen Braunerde zu sprechen, wobei jedoch betont werden muß, daß im Übergang zu Borstgrasweiden schon braune Ranker ohne erkennbare Podso-

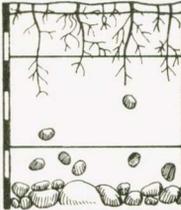
Abb. 10: Bodenkennwerte von drei ausgewählten Profilen. Erklärung der Diagramme s. n. S. oben. Erfasst sind neben der Horizontbezeichnung die pH-Werte, die Farbwerte n. MUNSELL und die Pflanzengesellschaft des Standortes mit den bestimmenden Pflanzenarten. Jeweils unten links proz. Korngrößenverteilung, in der Mitte Verteilung der Porengröße und des Substanzvolumens, rechts proz. Anteil an organischer Substanz.

Legende zu den Profilen der Abb. 10:

Station	Höhe ü. NN	Hangexposition	Hangneigung		
cm					
10	Bodenprofil	Pflanzenassoziation u. häufigste Pflanzen			
20		Tiefenlage der Horizont-Grenzlinien	Horizon ezeichnung		
30				pH - rte	
40					Farbwerte in Munsell
50					
60	der Horizonte				



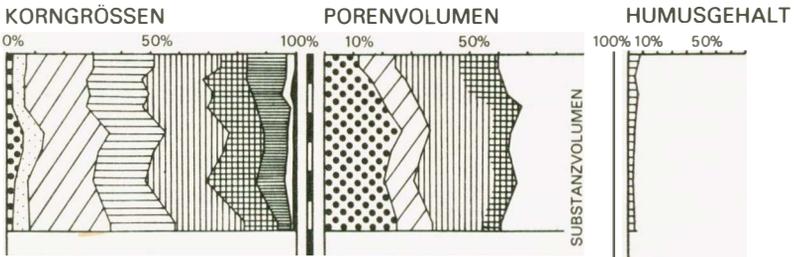
Nr. 1 920 m



Süd ca. 1°

Gebirgsfettwiese der Polygono-Trisetion
Ger. pratense, Trig. pratense, Sil. vulgaris, Nd. stricta

- ca. 3 cm	O _{f-h}	5,6	10 YR 4/2-3
- ca. 18 cm	A _h	5,8	10 YR 5/2
- ca. 48 cm	B _h	5,7	10 YR 5/3
- ca. 60 cm	B _v	6,2	10 YR 5/6
ab ca. 60 cm	C _v		



(Text der Abb. 10 siehe S. 47)

Nr. 8

1 530 m

Süd

ca. 5°



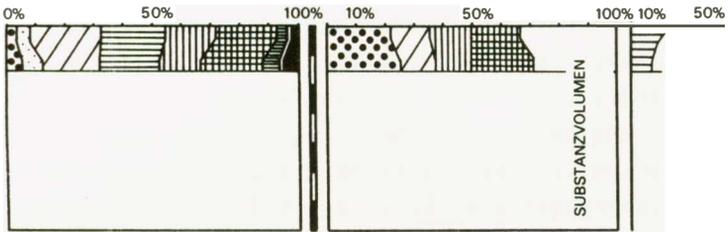
Nardetum strictae *Nel. stricta, Poa alpina, Ach. muschata*

- ca. 4 cm	O _f	5,2	7,5 YR 3/2
- ca. 15 cm	A _h	4,6	5 YR 3/4
ab ca. 15 cm	C _n		

KORNGRÖSSEN

PORENVOLUMEN

HUMUSGEHALT



Nr. 18

2 550 m

SSE



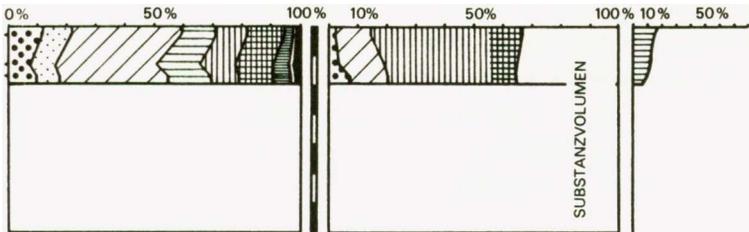
Luzuletum spadiceae *Luz. spadicea, Ach. pentaphyltea, (Salicetum herbaceae) Poa alpina, Sal. herbacea, Polyfr. se.x.*

ca. 4 cm	O _{f-h}	3,8	5 YR 3/2
ca. 14 cm	A _h	3,9	5 YR 3/2
ca. 18 cm	B _v	4,0	2,5 YR 3/2
ab ca. 18 cm	C _n		

KORNGRÖSSEN

PORENVOLUMEN

HUMUSGEHALT



lierung vorherrschen. Gerade die trockenen subalpinen *Nardeten* zeichnen sich im Val Vegorness durch einfache A-C-Profile ohne wesentliche vertikale Veränderungen im Humusgehalt und in der Färbung aus (Abb. 10, S.49). In der feuchten *Nardetum*-Variante mit Zugwasser-Beeinflussung im Untergrund kann an der Obergrenze des Oxidationsbereiches eine ganz leichte Bleichung mit verringertem Humusgehalt vorkommen, was auf eine Übergangsform zum Pseudogley hindeutet.

Untere subalpine Stufe

Im Vergleich zur oberen subalpinen Stufe sind die Böden der unteren wesentlich einheitlicher. Diese Tatsache hängt mit der geringeren Kleinreliefierung zusammen, die auch in der homogeneren Pflanzenbedeckung zum Ausdruck kommt. Dazu dürfte die jahrhundertelange intensive Weidenutzung des Gebietes mit einer parallellaufenden Offenhaltung des Geländes eine Rolle spielen, so daß eine säkulare natürliche Entwicklung der Böden unterblieb - nicht zuletzt als Folge der besonders starken Lawineneinwirkung mit Zerstörungen der Vegetationsdecke und Umlagerungen bzw. Schürfungen des Bodenmaterials. Die Böden sind meist ausgesprochen flachgründig und zwar nicht nur unter den Borstgrasweiden, sondern auch über den mit lichtem Pionierwald und Grünerlengebüsch besiedelten Blockschuttmassen. Bei allen untersuchten Böden wurde eine einfache A-C-Abfolge festgestellt, so daß die nach H. PALLMANN und P. HAFFTER (1933) und W. KUBIENA (1948) zu erwartenden podsolierten Braunerden und Eisenpodsole nicht nachgewiesen werden konnten.

Montane Stufe

Ähnlich wie für die *Nardeten* der unteren subalpinen Stufe sind auch in der montanen Stufe für die Wirtschaftswiesen der Maiensäßregion flachgründige Ranker vorherrschend. Dies ist insofern nicht weiter erstaunlich, als die äußeren Bestimmungsfaktoren ähnlich sind: auch hier überwiegen *Nardeten*, die auf den Schutthalden, Seitenmoränenresten und Schwemmfächern sehr stark durch Großlawinen-Niedergänge strapaziert werden. - In den Sonogno nahegelegenen Flußaufschotterungen größeren Ausmaßes sind die Böden dagegen tiefgründiger. Ihre Genese wird seit Jahrhunderten von Menschen durch regelmäßige Düngung beeinflusst und gesteuert. Es handelt sich um Wiesen-Braunerden mit einer günstigeren biologischen Aktivität, wie die relativ gute Humus-Zersetzung (Kap. 3.5.) bei gleichmäßiger Verlagerung der organischen Substanz bis in den untersten B-Horizont verdeutlicht (Abb.

10, S.49). Trotz der starken Aufhellung des B_V -Horizontes kann wegen des unveränderten Humusgehaltes nicht von einem Auswaschungshorizont gesprochen werden; für die Farbgebung ist vielmehr das unterlagernde helle Ausgangsgestein verantwortlich.

Von den Böden der naturnahen Buchenbestände liegen keine Laboruntersuchungen vor. Im Gelände wurden *Fageten* sowohl über flachgründigen Rankern auf Schutthalden, als auch auf tiefgründigen Braunerden mit mullartiger Humusaufgabe am Haldenfuß festgestellt. Ob es sich dabei tatsächlich um Braunerden handelt, läßt sich makroskopisch und auch mit den für die abgebildeten Bodenproben durchgeführten Untersuchungsmethoden nicht eindeutig nachweisen. Nach P. BLASER (1973, S. 297) ist der podsolige Charakter der insubrischen (Kastanien- und) Buchenwaldböden erst durch die Bestimmung der Sesquioxidverteilung im Profil ersichtlich, da die intensive Braunfärbung in allen Abschnitten auch einen evtl. Auswaschungshorizont überdeckt. Demnach könnte es sich bei den tiefgründigen, braunen Böden der Buchenwälder im Val Vegorness auch um Ockerpodsole bzw. Krypto-Humuspodsole ohne sichtbaren Bleichhorizont handeln.

Die vorstehende systematische Einordnung der Vegornesser Böden macht deutlich, daß die pedogenetischen Prozesse von äußeren Faktoren bestimmt werden, im vorliegenden Fall maßgeblich vom Geländeklima und damit auch von der Schneebedeckung. Auf Grund der einheitlichen petrographischen Ausgangsmaterialien kann ein Großteil der beschriebenen Bodentypen nach H. PALLMANN Und P. HAFFTER (1933) in der sogenannten "Humussilikatserie" zusammengefaßt werden.

3.3. Die Auswirkungen der organischen Substanz auf die Bodenstruktur, Wasserkapazität und Luftdurchlässigkeit silikatischer Gebirgsböden.

Auch wenn die Permeabilität und Kapazität von Luft bzw. Wasser primär an die bodenart-spezifischen Porengrößenverhältnisse gebunden sind, so zeigen gerade die unreifen Ranker und Braunerden im Val Vegorness den indirekten Einfluß des Humusgehaltes und der Humusform auf die physikalischen Bodeneigenschaften. Allein von der Korngrößenverteilung und den Porengrößenverhältnissen her wären die 20 untersuchten Böden als trocken zu klassifizieren. Berücksichtigt man die hohe Niederschlagsintensität bei gleichzeitig relativ kurzer

Niederschlagszeit, so wäre immer noch mit lediglich wechsellrockenen bis wechselfrischen Böden zu rechnen. Ergebnisse der regelmäßigen Wassergehaltsbestimmungen stehen dieser Hypothese jedoch entgegen, denn selbst nach längeren niederschlagsfreien Perioden, die im Untersuchungsgebiet höchstens ein bis zwei Wochen andauern, zeigten Messungen mit einem Calcium-Carbid-Gerät stets mehr als 25 Gew. % Bodenfeuchte an (vgl. Abb. 11). Minimalwerte dieser Größenordnung sind insbesondere für leichte Sandböden mit grundsätzlich erhöhter Permeabilität erstaunlich. So deuten bei den größtenteils mechanisch nicht stark beanspruchten Böden Hohlräumvolumen zwischen mindestens 55 % und maximal 90 % auf eine hohe Durchlässigkeit hin¹. Lediglich der oberste Horizont einer Viehtreite bei Cabioi zeigt mit 49 % Gesamt-Porenvolumen eine für das Val Vegorness überdurchschnittliche Verdichtung, obwohl dieser Prozentsatz im Vergleich zu normalen Böden keineswegs niedrig zu nennen ist.

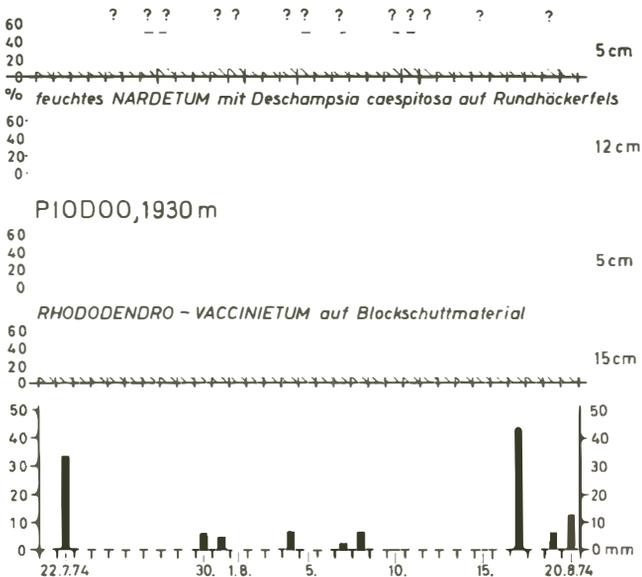


Abb. 11: Bodenfeuchtegang im Hochsommer 1974 auf zwei verschiedenen Standorten in Piodoo. Unten: Tagessummen der Niederschläge im gleichen Zeitabschnitt. An den Tagen mit Fragezeichen (ganz oben) wurde nicht gemessen, die Werte (in Gew. %) wurden interpoliert.

¹ Insgesamt wurden von 57 Horizonten jeweils drei bis vier Proben untersucht. Untersuchungsmöglichkeiten mit Membran-Drucktöpfen und Pyknometern wurden freundlicherweise am Bodenkundlichen Inst. Bonn gewährt. Frau E. Kruse und Herrn Dr. D. Schroeder sei für ihre Hilfe bei den Laborarbeiten gedankt.

Der Anteil an großen und kleinen Grobporen ist jedoch nicht so hoch, wie die Korngrößenzusammensetzungen vermuten lassen. Denn während die Sandfraktionen stets 70-85 % des Substanzvolumens ausmachen, umfaßt der Grobporenanteil am gesamten Hohlraumvolumen in keinem Fall mehr als 70 %, nur in sieben Fällen mehr als 45 % und in zwölf Fällen weniger als 45 %, wovon bei fünf Proben der Anteil der Grobporen sogar unter 30 % des Intergranularraumes liegt. Berücksichtigt man ferner den relativ hohen Gehalt an Feinporen unter 0,2 μ m, der mit 15-20 % bei den drei abgebildeten Bodenprofilen keineswegs den in allen Fällen sehr geringen Ton- und Feinschluff-Bestandteilen entspricht, so kommt man zu dem Schluß, daß für die Böden des Val Vegorness die übliche Korrespondenz zwischen Korngröße und Porengrößenverteilung nicht zuzutreffen scheint.

Über den unmittelbaren Einfluß der organischen Substanz auf die Bodendurchlüftung und -feuchtigkeit sind in der vorliegenden Literatur kaum direkte Angaben zu finden. Bei SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1970, S. 232) wird darauf hingewiesen, daß organische Substanz im ähnlichen Maße wie Ton die Saugspannungswerte des Bodenwassers beeinflusst. Diese Feststellung, die darauf schließen läßt, daß Humus verstärkt Wasser bindet, wird durch Untersuchungen über die Auswirkungen von Torfdüngung auf den Wasserhaushalt des Bodens unterstützt (vgl. M. GORDON, K.L. HENSELER, H. WICHMANN, 1965 sowie H. KUNTZE, 1968 a und b). Nach J. NIGGEMANN (1969) wächst im Sandboden mit zunehmenden Grade einer hygrophil wirksamen Düngung der Feuchtegehalt bei Feldkapazität stärker an als das Gesamtporenvolumen - was wiederum eine Verringerung des luftführenden Grobporen-Anteils zur Folge hat. Die erwiesene Verbesserung der Wasserspeicherung durch Torf und andere organische Düngemittel läßt sich ohne weiteres auf die stark humosen bis anmoorigen Böden des oberen Verzascatales übertragen. Gerade die Böden, die auf Grund ihrer Pflanzenbesiedlung auf große Feuchtigkeit bzw. Nässe hindeuten (z.B. Profil in Abb. 10, S. 49) zeichnen sich durch einen besonders hohen Anteil an Mittel- und Feinporen aus. Die Feldkapazität ist also in diesen Böden groß, so daß ein beträchtlicher Teil des Niederschlagswassers wie in einem Schwamm festgehalten wird. Da die Abgabe nach unten eingeschränkt ist, kommt es an solchen Stellen bald zu oberflächlichem Abfluß, der jedoch bei dem hohen Prozentsatz an plastisch verformbarer Humussubstanz nicht zwangsläufig zum Bodenabtrag führen muß, zumal es gerade

auf den humusreichsten - d.h. schneenassen Muldenböden des *Luzuletum spadiceae*, *Polytrichetum sexangularis* und *Salicetum herbaceae* wegen der geringen Neigungsgrade ohnehin nicht zu hohen Fließgeschwindigkeiten kommen kann.

Bei den Proben aus den *Nardeten*, *Rhodereten* und *Curvuleten* wirkt sich der hohe Humusgehalt jedoch positiv auf die Erhöhung des Haftwasseranteils aus. Daß mit der Steigerung der gesamten Feldkapazität neben dem nutzbaren, pflanzenverfügbaren Wasser auch der Totwassergehalt zunimmt, muß als negative Randerscheinung gewertet werden, die allerdings weniger stark ins Gewicht fällt.

J. NIGGEMANN (1969) weist nach, daß auf schweren Tonböden organische Torfdüngung grundsätzlich die Durchlüftung wesentlich stärker begünstigt als die Wasserspeicherung, während bei Sandböden die Luftpermeabilität zugunsten der Feldkapazitäts-Erhöhung leicht herabgesetzt wird (s.o.). Die Abnahme des luftführenden Porenvolumens ist in Bezug auf die Ertragsleistung von Sandböden oft wünschenswert, da auf diese Art und Weise neben der Verbesserung der Wasserversorgung einer zu schnellen Mineralisierung der organischen Substanz sowie einer zu raschen Stickstoffumsetzung entgegengewirkt werden kann. Eine rasche Mineralisierung ist bei den überdurchschnittlichen C-Gehalten der Vegornesser Böden allerdings ohnehin nicht gegeben, zumal einer schnellen Nitratbildung die relativ kurze Zeit biologischer Aktivität entgegensteht. In nassen Böden mit besonders hohem Humusanteil ist vielmehr mit einem Sauerstoffmangel zu rechnen, was neben einer Denitrifikation von $\text{NO}_3\text{-N}$ wiederum die Zersetzung durch Mikroorganismen, gerade durch stickstoffumsetzende Bakterien, beeinträchtigt und das Wurzel- und Sproßwachstum der Pflanzen durch eine Verringerung der Wasser- und Nährstoffaufnahme hemmt; der xeromorphe Charakter z. B. von *Deschampsia caespitosa* ist leicht durch diese physiologische Trockenheit zu erklären. Daneben muß zur Vermeidung einer schädlichen Zusammensetzung der Bodenluft ein dauernder Austausch mit der bodennahen Luftschicht vorhanden sein: die Luftpermeabilität als Faktor für die Diffusion des Gasaustausches von Kohlendioxid und Sauerstoff ist also in den Vernässungsgebieten des oberen Verzascales ebenfalls nicht gewährleistet. In den frischen bis feuchten Böden des Untersuchungsgebietes ist dagegen die Durchlüftung auf Grund des hohen Gesamtporenvolumens ausreichend, so daß der hohe Humusgehalt wegen der Bereitstellung von Wasserspeichern durchaus positiv zu bewerten ist. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß das Gesamtporenvolumen und damit die Auflockerung des Bodens nach H. KUNTZE (1968,

S. 132) "... durch steigende Mengen wenig zersetzten Hochmoortorfes ..."; der dem Rohhumus im Untersuchungsgebiet am nächsten kommt, "... stärker erhöht wird als durch gleiche Mengen stark zersetzten Hochmoortorfes

3.4. Saugspannung und Permeabilität des Bodenwassers

Zwar beweist der in Abb. 11 dargestellte Verlauf der Bodenfeuchtigkeit während einer für Tessiner Verhältnisse trockenen Periode im Hochsommer 1974 zusammen mit ähnlichen Meßergebnissen im Gebiet von Corte della Pianca die hohen Feuchtigkeitsreserven der Vegornesser Böden, über die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers ist damit jedoch noch nichts gesagt. Im Spätsommer und Frühherbst 1975 sollten daher Saugspannungsmessungen der Ermittlung der Bindungsfestigkeit des Wassers dienen. Zu diesem Zweck wurden Schlauch-Tensiometer¹ in Sonogno bei Profil St.Nr. 1 (Abb. 10) und in Corte di fondo an 4 Stellen, z. B. bei Profil St.Nr. 8 installiert, deren keramische Zellen 12 cm unter der Bodenoberfläche eingebracht waren (vgl. Abb. 12 und 13).

In der in Abb. 12 dargestellten Gegenüberstellung wird für Corte della Pianca die Veränderung der Wasserspannung durch eine besonders rasche Reaktion auf das Wettergeschehen charakterisiert, die sich gegenüber den Werten von Sonogno in einer stärkeren Schwankung und größeren Amplitude der Saugspannungskurve niederschlägt. In keinem der untersuchten Böden waren während der Meßperiode übermäßig hohe Werte der Saugspannung auszumachen. Selbst der in Abb. 13 festgehaltene Anstieg auf 360 cm/WS (= pF 2,6) am 11.9.75 im Lärchenwald von Capraia weist auf einen recht schwachen vegetativen Verbrauch von Bodenwasser hin. Im Vergleich zu Tensiometermessungen in anderen Gebieten Mitteleuropas, wo z.B. in normalen Braunerden, Parabraunerden, Pseudogleyen über Löß oder auch in Sandböden während der Sommermonate Werte von 800 cm/WS (= pF 2,9: Welkepunkt) in 15 cm Tiefe häufig überschritten werden, dürfen die Maximalwerte im Untersuchungsgebiet als ausgesprochen niedrig angesehen werden (vgl. z.B. A.D. SCHEGIEWAL, 1976 und K.H.HARTGE, 1967). Damit dürfte für die Vegornesser Böden erwiesen sein, daß die Verfügbarkeit des Bodenwassers für die Pflanzen nicht als ein Minimumfaktor anzusehen ist.

1

Modell Völkner, Krefeld

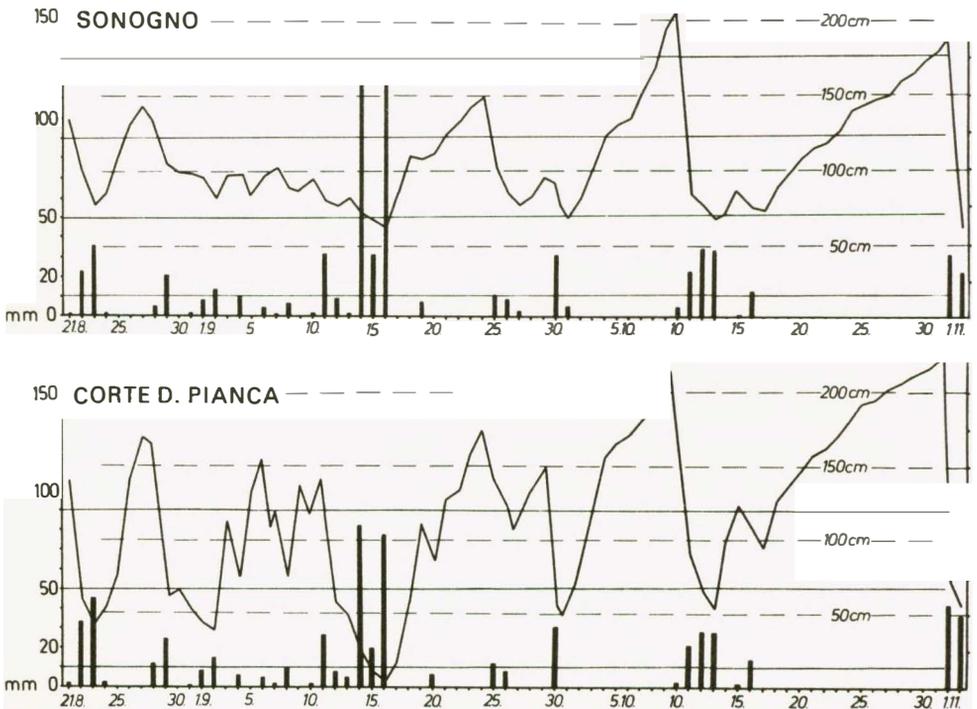


Abb. 12: Vergleichende Gegenüberstellung der Saugspannung in 15 cm Bodentiefe (in cm/Wassersäule) und der Niederschläge. Oben: Fettwiese in Sonogno. Unten: Borstgrasweide in Corte della Pianca. Meßperiode: 21. August - 2. November 1975.

Die geringe durchschnittliche Saugspannung und die schwach ausgeprägten Schwankungen finden vor allem in der Niederschlagshäufigkeit eine Erklärung. Dies geht auch aus dem Vergleich in Abb. 13 hervor, wobei die relativ höchsten Schwankungen der Saugspannung im Lärchenwald von Capraia als Folge der durch Interzeptionsverluste herabgesetzten Regenwasser-Zufuhr anzusehen sind. In diesem Fall können edaphische Faktoren als Bestimmungsmerkmal für die Unterschiede im Kurvenverlauf vernachlässigt werden, da gegenüber den waldfreien Böden der Standorte 1, 2 und 4 der Abb. 13 in den Korngrößenverteilungen, im Porenvolumen oder im Humusgehalt keine wesentlichen Abweichungen festzustellen sind.

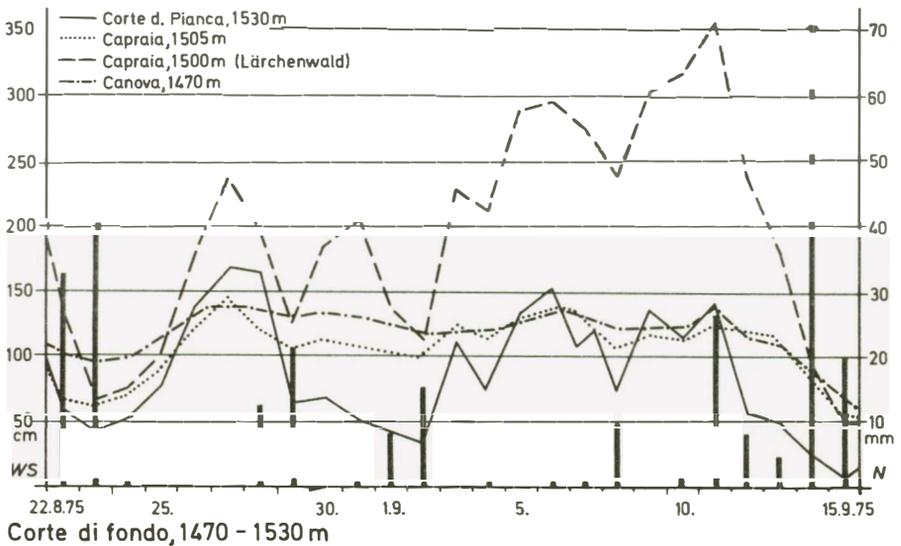


Abb. 13: Vergleichende Gegenüberstellung der Saugspannungskurven an vier verschiedenen Standorten bei Corte di fondo in Abhängigkeit von den täglichen Niederschlägen. Corte della Pianca: magere Borstgrasweide. Capraia: Borstgrasweide mit Alpen-Rispengras. Capraia: Lärchenwald. Canova: Borstgrasweide mit Wacholder- und Heidelbeer-Bewuchs.

Anders verhält es sich allerdings bei einer vergleichenden Interpretation der Meßergebnisse von Sonogno mit denen von Corte della Pianca. Zwar sind auch bei diesen beiden Profilen die Korngrößenverteilungen und Porengrößenverhältnisse ähnlich, der Boden von Sonogno zeichnet sich jedoch durch einen geringeren Humusgehalt, durch einen dichteren Pflanzenbewuchs und durch eine größere Bodenmächtigkeit aus. Diese drei Faktoren sind wahrscheinlich für das höhere Saugspannungsminimum verantwortlich, was mit einer geringeren Wassersättigung des Bodens gleichzusetzen ist. Denn während im Boden von Corte della Pianca nach den starken Niederschlägen vom 14. - 16.9.75 alle Poren mit Wasser gefüllt sind, weist der stetige Unterdruck im Standort 1 auf Luft-einschlüsse bzw. Hohlräume mit Adsorptionswasser hin. Nach diesen Ausführungen und nach den Bodenfeuchtigkeitswerten in Abb. 11 darf für die Böden des Untersuchungsgebietes trotz der ungünstigen Bodentextur eine ausreichende Haltekapazität des Bodenwassers angenommen werden.

Für die Wasserpermeabilität sind dementsprechend keine allzu hohen Werte zu erwarten, da sich unter normalen Umständen eine gute Haltekapazität und eine rasche Infiltration widersprechen. Die rasche Abflußreaktion im Vegornesser Gewässernetz (vgl. Kap. 2.4.3.) ohne nennenswerten Oberflächenabfluß spricht jedoch gegen eine langsame Infiltrationsgeschwindigkeit des Niederschlagswassers. Aus diesem Grunde wurde für die Beurteilung des Sickerwasserdurchflusses an allen Stechzylinderproben die Permeabilität der Böden bestimmt¹. Die vorliegenden Messungen sollen lediglich eine Orientierung ermöglichen, da bei der Fülle der Faktoren, die die Permeabilität beeinflussen, der gegebene Versickerungsquerschnitt der Stechzylinderproben höchstens vergleichenden Betrachtungen genügen kann. Maßgebliche Einwirkungen auf die Wasserdurchlässigkeit liegen vor allem im Gefüge und Markoporensystem, in der Durchwurzelung, Humusform und zoogenen Auflockerung sowie in der Quellung und Schrumpfung des Bodens.

Mit einer Versickerungskapazität zwischen 20 und 6400 mm/cm³/h bzw. kf-Werten zwischen $5,6 \times 10^{-4}$ und $1,7 \times 10^{-1}$ ist die Streuung der Meßwerte hoch (vgl. Abb. 14). Dies deutet auf die Komplexität der die Infiltration beeinflussenden Faktoren hin. Korrelationsberechnungen zwischen Makroporenanteil, Humusgehalt oder Grobsandanteil einerseits und kf-Werten andererseits zeigen keinen unmittelbaren Zusammenhang. Auch innerhalb der einzelnen Bodenprofile kann keine Beziehung zwischen den einzelnen Faktoren und einer veränderten Permeabilität festgestellt werden. Während also ohne weiterführende Untersuchungen die Ursachen der hohen Werte-Streuung lediglich mit der Verschiedenartigkeit der Wirkungsmechanismen erklärt werden können, geben die Infiltrationsmessungen dennoch Aufschluß über die Versickerungsgeschwindigkeiten. Im allgemeinen ist für die Vegornesser Böden eine starke bis extreme Durchlässigkeit typisch, die vor allem texturbedingt ist. Dies bezieht sich auf das überdurchschnittlich hohe Gesamtporenvolumen, das sich vorwiegend aus den durch Humus bedingten Mittel- und Feinporen sowie den vorwiegend texturbedingten Grobporen zusammensetzt. Der relativ große Anteil an Poren $> 12 \mu$ verursacht dagegen die starke Wasserdurchlässigkeit.

Zwar weist diese bei K. H. HARTGE (1961 genauer beschriebene Untersuchungsmethode nach E. KOPP (1965, S. 81) normalerweise erhebliche Abweichungen der Meßergebnisse gegenüber den genaueren aber auch aufwendigeren Infiltrometer- und Neutronensonden-Messungen auf, die Fehlerquelle ist jedoch seiner Ansicht nach gerade bei sandigen Böden relativ gering und damit vertretbar.

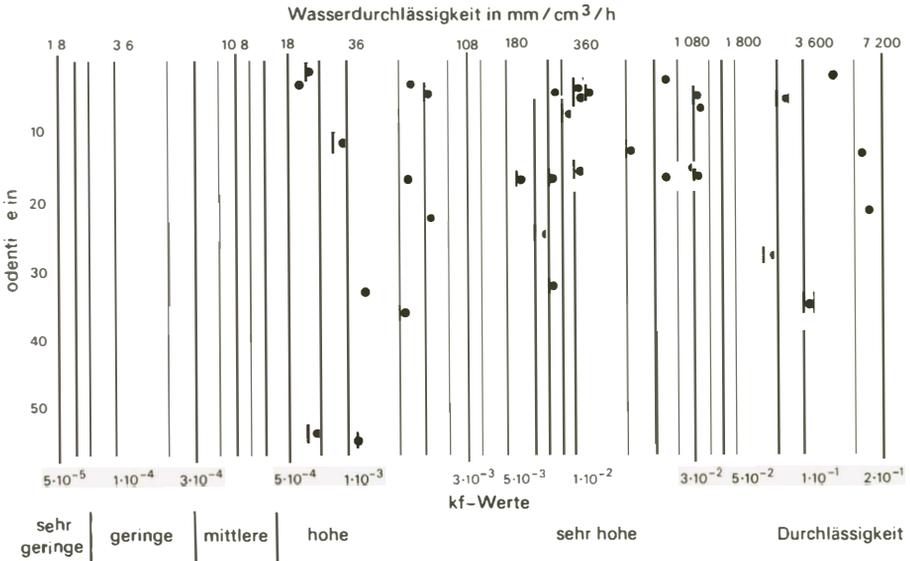


Abb. 14: Versickerungsgeschwindigkeiten des Bodenwassers von 50 Proben aus 19 Profilen zwischen 920 und 2750 m NN. Meßwerte in Durchlässigkeit $\text{mm}/\text{cm}^3/\text{h}$ und als kf-Werte.

3.5. Trophie, Säuregrad, Humusform und Nährstoffgehalt als Bestimmungsfaktoren der biologischen Aktivität der Böden im Val Vegorness

Von den Hauptfaktorenkomplexen wirkt das Ausgangsgestein mit dem darüber befindlichen Mineralboden direkt auf die Intensität der biologischen Aktivität ein, während sich Klima, Relief, Vegetation und Bewirtschaftung indirekt auswirken, d.h. über die Bodenfaktoren. Hinsichtlich der speziellen Verhältnisse im Val Vegorness werden die genannten Faktoren erläutert und kurz bewertet, bevor die Beziehungsmerkmale näher analysiert werden:

1. Substrateigenschaften:

- sandig-lehmige Bodenart
- geringe Gründigkeit und niedriger Entwicklungsgrad
- gute Durchlüftung

Die gute Durchlüftung auf Grund des grobkörnigen Bodens hat eine ungehemmte Bodenatmung zur Folge (positive Auswirkung auf biologische Aktivität)

2. Chemismus des Mineralbodens

Die starke Acidität des Silikatgesteins sowie verstärkte Sauerhumusinfiltation beinhalten geringe Basengehalte und Basensättigungswerte (negative Auswirkung auf biologische Aktivität)

3. Physikalische Bodeneigenschaften und Bodenwasser

Die hohe Wasserhaltekapazität durch übermäßige Humusanreicherung führt stellenweise zu anmoorigen Böden (negative Auswirkung auf biologische Aktivität). In den meisten Fällen ist das Verhältnis zwischen Wasserpermeabilität und -haltekapazität jedoch ausgeglichen, so daß der Bodenwasserhaushalt als relativ günstig für die Förderung der biologischen Aktivität zu bezeichnen ist.

Für die folgenden Analysen der vorherrschenden Humusformen und Nährstoffgehalte, die über die Bestimmung der C/N-Verhältnisse zu einer Charakterisierung der Trophieverhältnisse führen soll, dienen die Ausführungen von E.v.ZEJSCHWITZ (1968) als Grundlage.

Die Untersuchungen der C/N-Verhältnisse wurden an Bodenproben von sechs Standorten durchgeführt, die als repräsentativ für die vorherrschenden bzw. charakteristischen Pflanzengesellschaften gelten können. Alle Proben stammen aus dem Oberboden im Grenzbereich zwischen O- und A_h-Horizont, also aus ca. 4-10 cm Tiefe. Sie sind somit mit den Ergebnissen von T. PEER und H. HARTL (1967) vergleichbar, da hier die gleichen Profilabschnitte besondere Berücksichtigung finden.

Die Bodenreaktion wurde durch elektrometrische Messung des lufttrokkenen Bodens in wässriger Suspension bestimmt (vgl. L. STEUBING, 1965). - Der Anteil an organischer Substanz, hier mit dem Humus gleichgesetzt (vgl. SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1970), wurde durch zweistündiges Glühen im Muffelofen ermittelt, so daß eine Berechnung des Kohlenstoff-Gehaltes möglich wurde:

$$C \quad \frac{\text{Gew. \% / org. Subst.}}{1,724}$$

Für die Gesamtstickstoff-, Ammonium- und Nitratbestimmung sei auf die Arbeit von SCHULZE-RETTMER und JAWARI (1976) verwiesen ¹

Die Stickstoff-Analysen wurden von Herrn Jawari, Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, durchgeführt, dem hierfür herzlich gedankt sei.

Einmalige Stickstoffbestimmungen wie die in Tab. 3 dargestellten Untersuchungsergebnisse sollen hier v.a. einer vergleichenden Gegenüberstellung charakteristischer Böden dienen. Für eine öko-physiologische Betrachtungsweise wären regelmäßige Meßabfolgen notwendig, damit Aussagen über die jahreszeitlich wechselnde Nachlieferung mineralisierten Stickstoffes möglich sind (H. ELLENBERG, 1964).

Tab. 3: Kohlenstoff- und Stickstoff-Werte von sechs Bodenproben im Val Vegorness

Ort	Pflanzengesellschaft	Höhe in m	org.Subst. in %	pH
1. Sonogno	<i>Polygono-Trisetion</i>	915	3,9	5,8
2. Pintrecc	montanes <i>Nardetum</i>	975	9,3	4,7
3. Canöv	subalp. <i>Nardetum</i>	1460	22,1	4,3
4. Pipa	<i>Rhoderetum</i>	1830	6,4	4,5
5. A.Barone	<i>Curvuletum</i>	2225	18,9	3,7
6. A.Barone	<i>Poa supina</i> -Faxrasen	2170	33,3	5,6

	C Gew. %	N _{tot} mg/100g	Gew. % v. N _{tot}			C/N
1. Sonogno	2,3	194	4,4	18,5	77,1	11,6
2. Pintrecc	5,5	122	4,5	19,9	75,6	44,4
3. Canöv	13	301	10,6	3,9	85,5	42,5
4. Pipa	3,8	252	12,9	18,3	68,8	14,8
5. A.Barone	11,1	272	14,9	2,2	82,9	40,3
6. A.Barone	19,4	751	34,5	3,3	62,2	25,7

Trotz der beschriebenen strukturellen, petrographischen und hydrologischen Ähnlichkeit der Vegornesser Böden deuten die Angaben in Tab.3 erhebliche Differenzen im Nährstoffangebot an. Als Ursachen sind daher weniger die genannten Bodenfaktoren als vielmehr externe Wirkungskomplexe verantwortlich zu machen. Die Unterschiede im Chemismus sind primär an die Schneedeckendauer, die Bewirtschaftungsintensität und das Lokalklima gebunden, wobei diese Faktoren wiederum die ebenfalls beeinflussende Vegetation bestimmen.

Bei einem Vergleich der C/N-Werte fällt auf, daß alle Trophiegrade zwischen eutroph und ausgesprochen dystroph vertreten sind. Dabei weisen die weiten Bereiche der ungleichmäßig, lediglich durch das Vieh gedüngten Almweiden-*Nardeten* und -*Curvuleteten* mit ihren stark bis sehr stark saueren Rohhumus-Auflagen die ungünstigsten C/N-Verhältnisse auf, die oberhalb 40:1 liegen. Grundsätzlich deuten derartige weite Verhältnisse auf schlecht zersetzbare Lignine hin, die nur schwer von Mikroorganismen angegriffen werden können. Trotzdem scheint das Ausmaß der N-Mineralisierung, also die Umwandlung von organische in anorganische N-Verbindungen, recht hoch zu sein. Hierfür spricht der überraschend hohe Anteil ammonifizierten und nitrifizierten Stickstoffes, der bei den drei *Nardetum*- bzw. *Curvuletum*-Proben zwischen 14 und 25 Gew.% v. N_{tot} liegt. Der N-Mineralisierung, speziell der Nitrifizierung, kommt durch die Freisetzung von N aus normalerweise recht stabilen organo-mineralischen Komplexen eine erhöhte Bedeutung zu, da nun der schwächer gebundene anorganische Stickstoff für den erneuten Einbau in die Körpersubstanz anderer Organismen verfügbar wird (N-Immobilisierung). Der Mineralisierungsprozess ist an verschiedene eiweißzersetzende Organismen gebunden, wobei Rhizobien (v.a. bei Leguminosen) und Actinomyceten (Mycorrhiza, z. B. bei *Alnus*-Arten und den meisten Ericaceen) eine besondere Bedeutung zukommt. Die Freisetzung anorganischen Stickstoffes, die in den Fettwiesen (23 %), Alpenrosen-Heiden (31 %) und Lägerfluren (38 %) in noch stärkerem Maße gegeben ist als in den Almweiden (vgl. Tab.3) scheint also in den Vegornesser Böden durchaus gewährleistet zu sein.

Das ungünstige C/N-Verhältnis ist also auf den zu hohen Kohlenstoff-Anteil zurückzuführen, keineswegs auf eine ungenügende Stickstoffbildung durch Mikroorganismen. Die biologische Aktivität scheint in den schneefreien Jahresabschnitten eher überdurchschnittlich zu sein, wird allerdings in der kalten Jahreszeit stark eingeschränkt. Nach T. PEER und H. HARTL (1976, S. 365) kommt es in der ersten warmen Frühjahrsperiode zu einer sprunghaften Ammonifizierungszunahme, bei der die im Winter angesammelten Eiweißprodukte rasch zu NH_4 -N abgebaut werden ("Vernalisation"). Eine Abhängigkeit zwischen Stickstoffmenge und Länge der Schneedeckendauer ist allerdings nicht zu erkennen, denn zufälligerweise sind gerade in den beiden tiefstgelegenen

Entnahmestellen die niedrigsten N_{tot} -Werte festzustellen. Im Vergleich zu den sauren und extrem dystrophen *Nardeten* und *Curvuleten* deutet der Faxrasen bei Alpe Barone mit einem C/N-Verhältnis von 25,7 bereits auf meso-oligotrophe Trophiegrade hin. Entsprechend ist die Zersetzung im Oberboden in allen Lägerwiesen weiter fortgeschritten als in den mageren Almweiden. Typisch für die Alpenampfer- oder Faxrasen-Gesellschaften ist ein schmieriger, sehr dunkler rohumusartiger Moder, der auf Grund des überdurchschnittlichen Humusgehaltes eine hohe Wasserkapazität zeigt. Natürlich ist für das günstigere C/N-Verhältnis nicht der hohe C-Gehalt ausschlaggebend sondern vielmehr der hohe N-Anteil, der im Vergleich zu den übrigen Böden mit 7514 mg/kg den bei weitem höchsten Wert erreicht. Mit fast 38 % N nimmt auch der anorganische Stickstoff einen sehr hohen Anteil am Gesamt-Stickstoff ein, was - nicht zuletzt wegen der relativ geringen Boden-Acidität - auf eine intensive biologische Aktivität schließen läßt. Die Tatsache, daß Lägerfluren extrem nitrophil sind, ist hinreichend bekannt, zumal die charakteristischen Pflanzen *Rumex alpinus*, *Poa supina*, *Aconitum paniculatum* und *Chenopodium bonus-henricus* als ausgesprochene Stickstoff-Anzeiger gelten, die an den Rast- und Melkplätzen des Viehs auf übermäßige natürliche Düngung schließen lassen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß der Stickstoffreichtum und damit die entsprechenden Pflanzengesellschaften noch viele Jahrzehnte nach Aufgabe der Almwirtschaft bestehen bleiben, so daß Lägerfluren längst verfallene Almgebäude schon von weitem ankündigen (z.B. Sprügh, Forna und obere Trecc). So spricht B. STOSS (1970, S. 38) im Zusammenhang mit der Sukzessions-Stabilität von nitrophilen *Deschampsietum caespitosae*-Lägerfluren nach jahrzehntelanger Weideschonung im Ofenpaß-Naturschutz-Gebiet auch nicht von einem Inventarwechsel der Pflanzenarten sondern nur von einer angedeuteten Inventarerweiterung mit einer Artenverlagerung zum *Festucetum rubrae*.

Das eu-mesotrophe C/N-Verhältnis von 14,8 im *Rhododendro ferrugineae* ist bei der relativ schlechten Zersetzbarkeit der xeromorphen Alpenrosen- und Beerenheide-Blätter weniger gut zu erklären. Im vorliegenden Fall ist vor allen Dingen der geringe C-Gehalt erstaunlich, während der vergleichsweise hohe N-Wert auf das in *Rhododendron*-Beständen reichlich vertretene Pilzmycel zurückzuführen ist. Hinsichtlich der Bindung freien Luftstickstoffes an Ericaceen durch Mycorrhizapilze sei auf die Arbeit von M.C. RAYNER (1922) verwiesen. Die hohe biolo-

gische Aktivität im Oberboden der podsoligen Braunerde wird wiederum durch den hohen anorganischen N-Anteil bezeugt.

Die jährlich gedüngte Fettwiese in Sonogno weist erwartungsgemäß eutrophe Verhältnisse auf. Der raschen Zersetzung und Mineralisierung der Humusstoffe entsprechend liegt hier mit einer Mullaufgabe im Oberboden die günstigste Humusform vor. Der Anteil an anorganisch gebundenen Stickstoff ist im Vergleich zu den übrigen Proben nicht übermäßig hoch, zumindest was die Ammonifizierungs-Prozesse betrifft. Dies wird jedoch durch eine hohe Nitrifizierungsrate ausgeglichen, so daß gerade die für Pflanzen am leichtesten verfügbaren Nitrate reichlich vorhanden sind. Der hohe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalt deutet auch auf eine geringe Auswaschungsintensität durch Sickerwasser hin, da er wegen seiner chemischen Eigenschaften grundsätzlich weniger stark im Boden gebunden ist als $\text{NH}_4\text{-N}$. Trotz des niedrigen C/N-Verhältnisses, das also mit dem geringen C-Gehalt zu erklären ist, ist die Reaktion des gesamten Bodens (vgl. Probe-Nr. 1, Tab. 3) lediglich mäßig bis schwach sauer. Der relativ niedrige pH-Wert des Bodens ist also auch durch regelmäßige Düngung schwer zu neutralisieren.

Im Vergleich mit den Angaben anderer Autoren liegen die eigenen C/N-Werte für die *Nardeten*, das *Curvuletum* und *Rumicetum* ziemlich hoch, während das *Rhododendron ferrugineae* eher relativ niedrigere Werte zeigt:

T. PEER u. H. HARTL (1976)	<i>Nardetum</i>	zwischen 18 und 28
	<i>Curvuletum</i>	zwischen 21 und 31
	Lägerflur	zwischen 13,5 und 14,5
	<i>Rhoderetum</i>	zwischen 18 und 39
I. NEUWINGER u. A. CZELL (1961):	<i>Nardetum</i>	zwischen 10 und 12
	<i>Rhoderetum</i>	zwischen 11 und 24

Daß gerade die Nardeten so große Abweichungen aufweisen, dürfte auf Expositionsunterschiede zurückzuführen sein; denn während die beiden Proben aus dem Val Vegorness dem Talgrund entstammen, wurden die zitierten Vergleichsproben an Südhängen genommen. Nach H. REHDER (1971) sind warme, apergünstige Hanglagen für eine verstärkte Stickstoff-Anreicherung prädestiniert, was sich auch im Untersuchungsgebiet in einem höheren Leguminosen-Anteil dokumentiert.

4. KLIMATISCHE UNTERSUCHUNGEN

4.1. Niederschlag

4.1.1. Auswertung langfristiger Niederschlags-Messungen im oberen Verzascatal im Vergleich zu ausgewählten Stationen eines N-S-Profiles durch die Alpen

Zur Charakterisierung der Niederschlags-Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden Mittelwerte von Stationen im Tessin und der Alpennordseite denjenigen von Frasco (2 km südlich von Sonogno) gegenübergestellt. Dabei sind die Jahrgänge 1961 - 1970 berücksichtigt, da die acht für die Fragestellung interessanten Stationen nur über diesen relativ kurzen Zeitraum gleichzeitig betreut wurden. Für die Vergleiche sind folgende auf einem N-S-Profil gelegenen Orte herangezogen worden: Fescoggia (853 m) und Airolo (1167 m) als Beispiele für den Süd- und Nordtessin; Goeschenen (1111 m), Gurtnellen (739 m) und Einsiedeln (914 m), die als Stationen auf der Alpennordseite zu denen des Tessin in Höhe und orographischer Lage analog sind, wobei insbesondere Frasco und Gurtnellen gegenübergestellt werden; San Gottardo (2190 m) und Guetsch (2288 m) als Höhenstationen in den Zentralalpen, um die Unterschiede im Grenzgebiet zwischen den beiden Niederschlagsregionen Süd- und Nordalpen herauszustellen. Der Vergleich der jährlichen Niederschlags-Menge zeigt, daß die südlichen Tessiner Stationen auf Grund der niederschlagsproduktiven Staulagen höhere Werte aufweisen als diejenigen der Alpennordseite. Bezeichnender sind jedoch die Unterschiede der monatlichen Niederschlagssummen, wobei einmal die größere jahreszeitliche Amplitude und insbesondere der relativ trockene Winter im Tessin auffällt, zum anderen die wesentlich höhere Variabilität der Monats- und Jahres-Mittel.

Die Tabelle zeigt neben der Gegenüberstellung der prozentualen Verteilung der Niederschläge während des Winters und des Sommers die Standardabweichungen der Monats-Mittelwerte im Verlaufe des Jahres: dabei ergibt sich für Frasco eine Variabilität der Niederschlagsmittel, die mehr als dreimal höher als diejenige von Gurtnellen liegt. Eine besonders hohe Standardabweichung ist für die beiden Süd- bzw. Mitteltessiner Stationen festzustellen, während bereits in Airolo die Unterschiede zwischen den Monatsmitteln geringer sind. Neben

den hohen Jahresmitteln durch großräumige Staulagen-Einwirkungen ist also für die weitere Umgebung des Untersuchungsgebietes auch die starke Schwankung in den Monatssummen charakteristisch, die z. T. durch häufig auftretende Gewitter- bzw. Starkregen verursacht werden. Der außerordentliche Einfluß von gußartigen Niederschlägen in Frasco geht aus Abb. 15 hervor, in der die durchschnittlichen Niederschlagssummen pro Niederschlagstag aufgezeigt sind.

Tab. 4: Niederschlags-Variabilität der ausgewählten Stationen, 1961 - 1970

	Verteilung		S _j	Quotient Max.:Min.- Monatswerte
	Dez.-Feb.in %	Juli-Sep.in%		
Fescoggia	11,0	30,4	67,3	5,0
Frasco	11,1	31,1	74,8	5,7
Airolo	16,1	25,6	45,5	3,2
San Gottardo	24,3	19,7	40,0	2,8
Guetsch	27,7	20,8	31,2	2,2
Goeschenen	22,9	23,6	23,5	1,9
Gurtnellen	24,4	28,1	23,0	2,5
Einsiedeln	20,6	31,3	44,5	3,1

Die prozentuale Verteilung der Jahresniederschläge wird aus Abb. 16 ersichtlich. Für das Gebiet um Sonogno sind zwei Niederschlagsmaxima typisch, nämlich im späten Frühjahr und im frühen Herbst (vgl. a. Abb. 17). Auf der Alpennordseite ist bei einem eindeutigen Niederschlagsmaximum im frühen Sommer der Herbst dagegen verhältnismäßig trocken. Deutlich geht aus der Darstellung die winterliche Trockenperiode im Tessin hervor, die sich von S nach N allmählich abschwächt. Der als Wetterscheide fungierende Zentralalpenkamm weist bereits eine recht gleichmäßige jahreszeitliche Verteilung der Niederschlagsmengen auf.

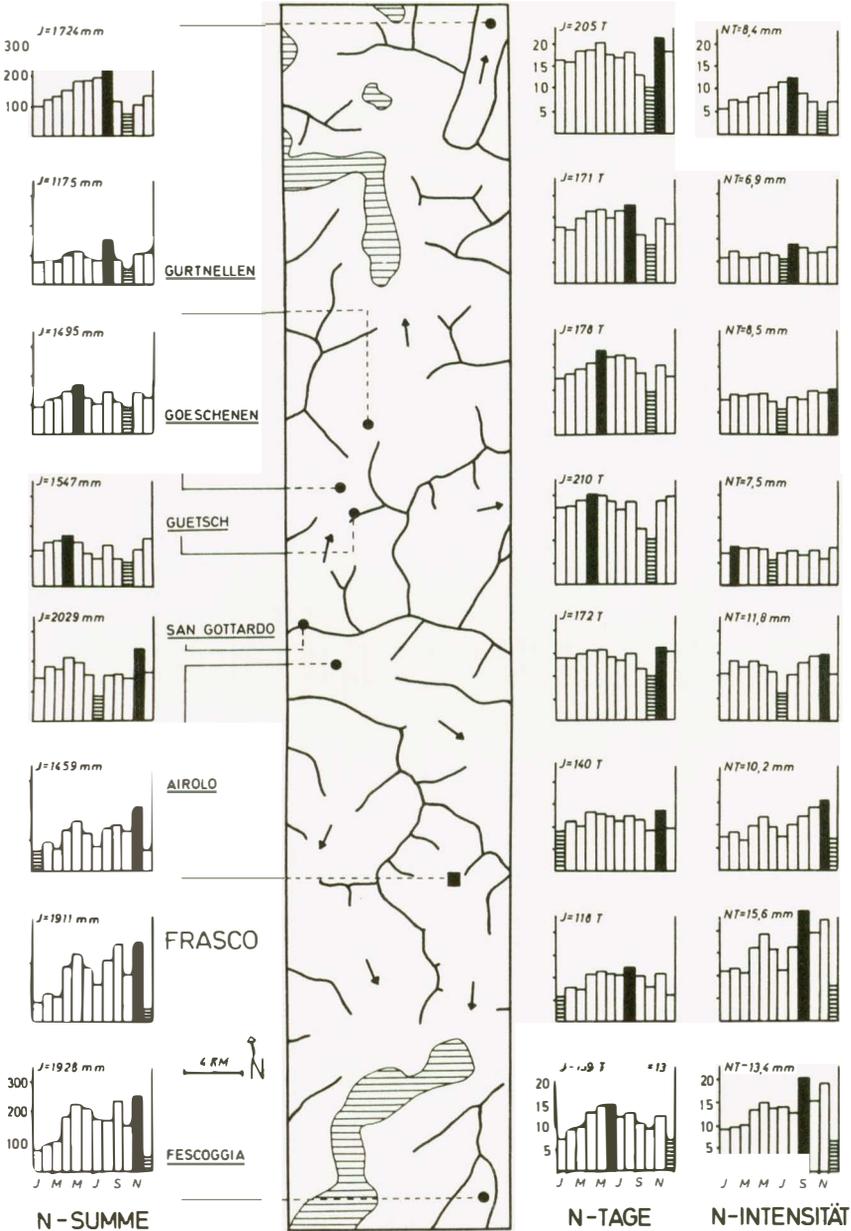


Abb. 15: Durchschnittliche Niederschlagssummen, Niederschlagstage und Niederschlagsintensitäten der Monate an acht Stationen auf einem N-S-Profil durch die Alpen. Die Station Frasco repräsentiert das obere Verzascaltal.

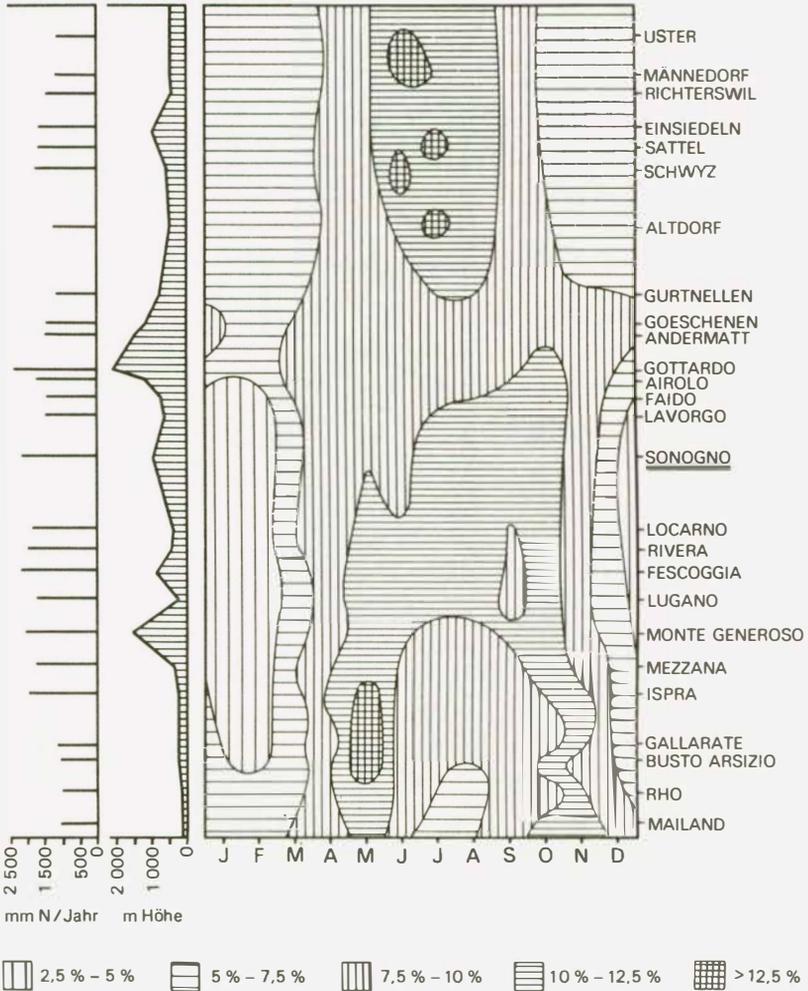


Abb. 16: Isolinien des proz. Anteils der Monate am durchschnittlichen Gesamtniederschlag eines Jahres in einem N-S-Profil über die Alpen. Ganz links die durchschnittlichen Jahresniederschläge, rechts daneben die Höhenlagen der Stationen.

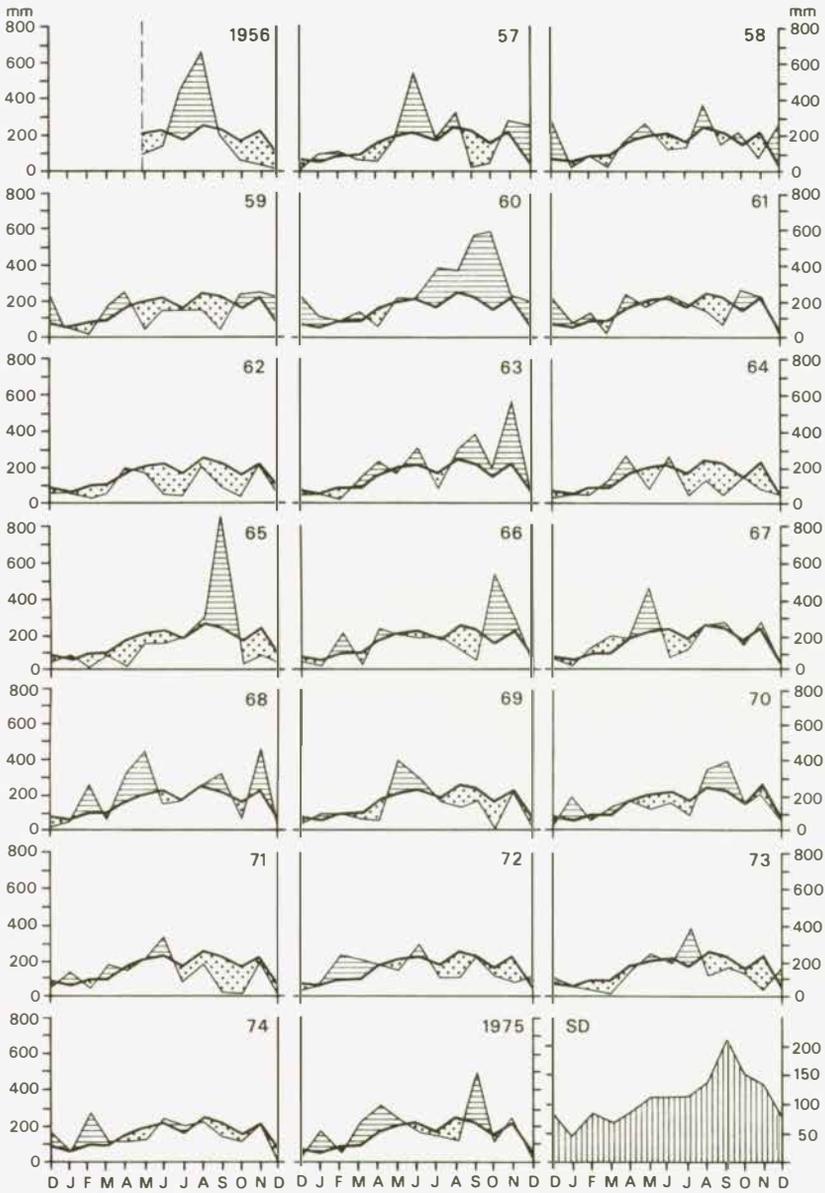


Abb. 17: Monatliche Niederschlagssummen der Stationen Frasco zwischen 1956 und 1975. Unten rechts: Standardabweichungen der Monatswerte.

4.1.2. Abweichungen vom normalen Niederschlagsgradienten im Untersuchungsgebiet

Über die Fehlerquellen bei Regenmessungen im Hochgebirge informieren D. HAVLIK (1969, S. 9 ff.), E. PRUTZER (1967) und B. SEVRUK (1972). Strömungs- und Einfalleffekt können Abweichungen von mehr als 30 % umfassen. Bei der Aufstellung der Regenmesser im Val Vegorness wurde auf eine vergleichbare Position im Gelände geachtet, indem alle Meßgeräte offen exponiert auf ebene Flächen placiert wurden. Trotzdem dürfte es mit der höhenwärts zunehmenden Windstärke zu Ungenauigkeiten bei den Meßwerten hochgelegener Stationen gekommen sein, auch wenn bei Geländebegehungen im Regen fast nie starke Luftbewegungen festzustellen waren.

In Bezug auf eine genauere Bestimmung der Niederschlagsverhältnisse im Val Vegorness muß vorweggenommen werden, daß sich die knapp anderthalbjährige Meßreihe als entschieden zu kurz erwies. Somit können die eigenen Ergebnisse nur in Relation zu anderen, längerfristigen Untersuchungen gesetzt werden. Hierbei bietet sich vor allem die Arbeit von E. GRÖTTER (1967) an, dessen Niederschlagsmessungen immerhin auf einer 8jährigen Beobachtungsperiode basieren.

Die durchschnittlichen Jahresniederschläge zeigen für die 23 Verzaser Stationen eine annehmbare lineare Abhängigkeit von der Meereshöhe, die nach E. GRÖTTER (1967, S. 61) pro 100 m Höhenzunahme bei einem Niederschlagsgradienten von 5 cm liegt.¹ Noch eindeutiger wird eine Korrelationsrechnung, die sich nur auf "die Stationen in der Hauptzugsstraße der Niederschläge" bezieht, also bei Ausschaltung extremer Luv- und Lee-Lagen. Der Koeffizient liegt dann bei 0,95. Sieht man sich E. GRÖTTERS Ergebnisse für das Val Vergoness an, so steigen die Werte der Jahresniederschläge bei einem Höhenunterschied von rel. 1900 m zwischen Sonogno und Pizzo Barone von ca. 2000 mm/N auf ca. 2600 mm/N an (E. GRÖTTER, 1967, S. 58, Karte 6).

Der Anstieg der durchschnittlichen Niederschlagsmenge mit zunehmender Höhe wird bei D. HAVLIK (1969 und 1975) erklärt. So ist für die West-

¹ $x = 0,05 y + 164 / r = 0,769$
wobei x = Höhe in NN
und y = mm/N ist.

alpen bis zu einer Höhe von mindestens 3500 m eine Niederschlagszunahme statistisch gesichert, wobei für die Niederschlagsbildung der angebotene Wasserdampf als Produkt der spezifischen Feuchte und der Windgeschwindigkeit eine entscheidende Rolle spielt. Der Maximalwert des Wasserdampftransportes tritt bei zyklonaler Luftmassenverwirbelung im 700 mb-Niveau und darüber auf (D. HAVLIK, 1969, S. 59).

Die durchschnittliche Zunahme der Jahresniederschläge mit der Höhe besagt natürlich noch nichts über Abweichungen bei bestimmten Wetterlagen. So fällt besonders für den Tessin das häufige Auftreten von Gewittern stark ins Gewicht. Hierzu stellt D. HAVLIK (1975, S. 8) für Wärmegewitter eine Umkehr des "normalen" vertikalen Niederschlagsgradienten fest, also einen Niederschlagsüberschuß der Talstationen im Vergleich zum Hochgebirge. Er führt diese Tatsache darauf zurück, daß an Tagen mit Wärmegewittern in der Höhe eine viel geringere horizontale Windgeschwindigkeit herrscht als bei zyklonalem Witterungsgeschehen, womit die vertikale Umsetzung des Wasserdampfes die horizontale übertreffen kann.

Für das Val Vegorness können einige Beispiele mit starken Konvektivschauern angeführt werden, die recht deutlich die "Inversion" der vertikalen Niederschlagsverteilung wiedergeben:

Tab. 5: Niederschlagssummen nach Gewittern an sieben Stationen im oberen Val Vegorness in den beiden Sommern 1974 und 1975. Maximum, Minimum (in mm)

	13./14.7. 1974	7./8.8. 1974	17./18.7. 1975	14. 9. 1975	16. 9. 1975
890 m Frasco	116,7	<u>67,4</u>	<u>104,9</u>	147	122
935 m Sonogno	<u>129,9</u>	50,6	63,5	<u>157,6</u>	166,6
1080 m Cabioi	122,9	27,2	<u>58,0</u>	151,8	<u>184,8</u>
1330 m Ciüppa	128	25,9	82,4	114,8	121,2
1540 m Corte d. Pianca	116,2	22,6	90,6	96	94
1940 m Piodoo	108,3	10,2	86,1	93	78
2565 m Lago Barone	<u>94,7</u>	<u>8,9</u>	72,6	<u>75,3</u>	<u>52,3</u>

Wie die Beispiele in Tab. 5 zeigen, ist bei Konvektivschauern mit keiner festgelegten Maximalstufe des Niederschlags zu rechnen, denn gerade bei Gewittern, die sich ja an Talverengungen bzw. -biegungen verfangen oder für längere Zeit hin- und herziehen können, ist mit Stauungen in verschiedensten Höhenbereichen zu rechnen. Es kann lediglich festgehalten werden, daß sich die Niederschläge normalerweise von einem bestimmten Höhengniveau an wieder verringern, jedoch nicht unbedingt gleichförmig, wie die N-Werte vom 17./18.7.75 demonstrieren.

Im Sommer treten Gewitter im Untersuchungsgebiet häufig auf, auch wenn sie im südlicheren Teil des Tessin eine noch wesentlich größere Rolle spielen. Die folgende Tabelle, in der Daten aus den beiden Arbeiten E. ZENONEs (1971 und 1972) zusammengefaßt wurden, zeigt mit dem Beispiel Frasco die Gewitterverhältnisse für das obere Verzascatal auf:

Tab. 6: Durchschnittliche Gewitterhäufigkeit und -dauer an vier Tessiner Orten (14jährige Beobachtung, n. E. ZENONE, 1971 und 1972)

		Tage mit Gewittern im Jahresschnitt				mittl. Dauer d.Gew. in min	Anzahl d. Gew. pro Gew. Ta
		esamt	Kalt- front- Gewitter	Südstau Gewitter	Lokale Gewitter		
S	Lugano	51,2	41 %	31 %	28 %	51	1,7
	Locarno	50,9	42 %	35 %	23 %	35	2,5
	Frasco	35,6	41 %	36 %	23 %	26	2,3
N	Airolo	18,2	38 %	39 %	23 %	27	2,2

Das Untersuchungsgebiet liegt also zwischen dem extrem gewitterreichen Alpen-Südrand und den verhältnismäßig gewitterarmen Zentralalpen (vgl. E. EKHART, 1936). Am häufigsten sind die von lokalen Verhältnissen weitgehend unabhängigen Kaltfront-Gewitter, während die "lokalen Gewitter", zu denen E. ZENONE die thermischen Gewitter zählt, am seltensten sind. Von den orographischen Verhältnissen abhängig sind die Südstaugewitter, bei denen die von Süden kommenden feuchten Luftmassen auf die Tessiner Alpen treffen, was zu einem Aufstieg und einer labiler Schichtung der Luftmassen führt.

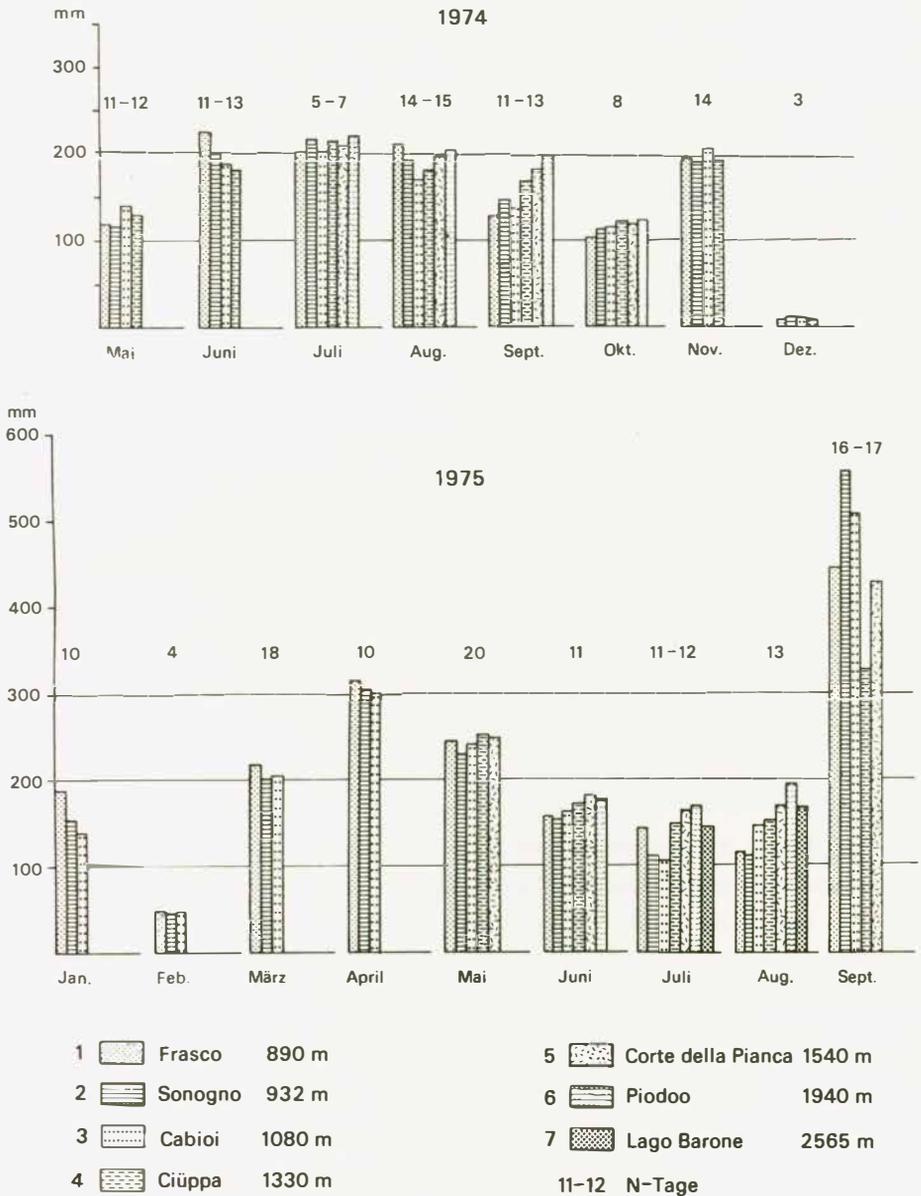


Abb. 18: Monatliche Niederschlagssummen von Mai 1974 bis September 1975 an (2-) 6 Stationen im Val Vegorness und in Frasco.

Die durchschnittliche Dauer der Gewitter ist in Frasco mit 26 Minuten ziemlich kurz. Dafür kann es jedoch innerhalb eines Tages zu mehreren Gewittern kommen: immerhin weisen 8 % der Gewittertage mehr als 5 Gewitter auf, gelegentlich können es sogar mehr als 10 pro Tag sein. Solche Fälle lagen z. B. am 14. und 16. 9. 1975 vor, so daß die extrem hohen Tagesniederschläge etwas verständlicher werden. Gerade bei länger andauernden Südstaulagen kann es zu einer fortlaufenden Abfolge ständig wiederkehrender Gewitter kommen (in Frasco gibt es bei 40 % der SS-Fälle 3 Gewitter und mehr pro Tag).

Da die Niederschläge im Winter fast ausschließlich zyklonalen Wetterlagen entstammen, ist in dieser Jahreszeit vorwiegend mit der üblichen höhenwärtigen Niederschlagszunahme zu rechnen. Auf Grund des ebenfalls geringeren Gewitteranteils dürfte ein ähnlicher N-Gradient auch noch während der Übergangsjahreszeiten zu erwarten sein. Hingegen übertreffen im Sommer die Konvektionsniederschläge die zyklonalen anteilmäßig, so daß eine höhenwärtige Zunahme der Niederschläge nicht sicher ist (s. Abb. 18, z.B. Juli 1974 oder Juli und Sept. 1975): zumindest dürfte das Niveau des Niederschlagsmaximums im Untersuchungsgebiet während der warmen Jahreszeit tiefer liegen als in der kalten.

4.2. Temperatur und Luftfeuchte

4.2.1. Die Temperaturverhältnisse im oberen Val Verzasca im Vergleich zum gesamten Tessin

Bezüglich der thermischen Verhältnisse ist - ähnlich wie bei den Niederschlägen - eine genaue Einordnung des oberen Verzascatal in seine weitere Umgebung ziemlich problematisch. Für das Untersuchungsgebiet liegen keine längerfristigen TemperaturmeBreihen vor, da es im gesamten Verzascatal lediglich Niederschlagsstationen gibt. Die Ausführungen zur allgemeinen thermischen Situation basieren daher auf Berechnungen, die wegen ihres theoretischen Charakters keinen Anspruch darauf erheben können, tatsächliche Verhältnisse wiederzuspiegeln. Die Beurteilung der allgemeinen Temperaturverhältnisse dienten ohnehin nur einer einführenden Betrachtung; für ökologische Fragestellungen sind gelände- und mikroklimatische Untersuchungen wesentlich wichtiger, da gerade das Klima der bodennahen Luftschicht den Standort entscheidend beeinflusst.

Für die folgende Darstellung der Temperaturverhältnisse im oberen Verzascatal bietet sich eine Methode an, die W. LAUER (1973) erfolgreich in Mexiko anwandte. Danach ist es möglich, die thermischen Differenzen in einem Gebirgstiel anhand der Abweichungen vom durchschnittlichen Temperaturgradienten zu bestimmen. Dies geschah für den Tessin (mit Misox) mit Hilfe der Monatsmittelwerte von 18 Stationen zwischen 200 m und 2100 m (berechnet nach Tabellenwerten, M. SCHUEPP, 1961-69), an denen mindestens 10 Jahre lang Temperaturerhebungen durchgeführt wurden.

Der mittlere Temperaturgradient liegt für die Tessiner Alpensüdabdachung bei $0,53^{\circ}\text{C}$, also etwas niedriger als der übliche Wert von $0,6^{\circ}\text{C}$ pro 100 m. Dabei schwanken die Monatswerte im Verlauf des Jahres zwischen $0,38^{\circ}\text{C}$ im Dezember und $0,66^{\circ}\text{C}$ im April (vgl. Abb. 19). Der geringere Gradient im Winterhalbjahr hängt mit der wesentlich stabileren Gesamtschichtung des Luftkörpers zusammen, während der sommerliche Gradient die labilere thermische Schichtung anzeigt (z. B. erheblich kürzere und schwächere nächtliche Temperaturumkehrungen).

Für die Einordnung des Untersuchungsgebietes in die weitere Umgebung sind jedoch die Temperaturanomalien von größerer Bedeutung. So zeigt die Station San Gottardo mit einer mittleren Jahresabweichung von $-1,7^{\circ}\text{C}$ die stärkste negative Abweichung, während Fescoggia mit einem Mittelwert von $+1,45^{\circ}\text{C}$ die relativ höchsten positiven Residuen aufweist. Entsprechend ist aus allen ermittelten Werten eine grobe Zuordnung und Abgrenzung von Gebieten mit verschiedenen stark ausgeprägten Abweichungen vom ermittelten Durchschnittsgradienten abzuleiten.

Die am Alpenkamm gelegenen Stationen San Gottardo, San Bernardino und Airolo können mit ganzjährig negativen Residuen im Vergleich zu den übrigen Stationen als relativ kühl bezeichnet werden. Ebenfalls ständig negative Abweichungen zeigt die Station Locarno-Aeroporto in der Magadinoebene, was wohl auf die ausgesprochene Talgrundlage mit starker nächtlicher Auskühlung zurückzuführen ist, zumal die überdurchschnittlich hohe Horizonteinengung eine Verkürzung der Sonnenscheindauer bewirkt (M. RICHTER, 1968). Die übrigen Südtessiner Stationen zeigen dagegen positive Residuen; zu nennen sind Fescoggia und die in Seenähe gelegenen Stationen Locarno-Monti, Lugano, Monte Bre und Monte Generoso. Der südliche Tessin, d. h. der Sottoceneri,

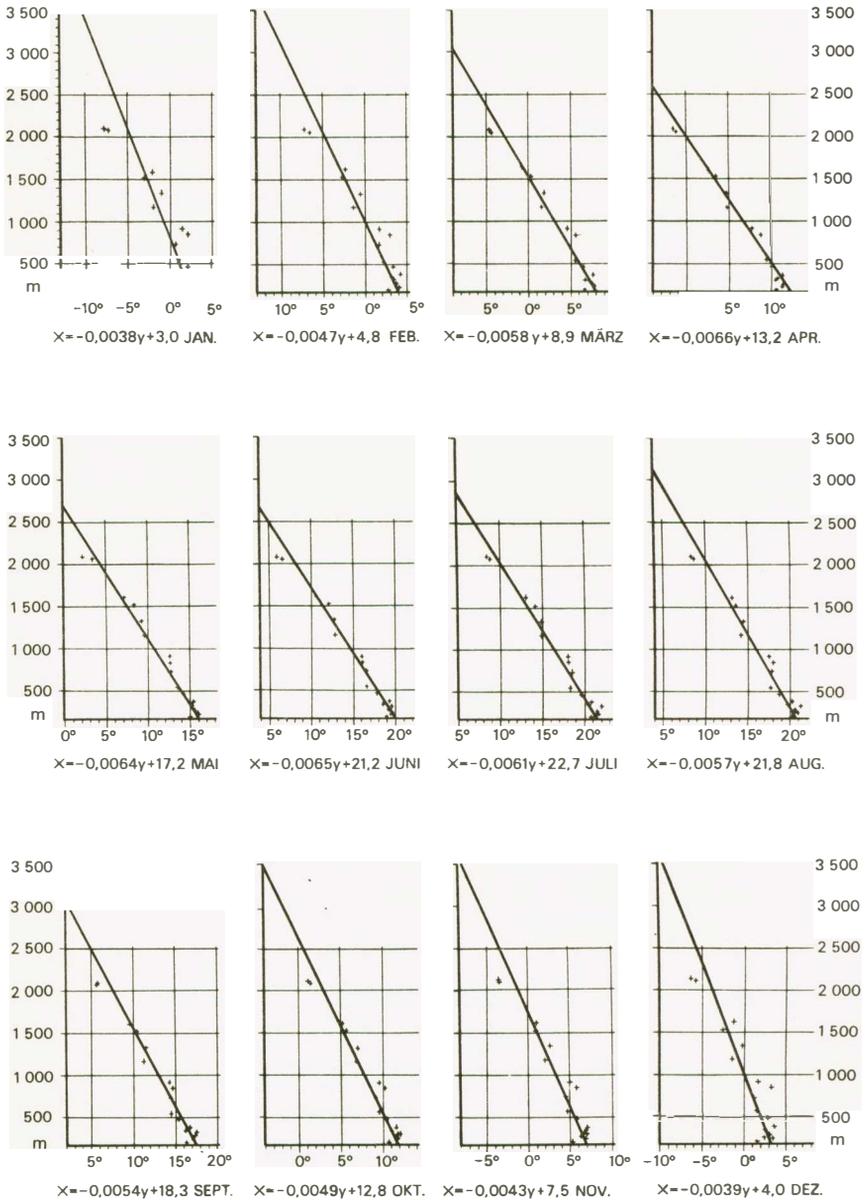


Abb. 19: Durchschnittliche Abnahme der Temperatur mit der Meereshöhe, berechnet auf der Grundlage von 18 Tessiner Stationen (Monatsmittel der Temperatur).

zeichnet sich also durch ein relativ wärmeres Klima aus. Für die restlichen Stationen ist zumindest vorübergehend eine Annäherung an den durchschnittlichen Temperaturgradienten typisch. Dies betrifft insbesondere die Residuen von Bosco Gurin (+ 0,18 °C im Jahr) und Faido (+ 0,15 °C), also die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen, deren lokale Lage und auch Entfernung zum Alpenkamm bzw. Alpenrand dem oberen Verzascatal am ehesten entsprechen. Für diese beiden Stationen trifft also der errechnete Temperaturgradient ziemlich genau zu, so daß für das Gebiet um Sonogno eine ähnliche mittlere Temperaturabnahme mit der Höhe vermutet werden kann: bereits vor einer entsprechenden Berechnung dürfte man erwarten, daß das obere Verzascatal auf Grund seiner Lage in thermischer Hinsicht zwischen dem kühleren Nordtessin und dem wärmeren Südtessin einzuordnen ist. Für das Klimadiagramm von Sonogno konnten also die Temperaturwerte nach dem Temperaturgradienten und den durchschnittlichen Monatsabweichungen der beiden nächstgelegenen Stationen errechnet werden (s. Abb. 20 a):

$$x = 920 \text{ m} + a \frac{\quad}{\quad} + \quad$$

wobei m die Steigung der Geraden
 920 die Meereshöhe von Sonogno
 a der Schnittpunkt der Geraden
 auf der Abzisse
 die Residuen der Stationen
 Bosco Gurin und Faido

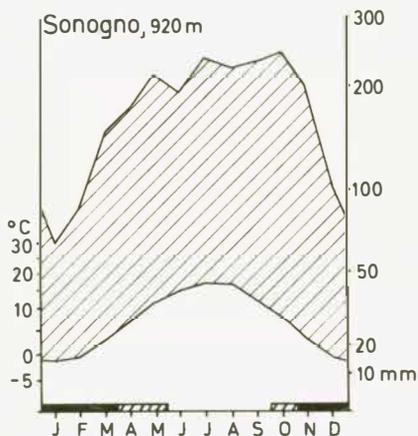
sind.

Danach ergeben sich für Sonogno die folgenden monatlichen Temperaturmittel:

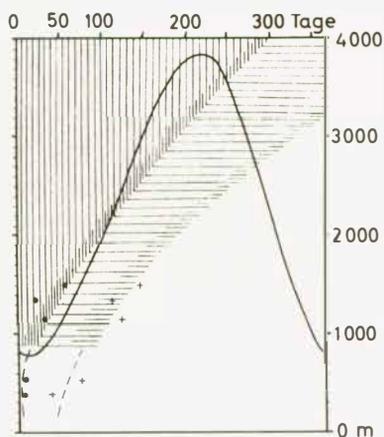
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-0,5	-0,3	3,6	7,5	11,7	15,8	17,5	15,8	13,5	8,5	3,4	0,4

Die Niederschlagswerte in Abb. 20 wurden dem Tabellenband von H.UTTINGER (1964) entnommen.

Die Temperaturschichtung im Verlauf eines Jahres läßt sich berechnen,



a)



b)

Abb. 20 a und b: Links: Klimadiagramm von Sonogno (Berechnung der Temperaturwerte s. Text). Rechts: Zunahme der Frost- und Eistage im oberen Verzascatal mit der Meereshöhe (Punkte = durchschnittliche Zahl mit Eistagen pro Jahr an fünf Tessiner Stationen; Kreuze = durchschnittliche Zahl mit Frosttagen pro Jahr an denselben Stationen). Durchgezogene Linie: Höhenverlauf des 0°C-Monatsmittels.

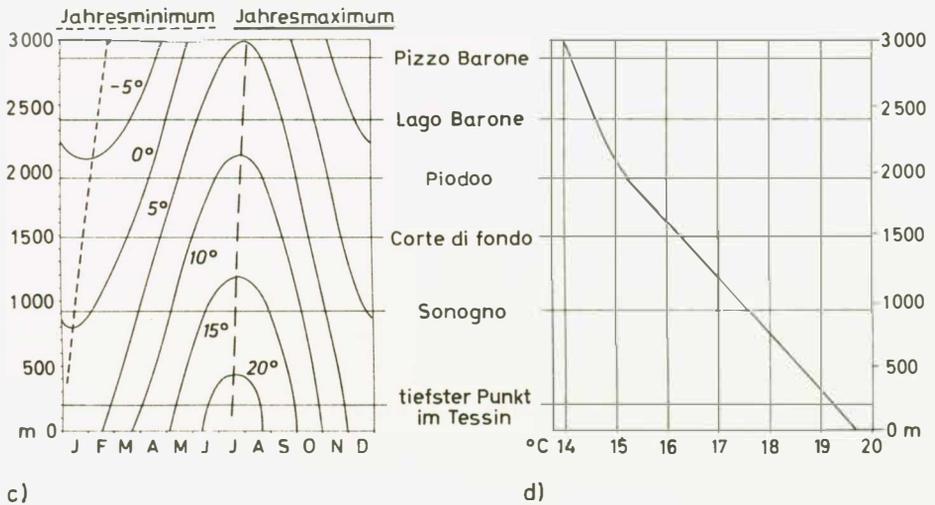


Abb. 20 c und d: Links: Temperaturschichtung im Verlauf eines Jahres für das obere Verzascatal zwischen 0 m NN (theoretischer Wert) und 3000 m NN. Rechts: Abnahme der Amplitude zwischen kältestem und wärmstem Monat des Jahres mit der Meereshöhe.

indem die in Abb. 19 beigelegten Geradengleichungen nach y aufgelöst und für x der gewünschte Temperaturwert eingesetzt wird. Auf diese Weise läßt sich für das Untersuchungsgebiet ein Thermoisoplethendiagramm anfertigen, das die Temperaturschichtung zwischen 0 m (= theoretisch) und 3000 m Höhe verdeutlicht (Abb. 20 c). Dabei zeigt sich, daß sich die mittleren Jahresextreme der Temperatur mit zunehmender Höhe verspäten: ab ca. 2000 m ist der Februar kälter als der Januar, während sich im Sommer ab ca. 2200 m das Temperaturmaximum von Juli in den August verschiebt. Daneben sind die bereits in Abb. 19 durch die verschiedenen Neigungswinkel der Geraden angedeuteten Unterschiede im monatlichen Temperaturgradienten im Thermoisoplethendiagramm aus der unterschiedlich dichten Scharung der 5° -Isolinien ersichtlich. Die Größe der Jahres-Temperaturamplitude läßt sich durch Subtraktion des x -Wertes des kältesten Monats von demjenigen des wärmsten Monats bestimmen. Die im rechten Diagramm (Abb. 20 d) dargestellte Abnahme der Amplitude mit der Höhe liegt bei einer Größenordnung von knapp $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ im Durchschnitt; sie verläuft jedoch nicht ganz linear: der Knick, der im Übergangsbereich des kältesten und wärmsten Monats von Januar auf Februar bzw. Juli auf August liegt, ist allerdings auf die Berechnungsgrundlage zurückzuführen, die ja auf einer (theoretischen) Mittelwertbildung der Monate basiert. Die mit der Höhe allmählich schwächer werdende Abnahme der Temperaturamplitude hängt insbesondere mit einer parallellaufenden Durchlüftungszunahme zusammen: während in den Tälern die Kaltluftsee-Bildung zu einer negativen Temperaturanomale führt, die eine Erhöhung der Temperaturamplituden bewirkt, wird dieser Effekt bis zum Gipfelbereich zuerst vorwiegend durch die lokale Hangzirkulation der Luftmassen und weiter oben im zunehmenden Maße durch Gradientwind-Einflüsse abgeschwächt; da die Durchlüftung mit der Höhe nicht linear zunimmt, kann auch die höhenwärtige Abnahme der Temperaturamplitude nicht gleichsinnig sein. - Die Veränderung der täglichen Temperaturamplitude dürfte der gleichen Gesetzmäßigkeit unterliegen wie diejenige der jährlichen. Zwar liegen für die Tessiner Alpensüdabdachung keine längerfristigen Beobachtungen vor, jedoch wird nach Untersuchungen von F. AMBROSETTI (1975) für das Gebiet um Locarno und auch nach Auswertung der Thermo-Hydrographen-Registrierungen im Val Vegorness eine Abnahme der täglichen Temperaturamplitude mit der Höhe deutlich (s. Kap. 4.2.2.1.). Allerdings be-

handeln sowohl F. AMBROSETTI als auch die eigenen Untersuchungen zu kurze Zeiträume, um eine durchschnittliche monatliche und höhenwärtig Veränderungsgröße anzugeben. Immerhin ist damit zu rechnen, daß auf Grund der größeren Labilität der Temperaturschichtung im Frühjahr und Sommer die Abnahme der Tagesamplitude mit der Höhe geringer ist als im Herbst und Winter. Ebenso ist wiederum eine schwächer werdende Abnahme der Amplituden bei zunehmender Meereshöhe und gleichzeitig erhöhter Windeinwirkung festzustellen, denn schon die wenigen Angaben in Tab. 7 verdeutlichen den bereits für die Jahresamplituden erwähnten Inversionseffekt als Ursache für die höhere vertikale Temperaturamplituden-Differenz in tiefer gelegenen Bereichen.

Tab. 7: Monatsmittel der Temperaturamplituden in Locarno und an vier Stationen im Val Vegorner im Jahre 1975 (Thermo-Hygrographen-Aufzeichnungen)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Locarno	5,5	7,2	6,2	9,2	7,7	8,4	9,4	8,2	6,8	7,2
Sonogno	9,0	14,3	10,4	11,1	10,3	12,0	13,6	11,4	9,1	11,4
Corte					7,3	9,0	10,4	8,4	6,7	7,5
Alpe Barone						8,1	9,6	8,8	6,6	9,5
Pizzo Barone							8,3	6,3		

Schließlich zeigt der Vergleich der Angaben für Locarno und Sonogno eine größere Tagesamplitude für das obere Verzascatal, während die Seennähe in Locarno bei relativ geringen Differenzen einen Ausgleich auf die Temperaturextreme bewirkt.

Abb. 20 b zeigt schließlich die vertikale Veränderung der Anzahl an Tagen mit Frostwechsel bzw. Dauerfrost für den mittleren Tessin. Die Darstellung basiert für den unteren Bereich bis ca. 2100 m auf den Stationen Bosco Gurin, Braggio, Airolo, Camprovasco, Locarno-Monti, San Gottardo, Lugano und Monte Bre, s. F. AMBROSETTI, 1971). Außerdem wurde die Untergrenze des Bereichs mit täglichem Frost bestimmt:

$$x = y - \frac{T}{2} m_N$$

wobei y die Höhe der 0°C -Linie im wärmsten Monat
(= 3825 m, s.o.)

T die durchschnittliche Tagesamplitude bei y
(= 5°C ; Auswertung nach Pilot-Messungen Mailand)

der nächtliche Temperaturgradient bei y
(= $0,004^{\circ}\text{C}/\text{m}$; Auswertung nach Pilot-Messungen
Mailand)

ist.

4.2.2. Geländeklimatische Untersuchungen

Neben den Berechnungen zu den Temperaturverhältnissen im oberen Verzascatal wurden im Val Vegorress von Mai 1974 bis Oktober 1975 eigene Untersuchungen durchgeführt. Hierfür standen sieben Thermo-Hygrographen zur Verfügung, die in selbst gebauten Wetterhütten¹ in 2 m Höhe aufgestellt wurden, sowie zehn Minimum- und Maximumthermometer.

Während der Sommermonate 1974 und 1975 waren im Val Vegorress vier festinstallierte Thermo-Hygrographen-Stationen in Betrieb, die der Ermittlung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit in unterschiedlichen Höhen dienten (jeweils 500 - 600 m Vertikalabstand). - Daneben wurden drei Stationen über kürzere Zeitabschnitte von 3-5 Wochen für spezielle Untersuchungen eingesetzt, z. B. zur Messung von Temperaturumkehrungen und von Expositionsunterschieden. - Von Sonogno abgesehen waren die übrigen Stationen im Val Vegorress oberhalb Cabioi während des Winters wegen der schneebedingten Unwegsamkeit des Geländes und der erhöhten Lawinengefährdung nicht erreichbar, so daß nur für den wärmeren Jahresabschnitt von 1974 und 1975 Daten vorliegen.

Da im Bereich des Untersuchungsgebietes erst oberhalb 3200 m mit täglichem Frost zu rechnen ist (s. Abb. 20 b), gibt es selbst am höchsten Punkt des Val Vegorress (2864 m) noch rund 40-50 frostfreie Tage im

¹ Die selbst angefertigten Wetterhütten wurden vor ihrer Aufstellung im Vergleich mit der genormten englischen Hütte durch Sensorenmessungen über mehrere Tage getestet. Die wesentlich leichteren eigenen Hütten wurden so konzipiert, daß die Abweichungen von den genormten Wetterhütten möglichst gering waren (T-Min.-Diff. an Strahlungstagen höchstens $-0,7^{\circ}\text{C}$, T-Max.-Diff. höchstens $+1,2^{\circ}\text{C}$; durchschnittliche Abweichung $+0,27^{\circ}\text{C}$). Für die vergleichenden Sensoren-Messungen, die im 10-Min.-Abstand festgehalten wurden, standen vier Meßeingänge der automatischen Außenstation in Locarno-Monti zur Verfügung, die von Herrn Dr. Jos bereitgestellt wurden. Auch ihm möchte ich für seine freundliche Unterstützung danken.

Jahr. Regelmäßige Wochenablesungen eines Minimumthermometers auf dem Gipfel des Pizzo Barone bestätigen diese Hypothese, da im Juli und August 1975 im Verlauf von immerhin fünf Wochenabschnitten kein Frost auftrat.

Fortlaufende Verdunstungs- und Windmessungen konnten nicht durchgeführt werden, da registrierende Geräte nicht zur Verfügung standen. Wie noch des öfteren erläutert wird, zeichnet sich das Val Vegorness auch in höheren Lagen durch verhältnismäßig selten auftretende Starkwinde aus. Die Tal- und Hangzirkulation entspricht restlos dem üblichen Schema, wie es bei CH. URFER-HENNEBERGER (1970 b) beschrieben ist. Dies betrifft, wie häufig mit einem Hand-Anemometer festgestellt werden konnte, auch den Windphasenwechsel bei Sonnenauf- und -untergang mit Querwind-Strömungen im Talgrundbereich.

4.2.2.1. Reliefbedingte und vertikale Veränderungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Für die ausführlichere Betrachtung der geländeklimatischen Unterschiede werden in der folgenden Tabelle die Durchschnittswerte der in Abb.21 festgehaltenen Meßperiode für Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit und das Wasserdampf-Sättigungsdefizit der Luft vorangestellt.

Abb. 21 zeigt deutlich die Abnahme der Tagesamplituden der Temperatur (jeweils von 7.00 bis 7.00 h) mit der Höhe, die im Meßzeitmittel in Tab. 8 vorgestellt wurden. Auffallend ist dabei die starke Abnahme der Tagesamplitude zwischen Sonogno und Corte, die in Abb. 21 in der Verkürzung der Vertikalabstände zwischen Minimum und Maximum zum Ausdruck kommt. Diese Tatsache hängt mit den unterschiedlichen Durchlüftungsverhältnissen im Val Vegorness zusammen. Während die Station in Sonogno nur selten von den nächtlichen Bergwinden erreicht wird, liegen die drei übrigen Stationen im Bereich der regelmäßigen Talwind- (Corte, im Talgrund) bzw. Hangwindzirkulation (Piodoo und Pizzo am S/SE-Hang), Die Standortwahl der vier Stationen sollte jedoch von vornherein die unterschiedliche Thermik im Val Vegorness charakterisieren. Denn gerade im Gebiet von Sonogno, also im Lee der aus dem Val Redorta und Val Vegorness herausströmenden nächtlichen Bergwinde (Abb. 22), war von der orographischen Situation her mit einer Kaltluftsee-Bildung in Strahlungsnächten zu rechnen. Diese Annahme wurde durch Meßergebnisse voll bestätigt, wie die relativ häufigen Tempe-

Tab. 8: Durchschnitts- und Extremwerte der Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit und des Wasserdampf-Sättigungsdefizits in der Zeit vom 16.6. - 9.9.1975

Station	ges.-N	max. Tages-N	Temperatur				
			abs. Min.	abs. Max.	ØMin.	ØMax.	Ø Ampl.
1. Sonogno	365,9	52,1	4,5	27,4	9,8	21,8	12,0
2. Corte d. Pianca	430,0	75,2	1,9	24,8	8,5	17,5	9,0
3. Piodoo	523,9	69,9	-0,9	22,4	6,2	14,6	8,4
4. Pizzo Barone	474,9	57,5	-5,6	17,2	2,7	9,4	6,7

	rel. Luftfeuchte					Wasserdampf-Sättigungsdefizit der Luft				
	abs. Min.	abs. Max.	ØMin.	ØMax.	ØAmpl.	abs. Min.	abs. Max.	ØMin.	ØMax.	ØAmpl.
1. Sonogno	24	99	43	92	49	18,0	0,2	11,2	0,7	11,0
2. Corte d. Pianca	28	99	54	86	32	17,0	0,2	7,9	1,2	6,7
3. Piodoo	27	99	49	88	39	13,9	0,2	6,4	0,9	5,5
4. Pizzo Barone	16	99	56	89	35	11,8	0,1	4,2	0,5	3,7

raturumkehrungen der Minima zwischen den Stationen Sonogno und Corte beweisen (vgl. Abb. 21; an den mit "J" gekennzeichneten Tagen gab es in Corte höhere Tagesminima als in Sonogno, so z. B. während einer 5tägigen Schönwetterperiode Anfang August). Daß die im Vergleich zu den höher gelegenen Stationen überdurchschnittlich hohe Tagesamplitude von Sonogno vor allem durch die nächtliche Inversionshäufigkeit zustande kommt, geht aus der Tab. 8 hervor, die verdeutlicht, daß die Unterschiede zwischen den T-Maxima (- 1,3 °C) von Sonogno und Corte wesentlich geringer sind als die Differenzen zwischen den T-Maxima (- 4,3 °C).

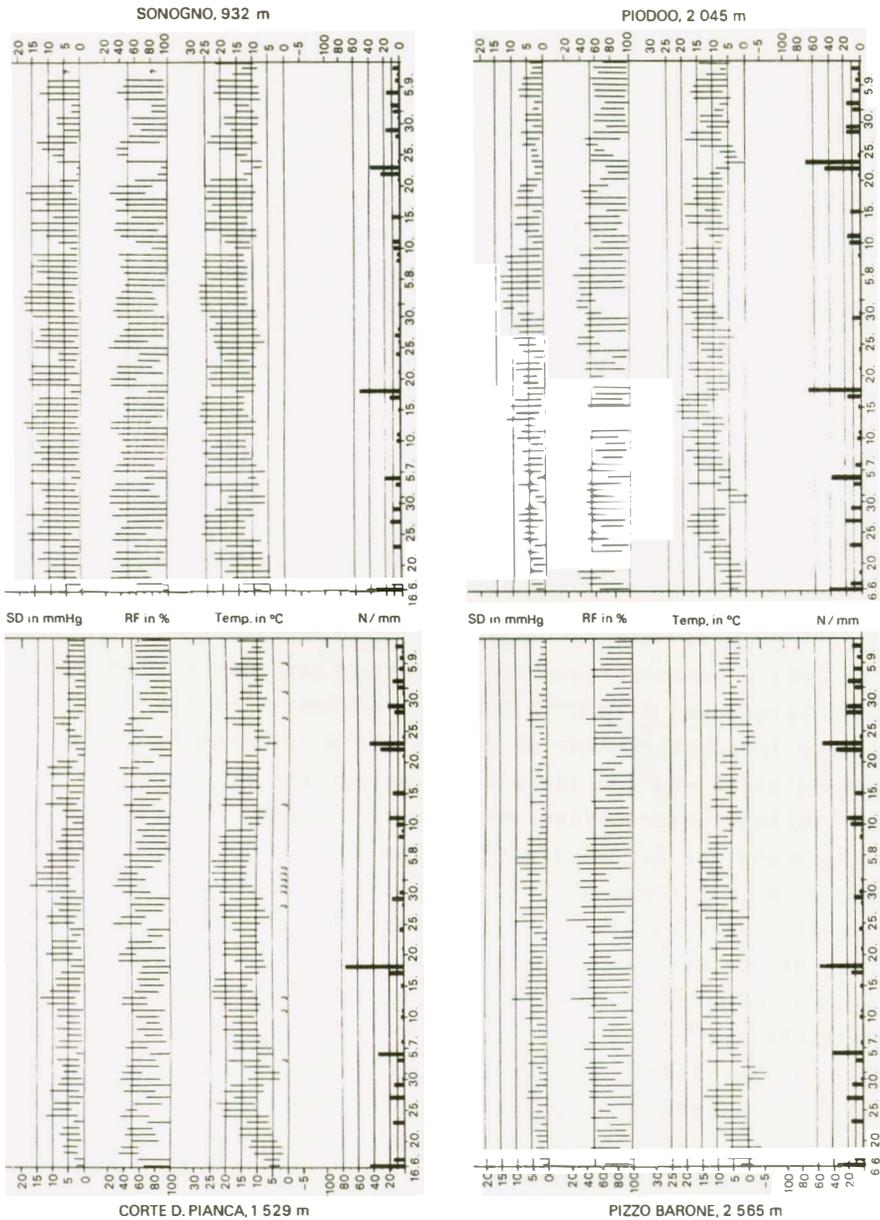


Abb. 21: Tagesamplituden der Lufttemperatur, der rel. Luftfeuchtigkeit und des Wasserdampf-Sättigungsdefizits der Luft sowie tägliche Niederschläge an den Stationen Sonogno, Corte della Pianca, Piodoo und Pizzo Barone vom 16. 6. bis zum 9. 9. 1975. Die Längsstriche geben die Amplituden zwischen den täglichen Extremwerten an. An den mit "J" gekennzeichneten Tagen ist das Tagesminimum in Corte della Pianca höher als in Sonogno.

Für die Zeit von Ende April bis Mitte Mai 1975 liegen Meßregistrierungen von vier Thermo-Hygrographen-Stationen zwischen Sonogno und Barm vor (zur Lage der Stationen vgl. Skizze oben rechts in Abb. 22), die genauere Aussagen über den Temperaturgradienten am Hang über Sonogno zulassen. Die in Abb. 23 dargestellten Ergebnisse zeigen eine deutliche Temperaturumkehr in Strahlungsnächten zwischen der Station Sonogno und der knapp 160 m höher gelegenen Station Corona (4.30 h = vor Sonnenaufgang), die erst am Nachmittag gegen 14.30 h weitgehend aufgelöst ist. An Niederschlagstagen mit geringer Windwirkung und höherer, d. h. ausgleichender Luftfeuchtigkeit, sind Inversionen hingegen kaum auszumachen. Da sich die Station Sonogno nicht direkt im Talgrund sondern etwas oberhalb am Hangfuß befindet, also nicht im Zentrum des nächtlichen Kaltluftsees, wurden am 14.5.75 zusätzliche Messungen zwischen Talgrund und Hang mit dem Aspirations-Psychrometer durchgeführt (Abb. 23 e), die u. a. die allmähliche Auflösung der Inversion mit fortlaufender Sonnenerwärmung zeigen sollten. Der lokale Sonnenaufgang lag am Meßtag zwischen 6.50 h in Barm, 7.30 h in Corona und 8.20 h in Sonogno. Während also für die besonders starke Temperaturumkehr um 7.35 h und 8.10 h von fast -6°C zwischen Talgrund und dem 180 m höher gelegenen Corona zusätzlich die Einstrahlungsunterschiede verantwortlich sind, ist der Kaltluftsee im Talgrund vor Sonnenaufgang einzig auf die orographische Situation, d. h. die Lee-Lage Sonognos, zurückzuführen. Der Kurvenverlauf der Messungen nach Sonnenaufgang zeigt schließlich an, daß die Auflösung der Inversion nur ganz allmählich erfolgt, d. h. der Umschwung von Bergwind zu Talwind vollzieht sich nur langsam (vgl. CH. URFER-HENNEBERGER, 1967).

Die Kaltluft-Ausbildung im Talgrund von Sonogno ist für das Val Vegorness ein Sonderfall, da ansonsten eine gleichmäßige Durchlüftung des Tales fast überall gewährleistet ist. Dies ging aus regelmäßigen Ablesungen der zehn Minimumthermometer entlang des Weges zwischen Seccada und Corte della Pianca im Mai/Juni 1975 hervor. Lediglich bei Seccada, Cabíoi, Sprügh und Canöv wurden geringfügige Temperaturumkehrungen von höchstens $-0,8^{\circ}\text{C}$ festgestellt, die wiederum alle mit einer lokalen Lee-Position gegenüber den nächtlichen Bergwinden zu erklären sind (vgl. Abb. 22):

Canöv unterhalb des Felssturz-Walles
 Sprügh unterhalb der Sobrio-Felsschwelle
 Cabioi im Lee des Talknickes
 Seccada im Windschatten des Schwemmfächers.

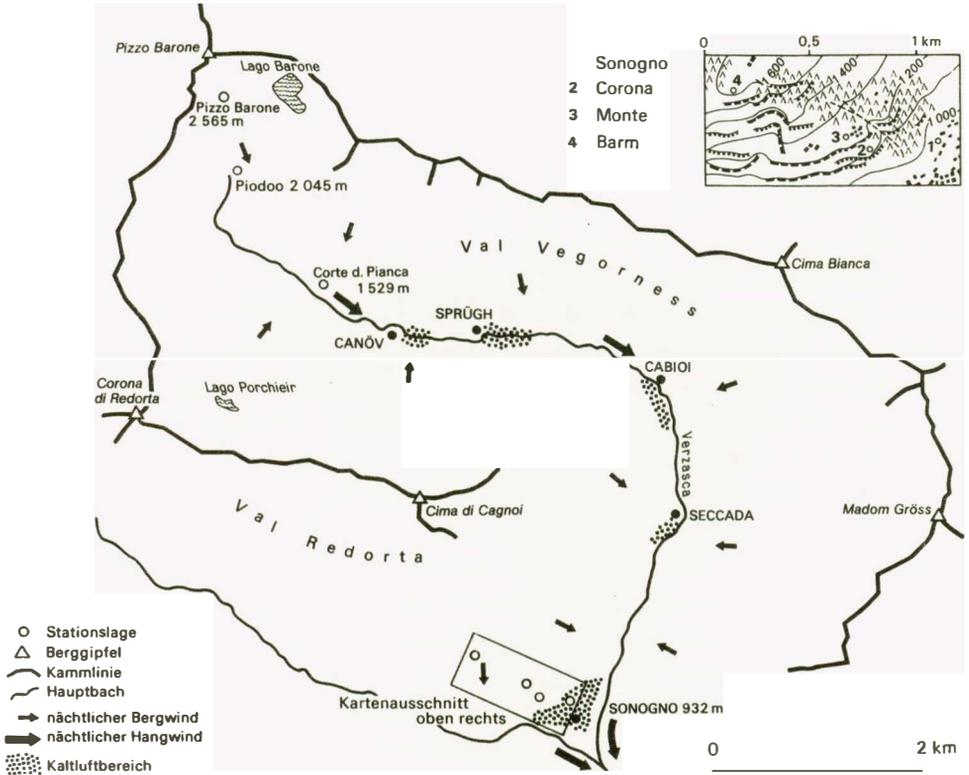
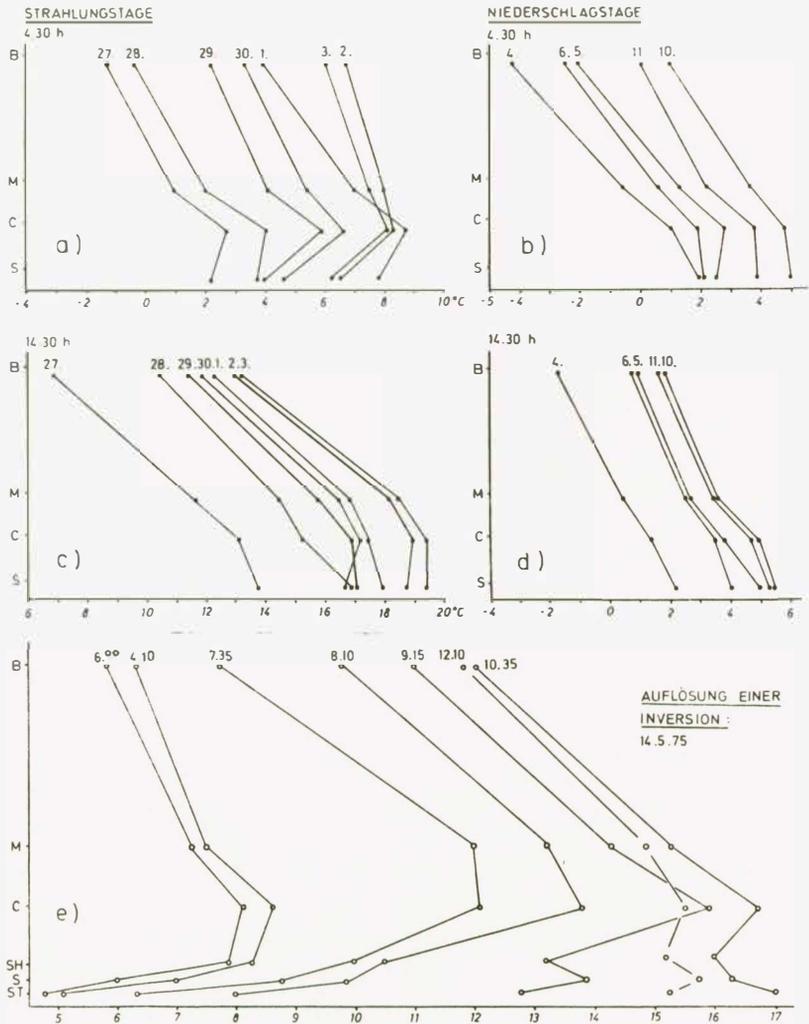


Abb. 22: Kaltluftseen und nächtliche Bergwinde im Val Vegorness. Kartenausschnitt: Lage der Inversions-Meßstationen aus Abb. 23.



INVERSIONEN ob. Sonogno im Frühjahr 1975

S Sonogno 940m(970,915m)
C Corona 1100m
M Monte 1340m
B Barm 1650m

Abb. 23: Höhenwärtige Veränderung der Lufttemperatur an vier Stationen zwischen Sonogno und Barm (s. Kartenausschnitt Abb. 22) im April und Mai 1975. Rechts: an Niederschlagstagen. Links: an Strahlungstagen. Unten: Auflösung einer Schönwetter-Inversion mit zusätzlichen Temperaturmessungen im Talgrund; die Messung um 12. 10 h fand bei leichter Bewölkung statt.

Abgesehen von den Reliefgegebenheiten und von den Expositionsverhältnissen ist die Größe des lokalen Temperaturgradienten ebenso wie derjenige der freien Atmosphäre vom Wettergeschehen und von der Tageszeit abhängig, wie ausführlichere Untersuchungen zeigen (M. RICHTER, 1978). Für das Val Vegorner werden entsprechende Zusammenhänge aus Abb. 24 ersichtlich. Es wurde ein Beispiel ausgewählt, das die Temperaturschichtung bei Föhn, Antizyklonal- und Randhochlage sowie bei Südstau zeigt.

Dabei ergab sich für die Randhochlage mit unbedecktem Himmel am 28. 6. 75 eine trockenadiabatische Temperaturabnahme von durchschnittlich ca. $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ tagsüber und eine geringere von ca. $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ während der folgenden Nacht. Am 29. 6. 75 gab es gegen 7.00 und 15.00 h zwei Frontdurchgänge, die in Abb. 24 deutlich durch einen Temperatursturz in den tieferen Talabschnitten auszumachen sind. Gegen 7.00 h kam es nur in Sonogno zu einem gleichzeitigen Anstieg der rel. Luftfeuchtigkeit, während der Kaltfront-Durchzug gegen 15.00 h im gesamten Val Vegorner kurze Regenfälle zur Folge hatte, die sich zumindest wieder im tieferen Talbereich in einer Abnahme des Temperaturgradienten manifestierten. Am 30. 6. 75 morgens setzte von den höheren Lagen ausgehend Nordföhn ein, der gegen Mittag auch Sonogno erreicht hatte. Das föhnauslösende schlechte Wetter auf der Alpen-Nordseite reichte abends für kurze Zeit bis in den mittleren Tessin hinein, wie die Niederschläge gegen 20.00 h und die nächtliche Bewölkung zeigen. In den zweieinhalb Tagen mit Nordföhn konnten ausnahmsweise außergewöhnlich hohe Windgeschwindigkeiten gemessen werden, wobei in Corte und Piodoo am 1. 7. einzelne Boen den Schalen-Anemometer bis zum Zeiger-Anschlag antrieben, d. h. mehr als 33 m/sec. erreicht wurden. Der Temperaturgradient lag an den Föhntagen häufig über $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, wobei auch nachts keine wesentliche Veränderung eintrat, wie die gleichbleibenden Feuchtigkeitswerte von nur 30 bzw. 50 % rel. Luftfeuchtigkeit erkennen lassen. Die anschließende Antizyklonallage am 3. 7. wies die für diese Wetterlage typischen Inversionen am Morgen und Abend auf, die jedoch noch in der Nacht zum 4. 7. durch die folgenden Südstau-Niederschläge aufgelöst wurden. Mit $0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ war der Temperaturgradient den gesamten nachfolgenden Regentag über feuchtadiabatisch, wie die weitständige Konfiguration der Isolinien zeigt.

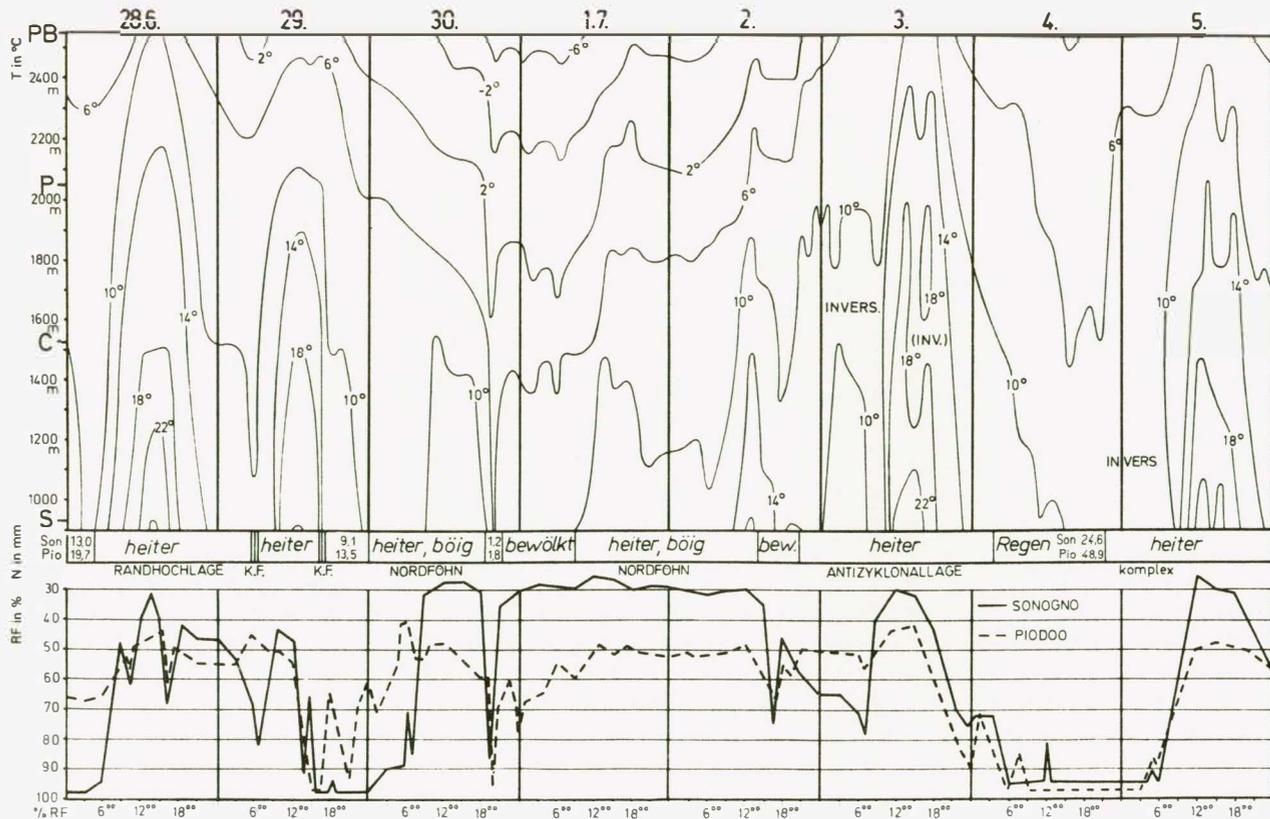


Abb. 24: Temperaturschichtung zwischen den Stationen Sonogno und Pizzo Barone in Abhängigkeit von der Wetterlage vom 28. 6. bis zum 5. 7. 1975. Niederschläge und rel. Luftfeuchtigkeit in Sonogno und Piodoo.

Die Wetterbesserung in der Nacht zum 5. 7. führte schließlich wieder zu einer Temperaturumkehr bis gegen 6.00 h, die jedoch bald aufgelöst wurde und bei vorwiegend sonnigem Wetter wieder in einen normalen Temperaturgradienten von knapp $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ übergang.

Wie bereits zum Ausdruck kam, schlagen sich die Durchlüftungsverhältnisse im Val Vegorness selbstverständlich auch in der rel. Luftfeuchtigkeit nieder. So steigt sie im Kaltluftsee von Sonogno nachts wesentlich häufiger auf den Maximalwert an als an den anderen drei Stationen. Entsprechend liegt hier das durchschnittliche Maximum für den in Abb. 21 dargestellten Zeitabschnitt bei 92 %, während es bei den übrigen Stationen unter 90 % liegt. Da andererseits die Minimumwerte an Schönwettertagen höhenwärts zusammen mit der abnehmenden Temperatur ansteigen, ist wiederum gerade für die Station Sonogno eine recht hohe Tagesamplitude der rel. Luftfeuchtigkeit zu vermerken. Es läßt sich daher generell folgende Gesetzmäßigkeit ableiten: Während die Unterschiede der nächtlichen Maxima der rel. Luftfeuchtigkeit an den einzelnen Stationen letztlich mit den differierenden Durchlüftungsverhältnissen zu erklären sind, sind die Minima während des Tages vorwiegend thermisch bedingt. Spezielle Wetterlagen modifizieren natürlich diesen Zusammenhang, so z. B. Föhn bzw. Höhenföhn, der auch in höheren Lagen mit verstärkter Windeinwirkung besonders niedrige Werte verursachen kann (vgl. Tab. 8, abs. Min. am Pizzo Barona = 16 %, an den anderen Stationen nie unter 24 %).

Die durch die Temperatur verursachten höheren Minima der rel. Luftfeuchtigkeit haben tagsüber eine höhenwärtige Abnahme des Wasserdampf-Sättigungsdefizites der Luft zur Folge. Die Schwankung zwischen dem durchschnittlichen Minimum- und Maximumwert beträgt daher am Pizzo Barone nur noch rund ein Drittel von der in Sonogno. Das bedeutet, daß die Herabsetzung der rel. Luftfeuchtigkeit durch erhöhte Windeinwirkung nicht so stark ins Gewicht fällt wie die Temperaturabnahme. Daß also das durchschnittliche Maximum des Sättigungsdefizites ebenfalls mit zunehmender Höhe sinkt, sollte sich grundsätzlich positiv auf die Vegetation in höheren Lagen auswirken. Es liegt die Vermutung nahe, daß mit der Verringerung der Tagesamplituden sowohl der Temperatur als auch der rel. Luftfeuchte und des Wasserdampf-Sättigungsdefizites die Transpiration und Aspiration der Pflanzen gleichmäßiger abläuft, für sie also eine geringere Stress-Situation besteht. Die bisher außer acht gelassenen mikroklimatischen Voraussetzungen stehen jedoch den mesoklimatischen Vorteilen entgegen (vgl. Kap. 4.3.), ab-

gesehen von der Benachteiligung der Hochgebirgspflanzen durch weitere Faktoren. Es wird somit verständlich, daß bei klimaökologischen Untersuchungen im Hochgebirge gerade das Klima der boden- und pflanzen-nächsten Luftschicht untersucht werden muß, wenn die Standortfaktoren der Vegetation beurteilt werden sollen. Obwohl entsprechende Untersuchungen bislang in den Arbeitsbereich der öko-physiologisch orientierten Botanik fallen, müssen sie bei der Fragestellung dieser Arbeit ebenfalls angeschnitten werden.

4.2.2.2. Expositionsbedingte Unterschiede in der Lufttemperatur und -feuchtigkeit

Die Beeinflussung der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit durch Expositionsunterschiede ist zwar hinreichend bekannt, konkrete Meßergebnisse sind jedoch für Alpentäler selten; dazu kommt, daß in der vorliegenden Literatur eine Differenzierung zwischen verschiedenen Talformen unberücksichtigt bleibt. F. INNEREBNER (1933) stellte für das breite Inntal bei Innsbruck bezüglich der Lufttemperaturen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den relativ schwach geneigten N- und S-Hängen fest (durchschnittliche Inklination ca. 20°). Entsprechendes gilt auch für das breite Becken des nördlichen Lago Maggiore auf einem Profil von den Locarneser zu den Gambarogno-Hängen (M. RICHTER, 1978). Für das engere Ötztal mit stärker geneigten Hängen (durchschnittliche Inklination im Taltrug ca. 30°) sind nach H. AULITZKY (1968, vgl. dort Abb. 18, S. 47) im September immerhin Unterschiede von 1° bis $1,5^{\circ}$ zwischen einem ESE- und WNW-Hang erwiesen. Erhebliche Differenzen zwischen talgrundnahen NE- und SW-Hängen konnte B. OBREBSKA-STARKEL (1972) in den Beskiden stellen, wobei die mittleren monatlichen Tagesamplituden im Sommer auf Grund der verschiedenen Einstrahlungsintensität um fast 3° voneinander abweichen.

Im Val Vegorness wurden im August 1975 im oberen Talabschnitt auf der Linie Lago Porcheir - Corte della Pianca - Alpe Barone fünf Thermo-Hygrographenstationen in einem V-Profil aufgestellt, um expositionsbedingte Klimaunterschiede zu ermitteln (Station in Pianca: 1530 m, sowie an den SSW- und NNE-Hängen in jeweils 1680 und 2050 m Meereshöhe). Aus einer dreiwöchigen Meßperiode wurden für die zwei vor-

liegenden Isoplethendiagramme (Abb. 25) sieben Schönwettertage ausgewählt und die Daten der fünf Stationen im 2-Std.-Abstand gemittelt. Die untersuchten Tage bei Antizyklonal- und Randhochlage zeigen die interessantesten und eindeutigsten Expositionsunterschiede, während an Tagen mit bedecktem Himmel oder Niederschlägen kaum Differenzen zwischen N- und S-Hängen bestehen.

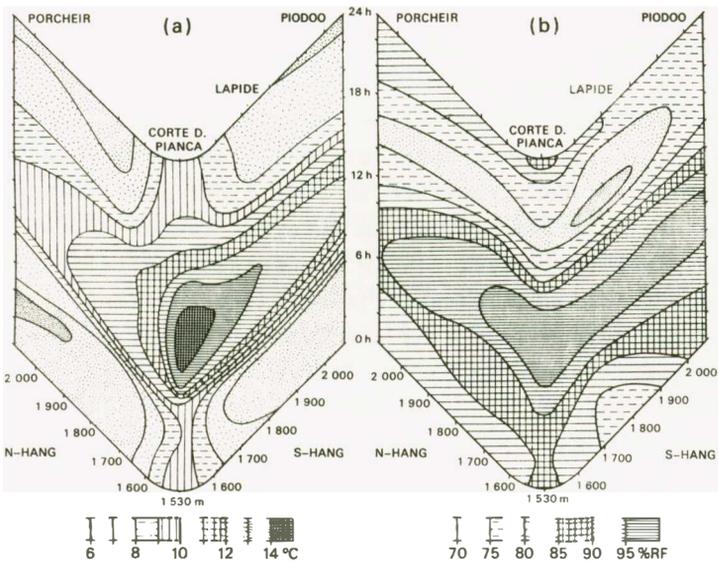


Abb. 25 a und b: Isoplethen-Diagramme der Temperatur (a) und Luftfeuchtigkeit (b) für ein Tal-Querprofil zwischen N- und S- Hang bei Corte della Pianca, aus Stationsmessungen an sieben Schönwetter-Tagen zusammengestellt (Aug. 75). Durchgebogene Abszisse (für verbesserte Darstellung in Abhängigkeit von der Talform): Höhenlage. Ordinate: Uhrzeit. Deutlich ist die expositionsbedingte Konfigurations-Assymetrie zu erkennen.

Die Diagramme zeigen in der Vertikalen die Tageszeit, in der linken Diagonalen die Höhenlage am NNE-Hang, in der rechten am SSW-Hang; der mittlere Abschnitt umfaßt den Talgrund bei Corte della Pianca. Die Meßergebnisse der fünf Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstationen wurden in Isolinien-Diagramme übertragen.

Die Expositionsunterschiede bei den Lufttemperaturen (Abb. 25 a) sind im untersuchten Talabschnitt recht krass. So betrug während der Meßperiode die durchschnittliche Tagesamplitude an Strahlungstagen in 1680 m Höhe am Sonnenhang $7,3^{\circ}\text{C}$, am Schattenhang $4,2^{\circ}\text{C}$ und in 2050 m Höhe $5,8^{\circ}\text{C}$ bzw. $3,6^{\circ}\text{C}$.

Da der NNE-Hang nachts nur wenig kühler ist als der SSW-Hang, sind die angeführten Unterschiede in den Tagesamplituden vor allem auf die Einstrahlungsunterschiede tagsüber zurückzuführen. Weiterhin fällt das Fehlen einer Inversion im Talgrund auf; eine eventuelle Inversionsausbildung hätte bei der Lage der beiden Stationen in 1680 m NN, also ca. 150 m über Talgrund, zumindest in den frühen Morgenstunden als Umkehrbereich in Form einer Temperaturerhöhung gegenüber der Talgrundstation zum Ausdruck kommen müssen. Das Fehlen einer Inversion stützt die im vorherigen Kapitel erwähnte Hypothese einer guten Durchlüftung dieses Talabschnittes.

Weniger stark ausgebildet sind die Expositionsunterschiede bei der Luftfeuchtigkeit (Abb. 25 b): in 1680 m Höhe beträgt die durchschnittliche Tagesamplitude am NNE-Hang 23 %, am SSW-Hang 29 %, in 2050 m Höhe 18 % bzw. 21 %. Die schwachen Expositionsunterschiede bei der Luftfeuchtigkeit auch während der Einstrahlungszeit drücken sich in der Konfiguration der Isolinien aus, die im Luftfeuchtediagramm für die beiden gegenüberliegenden Hangpartien erheblich mehr spiegelbildlich verlaufen als beim Temperaturdiagramm.

Anhand des Luftfeuchtediagramms läßt sich recht deutlich der Ablauf eines typischen Schönwettertages im Untersuchungsgebiet erkennen. Das Minimum der Luftfeuchtigkeit liegt zwischen 7.00 und 11.00 h, also recht früh; die relative Luftfeuchte steigt dann in der Mittagszeit bei zunehmender lokaler Kondensationsbewölkung an, die erst bei Sonnenuntergang wieder aufgelöst wird. Das Maximum liegt also nicht in der Nacht, sondern tritt schon gegen 18.00 h auf. Nachts nimmt die Luftfeuchtigkeit wieder fortlaufend ab, da sich die tal- und hangabströmenden Luftbewegungen immer stärker durchsetzen.

Die dargestellten Expositionsunterschiede, vor allem der Temperatur, spiegeln sich in anderen Ökofaktoren wieder. Legt man zugrunde, daß die Meßergebnisse für einen Zeitraum mit recht hohem Sonnenstand gelten, so darf man in den Jahreszeiten mit niedrigerem Sonnenstand noch größere Expositionsunterschiede erwarten. Tatsächlich liegt während des Winterhalbjahres im untersuchten Talabschnitt der NNE-Hang bis hinunter zur Station im Talgrund rund drei Monate im Schatten. Damit bewirken die Expositionsunterschiede natürlich auch verschieden lange Zeiträume der Schneebedeckung, die auf die unterschiedliche Winterbeschattung (Horizonteinengung) und auf Gegensätze in der Sonneneinstrahlungs-Intensität zurückzuführen sind. Aus der Einschnei- und Ausaperungskarte (Karten 4 und 5, s. Beilage) für den Winter 1974/75 ergibt sich für den N-Hang in 1800 m Höhe ein Schneebedeckungszeitraum von 8 1/2 Monaten, im Talgrund von 7 Monaten und am S-Hang in 1800 m Höhe von 5 1/2 Monaten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß im Vergleich zu den Ergebnissen der oben angeführten Literatur an den wesentlich steileren Hängen des oberen Val Vegorness (durchschnittliche Inklination am Meßprofil ca. 40⁰) sich die Expositionsunterschiede auf die Lufttemperatur stärker auswirken. Dabei spielen die starke Hangneigung und die Enge des Talprofils für das Ausmaß der Temperaturdifferenzen eine ausschlaggebende Rolle. Die unterschiedliche Intensität der direkten Sonneneinstrahlung auf den verschiedenen geneigten Hängen ist dabei für die bodenferne Lufttemperatur von geringerer Bedeutung als für die bodennächste Luftschicht bzw. für die Oberflächentemperaturen. Entscheidender ist vielmehr die Horizonteinengung bzw. Bergschattenwirkung, die die Sonnenschein-Stundenzahl maßgeblich beeinflußt.

4.3. Die Besonderheiten des alpinen Mikro- und Bestandsklimas und ihre Auswirkungen auf die Vegetation

Bekanntlich verläuft die vertikale Veränderung der Lufttemperatur im Hochgebirge entgegengesetzt zur Globalstrahlung: letztere vergrößert sich mit zunehmender Höhe während die Lufttemperaturen sinken. Aus diesem Grunde verschärfen sich die Temperaturunterschiede zwischen bodennaher und -ferner Luftschicht, wobei nach R. GEIGER (1953) ein Differenzgradient von durchschnittlich + 0,1⁰C/100 m angenommen

werden darf. Neben dem insgesamt stärkeren vertikalen Temperaturgefälle in der bodennahen Luftschicht sind im Hochgebirge aber auch die mikroklimatischen Gegensätze auf kleinstem Raum wesentlich krasser. Dies betrifft insbesondere die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Verdunstung, wobei durch die enge Kammerung des Reliefs den kleinräumigen Luftbewegungen eine entscheidende Rolle zuzusprechen ist (R. GEIGER, 1953). Die reliefgebundenen Mikroklimata steuern wiederum die Ausaperungsvorgänge, so daß in den Schneeflecken während des Frühjahres und Sommers die Wirkungsweise der Klimaelemente in der bodennahen Luftschicht besonders gut zum Ausdruck kommt (H. FRIEDEL, 1967).

Die intensivere Sonneneinstrahlung verursacht schließlich auch schärfere Temperaturgegensätze zwischen Sonnen- und Schattenseiten. Die "Bestandsklimata" von Einzelpflanzen können dadurch im hochalpinen Bereich erheblich differenzierter sein als in tieferen Lagen. Natürlich verursachen die ausgeprägten Temperaturunterschiede zwischen den beschatteten und besonnten Teilen einer Pflanze auch erhebliche Unterschiede in der Photosynthese und Transpiration, so daß das Mikroklima an den Stoffwechsel der Hochgebirgspflanzen erhöhte Anforderungen stellt und somit im starken Maße als limitierender Faktor für ihre jeweilige Verbreitung anzusehen ist.

Die besondere Ausbildung des Klimas der bodennahen Luftschicht hochalpiner Standorte sei hier an zwei Beispielen mit Ergebnissen von Temperaturmessungen vorgestellt.

Unterschiedliche Bestandstemperaturen im Bereich der natürlichen Waldgrenze kommen in Abb. 26 zum Ausdruck. Die Gegenüberstellung einer relativ dichten *Rhododendron*-Heide, einer Alpenampfer-Lägerflur und einer Borstgrasweide mit vegetationsfreien Felsflächen in der Sonne und im Schatten (hinter der Almhütte von Piodoo) spiegelt zumindest andeutungsweise die starken Abweichungen in den verschiedenen Mikroklimaten wieder. Da die Messungen mit einem Aspirations-Psychrometer und nicht mit sensibleren Thermo-Fühlern durchgeführt wurden, konnten keine Oberflächentemperaturen erfaßt werden. Trotz der relativ einfachen Thermometer-Untersuchungen zeigen die dargestellten Ergebnisse charakteristische Gesetzmäßigkeiten für das Kleinklima der verschiedenen Standorte. Als typisch ist z. B. der Tagesgang in den beiden höherwüchsigen Pflanzenformationen anzusehen, wobei die Durchschnitts-

temperaturen und die Tagesamplituden auf Grund der zunehmenden Beschattung von der Bestandsoberfläche bis zum -inneren leicht abnehmen. Im Gegensatz dazu steigen über den offenen und vegetationslosen Stellen die Temperaturextreme zum Boden hin wegen der größeren Oberflächen-Ein- und Ausstrahlung an. Diese Tatsache darf jedoch als allgemein gültig angesehen werden, betrifft also nicht nur Pflanzenbestände in größeren Höhenlagen. Dagegen weist der Maximalwert von 25,8 °C im Bereich der Transpirationsoberfläche des Alpenrosengebüsches bereits auf erhöhte Strahlungstemperaturen hin. Dem steht die wesentlich luftfeuchtere Lägerflur gegenüber, wo die höchsten vergleichbaren Werte nur bei 19 °C liegen.

In der niedrigen, relativ trockenen Borstgrasweide liegen mit 24,8 °C wiederum höhere Maximal-Temperaturen vor. Hier ist allerdings das Minimum mit 7,1 °C recht niedrig. Auf den ersten Blick scheint es erstaunlich, daß die Tagesamplitude über der Bodenoberfläche des *Nardus*-Rasens immerhin um 4 °C größer ist als diejeniger über dem nackten Fels. Die Ursache liegt in der größeren Strahlungsabsorption der relativ dunklen Böden, während die helle Gesteinsoberfläche eine höhere Albedo aufweist. Dazu kommt die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Rohhumusbodens, der sich auf den Temperaturgang der darüber befindlichen Schichten ähnlich auswirkt wie eine Laubstreudecke (vgl. ZÜTTL, 1953, S. 95).

Bei der vergleichenden Darstellung in Abb. 27 kommt die starke Aufheizung von Blattoberflächen gut zum Ausdruck. So wurden noch im Oktober an Krummseggen in 2860 m Meereshöhe Temperaturen von fast 40 °C und an einem *Silene*-Polster immerhin 35 °C gemessen (PTC-Fühler), obwohl auf Grund der unbeständigen Wetterlage und der Windeinwirkung (durchschnittlich 1,5 m/sec.) die Voraussetzungen für eine besonders intensive Erhitzung nicht gegeben waren. Bei einer drei Tage später durchgeführten Vergleichsmessung in nur 340 m Meereshöhe lagen bei ähnlichen Witterungsvoraussetzungen, jedoch ohne Luftbewegungen, die höchsten Meßwerte an Blattoberflächen von *Poa pratensis* trotz höherer Lufttemperaturen lediglich bei knapp 32 °C. Die Tatsache, daß im ersten Fall die größte Differenz zwischen den Temperatur-Maxima des Pflanzenblattes und der Luft 33 °C, im zweiten Fall dagegen nur 18 °C betrug, unterstreicht deutlich die extremen Verhältnisse für die Strahlungstemperaturen in großen Höhen.

An der freien Bodenoberfläche konnten hingegen wider Erwarten keine außergewöhnlichen Temperaturunterschiede festgestellt werden, wobei

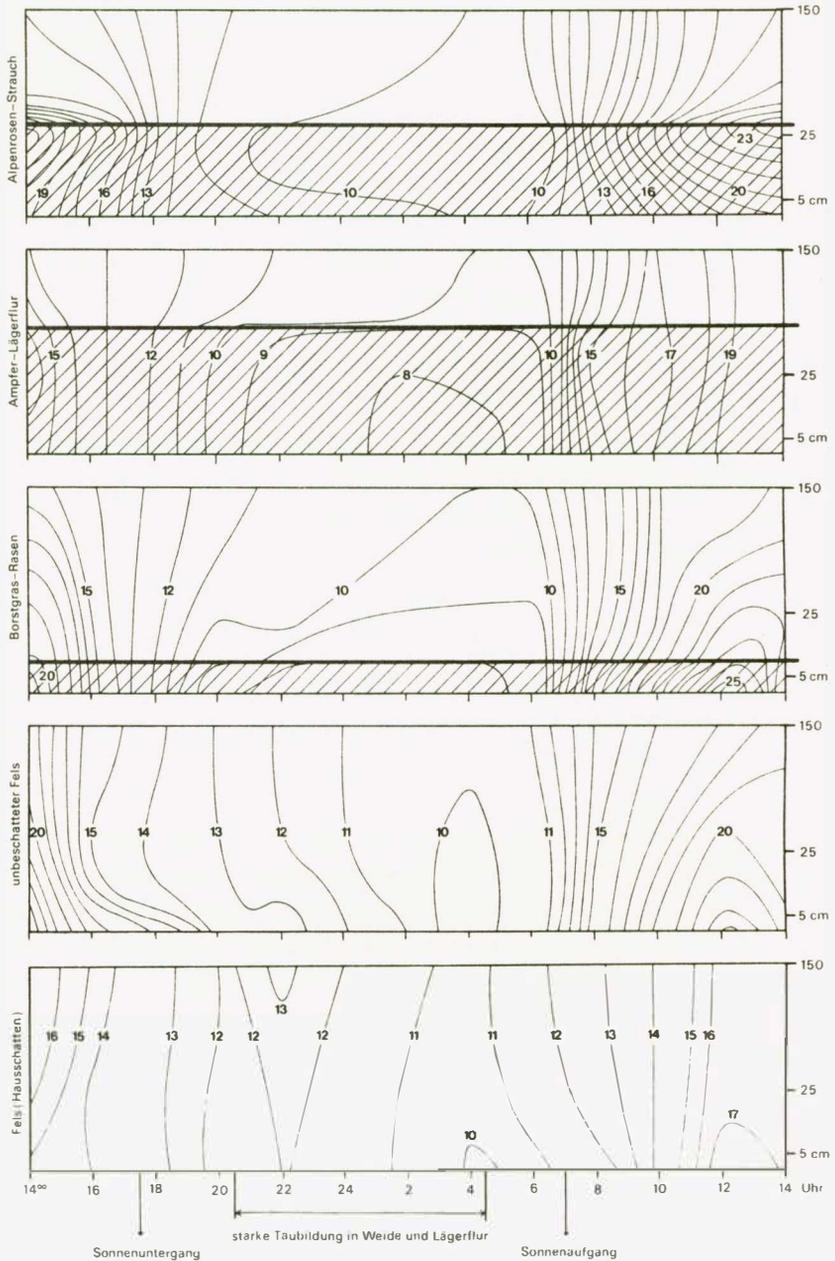


Abb. 26: Temperatschichtung in bzw. über verschiedenen Pflanzenbeständen bei Piodoo in ca. 1940 m NN (Juli 1974). Dicke Linie: Obergrenze der Bestände.

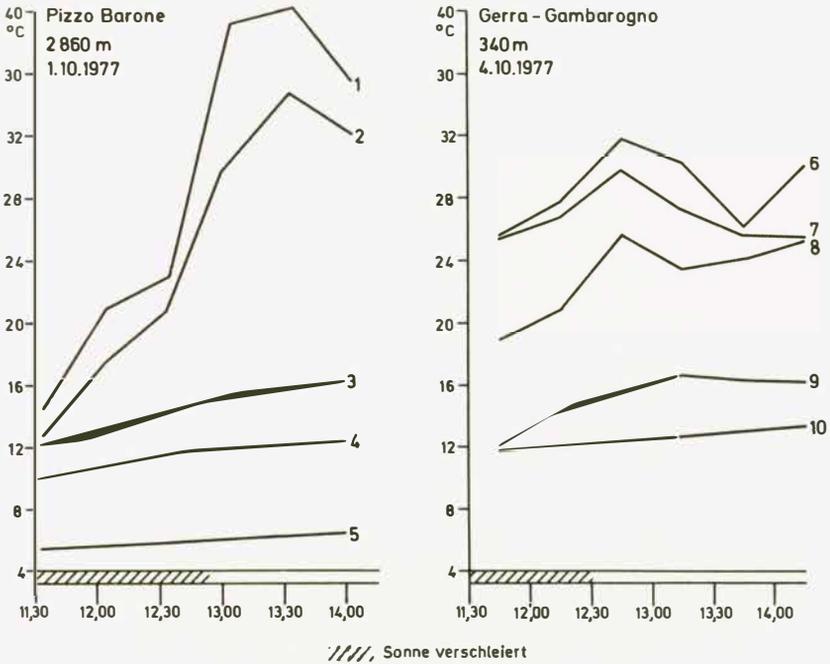


Abb. 27: Vergleichende Temperaturmessungen an bzw. in der Nähe von Oberflächen an zwei Standorten verschiedener Meereshöhen. 1 = in *Carex curvula*-Horst, 2 = an *Silene exscapa*-Polster, 3 = in *Silene exscapa*-Polster, 4 und 9 = Lufttemperatur in 150 cm Höhe, 5 und 10 = Bodentemperatur in 2 cm Bodentiefe, 6 = im *Poa pratensis*-Rasen, 7 = am *Rubus fruticosus*-Blatt, 8 = am *Vitis vitalba*-Blatt (7 = dunkel, 8 = hell).

die in großen Höhen stärkeren Luftbewegungen ausgleichend wirken dürften. Daneben ist festzustellen, daß die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Fels auf dem Pizzo Barone geringer ist als in Gerra Gambarogno. Hierfür sind Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit verantwortlich, da der humusreiche Ranker in großer Höhe eine starke Aufheizung verhindert, solange ihm nicht Wasser durch Pflanzen entzogen wird.

Die starke Erhitzung der Blattoberflächen an Strahlungstagen wirkt sich eher negativ auf die Pflanzen aus, da die gleichzeitig herabgesetzte Luftfeuchtigkeit und erhöhte Verdunstung eine starke Trans-

pirationsbeanspruchung zur Folge haben. Wasserverluste können allerdings durch teilweisen Spaltenverschluß herabgesetzt werden. Dem Leistungsvermögen der hochalpinen Pflanzen sind somit Grenzen gesetzt, wie Untersuchungen von W. MOSER (1973) beweisen. Das bedeutet, daß bei der Beleuchtung und Erwärmung schon relativ niedrige Werte genügen, um einen Stoffgewinn zu gewährleisten. Der CO_2 -Gasaustausch sowie die Photosyntheseleistung nehmen also nicht zusammen mit der steigenden Temperatur und Lichtintensität stetig zu, sondern sie erreichen je nach Pflanzenart und auch nach langfristiger Wetterlage bei bestimmten Werten ein Optimum. Trotzdem ist die Stoffproduktion pro Blattfläche wesentlich höher als in tieferen Lagen, zumal die Pflanzen sehr empfindlich und rasch auf extreme Witterungsveränderungen reagieren. So beginnt bei *Ranunculus glacialis* bereits drei bis vier Tage nach einem Temperatursturz die Umlagerung der Energieträger von den Blättern in die Wurzeln (W. BRZOSKA, 1973). Andererseits liegt bei günstigen Strahlungsbedingungen das Leistungsvermögen eines Blattes so hoch, daß der Stoffumsatz für die Ausbildung eines neuen, gleich großen Blattes innerhalb von 15 Tagen reicht (H. WALTER, 1968, S. 563).

Aus diesen Beispielen wird ersichtlich, daß Pflanzen, die eine starke vertikale Verbreitung zeigen (z. B. *Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*, *Nardus stricta* oder *Primula hirsuta*, Vorkommen im Tessin zwischen 200 m und über 2400 m Meereshöhe) bezüglich den mikroklimatischen Ansprüchen eine außergewöhnlich große Varianz zeigen.

4.4. Die Schneebedeckungs-Verhältnisse

4.4.1. Beobachtungen und Berechnungen zur Schneemächtigkeit

Hinsichtlich der Schneebedeckung ist für ökologische Fragestellungen weniger die Häufigkeit als vielmehr die Intensität der Schneefälle von Bedeutung. Nach Angaben von F. AMBROSETTI (1969 S. 309) verringert sich die Zahl der Tage mit starken Schneefällen von Westen nach Osten (also vom Maggia- zum Misoxtal). Entsprechendes gilt für die Nord-Süd-Richtung, da im kontinentaleren Zentralalpenkamm die durchschnittlichen Neuschneemengen größer sind als in den ozeanischeren Südalpen, wo die winterlichen Niederschläge nur selten als Schnee fallen. Nach Korrelationsberechnungen, die auf AMBROSETTIs Werten basieren,

dürfte das Val Vegorness in Bezug auf die Schneefall-Verhältnisse ähnlich wie bei den Lufttemperaturen innerhalb des Sopraceneri eine Mittelstellung einnehmen. Danach nimmt die durchschnittliche Häufigkeit der Tage mit Neuschneefällen von über 25 cm höhenwärts nur langsam zu, d. h. von ungefähr fünf auf acht Fälle pro Winterhalbjahr zwischen Sonogno und Pizzo Barone. Mehr oder weniger gleichsinnig verläuft die Zunahme der selteneren Schneefälle mit mehr als 60 cm Neuschnee: in rund 1200 m Meereshöhe ist alle zehn Jahre einmal damit zu rechnen, 1000 m höher kommen derartige Schneefälle dagegen fast schon alljährlich vor. Dies wird verständlich, wenn man berücksichtigt, daß Starkniederschläge vor allem in den Übergangsjahreszeiten auftreten (vgl. Kap. 4.1.1.), also zu Zeitpunkten, wo die 0 °C-Monatsmittel noch in relativ großer Meereshöhe liegen und dementsprechend nur in höheren Lagen erhebliche Schneefälle zu verzeichnen sind. Diese Tatsache schlägt sich auch in der höhenwärts ansteigenden durchschnittlichen Neuschneemenge nieder, die nach den Berechnungen in Sonogno bei knapp 20 cm, in Piodoo aber schon bei rund 40 cm liegen.

Neben der mit wachsender Meereshöhe verlängerten Schneefallperiode und der verringerten winterlichen Abschmelzquote auf Grund niedrigerer Lufttemperaturen sind die großen Schneeakkumulationen in den Hochlagen also auf die mit der Höhe zunehmenden durchschnittlichen Neuschneemengen zurückzuführen. Regelmäßige Messungen konnten während des Winterhalbjahres 1974/75 nur in Sonogno durchgeführt werden, während die anderen Stationen nur gelegentlich erreichbar waren. Aber schon anhand der wenigen Meßwerte lassen sich für Sonogno im Vergleich mit den drei höhergelegenen Stationen wesentliche Unterscheidungsmerkmale im Verlauf des Schneedeckenzuwachses ausmachen. So verursachten die herbstlichen Starkregen in den tieferen Lagen nur für wenige Tage eine dünne Schneedecke. Oberhalb ca. 1300 m blieb im Untersuchungsjahr der Schnee dagegen liegen, wobei bereits in 2000 m Höhe ab Mitte Oktober die Auflage nicht mehr unter einen Meter absank. Erst im kühleren Hochwinter bildete sich auch in Sonogno eine dauerhafte Schneedecke. In größeren Höhen war der Zuwachs während dieser relativ trockenen Zeit nicht größer als in den tiefergelegenen Bereichen. Mit Wiedereinsetzen der starken Niederschläge im Spätwinter wuchs die Schneedecke oberhalb ca. 1300 m erneut stark an, während in Sonogno der größere Teil wiederum als Regen fiel. Dabei wurden im März und April des Jahres 1975 in 2500 m

auf flachem Gelände Schneehöhen von rund 4 1/2 m erreicht, ohne daß Windverlagerungen bei der Akkumulation eine besondere Rolle gespielt hatten. In 2000 m beliefen sich die Maximalwerte auf ca. 3 1/2 m und in 1500 m immerhin noch auf ca. 2 1/2 m; in Sonogno wuchs die Schneedecke dagegen nie über 1 m an.

Während es also im Winter 1974/75 oberhalb ca. 1300 m stets eine geschlossene Schneedecke gab, die für die Vegetation eine zusammenhängende Winterruhe mit sich brachte, aperten entsprechende Stellen in tieferen Lagen auch während des Winters häufig aus. Damit werden weiter unten die Pflanzen auch in der ungünstigen Jahreszeit zur vorübergehenden Assimilation und Transpiration gezwungen. Entsprechendes gilt auch für die thermisch begünstigten Südhanglagen, wie aus den Ausführungen des nächsten Kapitels noch ersichtlich wird. Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß sich die durch mächtigere Schneeeauflagen verlängerte Winterruhe der Pflanzen in Hochlagen nicht unbedingt nur negativ auswirken muß. Vielmehr ist in den meisten Winterhalbjahren die Vegetation tieferer Bereiche und an S-Hängen auf Grund zwischenzeitlicher Ausaperungen mit ungünstigeren Voraussetzungen konfrontiert (Frosttrocknis, Eisgebläse usw.).

4.4.2. Niveaubedingte Einschnei- und reliefbedingte Ausaperungslinien

Wie bereits im vorigen Kapitel angedeutet wurde, ist im Hochgebirge für die Ausbildung der Vegetation die Länge der Schneebedeckungszeit von größter Bedeutung. Normalerweise wird die Schneedeckenandauer durch die beiden vektorialen Größen Strahlung und Wind bestimmt. Die von H. KRONFUSS (1970) für die subalpine Stufe im oberen Ötztal genauer untersuchte enge räumliche Beziehung zwischen der Windstärke in Bodennähe und den Andauer-Isochionen ist im Val Vegorness allerdings von untergeordneter Bedeutung. Zwar ist die lokale Hang- und Talwindzirkulation im Untersuchungsgebiet normal ausgebildet; heftige föhnartige Winde treten im Sopraceneri jedoch gerade während der Einschneizeit im Herbst seltener auf als z. B. in den Nordalpen. Ein Vergleich der Starkwind-Häufigkeit zwischen den Stationen Locarno und Zürich spiegelt recht aufschlußreich diese Unterschiede wieder

(F. AMBROSETTI, 1971, S. 49): während in Locarno-Monti an durchschnittlich 0,4 Tagen pro Winterhalbjahr Windspitzen von mehr als 20 m/sec erreicht werden, treten in Zürich entsprechende Werte im gleichen Zeitraum an 14 Tagen auf!

Schneeverlagerungen durch Windeinwirkungen spielen also im Val Ver-gorness eine unbedeutende Rolle. Die starke Lawinentätigkeit ist für die lokale Schneeakkumulation wesentlich entscheidender (vgl. Kap. 3.6.1.2.). Gerade in der montanen und unteren subalpinen Stufe haben Lawinenschneeablagerungen spät ausapernde azonale Schneeflecken zur Folge, wie die Ausaperungskarte in Karte 5 zeigt. Entscheidend für die reliefabhängige Schneedeckenandauer sind jedoch die kleinräumigen Strahlungsunterschiede, die für Variationen im mikro- und lokalklimatischen Wärme- und Verdunstungshaushalt verantwortlich sind (s. Kap. 4.5.2.).

Die bislang aufgeführten Wirkungsmechanismen beeinflussen ausschließlich die bereits bestehende Schneedecke und sind somit in erster Linie für Schneeschmelzprozesse von Bedeutung. Die im Frühjahr und Sommer entstehenden Aperfiguren sind also - der differenzierten Einwirkung der genannten Faktoren entsprechend - weitgehend relieforientiert (H. FRIEDEL, 1967, S. 168). Da das Kleinrelief in Hochlagen wesentlich bewegter als in tiefergelegenen Zonen ist, sind die Ausaperungsunterschiede auf engstem Raum bei fehlender Waldbedeckung erheblich vielfältiger, wobei sich vor allem die Abweichungen in der Schneedeckenandauer verstärken. Die damit zusammenhängende erhöhte Komplexität der Ökotopgefüge oberhalb der anthropogenen Waldgrenze wird in Kap. 4.5.2. ausführlich besprochen (s. a. Abb. 35).

Den relieforientierten Ausaperungslinien im Frühjahr und Sommer stehen die niveaurorientierten Einschneilinen gegenüber (vgl. Karte 4). Im Gegensatz zu der heterogen ausgebildeten Schneeflecken-Konfiguration verlaufen die Einschneigungs-Isochionen quasihorizontal, da die Neuschneefälle normalerweise bis zu einem einheitlichen Niveau hinunterreichen. Ein Vergleich zwischen Einschnei- und Ausaperungskarte zeigt deutlich die Unterschiede der beiden Isochionen-Typen. Allerdings sind auch auf der Einschneikarte expositionsbedingte Unterschiede zu erkennen, da sich die endgültige Schneeüberdeckung des gesamten Tales normalerweise erst durch mehrmalige Neuschneefälle vollzieht und zwischenzeitlich gerade in den tieferen Lagen und an Südhängen Abschmelzungen stattfinden. Dies geht z. B. aus der höhenwärtigen

Isochionenversetzung an südexponierten Einschnitten E-W bzw. W-E verlaufender Seitenbäche in Karte 4 hervor.

Abschließend sei betont, daß die herbstlichen Einschneelinien von Jahr zu Jahr unterschiedlich verlaufen, während sich die frühjährlichen und sommerlichen Aperfiguren stets wiederholen - sieht man einmal von extrem schneearmen Jahren ab. Dementsprechend ist für die Vegetationsanordnung die gesetzmäßige Wiederkehr der Schneeflecken-Konfiguration von weitaus größerer Bedeutung als der zufällige Einschneiverlauf.

4.5. Die Strahlungsverhältnisse

4.5.1. Strahlungsverhältnisse und Insolationskartierung

Großklimatisch gesehen werden in den Alpen fast neun Zehntel der Wärmeenergie unmittelbar von der Strahlung bereitgestellt. Der Rest ist der advektiven Wärmezufuhr zuzuschreiben, wie aus der folgenden Haushaltsgleichung nach BUDYKO (1958; zit. bei H. TURNER, 1966, S. 116) zu entnehmen ist:

$$40 (S) + 5 (Q) = 30 (V) + 15 (L) + 0 (B) \text{ Kal/cm}^2/\text{a}$$

S Strahlungsbilanz

Q advektive Wärmezufuhr

V Wärmeverlust durch Verdunstung (Evapotranspiration)

L Wärmeabgabe an die Luft (fühlbarer Wärmestrom)

B Wärmeabgabe an den Boden (= 0, da positiv im Sommer, negativ im Winter)

Da über das Verdunstungsglied V der Wärmehaushalt eng mit dem Wasserhaushalt gekoppelt ist, kommt der Strahlung mit ihrer übergeordneten Steuerfunktion für alle atmosphärischen Prozesse die größte Bedeutung unter den meteorologischen Elementen zu.

Für das Val Vegorness mußte auf ein indirektes Meßverfahren der Einstrahlung zurückgegriffen werden, da die direkte Messung aus Zeit- und Kostengründen nicht in Frage kam. Zudem bot die verwendete Methode nach A. MORGEN (1957) die Möglichkeit, erhaltene Daten flächenhaft aufzuarbeiten, so daß eine Strahlungskarte erstellt werden konnte.

Dabei handelt es sich allerdings nicht um tatsächliche, sondern vielmehr um berechnete, rein theoretische Werte. Als Grundlage dienen

Optimalwerte, die die maximal mögliche Besonnung eines Geländeabschnittes wiedergeben. Die Bewölkung als strahlungsmindernder Faktor bleibt also unberücksichtigt. Trotzdem kann den berechneten Optimalwerten eine große praktische Bedeutung für vergleichende Betrachtungen zuerkannt werden (M. BJELANOVIC, 1967; G. GIETL, 1974; M. RICHTER, 1978), da in einem kleinen Untersuchungsgebiet wie dem Val Vegorness nicht mit maßgeblichen Bewölkungsunterschieden zu rechnen ist.

Die Abhängigkeit der Einstrahlung von der Hangneigung, Exposition, Horizonteinengung, Meereshöhe und Breitengradlage ist hingegen bei der Berechnung der Werte mit einbezogen. Die drei erstgenannten Punkte wurden bereits in den Tabellen von A. MORGEN (1957) berücksichtigt, so daß die Angaben für die Umrechnung der Breitenlage und der verschiedenen Meereshöhe übernommen werden konnten. Der südlicheren Breitengradlage des Untersuchungsgebietes ($46^{\circ}25'$) wurde Rechnung getragen, indem der bei A. MORGEN (1957, S. 4) angeführte Höchstwert von $167,2 \text{ Kal/cm}^2/\text{a}$ für 50° n. Br. um $2,8\%$ auf $171,9 \text{ Kal/cm}^2/\text{a}$ erhöht wurde (um $0,8\%$ pro Breitengrad). Dieser Wert ist jedoch nur als theoretischer Ausgangspunkt für einen um 40° gegen S geneigten Hang in Meereshöhe anzusehen.

Mit zunehmender Meereshöhe erhöht sich bei gleichzeitiger Abnahme der Luftmasse, -dichte und -trübung die direkte Sonneneinstrahlung sowie die diffuse Himmelsstrahlung. Als Beispiel stellt H. TURNER (1966, S. 117) die quantitativen Beziehungen im durchschnittlichen Strahlungshaushalt eines Waldgrenzgebietes der kontinentalen Zentralalpen in 2070 m Meereshöhe (1) den Angaben der Station Hamburg-Fuhlsbüttel (2) gegenüber:

- 1) $28 \text{ (S)} \quad 64 \text{ (I)} + 58 \text{ (H)} + 202 \text{ (G)} - 52 \text{ (R)} - 245 \text{ (A)} \text{ Kal/cm}^2/\text{a}$
- 2) $35 \text{ (S)} = 34 \text{ (I)} + 43 \text{ (H)} + 242 \text{ (G)} - 14 \text{ (R)} - 296 \text{ (A)} \text{ Kal/cm}^2/\text{a}$

- S Strahlungsbilanz
- I direkte Sonnenstrahlung
- H diffuse Himmelstrahlung und Hangreflexstrahlung
- G Temperaturstrahlung der Atmosphäre (Gegenstrahlung)
- R am Erdboden reflektierte kurzwellige Globalstrahlung
- A Temperaturstrahlung des Erdbodens

Für die Oberflächen- und Pflanzentemperaturen, die ihrerseits Respiration, Assimilation und Transpiration maßgeblich beeinflussen, ist die im Hochgebirge erhöhte Globalstrahlung maßgeblich (= H + I).

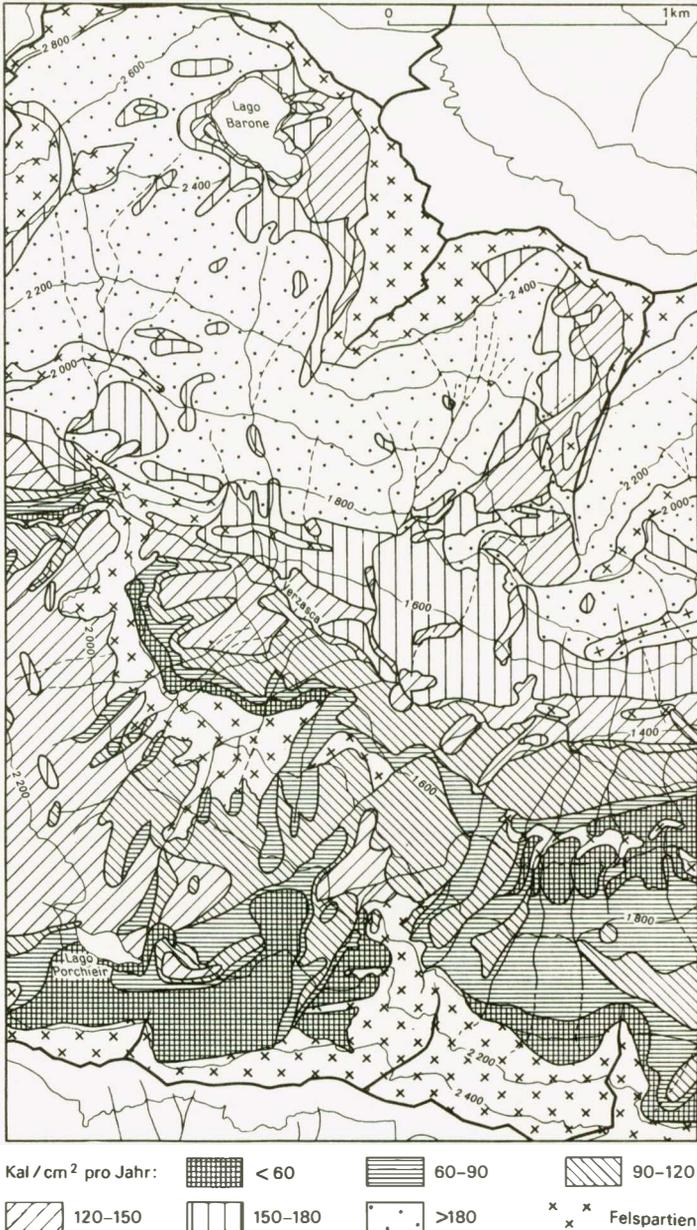


Abb. 28: Karte der maximal möglichen Besonnung im oberen Val Vegorner. Die Strahlungssumme pro Jahr ist in Abhängigkeit von der Exposition, Hangneigung, Horizonteinigung, Breitengradlage und Meereshöhe berechnet worden (nach MORGEN, 1957).

Für die Erstellung einer Strahlungskarte des Val Vegorness konnte bei den auf die Breitengradlage umgerechneten Zahlenangaben von A. MORGEN die höhenwärts steigende Intensität der Sonnenstrahlung mit Hilfe der Tabelle 7 aus der Arbeit von F. SAUBERER und I. DIRMHIRN (1958, S. 17-19) ebenfalls erfaßt werden. Zu diesem Zwecke wurde aus der Summe der dort aufgeführten Mittagswerte für den 15. eines jeden Monats das arithmetische Mittel errechnet. Da sich die Tabelle bei F. SAUBERER und I. DIRMHIRN auf verschiedene Höhenstufen bezieht, ließen sich die prozentualen Abweichungen für 1000 m, 1500 m, 2000 m und 2500 m ermitteln. Für das Val Vegorness ergeben sich dabei folgende Höchstwerte, die sich wiederum auf das Beispiel einer Inklination von 40° bei S-Exposition beziehen:

Tab. 9: Prozentuale Zunahme der jährlichen Einstrahlung mit der Meereshöhe in den Alpen auf $46^{\circ}25'$ n.Br. (errechnet aus Tab. 7 bei F. SAUBERER und I. DIRMHIRN, 1958)

0 m	171,9 Kal/cm ² /a	theoretischer Ausgangswert
1000 m	201,8	+ 17,4 %
1500 m	212,8	+ 23,8 %
2000 m	221,6	+ 28,9 %
2500 m	228,1	+ 32,7 %

Die Werte der korrelierten Faktoren Hangneigung, Exposition, Horizonteinengung, Breitengradlage und Meereshöhe wurden in Zahlenlisten zusammengestellt. Mit Hilfe dieser aus 9600 Daten bestehenden Tabellengrundlage konnte für jeden beliebigen Punkt auf der topographischen Karte die maximal mögliche Sonneneinstrahlung bestimmt werden, so daß eine Insulationskarte des Untersuchungsgebietes angefertigt werden konnte. Die Ergebnisse sind in einem Ausschnitt für das obere Val Vegorness in Abb. 28 wiedergegeben.

4.5.2. Zusammenhänge zwischen Strahlung, Schneebedeckung und Phänologie

Bei einem Vergleich der Insulations- mit der Ausaperungskarte zeigt sich deutlich die starke Abhängigkeit der Schneedeckenandauer von der Exposition und der Horizonteinengung (vgl. dazu a. H. BÜHM, 1966).

Besonders ungünstig wirken sich Bergschatten und Nordhanglage in den nur extensiv genutzten Weidegebieten zwischen Ciüppa und Corte di fondo aus, wo die letzten Lawinenablagerungen des Winterhalbjahrs normalerweise erst im Hochsommer verschwunden sind. Weiter oberhalb, also im Gebiet von Alpe Porcheirina bis zum Lago Porcheir, wirkt sich die Horizonteinengung nicht mehr so stark aus, da die abschirmenden Bergkämme eine geringere relative Höhe aufweisen. Neben der Exposition wird hier die verspätete Ausaperung durch die verringerte Lufttemperatur verursacht.

Der Einfluß der Bergschattenwirkung läßt sich aber auch gut an den Südhängen demonstrieren. Hier zeigt sich gerade für die höher gelegenen, weniger überschatteten Partien eine vergleichsweise kurze Schneebedeckung, die hauptsächlich durch die in diesem Bereich besonders hohen Werte der direkten Sonnenstrahlung zustande kommt (vgl. Abb. 28). Dagegen greifen im tiefen Taltrog die Isochionen auf Grund der verzögerten Ausaperung vom Nordhang auf die stark beschatteten unteren Südhangpartien hinüber. Mit diesen Voraussetzungen wird man vor allem bei der Begehung des Tales im Frühjahr konfrontiert: Schwierigkeiten bereitet einem wegen der mächtigen Schneebedeckung die Passage zwischen Cabioi und Ciüppa, während die wesentlich höher gelegenen Hänge Richtung Piodoo und Alpe Barone erheblich leichter begangen werden können - ein Faktor, dem bei einer eventuellen Anlage eines neuen Fahrweges Rechnung getragen werden müßte (s. Kap. 6.3.1.).

Bevor auf die Abhängigkeit der jahreszeitlichen Pflanzenentwicklung von den Einstrahlungs- und Schneedeckenverhältnissen einzugehen ist, sei also festgehalten, daß sich die expositionsabhängige Hanglagenklimata der gleichen Höhenlage und mit gleicher Horizontabschirmung in mehrfacher Hinsicht jeweils positiv und negativ auf den Strahlungsempfang durch die Vegetation auswirken:

Nordexponierte Hänge werden nicht nur durch erheblich geringere Einstrahlungswerte benachteiligt, die im Extremfall (also bei 40° Neigung) nur ein Siebtel des gegenüberliegenden Südhanges an $\text{Kal/cm}^2/\text{a}$ direkter Sonneneinstrahlung empfangen. Es kommt noch hinzu, daß die ohnehin geringe Strahlung nur während eines kurzen Jahresabschnittes von der Erdoberfläche und den Pflanzen absorbiert, ansonsten aber durch die überdurchschnittlich langandauernde Schneelage reflektiert

wird. An südexponierten Hängen verhält es sich hingegen umgekehrt, d. h. sowohl die schneefreie Periode als dadurch auch die Einstrahlungszeit am Boden dauern länger an. Derartige Unterschiede lassen sich bereits auf kleinstem Raum deutlich feststellen, so z. B. anhand des eng gekammerten, vielfältigen Vegetationsmosaiks in waldfreien Rinnen oder Mulden (vgl. Kap. 5.5.2.).

Natürlich schlagen sich die differenzierten Ausaperungs- und Einstrahlungsverhältnisse in den periodischen Entwicklungsstadien der Pflanzen wie Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife, Laubverfärbung und Laubfall nieder. Dies ergibt sich insbesondere aus phänologischen Beobachtungen an gleichen Arten, wobei sich Pflanzen mit einer starken vertikalen Verbreitung für Messungen eignen. Gerade das Val Vegorness bietet für Untersuchungen und Zusammenhänge zwischen Schneedecke, Strahlungssummen und Phänologie günstige Voraussetzungen, da die edaphischen Gegebenheiten nicht stark voneinander abweichen und folglich keine bodenbedingten Verzögerungen der Entwicklungsphasen zu erwarten sind (beispielsweise durch Verdichtungen, Wasser- und Luftmangel).

Bekanntlich wird die Vegetationsperiode mit zunehmender Höhe kürzer. Im allgemeinen rechnet man mit einem mittleren phänologischen Höhenstufengradienten von 3-4 Tagen pro 100 m Höhenunterschied (vgl. G. SCHMIDT, 1969, S. 82). Tatsächlich unterliegen die Entwicklungsstadien des pflanzlichen Wachstum jedoch wesentlich komplizierteren Gesetzmäßigkeiten, als daß sie allein mit höhenwärtig abnehmenden Durchschnittstemperaturen oder mit einer verzögerten Ausaperung erklärt werden könnten. Stark pauschalisierte Angaben, die darauf hinauslaufen, daß mit zunehmender Höhe die jahreszeitlichen Untergliederungen immer geringer werden, treffen einfach nicht zu. Mit anderen Worten, Pflanzen mit einem breiten vertikalen Verbreitungsspektrum kämen in Höhenlagen oberhalb 2000 m sicherlich nicht mehr zur Fruktifizierung, wenn der Sommer dort dem Vorfrühling und Spätherbst tiefer gelegener Stufen entspräche, was z. B. bei H. GAMS (zit. bei G. SCHMIDT, 1969, dort Abb. 30) nachzulesen ist. Eine derartige Betrachtungsweise geht wahrscheinlich von einer Überbewertung der Monatsmitteltemperaturen aus. Daß jedoch die mikroklimatischen Voraussetzungen für die Pflanzenentwicklung viel entscheidender sein können, zeigten die Ergebnisse in Kap. 4.3. Wenn also H. TURNER

(1966, S. 119) für einige hochalpine Standorte von "wüstenähnlichen" Temperatur- und Verdunstungsverhältnissen an bestimmten Schönwettertagen spricht, so erscheint es nicht zweckmäßig, einen solchen Höhenbereich mit festgelegten jahreszeitlichen Aspekten tieferer Zonen zu charakterisieren.

Im vorliegenden Fall soll nicht ein mittleres Eintrittsdatum für ein pflanzliches Entwicklungsstadium abgeleitet, sondern Einblick in die relativen Entwicklungsunterschiede im Beobachtungsgebiet gewonnen werden. Hierzu wurden phänometrische Untersuchungen an *Vaccinium myrtillus* durchgeführt, wobei 15 Standorte wöchentlich aufgesucht und an diesen Stellen der Entwicklungsablauf registriert wurde (vgl. Abb. 29).

Bei der vergleichenden Gegenüberstellung läßt sich nur bedingt eine höhenwärts kürzer werdende Entwicklungsperiode zwischen Blattentfaltung und Fruchtreife feststellen; vielmehr führen große Klimaunterschiede vor allem zu phänologischen Zeitverschiebungen (K.-F. SCHREIBER, 1977, S. 271). In Sonogno beträgt die Zeitspanne 11 Wochen, während sie auf Alpe Barone bei 2160 m lediglich eine Woche kürzer ist. Es sei allerdings betont, daß in Sonogno gerade im Frühjahr durch die verstärkte Kaltluftbildung der Entwicklungsbeginn verzögert (vgl. dagegen die darüber gelegene Corona, 1100 m) und die frühsummerliche Phase zwischen Blütenknospe und Fruchtreife beschleunigt wird.

Oberhalb 2200 m am S-Hang und 2000 m am NE-Hang kam es in dem außergewöhnlich schneereichen Jahr 1975 bei *Vaccinium myrtillus* nicht mehr zur Fruchtreife. Am auffallendsten war jedoch die beschleunigte Entwicklung bei Pflanzen in tieferen Lagen mit langer Schneebedeckung. So betrug die Zeitspanne zwischen Blattentfaltung und Fruchtreife an einem leicht gegen NE geneigten Schwemmfächer mit langer Lawinenschnee-Oberdeckung nur noch 9 Wochen. Dies läßt darauf schließen, daß sich an dieser Stelle die Heidelbeere auf eine überdurchschnittliche Verkürzung der Vegetationsperiode eingestellt hat und sich durch eine besonders rasche Entwicklung auszeichnet. Dagegen kann sich an früh ausapernden Standorten der Entwicklungsablauf über 12 1/2 Wochen erstrecken (z. B. in Lapide und an der Pipa, 1700 m und 1800 m am Südhang). Im Val Vegorness läßt sich also erst von dieser Höhenlage an eine rasch abnehmende Entwicklungszeit bei *Vaccinium myrtillus* nachweisen. Damit in der verkürzten Vegetationszeit noch genügend organische Substanz bis zur Fruchtbildung erzeugt

PHÄNOLOGIE von *Vaccinium myrtillus* in verschiedenen Höhen, 1975

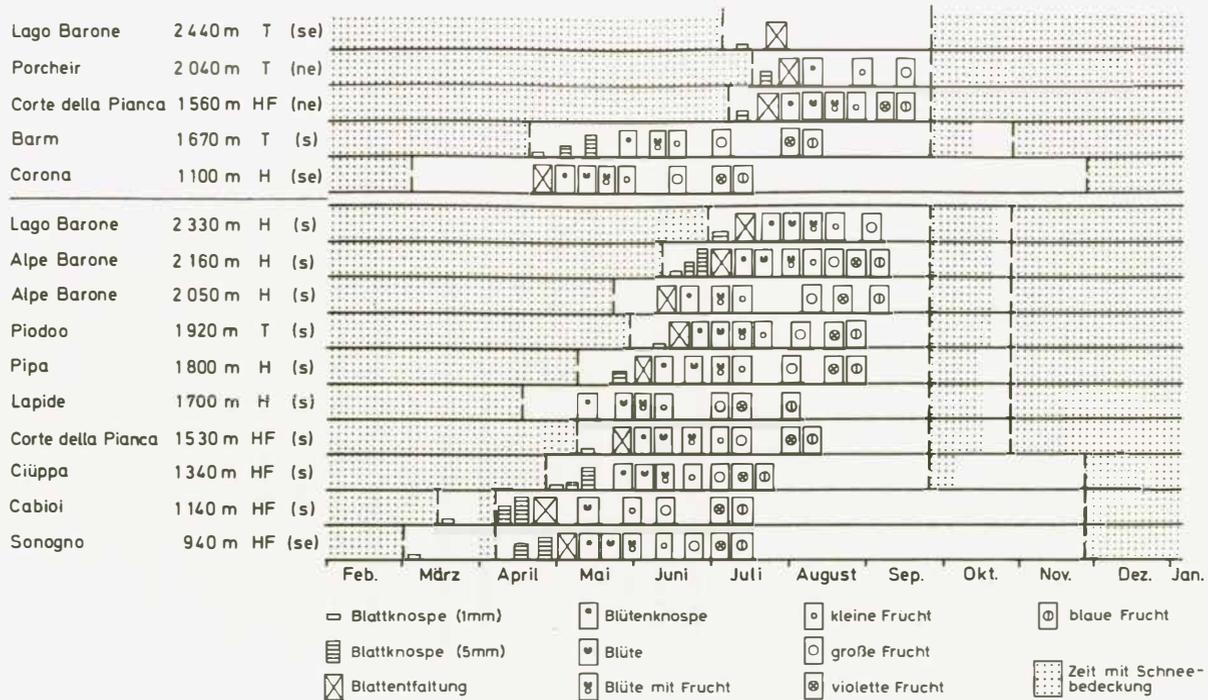


Abb. 29: Phänometrische Beobachtungen an *Vaccinium myrtillus* an 15 verschiedenen Standorten des Val Vegorress im Verlauf des Jahres 1975. HF = Hangfuß, H = Hang, T = Terrasse. In Klammern: Exposition des Standortes.

wird, verläuft die Photosynthese der höhergelegenen Pflanzenarten sehr lebhaft (s. Kap. 4.3.). Atmungsverluste bleiben jedoch relativ niedrig, da die nächtliche Abkühlung stärker ist (H. WALTER, 1968, S. 562).

Neben den phänometrischen Untersuchungen an *Vaccinium myrtillus* wurde an zahlreichen weiteren Pflanzen der Zeitpunkt des Aufblühens in verschiedenen Höhen aufgenommen. Hierbei sind drei Typen von Pflanzen zu unterscheiden, die im Zusammenhang mit der Vertikalverbreitung ein unterschiedliches Aufblühverhalten zeigen (vgl. Abb. 30):

1. Frühblühende, die zuerst unten und dann allmählich mit zunehmender Meereshöhe aufblühen, z. B.

Anthoxanthum odoratum, *Gentiana kochiana*, *Geum montanum*,
Crocus albiflorus, *Phyteuma betonicifolia*, *Primula hirsuta*,
Rhododendron ferrugineum, *Thymus alpestris*,

2. Pflanzen die in tieferen wie höheren Lagen gleichzeitig aufblühen (Juli bis Anfang August), z. B.

Achillea moschata, *Campanula barbata*, *Campanula scheuchzeri*,
Calamagrostis villosa, *Deschampsia caespitosa*, *Calluna vulgaris*,

3. Spätblühende (Mitte August bis Anfang Oktober), die zuerst in größerer Meereshöhe aufblühen, z. B.

Gentiana brachyphylla, *Pedicularis kernerii*, *Ranunculus glacialis*.

Bei diesen an S-exponierten Hängen aufgenommenen Pflanzen besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Aufblühverhalten und der Ausaperung und Einstrahlung. So folgen die frühblühenden Pflanzen weitgehend den Ausaperungslinien während des späten Frühjahrs und des Frühsommers (s. Abb. 30), d. h. mit dem höhenwärts verzögerten Abtauen der Schneedecke blühen auch die Pflanzen des ersten Typs mit zunehmender Höhe später auf. Da nach der Ausaperung die Strahlungssummen in hochalpinen Regionen auf Grund der erhöhten direkten Sonneneinstrahlung schneller anwachsen als in tiefergelegenen Stufen ist im Hochsommer ein Stadium erreicht, an dem die Pflanzen des zweiten Typs zwischen der montanen und alpinen Stufe annähernd die gleiche Strahlungsmenge erhalten haben. Obwohl also die hochgelegenen Bereiche erst später schneefrei werden, kann hier die verstärkte Strahlung zu einer phänologischen Annäherung an die tieferen Zonen führen.

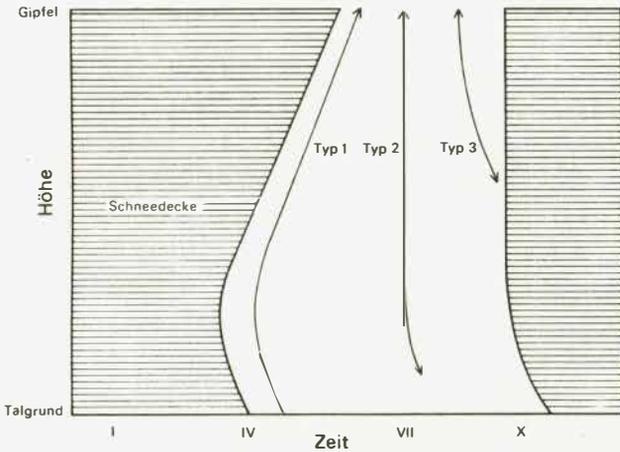


Abb. 30: Aufblühzeiten von drei verschiedenen Pflanzentypen in Abhängigkeit von der Ausaperung und der Meereshöhe (schematisch).

Im Spätsommer und Frühherbst haben die in größeren Höhen schneller anwachsenden Strahlungssummen sogar zur Folge, daß die Pflanzen des dritten Typs zuerst in den höchsten Lagen aufblühen und erst danach in den tieferen Gebieten. Mit anderen Worten: der Ausgleichspunkt zwischen erhöhtem Strahlungsgenuß und verspäteter Ausaperung ist zugunsten der Strahlung überschritten. Die spät blühenden Pflanzen sind allerdings im Verhältnis zu den beiden erstgenannten Typen wesentlich seltener und besiedeln lediglich den Bereich oberhalb der montanen Stufe.

In Abb. 30 kommt auch die verzögerte Ausaperung des Talgrundes durch erhöhte Horizonteinengung und damit eingeschränkter Sonneneinstrahlung zum Ausdruck. Vor allem die Gruppe der früher aufblühenden Pflanzen wird in diesem Gebiet gegenüber höhergelegenen Zonen in ihrem Entwicklungsablauf benachteiligt.

Inwiefern die hier beschriebenen Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen für praktische Maßnahmen, z. B. für eine Überprüfung der Weideregulung, verwertbar sind, wird in Kap. 6.3.4. angesprochen.

5. VEGETATIONSKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN

5.1. Vorbemerkungen zu den vegetationskundlichen Untersuchungen

Für das Val Vegorness gilt vegetationskundlich das gleiche Merkmal, das alle Silikatgebiete im insubrischen Klimabereich prägt: die Flora ist wegen des sauren Ausgangsgesteins und der nährstoffarmen Böden artenarm, während die Vegetation hinsichtlich der Pflanzenproduktion und -masse wegen des relativ milden, regenreichen Klimas üppig ist.

Die folgenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf pflanzensoziologische Untersuchungen, wobei natürlich auch die vorherrschenden Pflanzenformationen umrissen werden. Insgesamt konnten im Val Vegorness 456 verschiedene Arten gefunden werden, nämlich 22 Farne, 6 Koniferen und 428 Blütenpflanzen. Moose und Flechten wurden bei den pflanzensoziologischen Aufnahmen nicht berücksichtigt, da die genaue Bestimmung Schwierigkeiten bereitete. Die wesentlichsten Arten werden jedoch im Text erwähnt.

Die pflanzensoziologischen Tabellen (s. Beilage) umfassen das Spektrum der jeweils vorherrschenden Assoziationen in den vier zusammengefaßten Höhenstufen, die unten beschrieben sind (s. Tab. 10). Die verschiedenen Gesellschaften dieser Höhenstufen werden bewußt in nur drei pflanzensoziologischen Listen zusammen vorgestellt, da auf diese Art und Weise ein besserer Überblick der charakteristischen Gruppen gewährleistet ist. Außerdem lassen sich anhand der vorliegenden tabellarischen Zusammenfassungen die Übergänge zwischen den verschiedenen Assoziationen leichter verdeutlichen, so z. B. die allmähliche Veränderung der Artenzusammensetzung von feuchten zu trockenen Varianten. Bei der Feld- und Auswertungsmethode der Listen wurde die Artenschätzung nach der üblichen 6- bzw. 7stufigen "Abundanz-Dominanz-Skala" leicht abgewandelt, indem sowohl die Mengenanteile der Einzelpflanzen als auch der Deckungswert getrennt aufgeführt sind. Bei der Aufnahme der einzelnen Areale wurde davon ausgegangen, daß die Gegenüberstellung der Individuenzahl und der Bedeckungszahl auf indirektem Wege Erkenntnisse über Sukzessionsstadien, Vitalitätsgrad und Entwicklungsphasen der Artenspektren bei allmählicher Veränderung des Standortes ermöglichen. Ähnlich differenzierte Arbeitsweisen sind bereits bei Untersuchungen mit speziellen vegetationsdynamischen Fragestellungen üblich (so z. B. bei B. STÜSSI, 1970, S. 10 f). Als dritte

Beobachtungsgröße wurde für jede Art der Soziabilitätsgrad ¹ bestimmt, der nicht nur Aussagen über die Häufigungsweise, Verteilung oder auch Polykormonbildung vermittelt, sondern auch das Verhältnis der ersten beiden Werte (Abundanz und Dominanz) zum Ausdruck bringt. Im Zusammenhang mit dem Gesamtziel der Arbeit, der Ermittlung des natürlichen Potentials, sollte die pflanzensoziologische Bearbeitung des Val Vegorness jedoch nicht unbedingt exakten floristischen Detailuntersuchungen gerecht werden. Vielmehr wurden die Feldarbeiten auf die kausale Beurteilung der Vegetation als Standortanzeiger und als Maßstab für Entwicklungsprozesse ausgerichtet. Für die Ermittlung elementarer Änderungen, z. B. großstufiger sekundärer Sukzessionsreihen oder Bodenentwicklungsserien, dürften die vorliegenden Vegetationsuntersuchungen durchaus genügen.²

5.2. Die Vegetationsstufen-Abfolge und die Veränderung der Lebensformenspektren

Da das Val Vegorness im Übergangsbereich zwischen den ozeanischen Tessiner Randalpen und den kontinentalen Zentralalpen des Gotthardmassives liegt, nehmen die Vegetationsstufen in ihrer Höhenlage eine Zwischenstellung ein. Dies wird z. B. aus dem Verlauf der potentiell natürlichen Waldgrenze vom südlichen zum nördlichen Tessin ersicht-

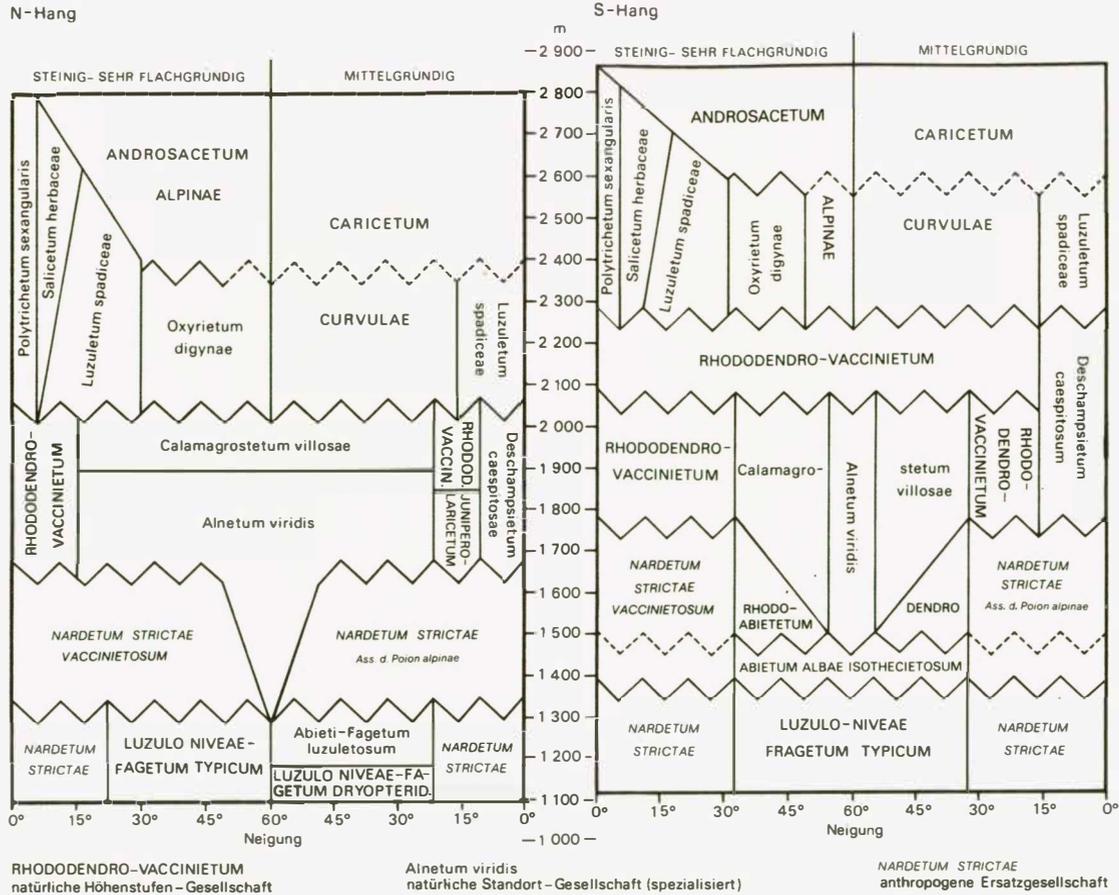
Abb. 31: Bestimmende Pflanzengesellschaften im Vegornesstal in Abhängigkeit der Exposition und Meereshöhe, der Hangneigung und Bodengründigkeit.

S. 114 S- und N-Hang

S. 115 W- und E-Hang

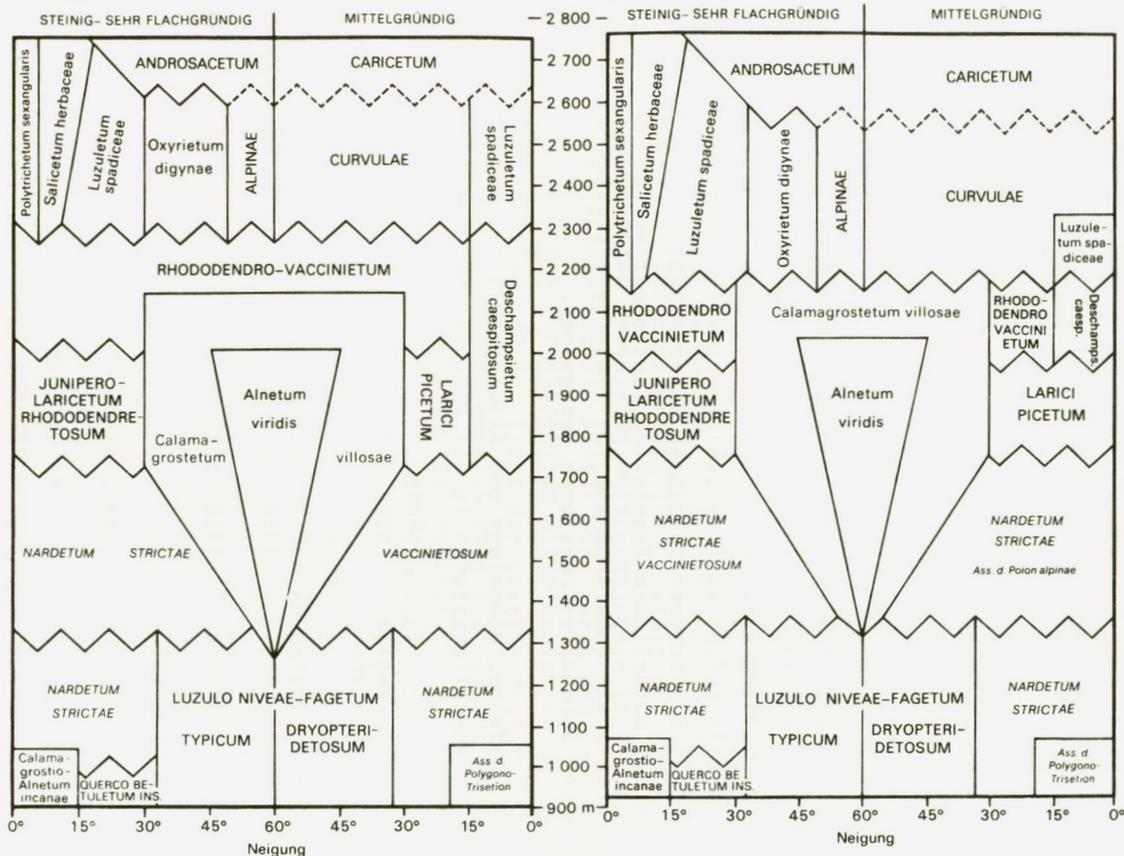
¹ betrifft nur pfl.soz.Liste 1 und 2

² Meinem Freund Pedro Gerstberger, Bot. Inst. d. Uni. Bonn, habe ich sehr für seine Hilfe bei der Pflanzenbestimmung zu danken.



W-Hang

E-Hang



Text s. S. 113

lich: sie steigt, jeweils an den Süd- bis Westhängen, von knapp 1600 m NN im Sottoceneri (Buchen), über 1800 m im südlichen Verzasctatal (Lärchen) auf fast 2200 m im Piora- und Lukmanier-Gebiet an (Lärche, Arve, Fichte).

Da das Val Vegorness oberhalb 900 m NN liegt, beginnt die Vegetationszonierung erst mit der montanen Stufe, obwohl am Südhang östlich von Sonogno im Gebiet von Motell die Artenzusammensetzung noch auf Gesellschaften der submontanen Stufe hindeutet. Tab. 10 gibt die ungefähren Vertikalbereiche der acht ausgeschiedenen Höhenstufen wieder, die für die pflanzensoziologischen Listen in vier übergeordneten Gruppen zusammengefaßt sind.

Selbstverständlich liegen die ebenfalls in Tab. 10 angeführten bestimmenden Assoziationen nur noch an wenigen Stellen in ihrer natürlichen Ausbildung vor, da durch die jahrhundertelange Almwirtschaft Ersatzgesellschaften an ihre Stelle getreten sind (vgl. Abb. 31 und Karte 7). Die Höhengrenzen mußten daher anhand von wenigen Restbeständen der natürlichen Vegetation festgelegt werden. Sie wurden in erster Linie als Anhaltspunkte für die prognostische Ermittlung potentieller Sekundärsukzessionen festgelegt.

Tab. 10: Abfolge, Höhenlage und Klimaxgesellschaften der Vegetationsstufen im Val Vegorness

	S-Hang	N-Hang	Klimax
1. Buchenwald-Region (untere)montane Stufe	(900)-1350 m	(900)-1300 m	<i>Luzulo niveae-Fagetum</i>
2. Nadelwald-Region			
a) (obere) montane Stufe	1350 -1450 m		<i>Abietetum albae isothecietosum</i>
b) untere subalpine Stufe	1450 -1750 m	1300-1650 m	<i>Rhododendro-Abietetum</i>
3. Zwergstrauch-Region			
a) obere subalpine Stufe	1750 -2050 m	1650-1850 m	<i>Junipero-Laricetum</i>
-----Waldgrenze-----			
b) untere alpine Stufe	2050 -2250 m	1850-2050 m	<i>Rhododendro-Vaccinietum</i>
4. alpine Rasen- und Polsterpflanzen-Region			
a) mittlere alpine Stufe	2250-2550 m	2050-2350 m	<i>Caricetum curvulae</i>
b) obere bis subnivale Stufe	ab 2550 m	ab 2350 m	<i>Androsacetum alpinae</i>

Mit zunehmender Höhe verändert sich jedoch nicht nur die Artenzusammensetzung sondern auch das Lebensformenspektrum (vgl. Abb. 32: proz. Anteil nach der Artenzahl, nicht nach dem Deckungswert). Dabei läßt sich höhenwärts insgesamt eine zunehmende Tendenz bei den Chamaephyten zu Lasten des Therophyten-, Geophyten- und Phanerophyten-Anteils bei annähernd gleichbleibenden Hemikryptophyten-Anteil feststellen. Bei einer differenzierten Betrachtung ergeben sich folgende Verteilungen für die verschiedenen Höhenstufen:

1. Montane Stufe:

Der Anteil an Therophyten und Geophyten liegt mit jeweils ca. 9 % unterhalb des mitteleuropäischen Normalspektrums, das bei 13-16 % liegt (SCHMITHÜSEN, 1968, S. 101). Diese Verschiebung deutet bereits auf eine etwas verkürzte Vegetationsperiode mit überdurchschnittlicher Schneedeckenandauer zwischen ein und drei Monaten hin. Diese Tatsache wirkt sich zusammen mit den durchweg nährstoffarmen sauren Böden günstig auf den Chamaephyten-Bewuchs aus (ca. 9 statt 6 %), der sich vor allem durch langsamer wachsende anspruchslosere Pflanzen auszeichnet. Der bei weitem höchste Anteil wird durch Hemikryptophyten gestellt, was jedoch dem Normalspektrum mitteleuropäischer Arten in etwa entspricht (61 statt 58 %). Trotz der starken Degradierung der Wälder gerade im Dauersiedlungs-Bereich sind die Phanerophyten mit ca. 11 % recht stark vertreten (Normalspektrum = ca. 7 %), was auf das günstige Wasserangebot und die reliefbedingte geländeklimatische Vielseitigkeit zurückzuführen ist.

2. (Obere montane und) untere subalpine Stufe:

Aufgrund der stärkeren Beschattung durch den relativ dichten Waldbewuchs und den erhöhten Nadelbaumanteil gehen die Geophyten (ca. 8 %) und besonders die Therophyten (5 %) zurück, was sich in einer Abnahme der für winterkahle Laubwälder charakteristischen Frühlingsblüher und sommergrünen Schattenblüher manifestiert. Daneben spielt natürlich schon die zunehmende Schneedeckenandauer eine Rolle, die zusammen mit der erhöhten Frostgefährdung auch den Phanerophyten-Rückgang erklärt (ca. 7 %). Der Anteil der schneegeschützten Chamaephyten (11 %) und Hemikryptophyten (68 %) steigt dagegen an.

3. Obere subalpine Stufe:

Die Aufhellung der Wälder führt nur noch zu einer geringen Abnahme der Geophyten (ca. 7 %) und Therophyten (ca. 4 %), die nun einzig

wegen der verkürzten Vegetationsperiode zurückgehen. Für die weitere Abnahme der Phanerophyten (5 %) ist auf Grund ihrer Wuchshöhe, die ein Herausragen über die Schneedecke bewirkt, die zunehmende Gefährdung durch Frosttrocknis und Eisgebläse-Schädigung entscheidend. Der Anteil der Hemikryptophyten erreicht hier mit 69 % ein Maximum, und der Prozentsatz an Chamaephyten (14 %) zeigt ebenfalls eine stetige Zunahme an.

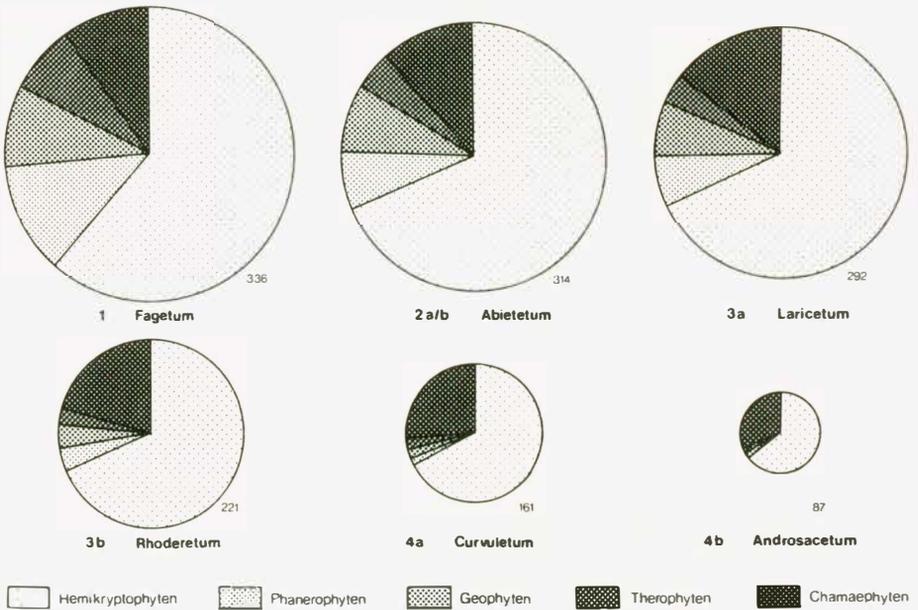


Abb. 32: Lebensformenspektren der in Tab. 11 zusammengestellten Vegetationsstufen im Val Vegorness (Ermittlung der Lebensform nach OBERDORFER, 1970).

4.-6. Untere alpine bis subnivale Stufe:

Die Verteilungsspektren zeigen von der unteren alpinen Stufe ab eine gleichläufige Tendenz an, was für die ausschließliche Beeinflussung durch einen gleichgeschalteten Faktorenkomplex spricht, nämlich die schon erwähnte Zunahme der Schneebedeckung und der Frostgefährdung bei parallellaufender Verkürzung der Vegetationszeit. Therophyten (3-2 %) und Geophyten (5-2 %) nehmen weiter ab, die Phanerophyten verschwinden ganz. Auch die Hemikryptophyten gehen nun in ihrem prozentualen Anteil leicht zurück (68-64 %), so daß sich die Chamaephyten bei einer Zunahme von 20 auf 31 % als die bestangepaßten Formen für die immer extremer werdenden Verhältnisse herausstellen. Das Lebensformenspektrum der oberen alpinen und subnivalen Stufe im Val Vegorness entspricht nach J. SCHMITHÜSEN (1968, S. 220) recht genau dem Normalspektrum alpiner Krummseggenrasen. Seine Angaben für alpine Gebirgsheiden (S. 229), die ein stellenweises erhebliches Überwiegen von Chamaephyten gegenüber Hemikryptophyten beinhalten (2:1, in Alpenazaleen-Heiden) konnte jedoch im Untersuchungsgebiet nirgendwo festgestellt werden, zumindest was die Artenzahl betrifft. Dagegen können vom Deckungswert die Chamaephyten gerade in der oberen subalpinen und unteren alpinen Zwergstrauch-Region sowie in der oberen alpinen und subnivalen Polsterpflanzen-Region das Pflanzenbild durchaus beherrschen.

Insgesamt zeigt sich für das Val Vegorness, daß sich die Lebensformenspektren mit zunehmender Höhenlage den Normalspektren für die jeweiligen Vegetationsstufen der gesamten Alpen anzunähern scheinen. Dies mag darauf hindeuten, daß in größeren Höhen die Einflüsse des insubrischen Klimas allmählich von einem Hochgebirgsklima überdeckt werden, das sich nicht mehr wesentlich von dem Klima alpiner Regionen auf der Alpen-Nordseite unterscheidet. Entsprechendes läßt sich für die Artenzusammensetzung nachweisen: während in der montanen Stufe zahlreiche submediterrane Arten noch eine gewisse Eigenständigkeit des insubrischen Vegetationskomplexes andeuten, weist die Pflanzen-Zusammensetzung der höheren Lagen große Ähnlichkeiten mit weit entfernten Silikatgebieten auf, so z. B. mit entsprechenden alpinen Regionen in Graubünden und in Tirol.

5.3. Die montane Stufe

5.3.1. Beurteilung der Standortansprüche und des Futterwertes von Pflanzen der Wirtschaftswiesen

Im Gegensatz zu den Almweiden befinden sich die Wiesen in der Umgebung Sonognos im Privatbesitz. In den letzten 25 Jahren ist der Wiesenanteil in Sonogno um ein Viertel zurückgegangen, wobei die Magerwiesen in viel stärkerem Maße betroffen waren als die Fettwiesen. Letztere dürften sogar eher an Fläche zugenommen haben, da mit der verbesserten Erreichbarkeit durch den Bau einer Fahrstraße nach Corte und einer weiterführenden Seilbahn nach Püscen Negro im Val Redorta sowie eines Feldweges bis nach Seccada im Val Vegorness die Möglichkeiten zur Wiesendüngung erheblich erleichtert wurden.

Von den aufgegebenen Wiesenparzellen fiel der größere Teil brach, im Ortsbereich wurden sie allerdings auch für den Bau neuer Wohnhäuser genutzt. Eine weitere Veränderung betrifft die im Jahre 1950 in größerer Entfernung Sonognos gelegenen Ackerparzellen, die nun ausschließlich als Mähwiesen bewirtschaftet werden (vgl. Abb. 33 und 34). Genauere Angaben zu den Größenverhältnissen der Wiesen und ihrer Veränderung im Laufe der letzten 25 Jahre sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, die weitgehend auf unveröffentlichtem Zahlenmaterial von Herrn Dr. A. Katterbach, Geogr. Inst. RWTH Aachen, basiert:

Tab. 11: Flächenangaben zu den Mähwiesen Sonognos im Jahre 1950 und 1975

	1950		1975		
	Wiesen	esamt	Fettwiesen	Ma erwiesen	esamt
Fläche in ha	59,4		34,9	11,0	45,9
durchschn.Größe (in ha)	0,23		0,21	0,22	0,21
Anzahl Wiesen- parzellen	260		169	50	219
Größte Parzelle	16992 m ²		14849 m ²	9248 m ²	
Kleinste Parzelle	52 m ²		3 m ²	158 m ²	

Die Düngung der Fettwiesen mit Jauche und/oder Stallmist findet normalerweise kurz nach der Schneeschmelze statt, also im März/April. Bei dem Niederschlagsreichtum im Untersuchungsgebiet erübrigt sich künstliche

Bewässerung des Grünlandes. Die Schuren der Fettwiesen werden in Jahren mit normalem Witterungsablauf im Juni und im September durchgeführt, auf den Magerwiesen im August. Streuwiesen gibt es im Untersuchungsgebiet nicht, da sich mit dem üppigen Farnunterwuchs der Wälder in der montanen Stufe eine brauchbare Viehunterlage für die winterliche Stallperiode anbietet. Sowohl die Fett- als auch die Magerwiesen werden zumindest nach der Sömmerung für kurze Zeit durch Milchvieh beweidet. Insgesamt betrachtet dienen sie jedoch in erster Linie der Heugewinnung für die Stallfütterung.

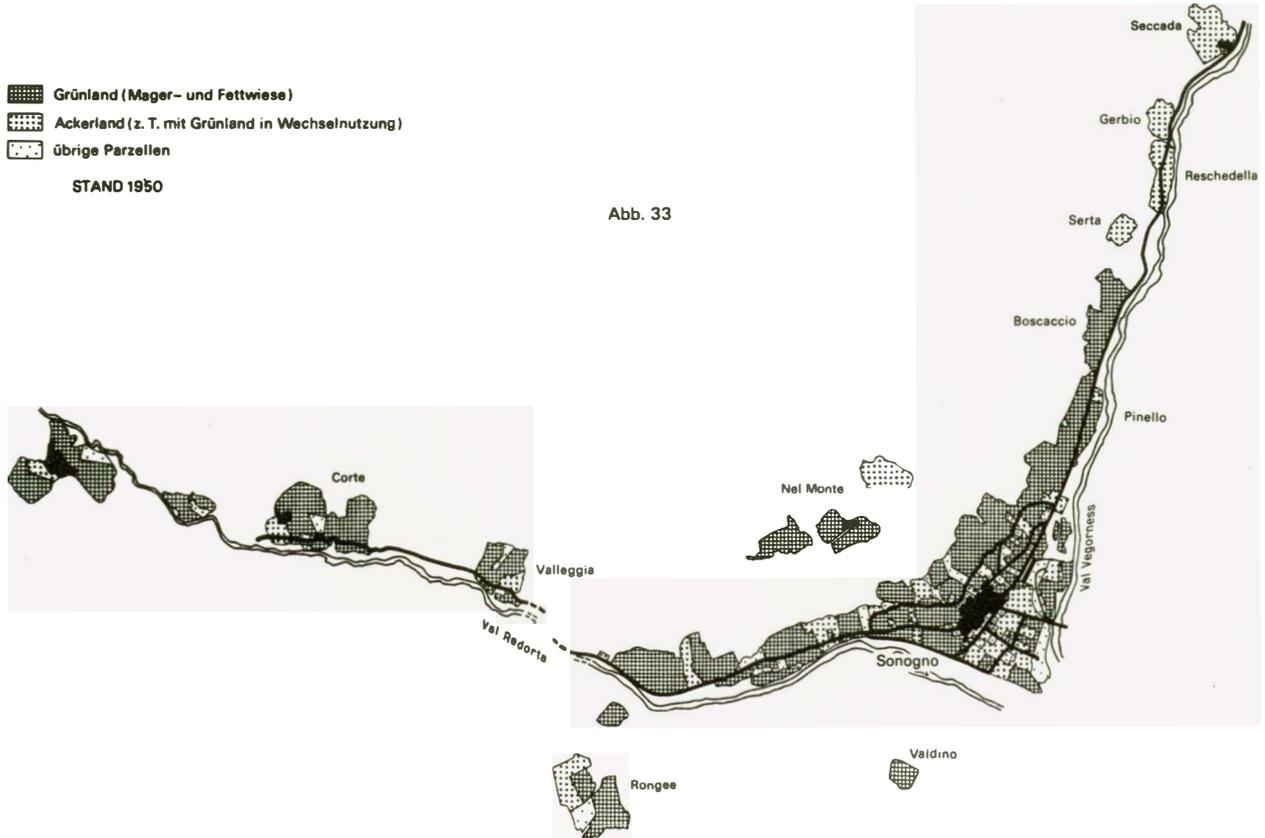
Als ein wesentlicher Faktor für die floristische Zusammensetzung der Wiesen in der Umgebung Sonognos und auch der Maiensäße im Val Vegorness ist die regelmäßige Mahd anzusehen. Mit einem überdurchschnittlichen Anteil an frühjahrsblühenden Hemikryptophyten werden die Wiesen von einer Lebensform beherrscht, deren Entwicklung schon vor der ersten Mahd ein relativ spätes Stadium erreicht hat. So standen 60 % der in Tab. 12 (s. Beilage) aufgeführten Pflanzenarten der ersten fünf (Fettwiesen-) Areale am 19. März 1974 bereits in voller Blüte bzw. fruchteten sogar schon. Die durch die Mahd verursachte Auswahl und Einschränkung des Bestandes hat eine größere Gleichförmigkeit der Flora zur Folge, wobei sich durch die intensivere Düngung Arten ausbreiten, die in ihrem Massenertrag ergiebiger sind.

Mit den in Tab. 12 wiedergegebenen pflanzensoziologischen Aufnahmen soll eine Gegenüberstellung der Artenspektren von Fettwiesen (lfd. Nr. 1-5), von brachgefallenen Fettwiesen (lfd. Nr. 6 + 7) sowie von Magerwiesen, die in den letzten Jahrzehnten nicht gedüngt wurden (lfd. Nr. 8-10), ermöglicht werden. Für die Beurteilung der Standortqualitäten der Pflanzenbestände wurden die arithmetischen Mittel von Feuchte-, Stickstoff- und Reaktionszahlen sowohl nach der Einstufung von R. KNAPP (1971, S. 129-135) als auch nach der von H. ELLENBERG (1974) errechnet. In beiden Fällen bedeuten niedrige Zahlenangaben ein geringes, hohe Zahlenangaben ein großes Ausmaß der betreffenden Faktoren (Skala bei R. KNAPP von 1-5, vgl. dort Tab. 29; bei H. ELLENBERG von 1-9 bzw. von 1-12 bei der Feuchte, vgl. Erläuterungen dort S. 22-24). Für die Gesamtbewertung eines aufgenommenen Areals wurden die Werte zahlen mit den Zahlenangaben des Bedeckungsgrades multipliziert, wobei das Zeichen "+" mit "1" gleichgesetzt, "r" hingegen nicht berücksichtigt wurde (H. ELLENBERG, 1974, S. 17). Aus der Summe der erhaltenen Werte wurde das arithmetische Mittel gebildet (s. Tab. 12 unten).

-  Grünland (Mager- und Fettwiese)
-  Ackerland (z. T. mit Grünland in Wechselnutzung)
-  übrige Parzellen

STAND 1950

Abb. 33



-  Magerwiese
-  Fettwiese
-  Ackerland
-  übrige Parzellen

STAND 1975

Abb. 34

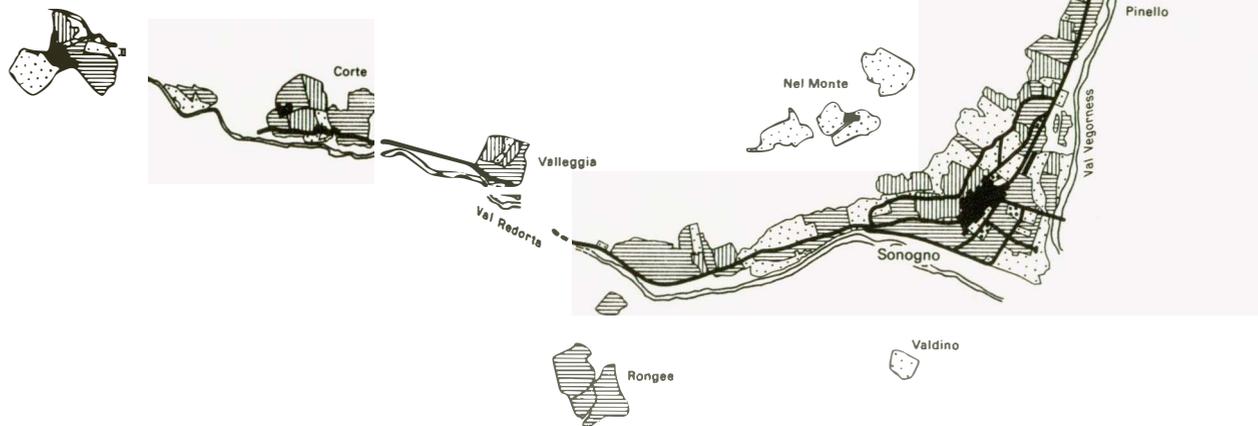


Abb. 33 und 34: Landwirtschaftliche Nutzung in Sonogno (Val Vegorness und Val Redorta) in den Jahren 1950 bzw. 1975 (nach KATTERBACH, 1978 und eigenen Erhebungen).

Neben der Einstufung der Standortansprüche wurde den aufgenommenen Beständen jeweils eine Futterwertzahl zugewiesen. Sie läßt sich aus entsprechenden Angaben von R. KNAPP (1971, dort Tab. 30) berechnen, wobei den kennzeichnenden Buchstaben wiederum eine Wertezahl zugeordnet wurde

E	sehr gut	4
G	gut	3
M-G	gut - mittelmäßig	2
M	mittelmäßig	1
S	schlecht	0

Der in der Tabelle zuunterst aufgeführte Futterwert für die einzelnen Aufnahmeflächen ergibt sich aus der Berechnung

$$\sum_{i=1}^n x \cdot \bar{B}_1 \cdot x \cdot F_1$$

wobei x die Pflanzenart
 \bar{B}_1 der mittlere Bedeckungsgrad in %
 und F_1 der Futterwert ist.

Das Spektrum der Futterwertzahlen liegt also zwischen 350 (87,5 als Mittelwert des Bedeckungsgrades 5 multipliziert mit 4 als Wertezahl sehr guten Futterwertes) und 0 (bei unbewachsenem Boden).

Mit den mittleren Wertezahlen der Standortansprüche in den pflanzensoziologisch erfaßten Arealen kommt die floristische Homogenität der Fettwiesen recht gut zum Ausdruck, da die Ergebnisse nicht wesentlich voneinander abweichen. Die Flächen 1-5 werden durch Frischeanzeiger gekennzeichnet, was auf eine günstige Wasserversorgung der Wiesen hindeutet. Die Pflanzen zeigen nur mäßigen Stickstoffreichtum an, so daß eine entsprechende Düngung angebracht erscheint. Schließlich werden die Fettwiesen durch Mäbigssäurezeiger charakterisiert (vgl. die Anwesenheit von *Nardus stricta*), was auf einen leichten Kalkmangel schließen läßt.

Die beiden brachgefallenen Fettwiesen zeigen dagegen voneinander abweichende Werte. So weist die erst vor rund fünf Jahren aufgegebene Hangwiese 6 oberhalb von Sonogno Richtung Nel Monte bei allen drei Faktoren die günstigsten Werte überhaupt auf, während die westlich davon gelegene, erheblich früher brachgefallene Wiese 7 mit erheblich

niedrigeren Werten schon als Halbtrockenrasen anzusprechen ist. Von den verbleibenden Magerwiesen sind die Aufnahmen 9 und 10 ebenfalls den Halbtrockenrasen zuzuordnen, während sie hinsichtlich Stickstoff- und Kalkmangel nicht aus dem Rahmen fallen. Der bachnahe Standort 8 zeichnet sich dagegen wiederum durch ein Überwiegen von Frischeanzeigern aus, jedoch ist der Boden hier stark kalkbedürftig.

Auch wenn die Streuung der Standortwerte untereinander ziemlich gering ist, schlägt sich die unterschiedliche Pflege der Wiesen in erheblichen Differenzen bei den Futterwertzahlen nieder. Die regelmäßige Düngung der Fettwiesen dokumentiert sich in relativ hohen Zahlenwerten, während die beiden dorffernen trockeneren Magerwiesen von Cabioi ziemlich ertragsarm sind. Das Pflanzeninventar in den extensiver genutzten Mähwiesen wird durch eine höhere Artenmannigfaltigkeit bestimmt als das der Fettwiesen. In diesem Zusammenhang sei auf den erst vor kurzem brachgefallenen Standort 6 hingewiesen, der schon zahlreiche Neuanwüchse erkennen läßt (s. vor allem die drei Baumarten).

Die letztgenannte Aufnahmefläche ist nach R. KNAPP (1971, S. 318) zusammen mit den fünf aufgenommenen Fettwiesen den Goldhafer-Bergwiesen zuzuordnen, während die vier Magerwiesen 7-10 auf Grund des hohen Borstgrasanteils bereits dem *Nardetum strictae* zuzurechnen sind.

5.3.2. Die natürlichen Pflanzengesellschaften der Buchenwaldstufe unter besonderer Berücksichtigung der Gehölzformationen

Da im Bereich der montanen Buchenwaldstufe des Val Vegorness mit Sonogno eine Dauersiedlung sowie die Maiensäße liegen, sind die Waldbestände hier nirgendwo vom Menschen unberührt. Abgesehen von den ohnehin verschiedenen natürlichen Voraussetzungen wurde mit der jahrhundertlangen Nutzung durch weidende Rinder, Schafe und Ziegen, durch Schlag von Bau- und Brennholz, schließlich auch durch die Winterfutter- und Stallstreusammlung ein komplexes Gefüge wechselnder Pflanzengesellschaften und -formationen geschaffen.

An wenigen Stellen sind allerdings noch naturnahe Gehölzbestände erhalten geblieben, so daß für die Buchenwaldstufe die folgenden Waldgesellschaften als erwiesen gelten:

1. Das *Luzulo niveae* - *Fagetum typicum* und das *Luzulo niveae* - *Fagetum dryopteridetosum* sind auf kalkarmen Gesteinen in der montanen Stufe der Schweizerischen Südalpen als Klimaxgesellschaften anzusehen. Ähnlich wie bei den insubrischen Eichen-Birkenwäldern (s.u.) unterscheiden

sich die Tessiner Buchenwälder von den mitteleuropäischen dadurch, daß einzelne kennzeichnende Arten fehlen und durch südalpine ersetzt sind. Das betrifft insbesondere die Schneesimse, die auch für die tiefergelegene Kastanienwaldstufe und für die obermontanen-subalpinen Tannen-Lärchenwälder charakteristisch ist.

Die von H. ELLENBERG und H. REHDER (1962) für die Tessiner Eichen-Birkenwälder und Edellaub-Mischwälder ausgeschiedenen acht Zeigerpflanzen-Gruppen können mit Einschränkungen auch bei den Schneesimsen-Buchenwäldern für eine Kennzeichnung und Beurteilung der Standorte herangezogen werden. Für das Val Vegorness können auf jeden Fall fünf davon ausgeschieden werden:

Tab. 13: Zeigerpflanzen-Gruppen für die montanen Waldgesellschaften im Val Vegorness, abgeleitet aus Tab. 2 bei H. ELLENBERG und H. REHDER (1962; vgl. auch P. BLASER, 1973, S. 275 f.)

- B. Heidekraut-Gruppe (Nährstoff-Armut und hohe Bodensäure zeigend, lichtliebend): *Betula pendula*, *Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*, *Sarothamnus scoparius*, *Sieglingia decumbens*
- D. Schneesimsen-Gruppe (mit weiter Amplitude, aber die nährstoffärmsten und trockensten Standorte meidend): *Anthoxanthum odoratum*, *Hieracium silvaticum*, *Luzula nivea*, *Melampyrum pratense*, *Phyteuma betonicifolia*
- E. Heidelbeer-Gruppe (ähnlich Gruppe B, aber gleichmäßige Wasserversorgung verlangend, Rohhumus zeigend): *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*
- F. Anemonen-Gruppe (verlangt größeren Nährstoffreichtum als die bisherigen Gruppen und gleichmäßigere Wasserversorgung als B und D): *Anemone nemorosa*, *Fragaria vesca*, *Fraxinus excelsior*, *Majanthemum bifolium*, *Polygonatum multiflorum*, *Viola silvatica*
- G. Wurmfarne-Gruppe (relativ nährstoffreiche Böden anzeigend, meist auf höhere Luftfeuchtigkeit deutend): *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris phegopteris*, *Oxalis acetosella*.

Das von H. ELLENBERG und F. KLÖTZLI (1972) beschriebene *Luzulo niveae-Fagetum typicum* setzt sich vor allem aus Pflanzen der Schneesimsen- und Heidelbeer-Gruppe zusammen, während die Arten der Heidekraut-Gruppe

an den stark degradierten, flachgründigen, trocken-warmen und nährstoffärmeren Standorten im Übergangsbereich zum *Quercus-Betuletum insubricum* vertreten sind. Weist das Pflanzeninventar des typischen Schneesimsen-Buchenwaldes also noch auf relativ nährstoffarme, trockene bis frische Böden hin, so ist das *Luzulo niveae-Fagetum dryopteridetosum* auf nährstoffreicheren, frischen bis feuchten Böden zu finden, wobei für die Bestände auch eine höhere Luftfeuchtigkeit von Bedeutung ist. In dieser Waldgesellschaft treten verstärkt die Arten der Anemonen- und Wurmfarne-Gruppe auf. Der unterschiedlichen Standortqualität entsprechend besiedelt die anspruchslosere typische Variante vorzugsweise die flachgründigeren und südexponierten Hänge. Die farnreichen Buchenwälder treten dagegen nur an wenigen Stellen auf tiefgründigen, mäßig steilen bis steilen Hängen in nordwestlichen bis nordöstlichen Richtungen auf (vgl. Abb. 31). Auf Grund der jahrhundertelangen Bewirtschaftung herrscht bei den beiden Buchenwaldtypen die verarmte Subassoziatio vor. Die nachfolgende Arealaufnahme weist die im Vegornesstal übliche Artenzusammensetzung auf:

Tab. 14: Buchenwald, 150 m oberhalb Seccada auf 30° gegen E geneigtem Hang, 1060 m NN

<u>Baumschicht:</u>		<u>Krautschicht (< 1 m):</u>	
<i>Fagus silvatica</i>	5/3	<i>Fagus silvatica</i>	+/1
<u>Strauchschicht: (< 3 m):</u>		<i>Sorbus aucuparia</i>	+/+
<i>Fagus silvatica</i>	4/3	<i>Vaccinium myrtillus</i>	1/3
<i>Sorbus aria</i>	+/+	<i>Calluna vulgaris</i>	+/+
<i>Sarothamnus scoparius</i>	+/+	<i>Deschampsia flexuosa</i>	+/+
<i>Larix decidua</i>	r	<i>Nardus stricta</i>	+/+
		<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+/+
		<i>Calamagrostis arundinacea</i>	+/+
		<i>Potentilla erecta</i>	+/+
		<i>Saxifraga cuneifolia</i>	1/+
		<i>Phyteuma betonicifolia</i>	+/+
		<i>Hieracium murorum</i>	+/+
		<i>Dryopteris phegopteris</i>	+/+

Der Tabelle ist zu entnehmen, daß der Aufwuchs an jungen Buchen recht günstige Voraussetzungen zu finden scheint. Dabei sind wohl weniger die Nährstoff- und Wasserhaushaltsfaktoren oder auch die Spätfrostgefährdung maßgeblich, da keine optimalen Grundvoraussetzungen gegeben sind. Ganz erhebliche Ansprüche stellt die Buche allerdings an die Durchlüftung des Bodens (E. AICHINGER, 1952), so daß in diesem Faktor die Gründe für das gute Aufkommen des Jungwuchses liegen könnten.

2. Auf den Alluvionen und flußnahen Hängen im Talgrund der montanen Stufe nehmen Grauerlenwälder umfangreiche Flächen ein, die hier nach H. ELLENBERG und F. KLÜTZLI (1972) als *Calamagrostio-Alnetum incanae* bezeichnet werden. In erster Linie sind ihre Vorkommen an sandig-grobkiesigen Untergrund mit Grundwasser-Beeinflussung gebunden. Daneben ist die weitere Verbreitung der Grünerle über die Alluvionen hinaus aber auch mit ihrer Vorholz-Wuchsleistung auf kahlgeschlagenen Buchenstandorten zu erklären (s. E. AICHINGER, 1952, S. 91). Diesbezüglich sei vermerkt, daß die Grünerlen-Bestände durchaus eine günstige Ausgangslage hinsichtlich des Entwicklungsablaufes zum gutwüchsigen Buchenwald bilden können.

Nicht zuletzt auf Grund der Stickstoffanreicherung im Boden durch symbiotische Wurzelknollen-Actinomyceten an den Erlen sind in den Alneten für anspruchsvollere Kräuter und Bäume günstige Voraussetzungen gegeben, wie das Arteninventar in der folgenden Tabelle zeigt:

Tab. 15: Grauerlenwald am Hangfuß, 200 m südöstlich Sonogno auf 20⁰ gegen SW geneigtem Hang, 925 m NN

<u>Baumschicht:</u>		<u>Krautschicht (< 1 m):</u>	
<i>Alnus incana</i>	3/3	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1/2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1/1	<i>Festuca gigantea</i>	1/2
<i>Tilia cordata</i>	+/+	<i>Carex brizoides</i>	1/2
<i>Sorbus aria</i>	+/+	<i>Anemone nemorosa</i>	2/1
<i>Prunus avium</i>	+/+	<i>Oxalis acetosella</i>	1/+
<i>Corylus avellana</i>	+/+	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+/+
<i>Salix caprea</i>	r	<i>Viola silvatica</i>	+/+
		<i>Viola biflora</i>	+/+
<u>Strauchschicht (< 3 m):</u>		<i>Veronica chamaedrys</i>	+/+
<i>Corylus avellana</i>	1/1	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	+/+
<i>Alnus incana</i>	1/1	<i>Aruncus silvester</i>	r
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+/+	<i>Dryopteris filix-mas</i>	1/2
<i>Quercus petraea</i>	+/+	<i>Athyrium filix-femina</i>	+/1
<i>Castanea sativa</i>	+/+		
<i>Sorbus aucuparia</i>	r		
<i>Frangula alnus</i>	r		

Auch die Arten der Grauerlen-Auenwälder im Bereich der Alluvionen zeigen nährstoffreichere Böden an:

Tab. 16: Grauerlenwald auf Schwemmfächer am Rand des Vegorness-Hauptbaches, 200 m nordwestlich Pintrecc auf 5⁰ gegen W geneigter Fläche, 980 m NN

<u>Baumschicht:</u>		<u>Krautschicht (< 1 m):</u>	
<i>Alnus incana</i>	4/4	<i>Rubus idaeus</i>	1/2
<i>Corylus avellana</i>	+/+	<i>Oxalis acetosella</i>	2/1
<i>Prunus avium</i>	+/+	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1/1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+/+	<i>Nardus stricta</i>	+/1
<i>Sorbus aria</i>	+/+	<i>Deschampsia flexuosa</i>	+/+
<u>Strauchschicht (< 3 m):</u>		<i>Ajuga reptans</i>	+/+
<i>Larix decidua</i>	+/+	<i>Hepatica nobilis</i>	+/+
<i>Alnus incana</i>	+/+	<i>Anemone nemorosa</i>	+/+
<i>Fagus sylvatica</i>	+/+	<i>Viola sylvatica</i>	+/+
<i>Rosa alpina</i>	+/+	<i>Fragaria vesca</i>	+/+
		<i>Dryopteris filix-mas</i>	+/+

3. An Nordhängen mit langer Schneebedeckung reichen oberhalb 1150 m Hochstaudenformationen des *Alnetum viridis* in die Buchenwaldstufe hinab. An den Rändern der Lawinhänge bzw. -bahnen kann im Grünerlenwald auch ein ahornreicher Buchenwald aufkommen, da die beiden Baumarten Schneeschub relativ gut ertragen können (E. AICHINGER, 1952, S. 99). In den Hochstaudenfluren der Grünerlenbestände sind ebenso wie im Grauerlenwald günstige Nährstoff- und Bodenfeuchteverhältnisse anzutreffen (vgl. H. WALTER, 1968, S. 572). Dementsprechend werden diese Standorte durch einen großen Artenreichtum gekennzeichnet, an denen auch großblättrige, stickstoffliebende Kräuter aus höheren Vegetationsstufen beteiligt sind (z. B. *Adenostyles glabra* und *-alliariae*, *Achillea macrophylla*, *Aconitum vulparia* und *-paniculatum*, *Rhododendron ferrugineum*). Da das *Alnetum viridis* noch des öfteren angesprochen wird, soll es an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden.

4. Schließlich sei auf das bereits oben erwähnte *Quercus-Betuletum insubricum* (A. ANTONIETTI, 1968) hingewiesen, das bei H. ELLENBERG und F. KLÖTZLI (1972) als *Phyteumo betonicifoliae-Quercetum castanotum* erwähnt wird. Diese Assoziation ist im Val Vegorness nicht mit Sicherheit nachzuweisen, jedoch deutet das verstärkte Auftreten einiger Charakterarten wie *Molinia litoralis*, *Sarothamnus scoparius*, *Teucrium scorodonia* und *Pteridium aquilinum* die Verwandtschaft zum Tessiner Eichen-Birkenwald an. Diese Arten, die im Untersuchungsgebiet oberhalb 1100 m kaum noch anzutreffen sind, bestimmen an zwei Stellen den Unterwuchs von birkendurchsetzten Haselnußwäldchen, näm-

lich bei Motell 200-400 m nördlich von Sonogno und jenseits des Vegornessbaches östlich von Sonogno. Es handelt sich dabei um wechsel-frische, flachgründige Standorte in sonniger Hanglage.

Auf Flächen, die nicht von den bisher beschriebenen Wirtschaftswiesen und Waldgesellschaften bestanden sind, herrscht das *Nardetum strictae* vor, das in ähnlicher Ausbildung auch in der oberen montanen Stufe und unteren subalpinen Stufe stark vertreten ist, so daß hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird.

5.4. Die obere montane und untere subalpine Tannenwaldstufe

5.4.1. Die Tannenwälder als potentiell natürliche Vegetation

Die Klimaxgesellschaften der oberen montanen und unteren subalpinen Stufe des oberen Verzascales lassen sich in einen unteren Bereich mit dem *Abietetum albae isothecietosum* und einen oberen mit *Rhododendro-Abietetum* einteilen. Neuerdings werden diese beiden Gesellschaften im *Calamagrostio villosae-Abietetum* (H. ELLENBERG und F. KLÜTZLI, 1972) zusammengefaßt.

Im Val Vegorness liegt die Tannenwaldstufe zwischen 1300 m und 1650 m am Nordhang bzw. 1450 m und 1750 m am Südhang (s. Abb. 31). Die folgenden allgemeinen Beschreibungen der naturnahen Tannenwälder im Sopraceneri sind zum größten Teil der Arbeit von R. KUOCH (1954) entnommen. Eine zusammenfassende Darstellung der Verbreitungsschwerpunkte ist ferner bei A. ANTONIETTI (1971) zu finden.

Das *Abietetum albae isothecietosum* Kuoch 54 umfaßt tannenreiche Mischwaldbestände, denen vor allem Buchen und vereinzelt Fichten beigemischt sein können. Aus früheren Pionierstadien können Lärchen oder Hängebirken vorhanden sein. In der Strauchschicht ist nur die Vogelbeere stetig anzutreffen. Die Krautschicht wird zum einen durch die als Polykormone auftretenden Arten *Calamagrostis villosa* und *Luzula nivea*, zum anderen durch Einzelpflanzen wie *Saxifraga cuneifolia*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Solidago virgaurea*, *Prenanthes purpurea*, *Luzula silvatica* und *Dryopteris filix-mas* bestimmt. In der Moosschicht können *Isothecium viviparum* und *Polytrichum attenuatum* bis zu 40 % der Fläche bedecken. - Der Verbreitungsschwerpunkt des *Abietetum albae isothecietosum* befindet sich im östlichen Tessin und im Misox, wo diese Gesellschaft die Hänge zwischen 1100 und 1600 m beherrscht. Dagegen wird sie in den humideren Gebieten des Sopraceneri, also auch im oberen

Verzascatal, unterhalb 1350 m durch Buchenwälder und ab 1450 m durch den Alpenrosen-Tannenwald abgelöst. Das *Abietetum albae isothecietosum* nimmt also lediglich einen ca. 100 m breiten Höhengürtel ein, und zwar nur an südlichen Hängen, während an Nordseiten die Fageten direkt in das *Rhododendro-Abietetum* (vgl. Abb. 31 und A. ANTONIETTI, 1971, S. 70) bzw. in das *Abieto-Fagetum festucetosum* übergehen (s. u.). Das *Rhododendro-Abietetum* findet im Maggia- und Verzascatal seine optimale Entwicklung und Verbreitung. Der Deckungswert der Baumschicht nimmt auch in den naturnahen Beständen mit zunehmender Meereshöhe stark ab, wobei an der Untergrenze (1450 m) noch ca. 70 %, an der Obergrenze (1750 m) weniger als 50 % der Bodenoberfläche durch Bäume überschirmt sind. Dem Tannenwald sind Buchen und Lärchen beigemischt, letztere wiederum vor allem als Pionierbaumart bzw. auf jungem Blockschutt. In der Strauchschicht ist neben der Vogelbeere nun auch die Alpenrose eine hochstete Art. Die Krautschicht und die Moosschicht sind artenärmer als diejenige des *Abietetum albae isothecietosum*, wobei *Vaccinium myrtillus* und *Calamagrostis villosa* in Auflichtungen Deckungswerte bis zu 100 % der Fläche erreichen können.

Schließlich darf auf N-exponierten steilen Felsrippen mit stark drainierten Böden das *Abieto-Fagetum festucetosum* als Klimaxgesellschaft angenommen werden, das bei H. ELLENBERG und F. KLÖTZLI (1972) zusammen mit anderen nahe verwandten Subassoziationen im *Abieto-Fagetum luzulentosum* aufgegangen ist. A. ANTONIETTI (1971, S. 69 f) weist Vorkommen dieser Gesellschaft im Centovalli und Onsernonetal sowie im Maggia- und Verzascatal bei einem Verbreitungsschwerpunkt zwischen 1100 und 1300 m nach. Im *Abieto-Fagetum festucetosum* kann neben den beiden namengebenden Arten in der Baumschicht stellenweise *Acer pseudoplatanus* und *Sorbus aria* dominieren, während die Krautschicht durch *Festuca altissima* bestimmt wird. Im Val Vegorness kann am NE-exponierten Troghang zwischen Cabioi und Cascina eine entsprechende Artenkombination festgestellt werden.

5.4.2. Der Sekundärbewuchs durch Lärchen in der Tannenwaldstufe

Da in den Nadelwäldern des oberen Verzascatales *Larix decidua* eindeutig die Baumbestände bestimmt (vgl. Karte 6 und pflanzensoziologische Liste 1), darf angenommen werden, daß in der oberen montanen Stufe und beson-

ders in der unteren subalpinen Stufe die natürlichen Pflanzengesellschaften durch die Weidewirtschaft besonders stark in ihrer Artenzusammensetzung verändert worden sind. Naturnahe Tannenwälder können nur noch an wenigen schlecht erreichbaren Stellen oder auf Standorten, die sich für den Weidegang kaum eignen, festgestellt werden. So findet man *Albies alba* heute lediglich vereinzelt auf steilen, feuchten Felsrippen in nördlicher Exposition, gelegentlich sogar auf Blockschuttablagerungen mit nahezu fehlender Bodendecke.

Tanne und Fichte lieferten stets bevorzugtes Nutz- bzw. Feuerholz und wurden auch geschlagen, weil sie mit ihrer starken Beschattung im Gegensatz zu den lichten Lärchenbeständen keinen beweidbaren Unterwuchs aufkommen ließen. Die Auswirkungen dieser Selektion vermitteln heutzutage den Eindruck, als hätten andere Nadelhölzer als die Lärche im Val Vegorness nie eine wesentliche Rolle gespielt. So erreicht *Larix decidua* auf den pflanzensoziologisch erfaßten Arealen nach *Vaccinium myrtillus* die größte Stetigkeit. Andere Baumarten treten also stark zurück; Buche, Bergahorn, Birke und Fichte treten vorwiegend als jüngere, verkrüppelte Bäumchen in der Strauchschicht auf.

Da der Gesellschaftsanschluß der Lärche offensichtlich nicht restlos geklärt ist, läßt sich ihr natürliches Vorkommen im Val Vegorness nicht ohne weiteres rekonstruieren. Nach H. MAYER (1962, S. 13) hat sie im echten Tannenwald mit Mäuseschwanzmoos keinen Anteil, während sie dem insubrischen Alpenrosen-Tannenwald stets eingesprengt bis beigemischt sein soll. In der Tat scheinen die Standortbedingungen im *Abietetum isothecietosum*, das schattige Nordhanglagen oder auch Nebelschluchten zu bevorzugen scheint, für die Lichtbaumart Lärche ungeeignet zu sein (vgl. neben R. KUOCH, 1954, auch J. BÄR, 1918, S. 19 f.) Im höher gelegenen *Rhododendro-Abietetum* findet *Larix decidua* mit nach oben hin abnehmender Horizonteinengung bei gleichzeitiger Besonnungszunahme bessere Voraussetzungen. Abgesehen von den Lichtverhältnissen können weitere Klimafaktoren für das verstärkte Auftreten vernachlässigt werden. H. MAYER (1962, S. 42) stellt fest, daß ihre klimaökologische Amplitude von keiner weiteren Baumart des Alpengebietes erreicht wird. Diese Tatsache wird durch einen Vergleich der hochkontinentalen Vorkommen im Lärchen-Arvenwald des Oberengadin mit denen des feucht-warmen insubrischen Klimas deutlich (Ökotypen-Bildung).

Auch edaphische Faktoren spielen für das Gedeihen der Lärche grundsätzlich keine wesentliche Rolle. Es muß jedoch in diesem Zusammenhang

berücksichtigt werden, daß sie im Vergleich zu anderen Nadelhölzern auf extrem steinigen oder flachgründigen Böden am konkurrenzkräftigsten ist, ein Faktor, der im Val Vegorness mit seinem hohen Rohboden- und Rankeranteil von ausschlaggebender Bedeutung sein kann. Entscheidend für die Erklärung der Lärchenverbreitung bleibt also nach wie vor die Weidewirtschaft des Menschen: "Das reichlichere Lärchenvorkommen an der südlichen Abdachung der Alpen im Vergleich zu der nördlichen ist in seiner heutigen Form anthropogen bedingt, da auf den Sonnenseiten lärchenüberstellte Almweiden zur Erhöhung des Weideertrages z. T. planmäßig geschaffen wurden und der menschliche Einfluß wesentlich früher als im Norden eingesetzt hat." (H. MAYER, 1962, S. 47).

Zwar findet die Lärche ebenso wie die Tanne, Fichte oder Buche ihr physiologisches Optimum in humiden Gebieten der Grenzbereiche zwischen ozeanischem und kontinentalem Klimacharakter. Aber erst nachdem die Baumarten mit größerer Vitalität und Konkurrenzkraft durch den Menschen zurückgedrängt wurden, vermochte sie eine Arealausweitung aus dem Gebiet ihres ökologischen Optimums wahrzunehmen, also aus den Bereichen des kontinentalen, d. h. zentralalpinen Lärchen-Arvenwaldes bzw. von trockenen, steinigen Blockschutthalden in Standorte ihres physiologischen Optimums vorzudringen. Ihr großes ökologisches Spektrum einerseits sowie die durch den Menschen bedingte Ausschaltung der erhöhten Wettbewerbsfähigkeit von Tanne, Fichte und Buche andererseits erklären also letztlich die Dominanz der Lärche im oberen Verzascatal.

Die vorstehenden Überlegungen deuten schon darauf hin, daß die heutigen Lärchenwälder im Bereich des *Calamagrostio-Abietetum* und auch in der oberen subalpinen Stufe als ausgesprochen polygenetisch zu bezeichnen sind, d. h. die Zahl der ursprünglichen Pflanzengesellschaften, deren Sekundärformationen mittlerweile durch verstärkten Lärchenbesatz geprägt werden, ist sehr groß. Das gleiche gilt für das im folgenden Kapitel besprochene *Nardetum*.

5.4.3. Standortansprüche und Zusammensetzung der Borstgras-Weiden in der Tannenwaldstufe

Neben den Lärchenwäldern treten in weiten Teilen des ursprünglichen *Calamagrostio-Abietetum* die bereits im *Fagetum* angesprochenen Borst-

grasrasen auf, die hier als Alpweiden ohne Mahd genutzt werden. Zu den *Nardus*-Rasen zählen vor allem die Milchviehweiden im Talgrund oberhalb der Sobrioschwelle, während die lichten Lärchenwälder an den flachgründigen Hängen als vergleichsweise extensiv genutzte Waldweide den Ziegen vorbehalten bleiben.

In klimatischer Hinsicht profitieren die Borstgras-Weiden auf den weniger geneigten Flächen des Talbodens mit erhöhter Bergschattenwirkung von der längeren und mächtigeren Schneebedeckung. Dies betrifft vor allem die Gebiete zwischen Corte di Fondo und Corte della Pianca oder an der Ciüppa, wo die Sonnenstrahlen zwischen November und Februar den Talgrund wegen der hohen Horizontbegrenzung nicht erreichen. Nach H. BROCKMANN-JEROSCH (1928, S. 340) brauchen gerade das Borstgras, aber auch die im *Nardetum* reichlich vertretenen *Vaccinium*-Sträucher sowie *Galium anisophyllum*, *Arnica montana* und *Deschampsia flexuosa* den Schneeschutz, um nicht durch Frosteinwirkung geschädigt zu werden. Auch H. FRIEDELs Beobachtungen (1961, S. 350) laufen auf eine Bevorzugung schneereicher Rinnen- und Verbnungsstandorte hinaus, wobei das *Nardetum* an frischeren, schattigen Flecken durch den Rotschwengel im *Festucetum rubrae commutatae* (s. B. STÖSSI, 1970, S. 92 ff. und H. FRIEDEL, 1961, S. 350) ersetzt sein kann (vgl. pflanzensoz. Liste 1: lfd. Nr. 12, 13, 15 und 17 = Standorte mit schattenspendenden, schneestauenden Gebüsch).

Außer dem Schneeschutz verlangen die Borstgrasweiden im Sommer eine ausreichende Sonnenerwärmung, so daß sie nach I. NEUWINGER (1965, S. 141 f.) Sonnenseiten bevorzugen, in Lagen zunehmender Ozeanität allerdings auch in Schattseiten anzutreffen sind. Dem humiden aber lichtreichen insubrischen Klima entsprechend findet man im Val Vegorness das *Nardetum* daher auch noch auf den schwach gegen N exponierten Hängen des Talgrundes, so bei Canöv und Gerr. Hier nimmt es allerdings nur mosaikartig zwischen ausgedehnten *Rhododendron ferrugineum*- oder *Alnus viridis*-Beständen eingestreute Weideinseln ein. An den steilen, früh ausapernden Südhängen wird *Nardus stricta* restlos von *Calamagrostis villosa* zurückgedrängt, so z. B. am gesamten Steilhang oberhalb Corte della Pianca, also bei Lapide (vgl. pflanzensoz. Liste 1, lfd. Nr. 18), dessen erhöhte Bodenfrost-Gefährdung einerseits und intensive Bestrahlung andererseits durch reichliche Vorkommen des resistenten Zwerg-Wacholders deutlich wird. Seine besonders starke Verbreitung im Val Vegorness verdankt *Nardus*

stricta jedoch in erster Linie den stark versauerten Böden und seiner ausgesprochenen Trittfestigkeit. Da es zudem vom Vieh gemieden wird, kann es sich leicht zu Lasten der Futterpflanzen ausbreiten, so daß auf den Weiden von Corte della Pianca stellenweise Deckungswerte von mehr als 50 % erreicht werden.

Bei dem Versuch, das *Nardetum* der *Calamagrostio-Abietetum*-Stufe in die beschriebenen Borstgras-Assoziationen einzugliedern, zeigt das Artenspektrum der untersuchten Areale einen engen Bezug zum *Nardetum alpigenum* Br.-Bl. 49, das in Anlehnung an E. OBERDORFER (1959, S.119) den ozeanischen, callunareichen Borstgrasrasen recht nahe kommt. Dies zeigt sich in den häufig auftretenden Ordnungs- bzw. Verbands-Charakterarten *Potentilla erecta*, *Calluna vulgaris*, *Hieracium pilosella* und *Luzula campestris*, während Arten wie *Solidago virgaurea*, *Thymus alpestris*, sowie ferner *Alchemilla alpina*, *Geum montanum*, *Gentiana koshiana*, *Potentilla aurea*, *Campanula scheuchzeri*, *Astrantia minor* und *Euphrasia hirtella* bereits zum Hochlagen-*Nardetum* überleiten. Daneben sind jedoch Arten aus den Glatthafer-Wiesen (*Arrhenatherion* s. str.) trockener bis frischer Standorte aus tieferen und mittleren Höhenlagen anzutreffen, die im eigentlichen *Nardetum alpigenum* nur selten vorkommen; hierzu zählen: *Anthriscus sylvestris*, *Poa pratensis*, *Veronica chamaedrys*, *Leontodon hispidus* und *Rhinanthus alectorolophus* s. str., ferner *Lotus corniculatus* s. str., *Thalictrum aquilegifolium* und *Rumex acetosa*. Ähnliche Abweichungen vom echten *Nardetum subalpinum* zeigt auch eine vergleichende Gegenüberstellung zweier *Nardus*-Magerwiesen bei I. NEUWINGER (1972, S. 192 f.), in welcher der tiefer gelegene Rasen einen höheren Anteil an *Arrhenatherion*-Arten aufweist.

Zahlreiche Arten deuten auf eine günstigere Nährstoffversorgung hin als sie im typischen *Nardetum* normalerweise gegeben ist. Diese Rasen, die Anklänge an die Gebirgs- Fett-Wiesen des *Polygono-Trisetion* vermuten lassen und auch Pflanzen des *Poion alpinae* zeigen, sind im Val Vegorness nicht auf künstliche Düngung zurückzuführen. Vielmehr basiert die relativ hohe Fruchtbarkeit dieser Standorte auf frischen - feuchten Böden bzw. auf einer überdurchschnittlichen natürlichen Düngung im Bereich von Viehlägern. Zu den kennzeichnenden Arten zählen *Geranium sylvaticum*, *Ranunculus acris*, *Phleum alpinum*, *Crocus albiflorus*, *Trifolium pratense*, *Alchemilla vulgaris*, *Achillea millefolium* und *Poa alpina*, ferner *Anemone nemorosa*, *Myosotis alpestris* und auch *Festuca rubra*. Im Untersuchungsgebiet sind diese Pflanzen vor allem an der Ciüppa vertreten, die bei den Einheimischen als gutes Weideland gilt.

Daneben sind auf Canöv, Capraia und Barm überdurchschnittlich viele Pflanzen mit hohem Futterwert anzutreffen (vgl. pflanzensoz. Liste 1, lfd. Nr. 8-12, 15 und 17).

Eine Verbesserung der *Nardus*-Rasen wäre ziemlich rasch bereits nach einmaliger Düngung zu erwarten. Untersuchungen von W. LÜDI (1939, zit. in J. BRAUN-BLANQUET, 1964, S. 587) ergaben, daß Volldüngung die Entwicklung einer dicht- und hochwüchsigen Frischwiese bewirkt, während Kalkdüngung einen niedrigen Rasen mit erhöhtem Leguminosen-Anteil ergab. Die natürliche Sukzession der Borstgras-Rasen nach Weidausschaltung wird im folgenden Kapitel behandelt.

5.4.4. Beurteilung der Vorholz-Wuchsleistung in Gebüschformationen auf schwach bestossenen Weiden der Tannenwaldstufe

Die in der pflanzensoziologischen Liste 1 unter der Gruppe "vergandete Weiden" zusammengestellten Gebüsch- und Zwergstrauchgesellschaften sind ausnahmslos als Sekundärformationen anzusehen. Auch wenn z. B. dichte Grünerlenbestände einzelner Standorte an steilen Lawinhängen oder auf schmalen, stark beschatteten Felsrippen in Physiognomie und Arteninventar einer natürlichen Klimaxgesellschaft nahekommen scheinen, sind stets Beweise für eine ehemalige, extensive Beweidung festzustellen. Hierzu zählen Arten aus dem *Nardion*-Verband, wie *Nardus stricta* selbst, *Geum montanum*, *Veronica chamaedrys*, *Solidago virgaurea* und *Gentiana kochiana* sowie *Rumex acetosa*, *Crocus albiflorus* und *Phleum alpinum* als Relikte der Gebirgsfettwiesen. Besonders sei das verstärkte Auftreten von *Festuca rubra* erwähnt:

Nach B. STÖSSI (1970) kann eine *Festucetum rubrae*-Verfestigung als unbeständige Entwicklungs- und Übergangsphase interpretiert werden, die sowohl bei zunehmendem Beweidungsdruck in das *Nardetum* überleiten kann (*Festucetum-Nardetum*) als auch - wie im Val Vegorness - in umgekehrter Sukzessionsrichtung bei nachlassender Beweidung aus dem *Nardetum* hervorgeht.

Neben dem Arteninventar des *Nardetums* als Weiderelikt läßt das Vorkommen zahlreicher Pflanzen eine Entwicklungsvorbereitung in Richtung auf den im Gebiet vorherrschenden Lärchen-Pionierwald vermuten. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Baumarten (*Larix decidua*, *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus* und *Salix caprea*) nur vereinzelt auftreten und zwar als Jungwuchs oder stark verkrüppelte

Formen. Einer progressiven Verbreitung der Holzarten, für die eine nennenswerte Zuwachsrate allenfalls säkular zu erwarten ist, stehen vor allem ungünstige lokalklimatische Verhältnisse entgegen, die durch die anthropogene Entwaldung zustande kamen. Hierzu zählt die verstärkte Windeinwirkung in Bodennähe, die im Zusammenhang mit der winterlichen Eisgebläsewirkung (F.-K. HOLTMEIER, 1971, S. 192) zu Schädigungen an der Borke führen kann. Zwar fehlen im relativ geschützten Taltrog noch ausgesprochene Fahnen- oder Wipfeltischformen, Borkenschliff und Säbelwuchs sind jedoch auch hier an Lärchen andeutungsweise zu erkennen (z.B. im Gebiet von Corte della Pianca). Die Depression der Waldgrenze durch den Menschen und die damit verbundene Erweiterung der ursprünglich recht schmalen "Kampfzone" des Baumwuchses (G. HARD, 1976, S. 163) wirkt sich jedoch besonders in der außerordentlichen Lawineneinwirkung aus. So werden im Gebiet von Gerr, wo sich die einzelnen Lawinenkegel bzw. -ablagerungszonen regelrecht überlappen (vgl. Foto 4 a-e), die ohnehin nur spärlich auftretenden Lärchen und Fichten immer weiter durch Lawinen dezimiert. Besonders skurrile Formen trifft man am Rande der Lawinenrinnen bei Canöv an, bei denen dünnstämmige Lärchen von 5-8 m Höhe bis auf den unteren, durch die winterliche Schneedecke geschützten und dem oberen halben Meter restlos entastet sind.

Der eingedämmten Kampfkraft hochstämmiger Gehölze steht nach Auflösen oder Extensivierung der Almen der begünstigte Aufwuchs von Zwergsträuchern (*Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus* und *Calluna vulgaris*) und von Gebüschern mit biegsamer Beastung gegenüber (*Alnus viridis*, *Rosa pendulina*, *Rubus idaeus* und *Sorbus aucuparia*). Die genannten Arten, die eine enge Verwandtschaft zum *Rhododendro-Vaccinietum* und zum *Alnetum viridis* anzeigen, werden durch die winterliche Schneedecke geschützt, so daß Eisgebläse, Lawinenschurf und scharfer Frost keinen nennenswerten Einfluß auf ihre Vitalität ausüben. So erklärt sich die weite Verbreitung baumarmer Gebüschformationen, ohne daß sich dieses Bild innerhalb der nächsten Jahrzehnte wesentlich ändern wird.

Außerdem wird das Aufkommen von Gehölzen durch die erhöhte Frostgefährdung eingeschränkt, die bei isoliert aufwachsenden Bäumen eher gegeben ist als im Verband. Von den in der Tannenstufe vorherrschenden Bäumen sind lediglich *Larix decidua* und ferner *Betula pendula* als frosthart zu bezeichnen, während der Jungwuchs von *Picea abies*, *Fagus syl-*

vatica und *Albies alba* bei Spätfrösten so empfindlich reagiert, daß junge Triebe und Gipfelknospen abgetötet werden können (H. BROCKMANN-JEROSCH, 1928, S. 358 f.). Da die Frostgefährdung vor allem im beschatteten Talgrund gegeben ist, wird mit dem Gebiet zwischen Corte della Pianca und Sprügh innerhalb der Tannenwaldstufe ein verhältnismäßig großer Abschnitt umfaßt, in dem die Frostempfindlichkeit ein hemmender Faktor für den Jungwuchs zahlreicher Baumarten ist.

Neben den genannten *Nardetum*-Arten befinden sich in der Gruppe "Vergandete Weiden" die bestimmenden Gräser und Kräuter der offenen Lärchenwälder, wie *Luzula nivea*, *Anthriscus sylvestris*, *Geranium sylvaticum*, *Polygonatum verticillatum*, *Convallaria majalis* und *Maianthemum bifolium*. Das Vorkommen dieser Pflanzen darf jedoch nicht als Hinweis auf eine bevorstehende Wiederbewaldung mißdeutet werden, sondern erklärt sich einzig durch die intensivere Bodenbeschattung und die dadurch begünstigte Wasserführung des Bodens (verringerte Austrocknungsgefahr durch geringere Bodenverdunstung). Außerdem bieten die Gebüschformationen auf vergandetem Weidegelände einigen relativ seltenen Pflanzen Schutz. Hier sei besonders auf die buntblütigen Monokotylen Feuer-, Türkenbund- und Paradieslilie hingewiesen.

Im Vergleich zu den beweideten *Nardeten* und den offenen Lärchenwäldern weisen die Zwergstrauch- und Gebüschformationen eine recht hohe physiognomische und floristische Vielfalt auf. Als Übergangsstadium zwischen den einheitlicheren Weiden und Wäldern ist hier die durchschnittliche Artenzahl der pflanzensoziologisch erfaßten Areale am größten:

Borstgras-Weiden	18 Arten
Gebüsch-Formationen	32 Arten
offene Wälder	21 Arten.

5.5. Die obere subalpine Stufe

5.5.1. Die natürlichen Gesellschaften im Waldgrenzbereich

An das *Calamagrostio villosae* - *Abietetum* schließt sich in der oberen subalpinen Stufe ein lichter Lärchenwaldgürtel an, der an bodenfeuchten und schneereichen Lavinarhängen von dichten Grünerlengebüschern unterbrochen wird.

Die systematische Stellung der Lärchen-Pionierwälder (A. ANTONIETTI, 1971, S. 70) der westlichen und mittleren Sopraceneri-Täler ist bislang noch nicht eingehend untersucht worden. Diese Tatsache mag auf

die nahezu lückenlose Weidebeeinflussung der obersten Waldstufe im Tessin zurückzuführen sein, wodurch eine Rekonstruktion der natürlichen Gesellschaften spekulativen Charakter annimmt. Da jedoch neben der Lärche im oberen Verzascatal kaum weitere Baumarten anzutreffen sind, darf ein reiner Lärchen-Pionierwald als Klimaxgesellschaft vermutet werden, der bei R. KUOCH und R. AMIET (1970, S. 174) im *Junipero-Laricetum* als eigenständige naturnahe Gesellschaft der Südalpenabdachung wiederzufinden ist. Das Arteninventar der pflanzensoziologischen Liste 2 läßt allerdings auch Anklänge an genauer beschriebene Gesellschaften der oberen subalpinen Stufe zwischen- und zentralalpiner Gebiete erkennen.

So muß das sporadische Vorkommen von *Picea abies* im Waldgrenzbereich erwähnt werden (vgl. Karte 6), das eventuelle Rückschlüsse auf das *Larici-Piceetum* erlaubt. H. ELLENBERG und F. KLÖTZLI (1972, S. 736 f.) stellen diesen Lärchen-Fichtenwald als Assoziation bodentrockener Standorte auf nährstoffarmen Böden in nördlichen Expositionen zwischen 1400 und 1900 m Höhe dem *Sphagno-Piceetum calamagrostietosum villosae* gegenüber, das im gleichen Höhenbereich feuchte, expositionsunabhängige Stellen besiedelt. Während das *Larici-Piceetum* für den Tessin bislang nicht eindeutig bestätigt wurde, sind Vorkommen des Torfmoos-Fichtenwaldes mit Landschilf für das obere Maggia- und Tessintal erwiesen. Beide Gesellschaften zeigen Anklänge an den Lärchen-Arvenwald der kontinentalen Hochalpen, zumal *Pinus cembra* normalerweise im nördlichen Sopraceneri beigemischt ist (z. B. Val Piora und Lukmanier-Gebiet). Im Verzascatal ist die Arve jedoch abgesehen von einem fraglichen Vorkommen im Valle d'Ossola und von einzelnen angepflanzten Exemplaren im Fichtenforst zwischen Barm und Sonogno nirgendwo zu finden. Das Fehlen der Zirbelkiefer ist wohl mit der hohen Regenmenge und Luftfeuchtigkeit, d. h. also mit "einer schwachen Annäherung an den insubrischen Klimacharakter" (R. KUOCH und R. AMIET, 1970, S. 173) der südlichen Vor-alpen zu erklären.

Auch wenn neben den einzelnen Fichtenvorkommen das Arteninventar der Kraut- und Zwergstrauchsicht einen zusätzlichen Hinweis auf die Verwandtschaft mit den drei Waldgesellschaften (Lärchen-Fichtenwald, Torfmoos-Fichtenwald, Lärchen-Arvenwald) geben könnte, so spricht der allgemeine Klimacharakter ebenso wie die ausgesprochene Dominanz von

Larix decidua in der Baumschicht letztlich gegen ein ursprüngliches Vorkommen der genannten Nadelwälder kontinentaler Alpengebiete.

Der Arbeit von R. KUOCH und R. AMIET (1970) entsprechend sowie in Anlehnung an A. ANTONIETTI (1971) wird also im folgenden das *Junipero-Laricetum* als Klimaxgesellschaft bzw. zumindest als naturnahe Gesellschaft im Waldgrenzbereich aufgefaßt, auch wenn bei H. ELLENBERG und F. KLÖTZLI (1972, S. 739) der Wacholder-Lärchenwald nur am Rande erwähnt und mit dem hochalpinen Lärchen-Arvenwald in Bezug gesetzt wird. Bei R. KUOCH und R. AMIET (1971, Tab. 7) wird die normale Ausbildung als *Junipero-Laricetum vaccinietosum* der etwas fichtenreicheren Subassoziation *rhododendretosum* und dem *calamagrostietosum* mit Alpenerlen-Beimischung gegenübergestellt. Letztgenannter Wacholder-Lärchenwald mit Reitgras dürfte im oberen Verzascatal eine besonders weite Verbreitung gehabt haben, da er als typische Gesellschaft der steilen Hänge über 30° anzusehen ist. So bestimmen die drei namengebenden Arten in weiten Teilen auch heute noch das Vegetationsbild der S-exponierten Hänge, z. B. oberhalb Corte della Pianca, im Forná-Gebiet oder bei Alpe della Bedèia. Während auf diesen Hängen die Schneebedeckung relativ kurz ist, und es wegen der S-Lage zu häufigen Schneerutschungen sowie kleineren Flächenlawinen kommt, findet die Ausaperung der gegenüberliegenden Schatthänge wesentlich später statt. Hier kommt es normalerweise von Oktober bis April zu einer geschlossenen Schneedecke, wobei die Schneeeauflage im Verlaufe der Wintermonate an Mächtigkeit zunimmt. Dagegen weisen die Südhänge eine wesentlich geringere Schneebedeckung auf, die auf Grund der geringeren Horizonteinengung gegen Süden und der damit verbundenen intensiveren Sonneneinstrahlung auch während der kalten Jahreszeit regelmäßig ausapert (vgl. Kap. 4.4.2.). Die Vegetation der im Winter schneereicheren und im Sommer boden- sowie luftfeuchteren nordseitigen Schatthänge dürfte sich also auch in ihrer naturnahen Ausbildung wesentlich von derjenigen der S-exponierten Hänge unterscheiden. Es ist daher anzunehmen, daß weite Bereiche der Nordhänge bereits vor der anthropogenen Beeinflussung durch baumlose Gebüschformationen des schneeresistenten *Alnetum viridis* besiedelt waren. Lediglich auf Spornen und ferner auf schmalen Verebnungen sind auf Grund günstigerer Strahlungsverhältnisse und geringerer Lawinengefährdung Lärchenbestände anzutreffen, deren hochwüchsiger und verhältnismäßig dichter Bewuchs von einer ungestörten Entwicklung zeugt (schlechte Erreichbarkeit = geringe anthropo-

gene Beeinflussung). Die geschilderten Expositionsunterschiede der ursprünglichen Vegetation dürften im Bereich der oberen subalpinen Stufe, im vorliegenden Fall also in ca. 200-500 m rel. Höhe über dem Talgrund zwischen Gann und Corte della Pianca, besonders auffällig gewesen sein (s. Karte 7).

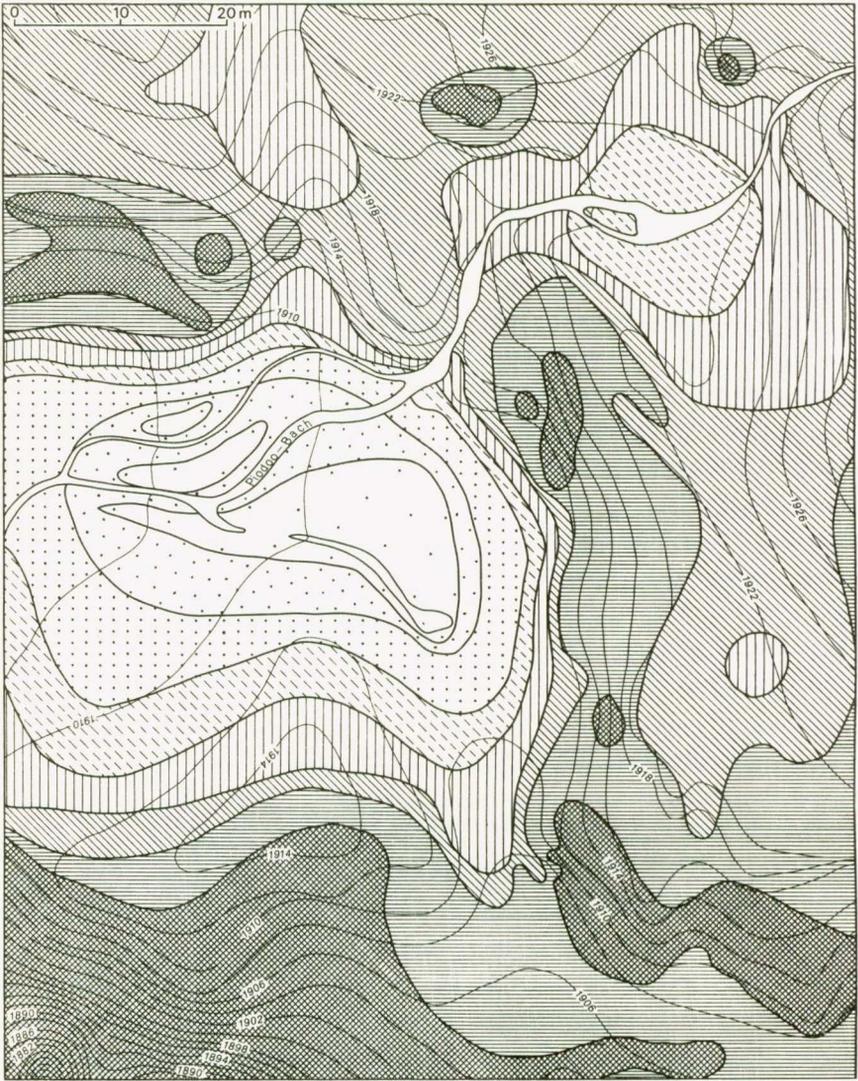
Sowohl mit abnehmender als auch mit zunehmender relativer Höhe waren also diese Expositionsunterschiede weniger krass ausgeprägt. Im ersten Fall führt die Bergschattenwirkung, die über den Talgrund hinaus den gegenüberliegenden unteren S-Hangbereich beeinflusst (Schattenloch), zu einer Angleichung der lokalklimatischen Expositionsunterschiede, was sich entsprechend in einer relativ homogenen Ausbildung der bestimmenden Pflanzengesellschaft (*Calamagrostio villosae-Abietetum*, s. o.) niedergeschlagen haben dürfte. Mit zunehmender Höhe werden die Strahlungsunterschiede durch die schwächer werdende Horizonteinengung geringer, so daß auch hier wieder das Arteninventar der vorherrschenden Pflanzengesellschaften (*Rhododendro-Vaccinietum* und *Caricetum curvulae*) schwächer auf Expositionsunterschiede reagiert. Die Obergrenze des *Junipero-Laricetum* liegt bei ungefähr 1850 m an Schattenhängen und ca. 2050 m an Sonnenhängen, was in etwa also auch der Höhenlage der natürlichen Waldgrenze entspricht.

5.5.2. Gründe für die Vegetationsvielfalt im Waldgrenzbereich

Im Vergleich zum *Calamagrostio villosae-Abietetum* lassen sich die erfaßten Areale der oberen subalpinen Stufe weniger eindeutig in exakt definierte Pflanzengesellschaften einordnen. Die Gründe hierfür liegen

Abb. 35: Ausaperungsfiguren auf einer Testfläche bei Piodoo (Isohypsen-Äquidistanz: 2 m).

Abb. 36: Pflanzengesellschaften auf der Testfläche von Abb. 35. Die Zahlen auf den unterbrochen gestrichelt abgegrenzten Flächen beziehen sich auf die Areale in der pflanzensoziologischen Liste 3.



Ausgeapert am:	3.6.75		6.7.75		1.8.75		29.8.75	
	23.6.75		19.7.75		15.8.75		6.9.75	

Text s. S. 141



Rhododendro ferrugineae

-  rel. bodentrockene Variante
-  rel. bodentrockene, schneefeuchte Variante

Trichophoretum caespitosae

-  boden- und schneefeuchte Variante
-  nasse Variante

 weitgehend vegetation slose Felspartien

R Rundhöcker (Felsflechten)

F Felschutt (Cryptogammetum)

Text s. S. 141

wiederum vor allem in der anthropogenen Veränderung der natürlichen Formationen, die sich mit zunehmender Höhe verstärkt bemerkbar macht. Dazu wirken sich nun durch die im Laufe der Jahrhunderte rigoros durchgeführte Entwaldung der im Waldgrenzbereich ohnehin lichtereren potentiellen Gehölzbestände gelände- und mikroklimatische Unterschiede in besonderem Maße auf die Vegetation aus, da ein schützender hochstämmiger Bewuchs natürlicher Ausbildung fehlt. Hinzu kommt, daß die Modellierung des Kleinreliefs innerhalb des *Junipero-Laricetums*, das im Val Vegorness vor allem den Bereich der Bedretto-Verflachungen umfaßt, auf Grund des reichhaltigeren Formenschatzes stärker ausgeprägt ist:

Während im Verbreitungsgebiet des *Calamagrostio villosae-Abietetum* die mehr oder weniger verschütteten Troghänge und die flacheren Verbnungen des Talgrundes oberhalb der Ciüppa sowie die schmalen Hangleisten des Sobriosystems eher flächenhaften Charakter haben, führen in der oberen subalpinen Stufe Wölbungen und Mulden der Rundhöckerlandschaften zu einer stärkeren Modifizierung der Reliefunterschiede auf kleinem Raum. Diese Tatsache schlägt sich natürlich auf weitere Faktoren nieder, wie man z. B. anhand der unterschiedlich mächtigen Bodenauflage und Schneedecke erkennen kann. Entsprechend wird in diesem Bereich das Mosaik der Ökotope und damit der Pflanzengesellschaften vielfältiger.

Die Abhängigkeit der Vegetationsvielfalt von der engen Kammerung des Reliefs wurde im Rundhöckergebiet der oberen subalpinen Stufe auf einer 80 x 100 m großen Testfläche ca. 200 m westsüdwestlich von Piodoo eingehender untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 35 und 36 dargestellt, die für das genau vermessene Gebiet (Höhenlinien-Äquidistanz = 2 m) die Aperfikuren im Jahre 1975 sowie die Pflanzengesellschaften zeigen. Die mit Hilfe der pflanzensoziologischen Methode ausgedehnten Areale sind in Liste 3 (Beilage) zusammengestellt.

In der Testfläche befinden sich 2 Mulden von ca. 15 m² (Mitte bis Mitte rechts) und 5 m² (unten links). Die Böden sind hier bei Werten bis knapp 90 cm Mächtigkeit überdurchschnittlich tiefgründig und weisen einen sehr hohen Anteil an wenig zersetztem, torfartigem Humus auf (z. T. über 60 %). Die Schneebedeckung erreicht natürlich in diesen beiden Teilbereichen ihre längste Andauer. Nach dem schneereichen Winter 1974/75 war die große Mulde nur für fünf Wochen im Spätsommer/Frühherbst restlos aper. Normalerweise ist jedoch mit einer schnee-

freien Zeit von 3-4 Monaten zu rechnen. Der Bodenwassergehalt wird auf Grund der langen Schneebedeckung und des Humusgehaltes durch hohe Durchschnittswerte bestimmt, so daß dieser Standort nur für ausgesprochen feuchtigkeitsliebende Pflanzen in Frage kommt, die gleichzeitig mit kurzen Aperizeiten auskommen müssen. *Deschampsia caespitosa* weist die höchsten Bedeckungsgrade auf, aber auch *Nardus stricta* ist recht stark vertreten. Nach den extremen Verhältnissen im Jahre 1975 war allerdings über die Hälfte der Borstgräser abgestorben. *Carex echinata*, *Trichophorum caespitosum*, *Viola uliginosa* und - unmittelbar an Wasserläufen - *Peucedanum ostruthium*, *Veratrum album* sowie *Saxifraga stellata* sind ebenfalls anzutreffen (Areal 25-30 in pflanzensoz. Liste 3).

Der soeben beschriebenen nassen Variante des *Trichophoretum caespitosae* steht als konträres Beispiel die relativ bodentrockene Variante des *Rhododendro ferrugineae* gegenüber. Für die weniger gute Wasserführung der Böden können verschiedene Faktoren ausschlaggebend sein, so die verstärkte Verdunstung durch erhöhte Strahlungsintensität auf S-exponierten Hängen (Areal Nr. 3 und 4), Flachgründigkeit in der randlichen Umgebung von Rundhöckern (Areal Nr. 1, 2 und 5) oder beschleunigte Drainung an stark geneigten Hängen (Areal Nr. 6). Alle Standorte des relativ bodentrockenen *Rhododendro ferrugineae* zeichnen sich durch eine erheblich frühere Ausaperung aus als diejenigen des zuvor beschriebenen *Trichophoretum*. Trotzdem tritt die Länge der Schneebedeckung in ihrer Bedeutung als Bestimmungsfaktor für die Vegetationszusammensetzung hinter den reliefbedingten Bodenfeuchteverhältnissen zurück, da beispielsweise im Jahre 1975 die Ausaperungszeiten der angesprochenen Areale 1-6 (bzw. -8) um anderthalb Monate differierten. Als typische Anzeiger der trockeneren flachgründigen und z. T. steinigen Böden der *Rhodereten* sind vor allem *Primula hirsutum*, *Euphorbia hirtella*, *Calamagrostis humilis*, *Hieracium villosa*, *Campanula scheuchzeri*, *Leucorchis albida* und wohl auch *Vaccinium uliginosum* zu nennen.

Im Übergangsbereich zwischen dem nassen *Trichophoretum* und dem relativ bodentrockenen *Rhoderetum* liegen verschiedene Varianten der beiden genannten Gesellschaften, die in ihrem Arteninventar die Standortveränderung anzeigen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die an *Athyrium distentifolia* und *Calamagrostis villosa* reiche Alpenrosen-Beerenheide (vgl. relativ bodentrockene, schneefeuchte Variante

des *Trichophoretum caespitosae*) besonders zu erwähnen, die - im Gegensatz zu der nassen Variante - mit Arten wie *Gentiana kochiana*, *Trifolium alpinum*, *Festuca rubra* - auch noch Pflanzen der wärmeliebenden *Nardeten* aufweist und für die *Carex panicea* typisch ist.

Ganz allgemein ist, abgesehen von dem bewegteren Kleinrelief das komplexe Vegetationsbild im Waldgrenzbereich direkt auf die Beweidungsverhältnisse zurückzuführen. Denn während die Weideareale im Talgrund von Corte di Fondo durch angrenzende Steilhänge eingeengt werden bzw. die zahlreichen kaum bewachsenen Schutthalden weniger produktiv sind, steht sowohl im *Junipero-Laricetum* als auch im alpinen *Caricetum curvulae* wesentlich mehr Weideland für die ohnehin relativ kurze Viehsommerung zur Verfügung. Die Folge ist eine nur selektive Nutzung, wobei die nähere Umgebung der Almhütten intensiver beweidet wird. Entsprechende Beobachtungen kann man nicht nur auf den bestoßenen sondern auch den z. T. schon vor einigen Jahrzehnten aufgelassenen Almen machen (z. B. Alpe di Cagnone, Forná, Alpe della Porcheirina, Alpe di Trecc, Alpe di Cognora), was bereits erste Hinweise auf sehr stabile Sukzessionsverhältnisse gibt. Die Artenverteilung der pflanzensoziologischen Liste 2 läßt also deutlich zwei bestimmende Standortfaktoren für die Vegetation zwischen ca. 1650 und 2200 m erkennen: die extremer werdenden Klimabedingungen und die Beweidung.

Zu den Arten, die den Einfluß durch die Weidewirtschaft bezeugen, zählt wiederum das Borstgras, das in dieser Stufe den höchsten Deckungswert erreicht. Zahlreiche weitere Charakterarten der *Nardetum strictae* wurden bereits für die tiefergelegene Reitgras-Tannenwaldstufe erwähnt; während *Phyteuma betonicifolia*, *Potentilla aurea*, *Thymus alpestris*, *Deschampsia flexuosa*, *Anthoxanthum odoratum* und auch *Gentiana kochiana* nicht mehr so häufig auftreten, erreichen nun *Astrantia minor*, *Campanula scheuchzeri* und ferner *Solidago virgaurea* ssp. *minuta*, *Trifolium alpinum*, *Arnica montana* und *Geum montana* höhere Frequenz- und Deckungswerte. Die in Liste 1 noch erfaßten Arten *Luzula niveae*, *Rubus idaeus* sowie die Laubbaumarten (bis auf *Sorbus aucuparia*) sind im vergrasteten *Rhododendro-Vaccinietum* der oberen subalpinen Stufe nicht mehr anzutreffen, während *Leontodon helveticus* und *Phyteuma hemisphaericum* als hinzukommende Charakterarten schlagartig eine beachtliche Verbreitung aufweisen.

Zu den Arten, die die extremeren klimatischen Verhältnisse und die zunehmende Schneedeckenandauer anzeigen, gehören vor allem die Zwergsträucher, *Rhododendron ferrugineum* weist nun die höchste Verbreitung auf und zeugt zusammen mit den beiden *Vaccinium*-Arten für die weite Verbreitung der auffallendsten Gesellschaft, des *Vaccinio-Rhododendretum ferrugineae* Br.-Bl. 27 bzw. *Rhododendro-Vaccinietum* Pallm. et Haff. 33. Bei den *Vaccinium*-Arten der vergrasteten Zwergstrauchformationen der oberen subalpinen Stufe spielt die Heidelbeere nicht mehr eine so große Rolle wie in den tiefergelegenen Bereichen; wesentlich mehr Raum nimmt nun die ebenfalls neu hinzutretende Rauschbeere ein (*Vaccinium uliginosum*). Sie bevorzugt Standorte, die zwar einerseits durch lange Schneebedeckung charakterisiert werden, andererseits benötigt sie jedoch eine kurzfristige, d. h. sommerliche Erwärmung. Nach I. NEUWINGER (1965, S. 140) sind dichte Beerenheiden "auf exponierten Kuppen und Rinnen im Gürtel der dichten Alpenrosenheiden" anzutreffen, während *Rhododendron ferrugineum* selbst typisch für Wächtenplätze mit großer Bodenfeuchtereserve ist.

Die pflanzensoziologische Liste 2 läßt eine Gruppierung des *Rhododendro-Vaccinietum* in Varianten unterschiedlich bodenfeuchter Standorte zu. Die Spalten 1 - 16 umfassen Arten, die z. T. typisch sind für Böden mit rascher Drainung und erhöhter Austrocknungsgefahr, d. h. Hänge in südlichen Richtungen bevorzugen; dazu zählen vor allem *Geum montanum*, *Festuca rubra*, *Juniperus nana*, *Gentiana kochiana*, *Campanula barbata* und wohl auch *Larix decidua*. Daß die im untersten Teil der Liste eingerahmten Arten *Phleum alpinum*, *Poa alpina* und *Deschampsia caespitosa* ebenfalls auf den trockeneren Standorten anzutreffen sind, muß auf feuchtere Stellen im Boden zurückgeführt werden, da diese Pflanzen eher für einen höheren und gleichmäßigeren Wassergehalt sprechen. Ebenso ist das Vorkommen von *Campanula scheuchzeri* und *Deschampsia flexuosa* sowohl auf trockenen als auch auf feuchten bis nassen Standorten nicht mit einer großen ökologischen Amplitude zu erklären, sondern läßt sich auf ihre bevorzugte Besiedlung auf bzw. an Steinen und Felsblöcken zurückführen, die als trockene Inseln innerhalb der feuchteren Gebiete liegen.

Für eine Bevorzugung warmer, trockener Standorte auf steinigem Untergrund zeugen in der Gruppe mit den lfd. Nr. 8 - 16 die Arten *Bupleurum stellatum*, *Potentilla aurea*, *Primula hirsuta*, *Cryptogamma crispa* und in höheren Lagen *Silene exscapa*, wohingegen etwas feuchtere, aber ebenfalls noch relativ warme Stellen durch die Gruppe mit *Phyteuma*

betonicifolia, *Potentilla erecta*, *Achillea moschata*, *Calluna vulgaris*, *Hieracium sylvaticum* u. a. gekennzeichnet werden. Für frische bis feuchte Böden spielt das Vorkommen von *Calamagrostis villosa* und *Gentiana purpurea* sowie von *Ligusticum mutellinoides*, *Alnus viridis* und *Sorbus aucuparia* auf vorwiegend in nördliche Richtungen exponierten Hängen (lfd. Nr. 17-22) eine Rolle. Auf feuchten bis nassen Quell- und Lägerfluren können schließlich neben den genannten Arten *Deschampsia caespitosa*, *Phleum alpinum* und *Poa alpina* einerseits *Rumex alpinus* und *Poa annua* ssp. *supina* für die Läger (*Rumicetum alpini*, mancherorts auch das *Cirsietum spinosissimi*, zum anderen *Luzula spadicea* und *Carex foetida* für die Quellfluren mit langer Schneebedeckung auftreten (*Luzuletum spadiceae* oder auch *Deschampsietum caespitosae* und *Eriophoretum scheuchzeri*).

Zusammenfassend läßt sich also vom *Rhododendro-Vaccinietum* bis hin zum *Deschampsietum caespitosae* eine Abfolge von trockenen bis nassen Standorten feststellen, die im Zusammenhang mit der erwähnten intensiven Ausprägung des Reliefs durch kleinräumige Wechsel in Neigung, Exposition und Wölbung auf unterschiedliche Bodenmächtigkeit, Schneebedeckung und Geländeklimate zurückzuführen sind.

5.5.3. Die Gehölzartenverjüngung in der subalpinen Stufe

Ein Vergleich der aktuellen Baumartenverteilung, die die Verbreitung und Dichte der Waldbestände im Val Vegorness widerspiegelt, mit der Verbreitung der einzelnen Einheiten der potentiellen natürlichen Vegetation macht die anthropogene Ausweitung offener Flächen und die Herabsenkung der Waldgrenze sichtbar (Abb. 37). Von der Entwaldung betroffen sind in der subalpinen Stufe vor allem die flacheren Bedretto-Hangpartien im gesamten *Junipero-Laricetum*-Gürtel sowie der Talabschluß um Corte della Pianca und der weniger stark geneigte Felssturzbereich nordwestlich von Sonogno.

Während im Talgrund in den extensiv genutzten grasreichen Zwergstrauch- und Gebüschformationen der Aufwuchs von einzelnen Lärchen und Fichten für zahlreiche Stellen belegt werden kann, ist in der oberen subalpinen Stufe keine weitere Differenzierung in begünstigte Höhenbereiche zu erkennen. Die natürliche Wiederbewaldung ist also in 1750 m nicht stärker als beispielsweise in 2000 m Höhe. Diese Tatsache mag damit zusammenhängen, daß mit Annäherung an die natürliche Waldgrenze der Provenienzbereich des Samenanfluges kleiner wird: während im Talgrund

die Ansamung sowohl von den Hangwäldern als auch von den tiefergelegenen Baumbeständen erfolgen kann, findet die generative Wiederbesiedlung ab ca. 1700 m nur noch von unten her statt. Denn abgesehen davon, daß mit zunehmender Höhe der potentielle Herkunftsbereich kleiner wird, nimmt hier auch die Fruktifizierungsrate der Bäume stark ab.

Es muß jedoch beachtet werden, daß im Waldgrenzbereich die säkuläre Gehölzvermehrung nicht allein von der freien Aussaat abzuhängen braucht, sondern auch sehr langfristig durch Rottenbildung zustande kommen kann. So bilden nach R. KUOCH und R. AMIET (1970, S. 215 f.) Fichten an der alpinen Kältgrenze dichtstämmige Kolonien, die auf adventive Bewurzelung von aufliegenden Zweigen zurückzuführen ist. Dagegen tritt bei der Lärche die Ablegerbildung als vegetative Verbreitungsform hinter der der freien Ansamung zurück, da das frühzeitige Absterben der Basaläste einer allmählichen Adventivbewurzelung der Zweige entgegensteht. Immerhin weist die Lärche häufig Kandelaberjüngung auf, die jedoch im Gegensatz zu den Fichtenkolonien nicht zu dichten Rotten führt und folglich keine Rolle für den Gehölz-
zuwachs spielt.

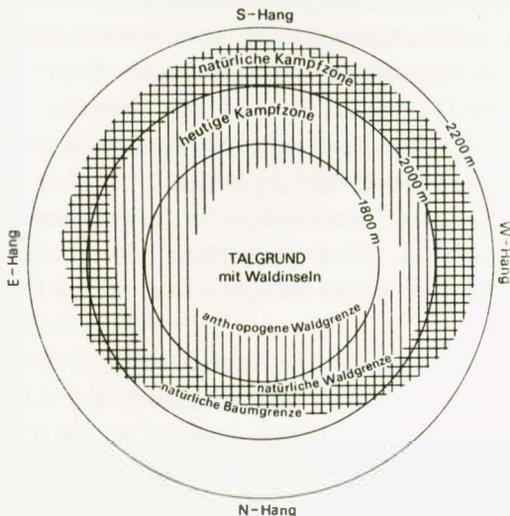


Abb. 37: Schematische Darstellung der Baum- und Waldgrenzen im Val Vegorress in Abhängigkeit von der Exposition und Meereshöhe.

Da im Val Vegorness im Waldgrenzbereich die Lärche eindeutig dominiert, ist die Ausweitung des Waldareals hinsichtlich der natürlichen Verjüngung nach Rückgang des Alpbetriebes ausschließlich dem Zufall überlassen. Lediglich dort, wo die Fichte hinzutritt, ist mit einer allmählichen Zunahme der Stammbestockung zu rechnen. Dies betrifft nur das Gebiet der oberen Alpe Trecc: hier wurden noch in ca. 2100 m NN Fichtenrotten von ca. 3 m Höhe und 5 m Durchmesser mit bis zu 10 Stämmchen angetroffen. Daß eine natürliche Wiederbewaldung brachgefallener Wiesen und Weiden auch in weniger stark reliefierten Gebieten Mitteleuropas nur sehr langsam vonstatten geht, d. h. normalerweise erst in einem säkularem Sukzessionsstadium zu erwarten ist, wurde in letzter Zeit in zahlreichen Arbeiten deutlich herausgestellt (vgl. bs. G. HARD, 1976). Diese Tatsache betrifft das Hochgebirge in besonders starkem Maße, da in der subalpinen Stufe und erst recht in der natürlichen Kampfzone des Waldes mit zunehmender Höhe Klima-, Boden- und Relieffaktoren ungünstigere Aufwuchsbedingungen für Bäume hervorrufen. So sieht W. ZIELONKOWSKI (1975, S. 23) im *Caricetum ferrugineae*, *Seslerio-Caricetum sempervirens* und vor allem *Nardetum alpinum* nichtbewirtschafteter Almen säkulare, statische Dauergesellschaften ohne autogene Sukzession. Auch B. STÜSSI (1970, S. 378) sieht im unbeweideten Rasen mit *Nardus*-Dominanz "sozusagen eine Vegetation in völliger sukzessioneller Erstarrung". Schließlich stellt F.-K. HOLTMEIER (1967, S. 87) für Oberengadiner Almen, auf denen der Weidegang nachgelassen oder aufgehört hat, lediglich für die Arve eine natürliche Verjüngung fest, da ihre Samen durch Tannenhäher verbreitet werden ("Hackplätze", "Winterdepots", F.-K. HOLTMEIER, 1967, S. 118 f.). Eine natürliche Lärchenverjüngung wird hingegen durch den geschlossenen Grasfilz verhindert (H. LEIBUNDGUT, 1964).

Für das Val Vegorness können die Beobachtungen der genannten Autoren weitgehend übernommen werden. Der Jungwuchs der Lärchen beschränkt sich auf felsige, steinige Stellen, so z. B. in Klüften an Rundhöcker-rändern oder an steileren Felswänden, die ohnehin keiner Beweidung ausgesetzt sind. In den meisten Fällen ist der spärliche Lärchenaufwuchs also nicht als Resultat des Weiderückgangs zu verstehen, sondern auf ihre natürliche Wuchskraft als Pionierbaumart ungünstiger Standorte zurückzuführen. Ansonsten wäre das Aufkommen von Lärchen nur an Stellen mit Bodenverwundung bzw. Narbenversatz zu erwarten

(s. W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER, 1972). Erosionsansatzpunkte dieser Art können an Gesteinsbrocken und Felsrippen, an Baumstümpfen und bereits vorhandenen jungen Solitäräumchen sowie an Viehgangeln zustandekommen, in größerem Umfang allerdings nur an steilen Hängen mit Hangneigungen über ca. 25° (W. ZIELANKOWSKI, 1975). Allgemein bekannt ist weiterhin die Erosionsgefährdung durch Schafbeweidung, da die relative Scherkraftbelastung auf die Grasnarbe (mit anschließender Bodenabspülung oder auch Kammeis-Verlagerung) durch die spitzen Zehen der Schafe besonders hoch ist. GRESCH (1972, S. 147) erwähnt schließlich eine Häufung von Bodenwunden und Rutschungen in vergan-deten Wiesen des oberen Goms im Wallis, wobei er die Zunahme der Gräser auf Kosten der Kräuter für die erhöhte Erosionsanfälligkeit verant-wortlich macht: "... das Dominieren der Gräser schwächt den mechani-schen Zusammenhalt der obersten Bodenhorizonte."

Im Val Vegorness erweisen sich die Borstgrasweiden und Reitgrasfluren als ziemlich unanfällig gegen Bodenverletzungen. Die von W. ZIELAN-KOWSKI (1975, s.o.) genannten Ansatzstellen dürften sich über kal-kigem Substrat wohl eher negativ auswirken als über silikatreichem Material. Die Beeinträchtigung durch Schafbeweidung fällt für das obere Val Verzasca ebenfalls aus, da es in Sonogno nur ca. 30 Schafe gibt; im unteren Verzascatal kann man hingegen über gleichem Unter-grund Bodenverletzungen auf Schafweiden feststellen (z. B. Alpi im Valle della Porta, Vogorno).

Ansatzstellen für die Wiederbewaldung sind also im dicht vergrasten *Rhododendro-Vaccinietum* der ehemaligen Wacholder-Lärchenwaldstufe rar. Bei einer zusammenfassenden Auswertung der geschilderten Tat-bestände läßt sich somit für die längerfristige Wiederbewaldung eine Prognose aufstellen, die konträr zu den Verhältnissen der natürlichen potentiellen Vegetation steht:

Die klimatisch-edaphisch günstigeren Standorte wurden für die Anlage der Almweide bevorzugt. Die Inventarfestigkeit dieser weidebedingten Pflanzenformationen hält sich nach Auflassen der Almen über viele Jahrzehnte, so daß der natürliche Jungwuchs von Bäumen weitgehend auf ungünstige Standorte beschränkt bleibt (z. B. Schutthalden, Rund-höckerfelsen und sogar Lavinare, s. auch W. LODI, 1954)

5.5.4. Der Zwergstrauchgürtel oberhalb der Waldgrenze

Während die Alpenrosen-Fluren der hochmontanen und unteren subalpinen Stufen größtenteils anthropogenen Ursprungs sind, ist das *Rhododendro-Vaccinietum* im Bereich der Krummholzstufe als Klimaxgesellschaft anzusehen. Eine weitere Unterteilung der Alpenrosen-Beerenheide in jeweils eine Zone unterhalb und oberhalb der potentiell natürlichen Baumgrenze scheint für das Val Vegorness wenig sinnvoll, da die Artenzusammensetzung eine weitere Abstufung nicht rechtfertigt. Aus diesem Grunde soll hier auch auf eine genauere Abgrenzung zwischen der oberen subalpinen und der unteren alpinen Stufe verzichtet werden, da die in Abb. 37 eingetragene Baumgrenze im Gelände kaum auszumachen ist.

Abgesehen von kleinflächigen Standorten mit besonderen Faktoren-Konstellationen (z. B. Läger- oder Quellfluren, Felsspaltengesellschaften) setzt sich die Höhenstufe im Bereich der Baumgrenze hauptsächlich aus den bereits beschriebenen Varianten der *Rhododendro-Vaccinieten* und der *Nardeten* zusammen. Die bereits in Kap. 5.4.3. erwähnten Charakterarten der wärmeliebenden tiefergelegenen *Nardeten* wie *Phyteuma betonicifolia*, *Thymus alpestris* und *Gentiana kochiana* sind nur noch ganz selten anzutreffen, *Crocus albiflorus* und *Paradiseum liliastrum* sind restlos verschwunden. Ebenso treten die an der Waldgrenze noch häufiger auftretenden Pflanzen *Arnica montana*, *Solidago virgaurea* ssp. *minuta*, *Campanula barbata*, *Potentilla erecta* und *Festuca rubra* etwas zurück. Der Rückgang von Arten, die besonders für die hochmontanen und subalpinen Borstgrasweiden typisch sind, ist also auffallend.

Hingegen ist die Artenzusammensetzung des in diesem Höhenbereich optimale Voraussetzungen findenden *Rhododendro-Vaccinietum* gegenüber tiefergelegenen Varianten kaum verändert. Einzig *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis idaeae* treten zurück und werden nun stärker durch das frostresistentere *Vaccinium uliginosum* ersetzt. Einige Arten erreichen im Bereich der Baumgrenze ihre größte Verbreitung, so z. B. *Calamagrostis humilis*, *Pulsatilla alpina*, *Campanula scheuchzeri* und *Trifolium alpinum*.

In etwas schwächerem Maße als die wärmeliebenden Charakterpflanzen der Borstgrasrasen zurückweichen, treten Arten des Krummseggenrasens hinzu. Neben *Carex curvula* selbst betrifft dies *Luzula spicata*, *Ligusticum mutellina*, *Polygonum viviparum* und *Silene exscapa*. Diese Veränderung in der Zusammensetzung der hochgelegenen Borstgrasweiden veranlaßte E. OBERDORFER (1959) von einem *Curvulo-Nardetum* zu sprechen.

Abgesehen von den bereits in Kap. 5.5.3. angesprochenen Vorkommen an der oberen Trecc-Alp, sind im Val Vegorress an der natürlichen Wald- und Baumgrenze kaum Bäume anzutreffen. Nur an wenigen Stellen kann man junge Lärchen finden, die meist nicht höher als 1/2 m sind und flach dem meist felsigen Untergrund aufliegen. Dies betrifft auch das höchste Vorkommen bei 2295 m am Passo Campala (s. Kap. 5.6.). Es fehlen also stark verkrüppelte Formen, wie sie z. B. von F.-K. HOLTMEIER (1967 und 1971) beschrieben werden. Auch in tiefergelegenen Gebieten sind Einwirkungen durch Eisgebläse oder Windformung an Solitäräumchen nur selten. Die jungen Lärchen von wenigen Metern Höhe zeichnen sich höchstens durch Säbelwuchs aus, der auf Gleitschnee- oder Lawinenbewegungen zurückzuführen ist. Dies betrifft jedoch vor allem die lawinengefährdeten Talgrundgebiete, wo Krüppelformen von Lärchen am stärksten verbreitet sind (s. Kap. 5.4.4.). Insgesamt gesehen deutet die weitgehend fehlende Beeinflussung der Wuchsform durch Windeinwirkung auch im Zwergstrauchgürtel auf verhältnismäßig ungestörte Schneeablagerungen ohne erwähnenswerte Wächtenbildung hin.

5.6. Die alpinen Krummseggenrasen

Oberhalb ca. 2300 m am S-Hang und ca. 2150 m am N-Hang läßt die starke Verbreitung der Zwergsträucher und des Borstgrases ziemlich plötzlich nach. Auch aus den Ausführungen E. OBERDORFERS (1959, S. 123) läßt sich entnehmen, daß der Wechsel von nardusreichen *Rhodereten* zum *Curvuletum* meist recht schroff ist. Man kann also an dieser Grenze im Gegensatz zu den tiefergelegenen Höhenstufen nicht unbedingt von einem fließenden Übergang sprechen. Gleichzeitig werden mit dem Wechsel zwischen den borstgrasreichen Alpenrosen-Beständen zum Krummseggenrasen anthropogen stark überformte sekundäre Assoziationen von einer wenig veränderten natürlichen Gesellschaft abgegrenzt. Dies hängt jedoch keineswegs mit einer abrupten Verminderung der Beweidungsintensität zusammen, da weite Bereiche der Vegorresser Krummseggenrasen fast während der gesamten Sömmerungsperiode mit Rindern bestoßen werden (z. B. oberhalb der Alpe Barone vom Frühsommer an je nach Witterungsablauf, 15 bis 30 StöBe).

Die Tatsache, daß sich das Arteninventar des *Caricetum curvulae*

gegenüber der Beeinflussung durch den Weidegang recht stabil verhält, ist wahrscheinlich mit den höhenwärts extremer werdenden Lebensbedingungen zu erklären. Wie bereits in Kap. 5.2. dargelegt wurde, nimmt die Zahl der Pflanzenarten mit der Höhe rasch ab (vgl. Abb. 32), was letztlich auf eine zunehmende Spezialisierung der Vegetation zurückzuführen ist. Bis zur oberen subalpinen Stufe konnten nach der Lichtung der Wald- und Gebüschformationen durch den Menschen sowohl von tiefer- als auch höhergelegenen Zonen Pflanzen in die veränderten Standorte eindringen. Dagegen ist im *Curvuletum* eine Zuwanderung von Arten aus anderen Höhenstufen aus folgenden Gründen beeinträchtigt:

- Anspruchsvollere Arten aus tiefergelegenen Zonen können wegen der langen Schneedeckendauer und der niedrigen Lufttemperatur bei steigenden Tagesamplituden der Strahlungstemperatur nicht in das *Curvuletum* eindringen.
- Zwischen der von der Bewirtschaftung unbeeinflussten alpinen Urwiese und dem beweideten *Curvuletum* bestehen keine Unterschiede in der Pflanzenformation. Dagegen führte die partielle Veränderung der Formationen tiefergelegener Stufen zu einem differenzierten Vegetationsmosaik mit unterschiedlichsten bestandsklimatischen Bedingungen, die zahlreichen Pflanzen aus einem weitgestreuten Gesellschaftsspektrum ein Eindringen ermöglichten. Vergleichsweise sind die Standortbedingungen im *Curvuletum* dagegen ziemlich einheitlich.
- Eine Einwanderung von Arten aus der subnivalen Stufe fällt nicht so stark ins Gewicht, da das Pflanzeninventar der hochspezialisierten Felsspalten- und Schuttgesellschaften noch erheblich kleiner ist als in den tiefergelegenen Stufen.

Immerhin lassen sich auch im Gebiet der Krummseggenrasen verschiedene Pflanzengesellschaften ausscheiden, die auf Grund ihrer homogenen Zusammensetzung recht klar abgegrenzt sind und kaum zur Bildung von Mischbeständen neigen.

So können in der mittleren alpinen Stufe (S-Hang bis ca. 2400 m, N-Hang bis ca. 2250 m) auf Flecken von wenigen qm die Charakterpflanzen der Borstgras-reichen Alpenrosen-Beerenheiden auftreten (vgl. pflanzensoz. Liste 4, Areal 22-26). Diese Vorkommen von *Nardus*, *Rhododendron* und den beiden *Vaccinium*-Arten halten sich stets an schneereiche, bodenfeuchte Standorte mit überdurchschnittlicher Sommerwärme in Rinnen oder auf Felsvorsprüngen an N-exponierten

Hängen. Die höchsten Vorkommen der genannten Arten befinden sich bei 2490 m (Areal Nr. 26 der pflanzensoz. Liste 4), was deutlich auf den Einfluß besonders begünstigter ökologischer Nischen gerade im Bereich der Felspartien hinweist. Dafür spricht auch das bereits erwähnte Krüppelbäumchen von *Larix decidua* am Rande einer Schutthalde 150 m ostnordöstlich vom Passo Campanla, das sich mehr als 100 m oberhalb der nächsthoher Baumvorkommen an der Trecc-Alp befindet.

Als Merkmal der Krummseggen-Gebiete sind jedoch vor allem die häufig auftretenden Vegetationskomplexe der Schneeboden-Gesellschaften anzusehen, die in flachen Mulden auf schwach-entwickelten Rohböden zu finden sind (s. Abb. 31, jeweils links oben). Die Abfolge der zugehörigen Assoziationen läßt sich mit einer Konfigurations-Reihe abnehmender Aperizeiten parallelisieren. Bei der Serie mit typischen Artenkombinationen sei hier von der normalen Krummseggen-Ausbildung ausgegangen:

Bei einer Aperizeit von durchschnittlich drei Monaten treten *Salix herbacea*, *Polygono viviparum*, *Ligusticum mutellina* und *Ligusticum mutellinoides*, *Luzula spadicea* und *Luzula spicata* verstärkt hinzu (vgl. Areal-Nr. 20, 21, 24, 26 pflanzensoz. Liste 4). Bei weiter zunehmender Schneebedeckungszeit wird *Carex curvula* von 2-3 cm hohen Kräutern verdrängt, nämlich *Alchemilla pentaphylla*, *Gnaphalium supinum*, *Cardamine resedifolia* oder *Minuartia rupestris* (Areal Nr. 1, 3, 4). Schließlich tritt *Salix herbacea* auf Flächen, die weniger als zwei Monate schneefrei sind, ebenfalls zurück und wird durch *Polytrichum sexangularis* und anderen Moosen ersetzt (Areal Nr. 5, 7 und 8), wobei ihr verstärktes Auftreten von H. WALTER (1968, S. 566) mit der Reduktion an nicht-assimilierenden Pflanzenteilen erklärt wird (Stengel, Wurzeln, generative Organe).

Im Gegensatz zu der starken Verbreitung chionophiler Gesellschaften sind im Val Vegorness chionophobe Arten windexponierter Standorte selten. Dies drückt sich aus in dem nur äußerst spärlichen Auftreten von Pflanzen wie *Loiseleuria procumbens* (Areal Nr. 7, also an einem Schneetälchen-Standort, wo ihr Vorkommen kaum zu erklären ist) und *Elyna myosuroides* (Areal-Nr. 15, an einer hochgelegenen Windecke des *Androsacetums*). Diese Tatsache spiegelt den geringen Einfluß extremer Windeinwirkungen wieder, der bereits in Kap. 4.2.2. und Kap. 4.4.1. angesprochen wurde.

Die Schutthalden des *Caricetum curvulae* werden durch das zum Verband des *Androsacion alpinae* zählende *Oxyrietum digynae* besiedelt (Areal Nr. 12-14 der pflanzensoziol. Liste 4). Als charakteristische Pflanzen sind neben dem namengebenden Säuerling *Ranunculus glacialis*, *Poa laxa*, *Doronicum clusii* und das im Untersuchungsgebiet seltener anzutreffende *Geum reptans* zu nennen. Auch die in tiefergelegenen Stufen vorkommenden Arten *Veronica alpina*, *Sedum roseum* und der Farn *Cryptogamma crispa* kommen häufig vor. Der Bedeckungsgrad der Säuerlingsfluren beträgt selten mehr als 25 %, d. h. es sind nur kleine Flächen und Spalten mit Detritus-Ablagerungen bewachsen. An Stellen, die lange Zeit schneebedeckt sind, treten Schneeboden-Gesellschaften hinzu. Die meisten Pflanzen des *Oxyrietum digynae* sind gegenüber Rutsch- und Gleitbewegungen des Schutt- und Feinerdematerials resistent. Nach H. GAMS (1961) zählen *Oxyria*, *Cryptogamma* und *Doronicum* zu den Schuttstreckern, *Salix* zu den Schuttdeckern und *Poa* sowie *Ranunculus* zu den Schuttstauern.

Schließlich sei noch auf die Zusammensetzung des *Caricetum curvulae* selbst eingegangen. Im Vergleich zu den schneefeuchten Gruppen und den trockenen Schuttfluren bestimmen die Krummseggen-Rasen die relativ frischen, stark verbrauchten Silikatböden oberhalb der unteren alpinen Stufe. Von den Arten des *Eu-Nardion* und der *Nardetalia* sind nur noch wenige übriggeblieben, nämlich *Geum montanum*, *Galium anisophyllum* und *Trifolium alpinum*. *Potentilla aurea* und *Leontodon helveticus*, letztere als stark behaarte Varietät (*var. pilosus*) sind häufig anzutreffen. Die größte Stetigkeit weist nun *Chrysanthemum alpinum* auf, die als *Salicio herbaceae*-Art auf die Bedeutung der Schneedecke in der Krummseggenzone des Val Vegorness schließen läßt. Daneben sind die bereits erwähnten Arten *Salix herbacea*, *Polygonum viviparum* sowie *Euphrasia minima* und vor allem die als Weidegras wertvolle *Poa alpina* (inkl. *var. vivipara*) sehr stark vertreten. Aber auch einige Polsterpflanzen reichen weit in das *Curvuletum* hinunter, so z. B. *Silene exscapa* und *Minuartia sedoides*.

Das vorliegende Aufnahmematerial läßt keine Einordnung in die beschriebenen Subassoziationen zu. Sowohl das ostalpine *Primulo-Curvuletum* als auch das westalpine *Senecioni-Curvuletum* (vgl. E. OBERDORFER, 1959, S. 138) unterscheiden sich im Arteninventar von den Vegornesser Krummseggenrasen recht erheblich.

5.7. Die subnivalen Fels- und Schuttgesellschaften

Im Gegensatz zu der ziemlich deutlichen Grenze zwischen dem *Curvulo-Nardetum* und dem *Curvuletum* besteht zwischen den Krummseggenrasen und den Felsgesellschaften wieder eine vertikale Verzahnung. Sie wird durch die weit in die alpine Stufe hinunterreichenden steilen Gratwände verursacht, für die die Felsspaltengesellschaften charakteristisch sind. In ähnlichem Ausmaße reichen aber auch die flacheren, bodenbedeckten Flächen mit Krummseggenrasen bis in die Gipfelregion hinauf. Die Rasengrenze im Bereich der alpinen bis subnivalen Stufe ist also vielmehr edaphisch als klimatisch bedingt. Aus diesem Grunde kann man nicht von einer klaren Trennung zwischen einer *Curvuletum*-Höhenstufe und einer darüber folgenden *Androsacetum*-Höhenstufe sprechen, so daß die pflanzensoziologischen Aufnahmen dieser Region in einer Liste zusammengefaßt wurden. Daß die Vegetation der Gipfelpartien dennoch in einem eigenen Kapitel behandelt wird, hängt mit der z. T. recht speziellen Ausbildung zusammen, die als Folge besonderer Bestimmungsfaktoren zu verstehen ist.

Als charakteristisches Merkmal der Standorte der Felsgrate sind die nun verstärkt auftretenden verholzten Polsterpflanzen zu erwähnen. Dies geht aus Abb. 32 hervor, die im *Androsacetum* einen Chamaephyten-Anteil von rund 30 % erkennen läßt. Die bereits im *Curvuletum* häufiger auftretenden Arten *Silene exscapa* und *Minuartia sedoides* beherrschen die Felsspaltengesellschaften, indem vor allem *Silene* Polster von bis zu 60 cm Durchmesser und 25 cm Höhe bilden kann. Wesentlich kleiner sind die halbkugeligen Zwergsträucher von *Saxifraga oppositifolia*, *Sax. bryoides*, *Sax. exarata* und *Sax. muscoides*, von *Androsace alpine*, der selteneren *A. imbricata* und von *Erytrichum nanum*. Die Verzweigungsform der genannten Polsterpflanzen ist nicht einheitlich. Man findet Vollschoffpolster (*Minuartia*, *Erytrichum*), Radialflachkugelpolster (*Silene*), Flachschoffpolster (*Saxifraga*-Arten) und Horstkugelpolster (*Androsace*; s. Abb. 34 bei J. SCHMITHOSEN, 1968, S. 74), so daß bei der Fülle verschiedenartiger Polsterformen spezielle Umweltbedingungen den Polsterwuchs maßgeblich beeinflussen.

Die zunehmende Anzahl an Polsterpflanzen ist auf die erhöhte Strahlungsintensität in den höchstgelegenen Gebieten zurückzuführen, die gerade in den Felspartien zu einem beachtlichen Anstieg von Oberflächentemperaturen führen kann. Da bei entsprechenden Wetterlagen die

Photosynthese der vorherrschenden Pflanzen sehr lebhaft verläuft, muß die Verdunstungsgröße bei erhöhter Einstrahlung eingeschränkt werden. Die Polsterform bedingt dabei eine optimale Einengung der Verdunstungsfläche. Einige weitere Arten zeigen zum Schutz gegen die hohen Strahlungstemperaturen xeromorphen Charakter, z. B. Blattsukkulenz (*Sedum roseum*, *Sedum alpestre*), Behaarung (*Achillea nana*, *Euphrasia minima*, *Veronica alpina*, *Chrysanthemum alpinum*) und Skleromorphie (*Carex*-Arten und zahlreiche kleinwüchsige Süßgräser). Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die Xeromorphie der genannten Arten hauptsächlich als Schutzeinrichtung gegen eine erhöhte Verdunstung an der Transpirationsoberfläche der Pflanzen zu verstehen ist. Edaphische Trockenheit erklärt nicht die spezielle Ausbildungsform der Felsspaltenbesiedler, da sich gerade diese Pflanzen durch tiefreichende Phahlwurzeln auszeichnen. Zudem ist die Verdunstung der Bodenfeuchte in den Spalten durch die Vegetationsüberdeckung herabgesetzt, so daß genügend Wasserreserven für die Versorgung der Pflanzen gewährleistet sind. Die pflanzensoziologische Liste 4 verdeutlicht das komplexe Vegetationsmosaik im Bereich der höchsten Gipfel. Neben den Felsspaltengesellschaften reichen Flecken des *Caricetum curvulae* mit fast allen im vorigen Kapitel erwähnten typischen Arten bis in die größten Höhen hinauf (pflanzensoz. Liste 4, z. B. Areal Nr. 21). Daneben treten auch noch ein Großteil der Schneetälchen-Charakterpflanzen sowie der Schutthaldenfluren auf. Schließlich sei auf den zum Teil recht dichten Flechtenbewuchs hingewiesen, wobei *Cetraria islandica*, *Cetr. cuculata*, *Cetr. rangiferina*, *Thammodia vermicularis* sowie verschiedene Cladonien, Umbellicarien und Lecideen besonders erwähnt seien.

Insgesamt betrachtet läßt sich also für die Gipfelbereiche im Val Vegorness eine recht große Vielseitigkeit der Vegetation nachweisen, die sich in Anbetracht der Höhenlage in einer ziemlich hohen Artenzahl niederschlägt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß gerade in der Nähe des obersten Grenzbereiches der Pflanzenbewuchs auf silikatischem Untergrund bevorteilt zu sein scheint (vgl. J. BRAUN-BLANQUET, 1958, S. 124). Entscheidend für diese Tatsache sind sicherlich die wesentlich günstigeren Bodenfeuchte-Verhältnisse in silikatischen Böden. Es wäre jedoch auch denkbar, daß sich zusätzlich die stärkere Aufheizung des verhältnismäßig dunklen Bodens und des umgebenden Gesteins positiv auf die Wuchsbedingungen auswirkt und damit in den Hochlagen eine reichere Flora verursacht.

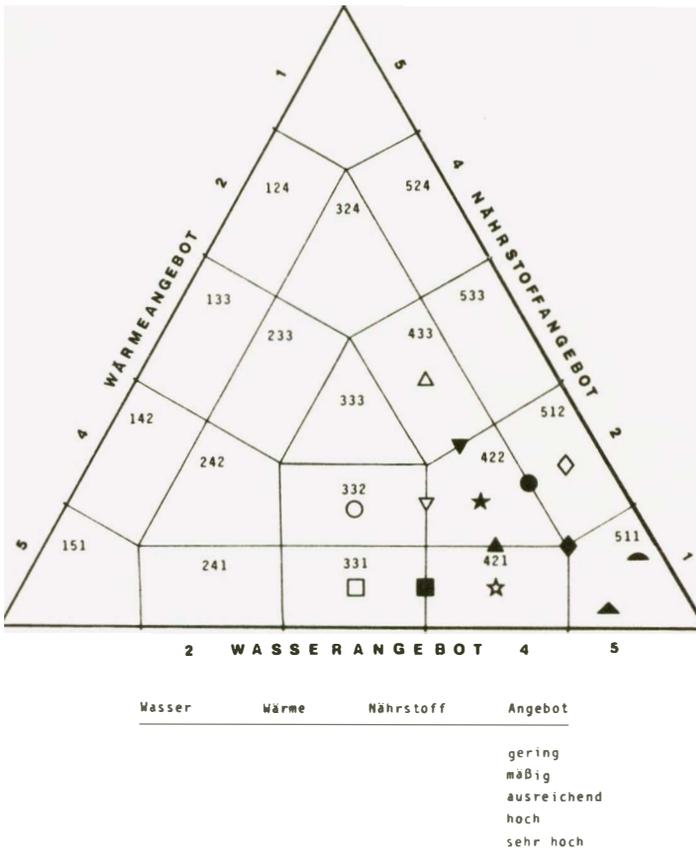
6. AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE FÜR PLANERISCHE MASSNAHMEN

6.1. Zusammenfassende Beurteilung der ökologischen Wirkungsfaktoren im Val Vegorness

Wie bereits zu Anfang der Arbeit erwähnt wurde, muß bei einer Bewertung des naturräumlichen Potentials die überdurchschnittlich hohe Standortheterogenität eines Hochgebirgstales auf eine niedrigere Komplexitätsstufe reduziert werden (vgl. Kap. 1.3.). Gerade in der subalpinen und alpinen Stufe ist das Ökotopengefüge derart engmaschig, daß eine exakte kartographische Darstellung der Standortqualität kaum durchführbar ist, sieht man von großmaßstäbigen Beispielskarten ab (vgl. Abb. 35 und 36).

Das weite Spektrum des differenzierten Ökotopen-Angebotes im Val Vegorness kommt im "Standortdreieck" nach H. NAUMANN-TÖMPFEL (1975) gut zum Ausdruck (Abb. 38). Dabei wurden lediglich die typischsten und verbreitetsten Standorte der einzelnen Höhenstufen berücksichtigt, d. h. Ökotope, die nur eine kleinflächige Verbreitung zeigen bzw. für Fragen der Bewirtschaftung ohne Bedeutung sind, wurden nicht erfaßt (z. B. das subalpine *Eriophoretum* auf staunassen Torfböden, das subnivale *Androsacetum* der Felsspalten oder das montan-subalpine *Epilobietum fleischeri* auf flachgründigen, wechsellückigen Alluvialböden). Die Standortkomplexität eines Hochgebirgstales wie dem Val Vegorness wird vor allem deutlich, wenn man einen Vergleich zu mitteleuropäischen Flachland- oder Mittelgebirgsabschnitten gleicher Größenordnung zieht, einheitliches Ausgangsgestein vorausgesetzt. Hier findet man rund 15-20 bestimmende ökologische Standorttypen, dort sind nicht mehr als 3-5 zu erwarten (so z. B. die relativ großflächige Verbreitung der Ökotope in den Karten zur naturräumlichen Gliederung von H. J. KLINK, 1966 + 1969, und H. DIERSCHKE, 1969).

Trotz des weiten Spektrums verschiedenartiger Ökotope zeigt das Standortdreieck für das Val Vegorness eine eindeutige Tendenz bei der Verteilung der pflanzenwirksamen ökologischen Wachstumsfaktoren Wasser, Wärme und mineralische Nährstoffe auf. Dabei steht von diesen drei "für den Ablauf des Photosyntheseprozesses und den Aufbau der Pflanzensubstanz" (H. NAUMANN-TÖMPFEL, 1975) und damit auch für das Wachstum von Futterpflanzen (L. LIENERT, 1975) wesentlichen Einflußgrößen nur das Wasser in ausreichendem bis überreichlichem Maße zur Verfügung. Dagegen ist das Wärmeangebot dem kühleren Hochgebirgsklima entsprechend nur in der montanen Stufe günstig und nimmt nach oben hin



- = montanes Nardetum auf mittelgründigen Rankern und Wiesenbraunerden
- = montanes callunareiches Nardetum auf flachgründigen Rankern in Südlage
- ▲ = montanes typisches Fagetum auf mittel- bis tiefgründigen Braunerden
- △ = montanes farnreiches Fagetum auf mittel- bis tiefgründigen Braunerden an Schatthängen
- = hochmontanes Abietetum auf mittelgründigen Rankern bis Braunerden in Schattlagen
- = Reste des submontanen insubrischen Querco-Betuletum auf mittelgründigen Rankern in Südlagen
- ▽ = subalpines Nardetum auf flach- bis mittelgründigen Rankern
- ◇ = subalpines Rhoderetum auf flach- bis mittelgründigen Rankern und podsolierten Braunerden
- ◇ = subalpines Alnetum auf flachgründigen und schneefeuchten Rohböden und Rankern
- ☆ = subalpines Calamagrostetum auf flachgründigen Rohböden
- ◆ = subalpines Trichophoretum auf schneefeuchten, mittelgründigen Rankern
- ◆ = subalpines Deschampsietum auf quellfeuchten, tiefgründigen Naßböden
- ★ = alpines Curvuletum auf flach- bis mittelgründigen Rankern
- ◐ = alpines bis subnivales Salicetum herbaceae auf schneefeuchten Rohböden

Abb. 38: Standortdreieck n. NAUMANN-TÖMPFEL (1975) mit Eintragungen der wesentlichen Ökotope im Val Vegorness.

ab. Schließlich sind auf Grund des sauren Ausgangsgesteins auch von den mineralischen Nährstoffen her die Voraussetzungen recht ungünstig.

Nach dieser groben Orientierung über die drei wesentlichen Wachstumsfaktoren soll die folgende Zusammenfassung weiterer bestimmender Wirkungskomplexe eine überschlägige Beurteilung der naturräumlichen Gegebenheiten im Val Vegorness ermöglichen. Für ausführliche Angaben mit Meßergebnissen, Größenangaben und Kartendarstellungen sei auf die entsprechenden Kapitel und Abbildungen verwiesen:

Relief:

Die enge Kammerung der verschiedenen Standorttypen wird in erster Linie durch die hohe Reliefenergie im Untersuchungsgebiet verursacht, wobei dem erheblichen Anteil an glazial überformten Steilhängen eine große Bedeutung zukommt. Vor allem die Almwirtschaft wird dadurch beeinträchtigt, daß sich die Weideflächen weitgehend auf den schmalen Talgrund und auf z. T. schlecht erreichbare Restflächen der drei präglazialen Terrassensysteme beschränken müssen. Darüberhinaus wird die almwirtschaftliche Nutzfläche durch die weiträumige Verbreitung an Schutthalden mit geringer bis fehlender Bodenbildung eingeengt. Die aktive Blockzufuhr reicht bis in den Taltrug hinunter, wobei die Frostwechselhäufigkeit in höheren Lagen eine Aufbereitung des grobstrukturierten Gneismaterials begünstigt, und die Schneeschmelze im Frühjahr bzw. Frühsommer sowie die starken Niederschläge im Sommer und Herbst eine überdurchschnittliche Steinschlaghäufigkeit verursachen. - Ganz allgemein ist also festzustellen, daß Formen der raschen Massenbewegung auf Grund der starken Hangneigungen eine besondere Bedeutung zukommt. Dies betrifft neben den erwähnten Sturzschuttvorkommen in starkem Maße die überaus hohe Lawinentätigkeit im Winterhalbjahr. Die Überdeckung mit Lawinenschnee wirkt sich hingegen nicht direkt nachteilig auf die Beweidung aus, da die Lawinenrasen durchweg einen verhältnismäßig guten Weidegrund abgeben. Die negativen Aspekte liegen vielmehr in der verspäteten Ausaperung und in der manchmal sehr langfristigen Versperrung der Zugangswege. Im Gegensatz zu den rasch verlaufenden spielen die langsamen Massenverlagerungen eine untergeordnete Rolle. Fast nirgendwo konnten im Untersuchungsgebiet Gleiten, Kriechen und Rutschen lockerer Hangmassen, Schurf durch Gleit- und Kriechbewegungen der Schneedecke, Solifluktionserscheinungen oder Narbenversatz festgestellt werden. Die Böden erweisen sich also als ausgesprochen stabil gegen Oberflächenabtrag, was zum einen auf die rasche Versiegelung

durch die Vegetation, zum anderen auf günstige bodenphysikalische Voraussetzung zurückzuführen ist.

Böden:

Die Böden im Val Vegorness zeichnen sich grundsätzlich durch eine hohe Wasser- und Luftpermeabilität aus, da sie wegen ihrer schluffig-sandigen Struktur größtenteils einen hohen Grobporen-Anteil aufweisen. Trotz des lockeren Einzelkorngefüges neigen sie nicht zur raschen Austrocknung, da der durchweg erhebliche Anteil an hygroskopisch wirksamem Humus für eine ausreichende Wasserhaltekapazität sorgt. Die Anreicherung mit kaum zersetzter organischer Substanz kommt durch einen eingeschränkten mikrobiologischen Abbau zustande, was als Resultat der größtenteils recht kurzen Aperperiode anzusehen ist.

Im Gegensatz zu den bodenphysikalischen Voraussetzungen ist das Nährstoffangebot der Böden weniger günstig (insbesondere Ca- und Mg-Mangel, unzureichende N-Versorgung; zur bodenchemischen Versorgung der Nardeten im Vergleich zu karbonatreichen Seslerieten, s. A. GIGON, 1971). Die Azidität ist ausgesprochen hoch, was aus dem vorherrschenden Gneis als Ausgangsgestein, dem erheblichen Anteil an organischer Substanz und den hohen Niederschlägen resultiert. Insgesamt gesehen handelt es sich im Val Vegorness um lockere Böden ohne scharfe Profilgrenzen, wobei alle Obergänge zwischen kaum entwickelten Rohböden über Rankern bis hin zu einfachen Braunerden vertreten sind. Im Gegensatz zu zahlreichen anderen Silikatgebieten der Alpen sind Podsolierungserscheinungen kaum festzustellen, obwohl sie von den klimatischen Voraussetzungen durchaus zu erwarten wären. Hauptgründe dafür sind der Mangel an Ton- und Feinschluffanteil sowie der rasche Sickerwasserdurchfluß. - Die Nährstoffarmut bewirkt eine relativ artenarme Flora, wobei vor allem acidophile Pflanzen von geringem Nutzwert eine starke Verbreitung zeigen (*Nardus stricta*, *Vaccinium*-Arten, *Rhododendron ferrugineum*).

Klima:

Die klimatischen Voraussetzungen im Val Vegorness sind relativ günstig, da das Tal noch dem insubrischen Klimabereich zuzuordnen ist. Das bedeutet, daß sich das Untersuchungsgebiet durch ein regelmäßiges und reichliches Niederschlagsangebot sowie durch eine hohe Sonnenstundenzahl auszeichnet. Im Hinblick auf die Temperatur-Verhältnisse kann dagegen keine eindeutige, zusammenfassende Charakteristik gegeben werden, da eine stark höhenwärtige und expositionsbedingte Differenzierung vorliegt. Geländeklimatisch sind gerade die thermi-

schen Expositionsunterschiede auf Grund der Hangübersteilung sehr kraß, während die Bildung von Kaltluftseen wegen der guten Durchlüftung des Tales nur schwach ausgeprägt ist und damit labile Luftschichtungen ohne Inversionsausbildungen vorherrschen.

Nachteilig zu beurteilen sind die Schneebedeckungsverhältnisse im Val Vegorness. Zwar ist der Winter die bei weitem niederschlagsärmste Jahreszeit, vor allem im Frühjahr kann es jedoch zu außergewöhnlichen Schneefällen kommen, die zu einer verspäteten Ausaperung führen. Für die Almwirtschaft kann dies unter Umständen einen Zeitverlust in der Sömmerungsperiode bedeuten, zumal die Ausaperung der nordhängigen Schneefelder zusätzlich durch die große Horizonteingangung und damit durch die Bergschattenwirkung hinausgezögert wird.

Vegetation:

Wenn auch die Nährstoffarmut der Böden eine relativ artenarme Flora zur Folge hat, so bewirken dennoch die hohen Niederschläge und die günstigen Strahlungsverhältnisse ein üppiges Pflanzenwachstum und eine dichte Vegetationsbedeckung. Bezüglich des Arteninventars läßt sich mit der Meereshöhe eine zunehmende Annäherung an das übliche Arteninventar hochalpiner Silikatstandorte feststellen. Für den unteren Talbereich sind dagegen wegen des milden insubrischen Klimaeinflusses noch zahlreiche wärmeliebende Arten charakteristisch, die in den unteren Stufen der Zentral- und Nordalpen fehlen bzw. selten sind.

Nachteilige Auswirkungen zeigt natürlich die jahrhundertelange Beweidung der Almen, da die Selektion von Futterpflanzen zu einer Degradierung der Weide führte. Dies betrifft insbesondere die übermäßige Verbreitung des Borstgrases, das zudem eine natürliche Verjüngung des Busch- und Baumaufwuchses auf aufgelassenen Almen hemmt. In der oberen subalpinen und alpinen Stufe tritt dagegen der Bürstling allmählich zurück, wobei vor allem an nordexponierten und spät ausapernden Stellen der Futterwert des Weidegrundes besser wird, da gerade der Anteil an xeromorphen zugunsten der meso- bis hygromorphen Gräser zurückgeht. Allerdings ist auf Grund der kurzen Apherzeit nur noch eine einmalige und relativ kurze Beweidung möglich.

In physiognomischer Hinsicht weist die Vegetation des Val Vegorness eine große Formations-Vielfalt auf, indem der Wechsel zwischen freien Weideflächen, Zwergstrauch- und Gebüschformationen sowie verstreuten Waldinseln für ein vielseitiges Vegetationsmosaik sorgt.

Neben der Standortdiversität ist die unterschiedliche Bewirtschaftungsintensität für dieses komplexe Vegetationsbild verantwortlich. Negativ wirken sich die Eingriffe in Form der Waldvernichtung durch den Menschen aus, insbesondere im Bereich der natürlichen Waldgrenze. Die starke Dezimierung der Holzbestände führte zu einer Ausweitung der Kampfzone in tiefergelegene Talbereiche, wobei die Vergrößerung der Freiflächen eine erhöhte Lawineneinwirkung zur Folge hat.

Nach dieser zusammenfassenden Bewertung läßt sich für das Val Vegorness bezüglich der natürlichen Gegebenheiten nicht unbedingt eine hervorragende Eignung für den weiteren Ausbau der Almwirtschaft feststellen. Zweifellos gibt es im nördlichen Tessin, besonders im Leventina-, Bedretto- und Maggiatal, zahlreiche Gebiete, die für eine intensive Nutzung günstigere Voraussetzungen bieten, vor allem was die Größe der zusammenhängenden Weideareale, die Hangneigungsverhältnisse und die Erreichbarkeit betrifft. Eine Subventionierung großen Maßstabes, wie sie in den genannten Gebieten während der letzten dreißig Jahre üblich war (s. u.), wäre allein unter dem Gesichtspunkt der Ausschöpfung besonders günstiger natürlicher Gegebenheiten nicht zu befürworten. Andererseits rechtfertigen z. B. die günstigen Voraussetzungen, die mit einer üppigen und raschwüchsigen Vegetation durch vorteilhafte klimatische und wasserhaushaltliche Faktoren gegeben sind, eine Förderung von Meliorationen, die sich in einem mäßigen finanziellen Rahmen halten. Eine weitgehende Behebung einiger Nachteile kann bereits mit geringem Aufwand bewerkstelligt werden (s. Kap. 6.3.), wofür auch zahlreiche sozio-ökonomische Voraussetzungen sprechen, die im nächsten Kapitel aufgezeigt werden.

6.2. Die sozioökonomische Situation im Val Verzasca unter besonderer Berücksichtigung Sonognos

6.2.1. Bevölkerungsrückgang und heutige Wirtschaftsstruktur

Ganz allgemein ist in den Berggebieten Mitteleuropas und der Alpen seit Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Entvölkerung festzustellen. In den Tessiner Alpen trifft diese Entwicklung weniger auf das Leventina- und Bleniotal als vielmehr auf die nordwestlichen Täler zu, vor allen Dingen auf die Circoli Onsernone und Verzasca im Distrikt

Locarno. Während die Bevölkerung des gesamten Kantons zwischen 1850 und 1970 um über 100 % zunahm, verringerte sich die Einwohnerzahl des Val Verzasca innerhalb des gleichen Zeitraumes um ca. 40 %. Das Phänomen der Entvölkerung im Verzascatal läßt sich auf zwei Abschnitte der Massenabwanderung mit verschiedenen Motivationsgrundlagen zurückführen:

- Auswanderung ganzer Familien wegen drohender Obervölkerung, von ca. 1850 - 1900
- Abwanderung in nahegelegene Gebiete mit günstigeren Berufsmöglichkeiten, vorwiegend durch jüngere Einzelpersonen verursacht, von ca. 1925-1970.

Die Auswirkungen der Abwanderung infolge besserer Berufsmöglichkeiten außerhalb des Tales führten zu einer Veränderung der natürlichen Bevölkerungsbewegung:

- Bevölkerungsabnahme durch einen Rückgang des Geburtenüberschusses, von ca. 1930 - 1970.

Wie in allen entsprechenden Gebieten verursachen im Val Verzasca die ungünstige topographische Gestalt und die Abgelegenheit erschwerte Produktionsbedingungen. Diese Faktoren, die trotz eines hohen Arbeitsaufwandes eine Ertragsminderung bewirken, sind für die Entvölkerung der einzelnen Gemeinden von entscheidender Bedeutung (s. Tab. 17). Eine ausführlichere Interpretation der Bevölkerungsveränderungen im Tessin für die Jahrhundertwende wird bei PERRET (1950), im Val Verzasca für die letzten 120 Jahre bei M. RICHTER (1975) gegeben.

Tab. 17: Die Einwohnerzahlen der Verzascer Gemeinden von 1850-1970 (aus: Censimento federale della popolazione, 1960, und: Annuario statistico del Cantone Ticino, 1976)

Gemeinden	1850	1870	1888	1910	1920	1930	1941	1950	1960	1970
Sonogno	354	308	165	263	293	116	159	151	143	86
Frasco	445	443	249	262	178	116	150	151	109	65
Gerra		186	226	375	292	440	424	451	474	605
Brione	870	323	440	604	523	254	302	349	337	208
Lavertezzo	464	352	431	542	369	420	346	358	370	429
Corippo	294	162	109	178	100	66	63	73	47	42
Vogorno	658	672	496	548	504	403	408	364	351	252
gesamt:	3 065	2 472	2 116	2 772	2 259	1 815	1 852	1 874	1 821	1 687

Der Tabelle ist zu entnehmen, daß zwischen 1850 und 1970 in den Gemeinden Frasco (- 85 %) und Corippo (- 74 %) der stärkste Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen ist. Besondere Verhältnisse liegen bei Gerra und Lavertezzo vor, da hier seit 1921 mit der Eingemeindung jeweils einer Exklave in der Magadinoebene eine vorerst mehr oder weniger gleichbleibende Tendenz, seit 1941 sogar eine Zunahme der Bevölkerung zu erkennen ist. Deutlich macht sich auch die Rückwanderungsperiode der Emigranten während der Jahrhundertwende in den Zahlenangaben von 1910 bemerkbar. In den Gemeinden Sonogno, Frasco, Brione und Vogorno fand eine besonders starke Abwanderung in den zwanziger und sechziger Jahren statt. Dies ist damit zu erklären, daß die Industrie und der Fremdenverkehr während dieser Zeiträume in den größeren Orten des unteren Tessintales und am Lago Maggiore einen besonders starken Aufschwung erlebten, der mit seinen neuen Erwerbsmöglichkeiten die Zuwanderung eines Teiles der Verzascher Bevölkerung verursachte.

Die negative Bevölkerungsentwicklung scheint allerdings mittlerweile durch den verstärkten Ausflugsverkehr und Wochenendtourismus in das Val Verzasca selbst aufgefangen zu sein. Mit der Neueröffnung zahlreicher Restaurants zu Anfang der siebziger Jahre ist für einige Bewohner eine neue Erwerbstätigkeit gegeben. Dazu kommt, daß gerade bei den wenigen jüngeren Bewohnern, die noch im Tal geblieben sind, eine Bewußtseinsveränderung stattgefunden hat: Das Leben in der Stadt mit den bislang oft überbewerteten besseren und leichteren Verdienstmöglichkeiten sowie dem höheren Lebensstandard wird nicht mehr so erstrebenswert empfunden wie noch vor wenigen Jahren.

Insgesamt gesehen sind die Erwerbsmöglichkeiten im Verzascatal dennoch sehr beschränkt. Abgesehen von der Viehwirtschaft, die - außer in Sonogno - heute hauptsächlich von älteren Leuten in kleinen auslaufenden Betrieben ausgeübt wird, und von einem ebenfalls unbedeutenden Weinbau und einer Zier- bzw. Hausgartenbewirtschaftung im südlichen Teil des Val Verzasca gibt es kaum Arbeitsmöglichkeiten. Die geringe Berufsauswahl im industriellen und handwerklichen Sektor (Granitsteinbruch und Uhrensteinfabrik in Brione, Bauunternehmen in Vogorno) hat eine überdurchschnittliche Auspendlerquote zur Folge. Neben Brione wegen seiner beiden Industriebetriebe liegen nur noch in Sonogno die Zahlen der Auspendler niedrig, da die hinterste Talgemeinde fast 30 km entfernt von der nächsten Ortschaft (Tenero/Gordola) mit vielfältigen Beschäftigungsangeboten im sekundären

und tertiären Bereich liegt. Nach A. KATTERBACH (1978) ist eine positive wirtschaftliche Entwicklung nur in Mergoscia als Ferienort, in Brione als subzentralem Ort für das mittlere und obere Tal und bei Intensivierung der Viehhaltung auch in Sonogno als Landwirtschaftsgemeinde zu erwarten.

6.2.2. Der Rückgang der Almwirtschaft im Val Verzasca

Der Rückgang der Almwirtschaft im Val Verzasca ist sowohl der Entvölkerung als auch der Umstrukturierung im beruflichen Sektor zuzuschreiben. Infolgedessen kam es nicht nur zu einer Abnahme der in der Viehwirtschaft beschäftigten Bevölkerung, sondern auch zu veränderten Entwicklungstendenzen in der Almwirtschaft, vor allen Dingen auf Grund der auftretenden Personalknappheit. Daß die Almwirtschaft der einzelnen Talgemeinden verschiedenartig getroffen wurde, liegt nahe, wenn man bedenkt, daß die Ortschaften in unterschiedlichem Maße isoliert sind. So ist es z. B. nicht verwunderlich, daß die Almwirtschaft in der am weitesten von der aufblühenden Städte- Agglomeration Locarno-Muralto-Tenero entfernten Gemeinde Sonogno die stärkste Bedeutung hat.

Eine der auffälligsten Erscheinungen geht aus Abb. 39 a-d hervor, nämlich die starke Abnahme der Rindvieh- und Ziegenbestände einerseits, der in den letzten 40 Jahren zunehmende Schafbestand andererseits. Hier macht sich eine Tendenz bemerkbar, die man als Übergang von der arbeitsintensiven zur arbeitsexensiven Almwirtschaft bezeichnen könnte. Vor allem der besonders starke Rückgang der Ziegen (zu 90 % Milchziegen) zeigt die Abwendung der Viehzüchter von der arbeitsintensiveren Almwirtschaft mit Käseproduktion. Dagegen weist die relativ geringere Abnahme des Rindviehbestandes auf eine verstärkte Galtviehhaltung hin, das bedeutet Fleischerzeugung auf extensivierter Basis.

Eine Ausnahme macht Sonogno, wo beinahe die Hälfte des Ziegen- und Milchkuhbestandes des Verzascatales zu finden ist, die Schafzucht jedoch bei den Bewohnern kaum auf Interesse stößt. Im Gegensatz dazu steht der besonders weit fortgeschrittene Extensivierungsprozess in Gerra und Lavertezzo, wo ein Großteil der Viehbesitzer in den Gemeinde-Exklaven an den Hängen der Magadino-Ebene ansässig ist und die Schaf- und Galtviehzucht nur im Nebenerwerb betrieben wird.

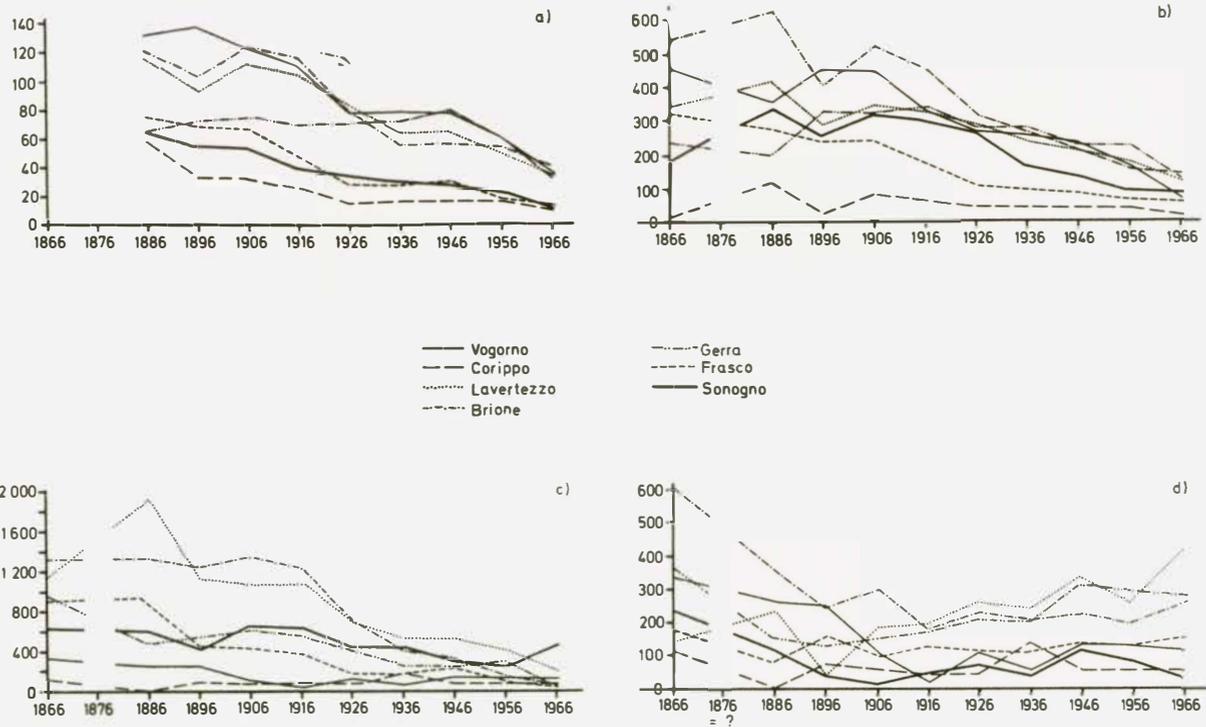


Abb. 39 a - d: Die Anzahl der Viehbesitzer (a, von 1886 - 1966), die Rindvieh- (b), die Ziegen- (c) und die Schafbestände (d, jeweils von 1866 - 1966) in den Verzascher Gemeinden (aus M. RICHTER, 1975)

Weitere Entwicklungstendenzen weisen darauf hin, daß keine der kleineren Almen mehr aufgesucht wird. Vielmehr wurden einige Almen zusammengeschlossen, vor allem die heute nur noch extensiv genutzten Schafalmen. Neben dem allgemeinen Rückgang der gealpten Viehbestände sind aber auch Anzeichen einer stärkeren Konzentration festzustellen, vor allen Dingen in Sonogno, wo die Stoßzahlen auf den drei großen Almen Vegorness, Redorta und Mugaglia gegenüber 1920 zugenommen haben, Alpe Cardedo hingegen ganz aufgegeben wurde (vgl. M. RICHTER, 1975, Tab. 3).

Die Extensivierung der Almwirtschaft hatte zur Folge, daß in der Gegenwart die Einhaltung der allgemeinen Regelungen wie z. B. Alp-, Kuh- und Heurechte nicht mehr so streng wie früher überwacht werden, so daß Sonderwünsche der Alpler durchweg gebilligt werden. Zuständig für die Nutzungsregelung ist das Patriziat einer Gemeinde, das einen Zusammenschluß von Bürgern darstellt, die den Patriziatsbesitz (Allmende) gemeinsam verwalten und nutzen, und bei deren Versammlungen jeder Haushalt eine Stimme besitzt. Trotz der abnehmenden Bedeutung des Patriziatsrechtes können sich die traditionellen Bestimmungen nach wie vor entwicklungs hemmend auswirken: dies betrifft insbesondere das Val Vegorness, für dessen Almweiden noch 28 Familien Weide- bzw. Kuhrechte besitzen; ein Teil dieser Patriziatsmitglieder wohnt bereits seit Jahrzehnten in Kalifornien und hat demzufolge natürlich kein Interesse mehr an irgendwelchen Verbesserungsmaßnahmen auf den Almen. Dies kann sich vor allem für zukünftige Subventionierungsmaßnahmen negativ auswirken, da - abgesehen von den Aufwendungen durch Kanton und Bund - ein Drittel der Meliorationskosten auch vom Patriziat beglichen werden muß. Entsprechende Voraussetzungen in den anderen Talgemeinden dürften wohl mitentscheidend für die bislang äußerst spärlichen Verbesserungsaufwendungen im Val Verzasca sein.

Abb. 39 a bis d: Die Anzahl der Viehbesitzer (a, von 1886 - 1966), die Rindvieh- (b), die Ziegen- (c) und die Schafbestände (d, jeweils von 1866 - 1966) in den Verzascher Gemeinden (aus M. RICHTER, 1975)

Im Vergleich zu den nordöstlich und nordwestlich gelegenen Tälern im Tessin ist das Val Verzasca bei den Subventionierungen für Almverbesserungen während der letzten Jahrzehnte ganz offensichtlich vernachlässigt worden. Über 80 % der Beihilfen gingen allein an die vier Distrikte Leventina, Blenio, Maggia und Riviera (vgl. M. RICHTER, 1975, Tab. 14, S. 24), vorwiegend für die Errichtung neuer Wohngebäude und Ställe, Verbesserung der Zugangswege und Straßenbau, Be- und Entwässerungseinrichtungen, Mechanisierung in den Ställen usw. Im Verzascatal kam es während der letzten Jahre hingegen nur zu Renovierungen der Almgebäude auf der Mugagliaalm (1949) sowie zur Neuerrichtung der beiden Wirtschaftsgebäude von Corte di fondo und Piodoo im Vegornesstal (1953 und 1954).

Nach der Auflassung der meisten Almen im Val Verzasca kommt nun für sie eine subventionierte Neuerschließung und Melioration kaum noch in Frage, obwohl darunter hervorragende Weidegebiete wie Corte Nuovo in Lavertezzo oder Alpe Mognora in Vogorno fallen. Lediglich in Sonogno wird die Almwirtschaft noch eine bedeutendere Rolle spielen können und zwar aus folgenden Gründen:

- Die Wohn- und Wirtschaftsgebäude der Almen sind z. T. noch relativ neu und verhältnismäßig komfortabel eingerichtet
- die Zugangswege sind z. T. bequemer als irgendwo sonst im Verzascatal
- Sonogno liegt in einem Höhenbereich, der bei einer Subventionierung durch Bund und Kanton bevorzugt wird
- bei den Einwohnern Sonognos ist der Wille zur Aufrechterhaltung der Almwirtschaft stark
- die Einwohnerschaft steht modernen wirtschaftlichen Konzeptionen aufgeschlossen gegenüber, wie z. B. die Einrichtung eines neuen Gemeinschaftsstalles der Vegornesser Älpler verdeutlicht (für ca. 500.000.- sfr. im Jahre 1976)

Welche Verbesserungsarbeiten für ein langfristiges Überleben im oberen Verzascatal erforderlich sind, wird in den nächsten Kapiteln aufgezeigt.

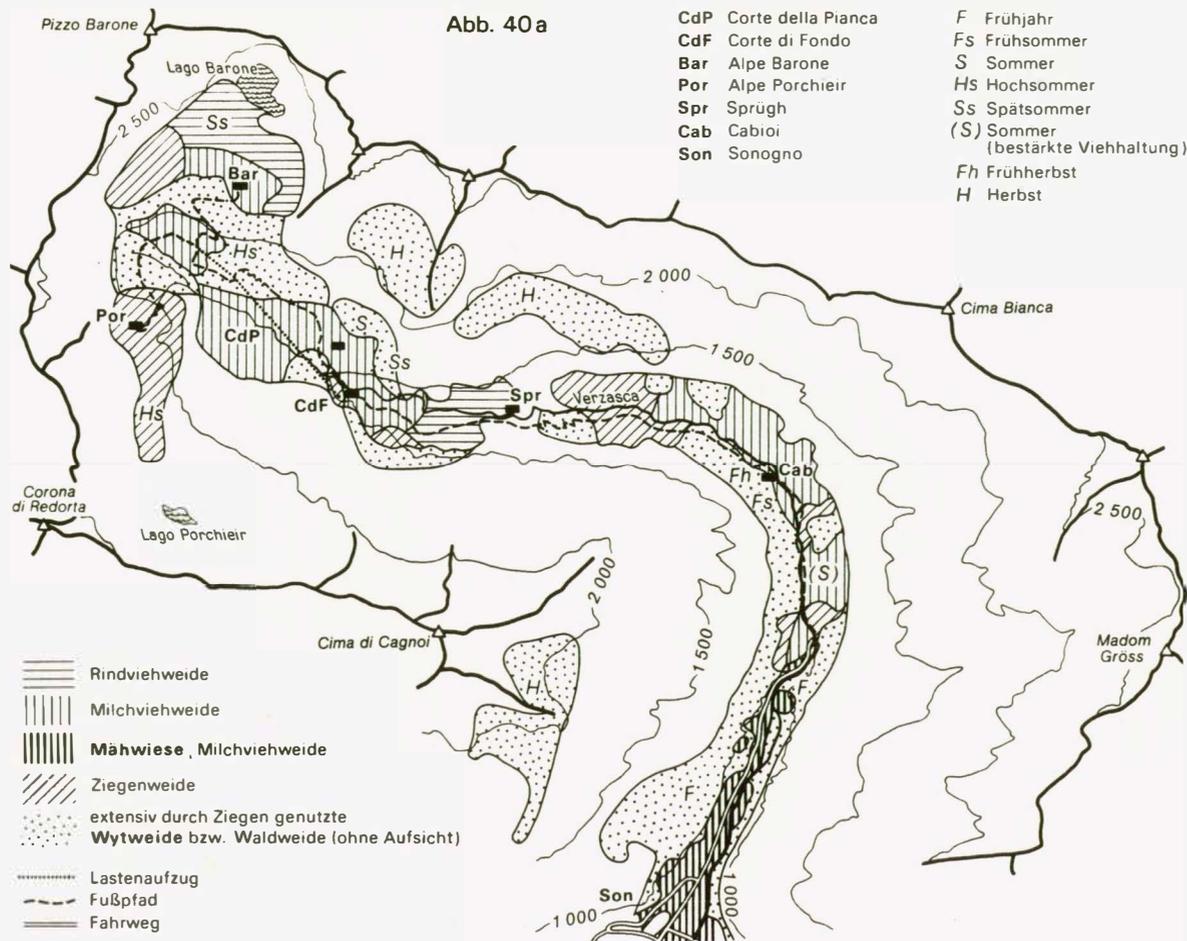
6.3. Vorschläge für eine generelle Erschließungsplanung als Grundlage für Almmeliorationen

6.3.1. Straßenbau bis Corte della Pianca

Langfristig gesehen ist der Anschluß der Vegornesser Almen an das Straßennetz die einzige Rettungsmöglichkeit für die Erhaltung der Almwirtschaft in Sonogno. Es sei vorangestellt, daß grundsätzlich mit dem Vorschlag einer notwendigen Erschließung der Straßenbau-Euphorie zahlreicher Planer keineswegs zugestimmt wird. Im vorliegenden Fall muß jedoch eine sachliche Auseinandersetzung zwangsläufig zu dem Schluß führen, daß eine Weiterführung des Fahrweges von Seccada bis nach Corte della Pianca nicht nur einer komfortableren Beförderung des Almpersonals und seiner Versorgungsgüter dienen würde. Eine umfassende generelle Erschließungsplanung läßt sich im Val Vegorness auch unter Einbeziehung der Probleme, Aufgaben und Anliegen verschiedener Interessengruppen ziemlich unkompliziert bei geringem Kostenaufwand mit einer rationellen Linienführung verwirklichen. Die folgenden Planungsvorschläge kommen in erster Linie der Almwirtschaft, ferner der Forstwirtschaft und dem Wander-Tourismus zugute.

Bevor jedoch die einzelnen Vorteile erörtert werden, die ein Straßenbau im Val Vegorness mit sich bringt, soll die zweckmäßigste Linienführung angesprochen werden. Bei der Erschließungsplanung sind zuerst Zonen auszuscheiden, die wegen ungünstiger Voraussetzungen für die Trassierung nicht in Frage kommen. Hierzu zählen unter anderem Felspartien, breite Lawinare, tiefe Bacheinschnitte, Sturzschuttbahnen oder auch breite Halden mit grobem Blockschutt. Im Val Vegorness ist die Wegeführung bis Cabioi unproblematisch (vgl. Abb. 40 a und b): nach einer Überbrückung der Verzasca oberhalb von Seccada könnte die Straße mit geringer Steigung ($< 5\%$) bis hinter den Schwemmfächer von Vald linksseitig des Hauptbaches im Talgrund verlaufen. Erst vor dem Lawinar von Costa/Sera müßte sie auf kurzer Distanz ca. 20 Höhenmeter hangaufwärts gewinnen, damit die spät ausapernden, breitflächigen Verschüttungen des auslaufenden Lawinenkegels oberhalb umgangen werden können. Im Gegensatz zu dem heutigen Fußweg sollte ein zukünftiger Fahrweg nicht

Abb. 40 a



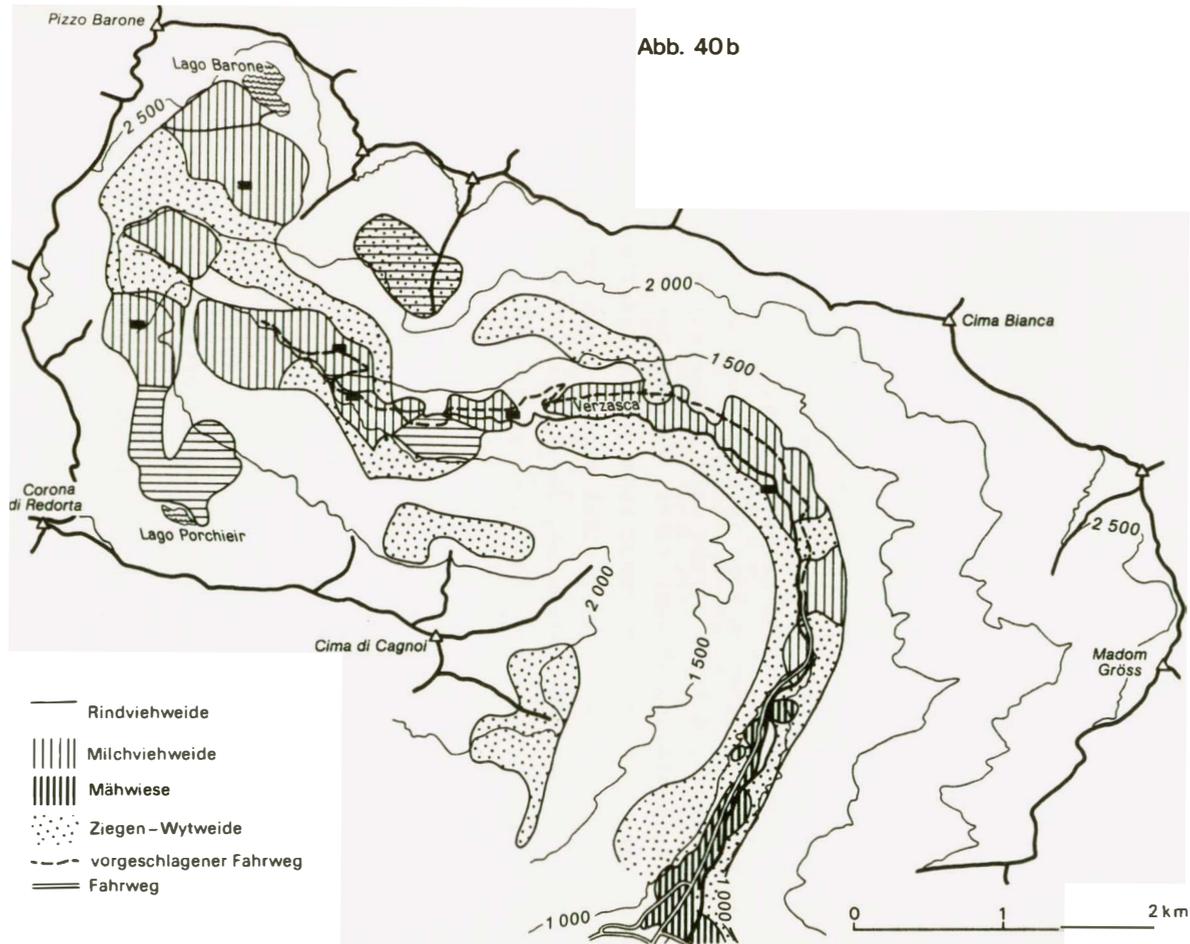


Abb. 40 a und b: Weidenutzung im Val Vegorness im Jahre 1975 bei gegebenem Erschließungsstand (a) und mögliche Weidenutzung nach Ausbau der Straße bis Corte della Pianca (b).

bei Cabioi den Hauptbach überqueren, sondern stattdessen am früher ausapernden Südhang ca. 40 bis 80 m über der Verzasca entlanglaufen. Auch in diesem Streckenabschnitt würde die Straße die Seitenbäche bzw. Lawinare auf halber Hanghöhe kreuzen, so daß die mächtigen Lawinenablagerungen im Talgrund nicht berührt werden. Auch zur Überwindung der Sobriotalstufe ist der Südhang besser geeignet als die gegenüberliegende Seite, da hier Felsrippen leichter umgangen werden können. Die Stufe bei Sprügh wäre der einzige Streckenabschnitt, an dem auf Grund eines steileren Talgefälles zwei Kehren einzuplanen sind; an dieser Stelle wird ausnahmsweise die von KUONEN (1975) als empfohlener Maximalwert angegebene Steigung von 12 % über eine Distanz von zweimal ca. 100 m erreicht. Oberhalb der Sobriostufe verläuft der Fahrweg wieder im Talgrund und zwar bis kurz vor der Blockschutt-Schwelle von Canöv. Dort muß die Trasse auf die andere Seite des Hauptbaches hinübergelegt werden, damit die folgende Klamm umgangen wird. Die Schwelle kann in einer weit geschwungenen Kurve überwunden werden, die die Straße bald wieder auf ein Niveau oberhalb der Lawinenverschüttungen führt. Während der Streckenabschnitt zwischen Canöv und Corte di fondo kein großes Gefälle überwindet, wird der Fahrweg im weiteren Verlauf wieder etwas steiler und führt nach einer abermaligen Überquerung des Baches nochmals in einer weit geschwungenen Kurve am Stall von Capraia vorbei bis zu den Weideflächen von Corte della Pianca. In Corte di fondo besteht mit dem bereits bestehenden Lastenaufzug ein direkter Anschluß zwischen der neuen Straße und Piodoo bzw. den oberen Almstaffeln.

Die Länge eines neuen Streckenabschnittes zwischen Seccada und Corte della Pianca würde rund 5800 m betragen. Die Fahrbahn sollte wie bei dem bereits bestehenden Weg zwischen Sonogno und Seccada 2,80 bis 3 m breit sein. Auf Grund des erosionssicheren Untergrundmaterials und der geringen Verkehrsfrequenz würde eine Naturstraße ohne gebundene (bzw. mit wassergebundener) Deckschicht ausreichen. Allerdings sollte die Straße für Touristenfahrzeuge unbedingt gesperrt bleiben, um überflüssige Schäden durch ein verstärktes Verkehrsaufkommen zu vermeiden.

Die Aufwendungen an Kunstbauten sind bei der dargelegten Streckenführung gering: an 24 Stellen wären Naturstein-Befestigungen der Wegeroberfläche bei Seitenbach-Überquerungen notwendig (vorwiegend Trockenbetten), zwei verbreiterte Wendeplatten mit Stützmauern und

drei Brücken über den Hauptbach kämen hinzu. Nach Auffassung der Älpler würden die Kostenaufwendungen für den Bau des Streckenabschnittes 300.000.- sfr. nicht überschreiten.

6.3.2. Verbesserungsmöglichkeiten durch die Straßenerschließung

Die beschriebene Linienführung, die vorrangig nach Gesichtspunkten der Streckensicherung und Kostenaufwendung ausgearbeitet wurde, kommt auch den ökonomischen Absichten der verschiedenen Interessengruppen optimal entgegen. So könnten mit der Straße neue Intensivweiden für die Milchviehbestossung erschlossen werden, die auf Grund ihrer entfernten Lage zu den nächsten Wirtschaftsgebäuden bislang nur extensiv genutzt werden konnten. Dies betrifft vor allem die bisherige Ziegenweide zwischen Gan und Sprügh sowie die Rinderweiden am Südhang an der Ciüppa und von Velt. Da die Straße diese Gebiete durchqueren würde, wäre nun der Transport der Milch von der Weide bis zum Wirtschaftsgebäude von Corte di fondo mit Hilfe eines Fahrzeuges für die Älpler kein Problem mehr.

Von erheblicher Bedeutung wäre die Straßenerschließung der Almen für die Weideverbesserung durch intensive Düngung. Bislang scheiterte eine Aufwertung der Futterqualität an geeigneten Transportmöglichkeiten des Düngematerials. Der einmalige Einsatz von chemischen Düngern (vor allem Stickstoff-Düngung und Kalkbeigabe) würde auf lange Zeit den Borstgrasanteil erheblich herabsetzen und den Aufwuchs an Futterpflanzen wie Leguminosen und Weichgräsern begünstigen. L. LIENERT (1975, S. 69) weist an einem Beispiel in Obwalden nach, daß eine gezielte Düngung eine Ertragssteigerung der Futterpflanzen auf das Doppelte durchaus ermöglicht. Ebenso brachten zu Anfang der siebziger Jahre von den Älplern durchgeführte Düngeversuche auf zwei Probeflächen in Corte della Pianca bereits in den beiden folgenden Jahren erfolgversprechende Ergebnisse.

Das Problem der Beschaffung von natürlichen Düngemitteln auf verbesserungsbedürftigen Almweiden kann nach A. GAYL (1952, S. 24) durch eine Methode gelöst werden, die eine unwirtschaftliche Zufuhr von Sonogno aus erübrigt. Er schlägt die Kompostierung der Erde unter Lägerstellen mit Beigaben von etwas Kalk und größeren Mengen an

organischen Stoffen wie Streu, Farnen und Schwendmaterial vor. Insbesondere bei trockenem Oberboden mit zu hohem Anteil an totem Rohhumus, also vor allem auf *Nardeten* mit reichem *Calluna*- und *Vaccinium*-Bewuchs an südlich geneigten Hängen, bewirkt die Kompostierung oder auch Stallmistdüngung eine Verbesserung des Bodenlebens und damit der Bodengare. Kompostierungseinrichtungen könnten für den Bereich von Gerr und Velt am Läger von Canöv, für Capraia bei Corte di fondo und für Corte della Pianca in der Nähe des großen Stalles am Fornäbach angelegt werden. Die Weidegründe unterhalb der Sobriostufe wären von Cabioi aus zu versorgen. Der Transport der natürlichen Dünger von den Kompoststellen zu den Weidegründen wäre nur durch die Strassenerschließung möglich.

Natürlich steht die Beförderung von Gütern bei der Almerschließungsplanung im Vordergrund. Zum einen handelt es sich um Produkte, die in größeren Mengen benötigt werden (Lebensmittel, Haushaltsartikel etc.) oder die regelmäßig ins Tal geschafft werden müssen (Milcherzeugnisse) und bislang immer per Maultier befördert wurden. Zum anderen geht es um Transporte von Materialien, die langfristig als Einrichtungen einer Betriebsmodernisierung einer erleichterten Produktion oder intensiveren Nutzung zugute kommen können. Hierzu zählt die Zuführung von Baustoffen und technischen Geräten, wie z. B. ein Generator zur Stromerzeugung und eine moderne Küchenausstattung für den ständigen Betrieb, oder auch von Baumaschinen und schwerem Werkzeug für den vorübergehenden Einsatz. Abgesehen davon, daß der Transport derartiger Güter bislang oft nur durch lange vorhergeplante, kostspielige Helikopterflüge möglich war, bedeutet die unkomplizierte Straßenbenutzung ganz allgemein eine erhebliche Zeiteinsparung, die wiederum einen verlängerten Personaleinsatz bei den anfallenden Arbeiten auf der Alm mit sich bringt - entsprechendes bewirkt natürlich auch der Transport von Mensch und Vieh.

Von besonderer Bedeutung wäre der Straßenbau aber auch für bisher ungenutzte Möglichkeiten der Brennholzverwertung, die indirekt auch der Forstwirtschaft zugute käme. Gemeint ist die Ausschöpfung des jährlich anfallenden Lawinenholzes. Besonders im Gebiet des steilen Taltroges zwischen Cabioi und Sprügh konnten bislang die durch Lawinen mitgerissenen und im Talgrund abgelagerten Baumstämme und

Geäste wegen der unzureichenden Transportmöglichkeiten zu den weiter entfernten Verbraucherstellen (Almen, Maiensäße bzw. Hauptort) nicht verwertet werden. Dementsprechend verrotten alljährlich große Mengen an nutzbaren Holzreserven, während in der Nähe der Versorgungsstellen Waldressourcen angegriffen werden müssen, die nach der Verbesserung der Beförderungsmöglichkeiten geschont werden könnten. An Orten, die nicht direkt von der Straße berührt werden, könnte eine mobile Seilwinde, die z. B. an dem Versorgungsfahrzeug zu installieren wäre, für die Beförderung des Lawinenholzes bis zum Fahrzeug eingesetzt werden. Dies betrifft insbesondere Gebiete, die auf der anderen Seite des Hauptbaches liegen, also vor allem den Hangabschnitt zwischen Fontana negra und Pioda. Der Seilzug würde in den wenigsten Fällen über mehr als 150 m führen, so daß die Einrichtung und der Abbau innerhalb von ein bis zwei Stunden zu bewerkstelligen wäre, vor allem, wenn für kurzfristige Installationsmöglichkeiten an festverankerten Ständern als Anfangs- und Endpunkte des mobilen Lastenaufzuges vorgesorgt wäre.

6.3.3. Meliorationen auf den oberen Almstaffeln

Im Vergleich zu den Almweiden um Corte di fondo und Corte della Pianca sind auf den höher gelegenen Staffeln um Piodoo und Alpe Barone bzw. Alpe Porcheir Meliorationen nicht so dringend. Zwei Gründe sind hierfür ausschlaggebend:

- Trotz des höheren Blockschuttanteils stehen dem Vieh hier wesentlich ausgedehntere Weideflächen zur Verfügung, vor allem unter Berücksichtigung der kürzeren Sömmerungsperiode (momentan drei bis vier Wochen gegenüber sieben bis neun auf den unteren Staffeln);
- Die Futterqualität ist wegen der schwächeren Degradierung auf Grund des größeren Futterangebotes und der geringeren Verbreitung an xeromorphen Gräsern besser.

Vor allem *Nardus stricta* nimmt nicht mehr so große Flächen ein und wird insbesondere durch *Festuca rubra* ersetzt. Einzig die nähere Umgebung des Almgebäudes von Piodoo benötigt eine Weideverbesserung, da dieses Gebiet morgens und abends zur Melkzeit vom Vieh stark beansprucht wird. Im Gegensatz zu den übrigen Hochalmen wäre hier eine Düngung unkompliziert, da nach Fertigstellung des Fahrweges mit der

bestehenden Lastenseilbahn ein direkter Anschluß nach Piodoo besteht. Dazu kommt wieder die Kompostierungsmöglichkeit durch Ausschöpfung von Lägererde.

Schwendungsarbeiten an den Zwergstrauchformationen sind in diesem Gebiet nicht zu empfehlen. Zum einen ist eine Ausweitung des Weideareals in diesem Höhenbereich wegen des reichlichen Angebotes überflüssig, zum anderen bietet der Strauchwuchs vor allen an den Hängen um Pipa und Lapide einen Schutz gegen Schneebewegungen. Für Ziegen sollten diese Hangpartien weiterhin als Wytweiden (locker mit Bäumen bewachsene Weide, s. u.) bestehen bleiben, damit der Graswuchs kurzgehalten wird und somit keinen Ansatzpunkt für erleichterte Schneerutschungen bietet. In dieser Hinsicht wäre eventuell zu überlegen, inwiefern der stellenweise verbreitete Flächenbewuchs der vom Vieh gemiedenen langhalmigen *Calamagrostis*-Fluren einzuengen ist.

Während der letzten Jahre wurde Alpe Barone verstärkt und mit gutem Erfolg in die Intensivbeweidung miteinbezogen. In den Jahren davor wurde ein Teil des Milchviehs für ca. eine Woche zur Entlastung von Piodoo mit zwei Älplern nach Alpe Porcheir geschickt.

In diesem Zusammenhang wäre zu bedenken, ob die traditionelle, vom Patriziat festgelegte Weidebestimmung einer maximal vierwöchigen Be Stoßungszeit der oberen Almen zweckmäßig ist. Nach Beurteilung der Weidequalitäten im Vegornesstal scheint es vielmehr angebracht, die unteren Staffeln um Corte di fondo für eine Regenerierung und Bonierung stärker zu schonen und stattdessen für einen verlängerten Zeitabschnitt auf die oberen Staffeln auszuweichen. Die phänologischen Untersuchungen haben erwiesen, daß bereits Mitte Juli die Pflanzenentwicklung im Bereich zwischen 1400 und 2100 m ungefähr gleichweit fortgeschritten ist. Eine frühzeitigere Sömmerung auf den oberen Staffeln wäre also durchaus vertretbar. Unter Ausnutzung der Weidegründe von Piodoo, Alpe Barone und Alpe Porcheir würde eine Verlängerung der Hochsömmerung keine Schäden mit sich bringen. Zu diesem Zweck wäre allerdings auch eine bessere Erschließung von Porcheir wünschenswert: hier wäre ebenfalls die Einrichtung eines einfachen Motorseilzuges nach Piodoo zu empfehlen (Kostenpunkt bei Verwendung gebrauchten Materials: ca. 2000,- sfr.), damit wenigstens die zu Fuß überaus anstrengende Lasten- und Milchbeförderung erleichtert wird. Auch eine Renovierung des Almgebäudes in Porcheir wäre ange-

bracht, handelt es sich doch nur um einfache Ausbesserungsarbeiten zur Abdichtung des Daches, Verputzen der Innenwände für die Wärmeisolierung etc. (Kostenaufwand maximal 5000,- sfr.).

Beim ehemaligen Wirtschaftsgebäude der Alpe Barone sind keine Instandsetzungen erforderlich, da erst vor drei Jahren ein Neuausbau für über 20.000,- sfr. durch einen Alpenverein stattgefunden hat. Die Alpler haben bei der Abgabe der Hütte durch die Gemeinde an den Verein das Recht erworben, das Gebäude unentgeltlich zu benutzen. Die Milch wurde in den letzten Jahren von Alpe Barone durch eine Schlauchpipeline nach Piodoo befördert. Da der Weg zwischen diesen beiden Staffeln im Gegensatz zu dem Pfad nach Porcheir gut zu begehen ist, erübrigt sich hier eine verbesserte Erschließung.

6.3.4. Erneuerung der allgemeinen Weideregulung

Durch die Möglichkeiten, die mit einer Straßenerschließung und der Öffnung zusätzlicher Weidegründe gegeben wären, müßte eine abgeänderte Weideregulung ausgearbeitet werden. Eine endgültige Festlegung wäre allerdings erst nach den Erfahrungen der ersten Jahre einer Neuregulung angebracht. Aus dem Vergleich der beiden Abb. 40 a und b geht die veränderte Nutzung nach der Erschließung hervor; als wesentlichstes Ergebnis ist die Ausweitung der intensiv bewirtschafteten Reinweiden für Milchvieh zu erkennen. Die dadurch eingeschränkten Weidegründe für Galtvieh ohne Betreuung können durch die Hinzunahme der relativ leicht erreichbaren, seit langem aufgelassenen Almen bei Fornã und unterhalb des Lago Porcheir ersetzt werden, zumal dort die Verbuschung nicht sehr groß ist. Da im vorgeschlagenen Fall Fornã als Herbstweide für die Ziegen ausfallen würde, muß mit der ebenfalls recht günstig gelegenen und ertragsreichen Alpe Porcheirina ein Ausgleich geschaffen werden (vgl. Abb. 40 b).

Die zeitliche Abfolge des Viehumtriebes würde sich auch in Zukunft im wesentlichen nach der Ausaperung bzw. dem phänologischen Zustand der Weidegebiete richten.

Keine Veränderung sollte bei der Bestoßung der Maiensäße durchgeführt werden. Sie werden nur für jeweils ca. zwei Wochen als Übergangsperioden zwischen Dorf und Alm während des Auf- und Abtriebs aufgesucht (Bazer, Cabioi und Umgebung). Hier wird noch ausschließ-

lich das eigene Vieh der Alpler (ca. 20 Milchkühe, fünf Rinder und 130 Ziegen) versorgt, das Pachtvieh wird erst zur Almsommerung geholt. Das geschieht normalerweise Anfang Juni, wobei bislang das Milchvieh direkt auf die Umtriebsweiden von Corte di fondo, Capraia und Corte della Pianca, das Galtvieh in die weiter von den Wirtschaftsgebäuden entfernten Gebiete an der Ciüppa, nach Velt und Gerr geführt wurde. Nach einer Straßenerschließung und der möglichen Einbeziehung der Hänge von Velt als Intensivweide könnte der Bereich zwischen Gan und Sprügh dem Galtvieh als Ersatz angeboten werden, Gerr bliebe weiterhin als extensiv genutzte Rindviehweide bestehen. Bei der Milchviehbestoßung sollten auf jeden Fall die südhängigen Weiden zuerst genutzt werden, da hier zu Anfang der Sommerung das Wachstum der Futterpflanzen am weitesten fortgeschritten wäre. Der Umtrieb könnte dabei in etwa folgendermaßen aussehen:

Ciüppa/Velt für die erste Woche → Capraia in der zweiten Woche → Corte della Pianca-Südhänge während der nächsten beiden Wochen (inkl. Talgrund) → Corte della Pianca-Ost- und Nordhänge in der fünften Woche; dieser Umtrieb betrifft nur das Milchvieh. Das Rindvieh würde in den ersten beiden Wochen vor Sprügh bleiben und für die nächsten beiden nach Gerr gebracht werden. Bereits in der fünften Woche könnte es die tieferen Lagen von Fornã besuchen.

Auch das Milchvieh kann in Jahren mit normalen Aperverhältnissen früher als bislang üblich (normalerweise findet der zweite Auftrieb Mitte bis Ende Juli statt), nämlich bereits Anfang Juli auf die oberen Stafeln getrieben werden, da das Wachstum der Pflanzen in dieser Höhenregion zumindest in Südlagen so weit fortgeschritten ist wie im Talgrund von Corte. Da außerdem in diesem Bereich größere Weideareale zur Verfügung stehen als unten, ist eine verlängerte Regenerationsphase der Weiden um Corte di fondo für die zweite Nutzung nach der Hochsommerung ohne weiteres realisierbar. Das würde bedeuten, daß die oberen Almstaffeln nun ca. fünf Wochen anstatt drei bezogen würden.

Die notwendige Ausweitung der Intensivweiden würde durch die Einbeziehung von Alpe Porcheir und der gesamten Alpe Barone erreicht werden. Piodoo sollte dabei höchstens die Hälfte des Viehbestandes aufnehmen, der Umtrieb der anderen Hälfte ließe sich für die ersten drei Wochen auf Alpe Barone und für die letzten beiden auf Alpe Porcheir bewerkstelligen. Das bedeutet, daß zwei Alpler während der

Hochsömmerung in Piodoo blieben, während zwei bis drei weitere zumindest die Nacht zwischen den beiden Melkzeiten (ab ca. 4.00 bzw. 17.00 h jeweils 2 1/2 Stunden) in Alpe Porcheir bzw. Barone verbringen würden.

Das Galtvieh würde nach einem vierwöchigen Aufenthalt auf Fornã für anderthalb Wochen auf die obersten Weiden am Lago Barone und anschließend für drei weitere Wochen auf die obersten Weiden am Lago Barone und anschließend für drei weitere Wochen, also bis nach dem Abtrieb des Milchviehs nach Corte, in das Gebiet um den Lago Porcheir gebracht werden.

Während der letzten drei Augustwochen würde das Milchvieh wieder den bereits im Verlaufe des Sömmerungsbeginns praktizierten Umtrieb Velt/Ciüppa - Capraia/Corte di fondo - Corte della Pianca-Südhänge mitmachen. Das Galtvieh bliebe während des Zeitabschnittes bis nach dem Milchviehabtrieb zu den Maiensäßen für ca. drei bis vier Wochen auf den Weiden der N- und E-Hänge von Corte della Pianca, auf Gerr und zwischen Sprügh und Gerr.

Durch die erneuerte Weideregulation könnte die Kapazität der Milchviehbestoßung von 40 - 60 Kühen (je nach Schneeeandauer während des Frühjahrs und Frühsommers) auf ca. 55 - 75 erhöht werden. Die Anzahl der Ziegen sollte dagegen nicht vergrößert werden: zum einen käme eine Erweiterung der Ziegenherden den bestehenden Wytweiden an den für Kühe schlecht erreichbaren Hängen nicht unbedingt zugute, zum anderen stehen mit der beschriebenen Ausschöpfung Extensivweiden nur noch in beschränktem Umfang zur Verfügung - sieht man einmal von Alpe Porcheirina ab, die als Ersatz für Fornã angeboten wird (im Herbst).

Wie bereits angedeutet, kann die oben beschriebene Erneuerung der Weideregulation vorerst nur als Anhaltspunkt dienen und muß evtl. nach den Erfahrungen der ersten Jahre des erweiterten Umtriebes etwas modifiziert werden. Die Untersuchung der Weidequalitäten und die phänologischen Ergebnisse rechtfertigen jedoch durchaus einen entsprechenden Versuch. Grundvoraussetzung für die beschriebenen Veränderungen wäre jedoch der Bau der Straße, die erst mit der Ausweitung der Intensivweiden im Sobriotalgrund eine Vergrößerung der Maximalbestoßung erlaubt.

Der Gewinn, der durch die Neuregelung - abgesehen von den landschaftspflegerischen Aspekten und von der verbesserten Lebensqualität - er-

reicht würde, läge bei einer Produktionssteigerung von 25 - 35 %. Dies bedeutet, daß bei einer derzeitigen Käseherstellung mit einem Bruttogewinn von ca. 150.000.- bis 180,000.- sfr. pro Sömmerung allein durch den Zusatzverdienst die Kosten für den Straßenbau nach spätestens zehn Jahren amortisiert wären - eine Relation, die im Vergleich zu vielen vergleichbaren Subventionierungsmaßnahmen recht günstig und damit durchaus vertretbar erscheint.

6.4. Auswertung der Ergebnisse für landschaftspflegerische Maßnahmen

6.4.1. Almwirtschaftlicher Aspekt

Die jahrhundertelangen Eingriffe durch unkontrollierte Waldverwüstungen brachten in den Alpen vielerorts schwerwiegende, z. T. irreparable Schäden mit sich. So führten Überschlagerungen an gefährdeten Wildbach- oder Lawinhängen zu verstärktem Bodenabtrag. Übermäßige Holzentnahmen für die Almwirtschaft und Entwaldung für die Weidelandgewinnung hatten ein Herabdrücken bzw. eine Ausweitung der Kampfzone und damit an vielen Stellen in den Alpen negative Auswirkungen durch Verkarstung, Quellenversiegungen oder Verschärfung der Klimaextreme in der bodennahen Luftschicht zur Folge (z. B. Zunahme der täglichen Temperaturschwankungen, der Oberflächenverdunstung, des Windes und damit der Schneeverwehungen). Verringerter Interzeptionsschutz durch Lichtung der Baumbestände und Narbenversatz durch Viehtritt förderten die Bodenerosion.

Allerdings war man auch gleichzeitig bestrebt, durch eine pflegliche Almwirtschaft das Gleichgewicht in diesen quasi-künstlichen Ökosystemen aufrechtzuhalten, indem auftretende Schäden weitgehend behoben wurden. Jedoch ist nach der Entvölkerung der meisten Bergregionen und der daraus resultierenden Personalknappheit bei zunehmender Extensivierung der Almwirtschaft vielerorts eine zwangsläufige Vernachlässigung notwendiger Ausbesserungsarbeiten sowie Gleichgültigkeit gegenüber Degradierungserscheinungen festzustellen.

Auch im Val Vegorness stehen seit vielen Jahren keine Hilfskräfte mehr für das sogenannte Almputzen zur Verfügung, d. h. für Schwendungsarbeiten, Unkrautvernichtung oder Dungverteilung (Fladenverreiben). Wert wird praktisch nur noch auf gelegentliche Ausbesserungsarbeiten bei

Beschädigung der Wege gelegt. Wenn Vergandungserscheinungen auf Grund der Personalknappheit nicht mehr entgegengewirkt werden kann, so brächte der allgemeine Zeitgewinn, der durch den vorgeschlagenen Wegebau erreicht werden könnte, und die Inbetriebnahme technischer Geräte für Schwendungen in der Zukunft die Möglichkeit einer besseren Almpflege mit sich. Die Straßenerschließung dient also nicht nur einer standortgerechten, nachhaltigen Weidewirtschaft, sondern sie könnte auch die landschaftspflegerische Komponente der Almwirtschaft wiederbeleben und sie zu einem festen Bestandteil der Bewirtschaftung zurückführen (vgl. W. ZIELONKOWSKI, 1975).

Im Val Vegorness würden sich entsprechende Pflegearbeiten hauptsächlich gegen die Vergandung und Verunkrautung richten. Probleme, die sich - wie in anderen Gebieten - beispielsweise durch Bodenverdichtung auf Grund von übermäßigem Viehtritt ergeben könnten, sind im Untersuchungsgebiet wegen der günstigen Bodenstruktur nicht zu befürchten (zu Fragen der Interzeptionserhöhung oder der Zeitverkürzung von Hochwasserspitzen s. Kap. 6.4.2.). Dagegen hinterlassen ausgedehnte Flächen mit Borstgrasrasen und Alpenrosenheiden an einigen Stellen bereits einen etwas eintönigen und ungepflegten Eindruck. Zwar weisen die beiden genannten Pflanzengesellschaften ein buntblühendes, reichhaltiges Arteninventar auf, wobei gerade in den extensiv genutzten Wytweiden zahlreiche seltene Pflanzen auftreten können. Der von BUCHWALD und ENGELHARDT (1968) geforderte Schutz dieser Standorte vor Intensivierungsmaßnahmen ist im Val Vegorness jedoch nicht angebracht, da auch nach der Schwendung der Alpenrosenbestände und der Düngung der Borstgraswiesen auf wenig stark geneigten Weideflächen im Talgrund noch weite Gebiete mit diesen Pflanzengesellschaften bestehen bleiben. Im Gegenteil: erst mit der Wytweidenbenutzung, d. h. auf locker mit kleinen Baumgruppen und Gebüsch bestockten (A. GAYL, 1951), extensiv - im vorliegenden Fall durch Ziegen - beweideten Hängen, wird ein Offenhalten der schützenswerten borstgrasreichen Alpenrosenbestände gewährleistet. Diese Bewirtschaftung wäre in etwa mit der Schafhaltung in nordwestdeutschen Heidegebieten vergleichbar, die einem Aufkommen degradierteter Sekundärwälder entgegenwirkt. Im Untersuchungsgebiet ist eine Beweidung durch Schafe allerdings auszuschließen: "Im Gegensatz zu Rindern beweideten Schafe weit über 30⁰ geneigte Hänge, ja sie zeigen sogar das Bestreben, immer hangansteigend zu weiden und sind deshalb kaum unter Kontrolle zu halten" (W.

ZIELONKOWSKI, 1975, S. 23). Grundsätzlich treffen auf Ziegen ähnliche Kriterien zu. Da sie jedoch zu den Melkzeiten wieder zu den Wirtschaftsgebäuden zurückkehren, erreichen sie kaum die gefährdeten Bereiche an entfernt gelegenen Oberhängen, wo Lawinen oder Schneebretter abgehen und Zwergstrauch- oder Gebüschformationen dringend gegen Verbißschäden geschützt werden müssen.

Auch die extensive Waldweidebewirtschaftung hat im Val Vegorness nicht die Nachteile zur Folge, die in der Literatur angeführt werden: die Gefahr der für den Wald schädlichen Bodenverfestigung spielt im Untersuchungsgebiet ebenso keine Rolle wie der zu befürchtende Düngerverlust, der bei ausschließlicher Beweidung durch Ziegen unbedeutend ist. Auch ist im vorliegenden Fall nicht mit einer Vernichtung des Unterwuchses zu rechnen, da die Krautschicht in den Lärchenwäldern auf Grund der günstigen Lichtverhältnisse und des geringeren Interzeptionsverlustes vorteilhafte Wuchsbedingungen vorfindet. Gefährdete Trockenstandorte, die sich durch eine Beweidung ausdehnen könnten, sind im Val Vegorness nur an wenigen Stellen anzutreffen. Die geringe Verbreitung von *Calluna vulgaris* und die weiträumige von *Vaccinium myrtillus* bezeugen dies. Nur an wenigen Stellen flachgründiger Südhanglagen weist schütterer Bewuchs mit xeromorphen Pflanzen auf ungünstigere Bodenfeuchteverhältnisse hin. Hier wäre eine einmalige Dickgülle-Düngung und Abzäunung der gefährdeten Standorte ratsam.

Abschließend ist festzuhalten, daß eine wirtschaftliche Weideverbesserung durch Düngung und Schwendung an ausgewählten Standorten auch vom landschaftspflegerischen Gesichtspunkt zu befürworten ist. Hierdurch wird nicht nur das Vegetationsbild weiter variiert, sondern es würde langfristig - vor allem durch die Aufwertung des Nährstoffkreislaufes - auch für eine bessere Sukzessionsentwicklung nach eventueller Auflassung von Weidegebieten vorgesorgt. Schwerwiegende Schäden im landschaftspflegerischen Sinne sind durch Beibehalten oder gezielte Intensivierung der Almwirtschaft für das Val Vegorness nicht zu erwarten.

6.4.2. Forstwirtschaftliche Aspekte

Die Diskussion über die Steuerung der Vegetationsentwicklung auf aufgelassenen Almen zeichnet sich durch eine Fülle stark pauschalisierter

Argumente aus, die in ihrer verabsolutierten Form nicht sehr einseitig erscheinen. In welcher Weise z. T. vegetationskundliche Vorarbeiten für die Beurteilung spezieller Verhältnisse überhaupt nicht berücksichtigt werden, geht z. B. aus dem folgenden Zitat hervor: "Überall dort, wo sich keine anderen Gelegenheiten bieten, landwirtschaftlichen Boden lohnend zu nutzen, und wo sich keine landwirtschaftlichen Verwendungsmöglichkeiten zeigen, kommt vor allem Aufforstung in Frage." (H. FLÜCKIGER, 1970, T.I, S. 92). Undifferenzierte Forderung dieser Art werden häufig in Zusammenhang mit der Forstwirtschaft, mit der Schaffung von Erholungsräumen, mit der Landschaftspflege und mit dem Naturschutz gebracht, ohne eine nähere Begründung für die entsprechenden Argumente zu geben, so daß sie meist nur schlagwortartigen Charakter haben. Diese Betrachtungsweise wird zudem von der Legislative unterstützt, indem beispielsweise alle Gebirgswälder als Schutzwald deklariert sind, so daß hier nicht einmal die unterschiedliche Funktion von Waldbeständen berücksichtigt wurde (vgl. dazu P. GRESCH, 1975, S. 26, und das bestehende Forstgesetz von 1902). Die Folge ist eine Fülle an vegetationskundlichen Arbeiten, die z. B. unter dem Oberbegriff "Ordnung von Wald und Weide" (vgl. E. AICHINGER, 1951) Aufforstungsmöglichkeiten auf Grund jeweiliger Standortvoraussetzungen behandeln, ohne daß genauer dargelegt wird, inwiefern entsprechende Maßnahmen überhaupt erforderlich sind. So soll man den Eindruck gewinnen, daß im Auflassen und Verganden von Almgebieten grundsätzlich eine äußerst negative Entwicklung zu sehen sei. Während der letzten Jahre führten jedoch mehrere Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß Brachflächen in ökologischer Sicht meist erheblich stabilere Verhältnisse aufweisen als landwirtschaftlich genutzte Flächen (vgl. BIERHALS und SCHARPF, 1971; BIERHALS, 1976; M. RICHTER, 1978). Auch für Almgebiete, die aus der Bewirtschaftung ausgeschieden sind, konnten entsprechende Beobachtungen gemacht werden (B. STÜSSI, 1970; W. ZIELANKOWSKI, 1975; G. HARD, 1976). Im folgenden wird eine Bewertung der Standorts- und Vegetationsverhältnisse für die subalpine Stufe des Val Vegorness vorgenommen, die sich auf die gängige Argumentation der entschiedenen Aufforstungs-Befürworter bezieht.

1. Forstwirtschaft

In dem vorwiegend unwegsamen Gelände der vergandeten Weiden ist eine umfangreichere Aufforstung wegen der ab Seccada fehlenden Erschließung mit Fahrwegen nahezu unmöglich. Auch nach einem eventuellen Wegebau

bis Corte della Pianca könnte eine forstwirtschaftliche Nutzung nur unter hohem technischem und mechanischem Aufwand erfolgen, so daß die Rentabilität höchst fraglich bliebe. Dazu kommt, daß bei den für die Schweiz relativ speziellen, insubrisch getönten Klimaverhältnissen (hohe Niederschläge und Luftfeuchtigkeit) die Baumartenauswahl auf Schwierigkeiten stößt. Das Problem der Provenienz zeigt sich z. B. bei der Fichtenaufforstung oberhalb von Sonogno, in der die Rotfäule erhebliche Schäden angerichtet hat. Für den mittleren und oberen Talgrundbereich, dessen Verlauf W-E gerichtet ist und somit eine stärkere Beschattung aufweist, wären die Verhältnisse für eine Fichtenbestockung noch ungünstiger, zumal auf den vorherrschenden Schutthalten die Bodenmächtigkeit zu gering ist. Zwar könnte man nach E. AICHINGER (1952) annehmen, daß die Fichte hier von ihren Ansprüchen her übrigen Waldbäumen überlegen sei. Erhöhte Anfälligkeit gegen den Schneeschüttepilz und die starke Lawineneinwirkung sprechen jedoch gegen ihre Bestockung im Talgrundbereich. Für eine Aufforstung würden sich Weißtannen und selbst Lärchen eher eignen, wobei für die Bestände allerdings eine schlechte Wüchsigkeit vorausgesagt werden kann.

2. Schaffung von Erholungsräumen

Die Aufwertung eines Gebietes mit erhöhter Erholungsfunktion ist nicht notwendigerweise an Aufforstungsmaßnahmen gebunden. Vielmehr läßt sich feststellen, daß der Erholungswert von Brachflächen von "potentiellen Benutzergruppen" nicht negativ beurteilt wird (W. NOHL, 1976).

Grundsätzlich wird sich der Fremdenverkehr im oberen Verzascatal nie primär an der Bewaldungsdichte des Gebietes orientieren, da für den Erholungssuchenden andere Beweggründe bei der Auswahl des Val Vegorness als kurzfristiges Besuchsziel eine größere Rolle spielen, so z. B. die Vielseitigkeit des Formenschatzes und der Vegetation oder auch die Einsamkeit und Abgeschiedenheit des Hochgebirgstales. Da die Auflassung bzw. Extensivierung der Almweiden eine zunehmende Vielfältigkeit der Pflanzenformationen und der Flora bewirkt, läßt sich bei entsprechenden Prozessen eher eine Wertsteigerung des potentiellen Erholungsraumes vermuten.

3. Schutzfunktionen des Waldes

Von den drei gängigen Aufforstungsargumenten können die schützenden Wirkungen des Waldes noch am objektivsten beurteilt werden, da sie

allein auf meßbaren natürlichen Faktoren beruhen. Tatsächlich wird jedoch gerade der Begriff der Schutzfunktion des Waldes überstrapaziert, da Untersuchungsergebnisse aus anderen Gebieten als "Zahlenbeweise" herhalten können. So stellt K. HASEL (1971, S. 63 f.) fest, daß zwar "das Wissen um die Schutzwirkungen des Waldes in der Literatur weit verstreut ist", jedoch von Nichtfachleuten mit "verblüffender Unbefangenheit" allgemeine Folgerungen aus den vorliegenden Ergebnissen abgeleitet werden. - Diese Tatsache betrifft vor allem den Einfluß des Waldes auf den Wasserhaushalt und die Wasserversorgung. Dennoch können nach K. HASEL (1971) und H. BRECHTEL (1974) mehrere Funktionen des Waldes als allgemeingültig ausgeschieden und den Freilandbedingungen gegenüber gestellt werden:

- Durch den Interzeptionsverlust ist der Wasserabfluß aus dem Wald geringer als im Freiland. Neben der Interzeption schlägt auch der Wasserverbrauch des Waldes durch Transpiration für die geringere Gesamtwasserspense ins Gewicht.
- Waldboden ist auf Grund seiner Struktur rascher aufnahmefähig für Niederschlagswasser als Ackerland und Weideland. Neben Gründigkeit und Bodenart übt der hohe Humusgehalt des Waldbodens eine speichernde Wirkung auf das Bodenwasser aus. Daneben besitzt der durchweg mächtigere A-Horizont ein größeres Porenvolumen als die bewirtschafteten und z. T. verfestigten Freilandböden, so daß die Aufnahmekapazität höher ist. Daraus resultiert eine kontinuierlichere Wasserlieferung aus Waldgebieten, was bedeutet, daß durch Aufforstung Hochwasserschäden u. U. herabgesetzt werden können.
- Im Zusammenhang mit der gleichmäßigeren Wasserspeisung von Quellen und Wasserläufen in waldreicheren Gebieten muß auch der Einfluß von Waldbeständen auf die Schneeansammlung und Schneeschmelze gesehen werden. H. BRECHTEL (1972) konnte trotz der Interzeptionsverdunstung an den Baumkronen sowohl für Buchen- als auch für Fichtenwälder eine größere Schneeakkumulation als im Freiland beweisen. Trotz der daraus resultierenden größeren Gesamtschmelze wies die mittlere Abschmelzrate des Waldes etwas niedrigere Werte auf, so daß Aufforstung die vergleichsweise länger andauernden Hochwasserspitzen durch Schneeschmelze ebenfalls zu dämpfen vermag.
- Auf Grund der dichteren Überschildung werden in Waldbeständen starke Regengüsse gebremst, wodurch das Niederschlagswasser unter Verzögerung und mit geringerer Intensität die Bodenoberfläche erreicht.

Diese Tatsache und die erwähnte erhöhte Aufnahmekapazität der humusreichen Waldböden hat eine Herabsetzung des Oberflächenabflusses und damit eine Abschwächung der Bodenabspülung zur Folge. Ebenso wird die Windverwehung des Bodens durch Baumbestände verringert.

Speziell für das Hochgebirge wird der Aufforstung eine besondere Bedeutung gegen Lawinen, Erdbeben, Steinschlag und Bachverwilderung zugesprochen. Hierbei kann dichter, geschlossener Wald mit viel Unterholz den rasch verlaufenden Massenbewegungen entgegenstehen, muß allerdings häufig starke Zerstörungen hinnehmen. Wichtig ist die Schutzfunktion von Baumbeständen im Abrißgebiet der Lawinen bzw. der labilen Erdmassen, so daß eine Entstehung katastrophaler Massenbewegungen herabgesetzt werden kann.

Im folgenden sollen die vorstehend definierten allgemeinen Schutzfunktionen des Waldes in Bezug zu den besonderen Standortverhältnissen im Val Vegorness gesetzt werden. Für den Wasserhaushalt ergibt sich, daß sich die Böden im oberen Verzascatal allgemein durch einen hohen Humusanteil auszeichnen. Dies betrifft die Freilandböden im gleichen Maße wie die Waldböden (vgl. Kap. 3.3.), da der saure Untergrund, die hohen Niederschläge sowie die relativ kurze Zeit verstärkter biologischer Aktivität zu einer verzögerten und eingeschränkten Zersetzung führen. Diese Voraussetzungen, auf die eine hohe Speicherfähigkeit der humosen Böden zurückzuführen ist, sind in den vorherrschenden Pflanzenformationen der subalpinen Stufe in ähnlichem Maß gegeben. Als Beweis können die günstigen Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse sowohl im *Nardetum* als auch im *Rhododendro-Vaccinietum* herangezogen werden, die aus Abb. 11 hervorgehen. - Trotz der für das Wasserspeichervermögen günstigen Voraussetzungen durch die vorherrschenden Bodentypen zeigen die Abflüsse der Vegornesser Bäche allgemein eine sehr starke Reaktion auf die häufig auftretenden Starkregen. Nach E. GRÖTTER (1967) kann dieser Tatbestand mit dem Gesteinsuntergrund erklärt werden, der sich als ausgesprochen undurchlässig erweist. Weitere maßgebliche Faktoren treten hinzu, so die allgemein sehr hohe Niederschlagsintensität, die Flachgründigkeit der Böden sowie die Bodenstruktur und -textur, die für eine rasche Versickerung sorgen. - Eine erhebliche Stabilisierung der Abflußverhältnisse während schneefreier Zeiten wäre durch Aufforstung sicherlich nicht zu erwarten, da dadurch keine zusätzliche

Auflockerung und Humifizierung der Böden zu erwarten ist. Dagegen könnten sich Wälder mit ihrem relativ ausgeglichenen Bestandsklima auf eine Verzögerung und damit Verbesserung der Abflußkontinuität während der Schneeschmelze auswirken. Dabei scheint die Frage nach der Baumartenauswahl nicht ohne weiterführende Untersuchungen zu beantworten zu sein, da zumindest aus den Untersuchungen von H. BRECHTEL (1972) nicht unbedingt eine zusätzliche Begünstigung durch immergrüne Nadelwälder abzuleiten ist.

Aufforstungsmaßnahmen im Hinblick auf zusätzlichen Erosionsschutz sind im oberen Verzascatal nicht erforderlich. Diesbezüglich sei auf die bereits ausführlicher behandelte Versiegelung der Almböden mit geringer Anfälligkeit gegen Narbenversatz als Ansatzstellen für Bodenerosion verwiesen sowie auf die hohe Aufnahmekapazität und Infiltrationsrate der vorherrschenden Rohhumusböden. So ist auch K. HASEL (1971, S. 73 f.) der Ansicht, daß Oberflächenabfluß und Erosion selbst an Steilhängen bei stärksten Niederschlägen nicht zwangsläufig auftreten müssen, solange die Grasnarbe dicht ist und die Böden locker sind.

In Bezug auf die rasch verlaufenden Massenbewegungen wären zumindest hinsichtlich des Lawinenschutzes gezielte Aufforstungsmaßnahmen wünschenswert; zeichnet sich doch das Untersuchungsgebiet durch eine außergewöhnliche Lawinentätigkeit aus. Der Bepflanzung der Steilhänge steht jedoch eine gesteigerte Erosionsanfälligkeit entgegen, die sich durch Baumbestände als zerstörungsanfällige Hindernisse einstellen könnte. Daneben erscheint die Schaffung geschlossener dichter Wälder mit viel Unterholz bei den gegebenen Standortverhältnissen (Relief, Bodenmächtigkeit, Erreichbarkeit, Wuchskraft) ohnehin unrealistisch. - Die überdurchschnittliche Lawinentätigkeit im Val Vegorress, die jedoch eine vergleichsweise geringe Schädigungs- bzw. Zerstörungsquote mangels fehlender Ansatzpunkte aufweist (es fehlen umfangreiche Waldbestände, bewohnte Siedlungen), kann am ehesten durch gezielte Pflanzungen an Oberhängen mit Lawinenabrißstellen eingedämmt werden. Eine Stabilisierung der Schneedecke scheint vor allen Dingen im Gebiet von Alpe Porcheirina angebracht, da der Lawinenschnee aus diesem Gebiet die Weidegründe von Gerr erst spät ausapern läßt (vgl. Foto 4 a - e). Daneben sollten die Hänge unterhalb Passo Piatt und Cima Bianca befestigt werden, damit die riesigen Rinnenlawinen das Maiensäß Cabioi nicht weiterhin gefährden.

Schließlich wären Schutzmaßnahmen östlich von Alpe di Cagnoï sowie unterhalb des Cagnoï-Kares angebracht: die Lawinen dieses Gebietes treten zwar nicht periodisch auf, sie können jedoch bei gelegentlichen Abrissen erhebliche Waldverwüstungen anrichten, wie die Niedergänge bei Serta und Reschedella vom April 1975 zeigten. Im Gegensatz zu Alpe Porcheirina, wo sich Aufforstungen auf Grund der Höhenlage und der Exposition verbieten und dementsprechend künstliche Verbauungen vorzuziehen sind, kann in den beiden anderen Gebieten eine Konsolidierung der Schneemassen durch Waldschutzstreifen in Höhen zwischen 1750 und 2000 m durchaus zum Erfolg führen. Insgesamt bleibt jedoch festzustellen, daß für das Val Vegorness sowohl heute als auch nach einer eventuellen Aufgabe der noch bestehenden Almweiden keine dringliche Notwendigkeit besteht, durch kostspielige landschaftspflegerische Maßnahmen das Vegetationsbild zu verändern bzw. in Sukzessionsabläufe einzugreifen.

6.5. Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf weitere Gebiete

Die geoökologischen Untersuchungen im Val Vegorness sollen nicht ausschließlich einer Erkundung von Standortqualitäten für Verbesserungsmöglichkeiten der Almwirtschaft einer einzelnen kleinen Gemeinde dienen. Vielmehr wird versucht, die Möglichkeit zu eröffnen, übertragbare Haushaltsfaktoren und Wirkungsgefüge eines intensiv bearbeiteten Beispielsraumes zu erkennen und diese Ergebnisse zumindest ansatzweise für Planungsaufgaben in anderen Gebieten auszuschöpfen.

Für die Eignung der Übertragbarkeit der Ergebnisse ist zuerst einmal festzustellen, inwiefern die geologische, morphologische und klimatische Ausgangssituation eines Gebietes ähnlich oder identisch ist. Die Vegetationszusammensetzung kann dabei als offensichtlicher Indikator dieser Kriterien dienen; phänologische Beobachtungen ergänzen die Interpretation geländeklimatischer Voraussetzungen. Die Bodenqualität läßt sich nach der Ermittlung der genannten Faktoren unter Umständen mit Hilfe von stichprobenartig angelegten Profilgrabungen grob abschätzen, d. h. aufwendige Laboruntersuchungen sind nicht unbedingt erforderlich.

Die gleichen natürlichen Gegebenheiten wie im Val Vegorness selbst sind insbesondere in seiner unmittelbaren Nachbarschaft gegeben, also im oberen Val Verzasca (Val Redorta = Sonogno, Cal d'Efra Frasco, Val Motto = Gerra, Valle d'Osola = Brione). Ebenso wie im Untersuchungsgebiet herrschen hier granitoide Orthogneise vor, d. h. für die Entwicklung der Vegetation und der Böden liegen also neben den klimatischen die gleichen petrographischen Voraussetzungen vor. Auch die morphogenetischen und -dynamischen Grundbedingungen sind identisch, sieht man einmal davon ab, daß die durchschnittlichen Hangneigungsverhältnisse etwas geringer als im Val Vegorness sind. Die Formen der rasch verlaufenden Massenbewegungen (Block- und Felsstürze, Lawinen) spielen aber auch in den übrigen Seitentälern des oberen Val Verzasca eine überaus bedeutsame Rolle.

Ähnliche Voraussetzungen wie im Val Vegorness sind weiterhin in den angrenzenden Seitentälern des mittleren Valle Maggia im Nordwesten und des unteren Leventinatales im Nordosten gegeben (Val di Prato und Val di Chironico, beide am Südabfall des Pizzo Campo Tencia-Massives gelegen). Zwar herrschen hier nicht mehr Orthogneise sondern Paragneise vor. Die petrographischen Verwitterungsbedingungen weichen jedoch trotzdem nicht stark voneinander ab, da auch die Gneise im oberen Verzascatal eine stark geklüftete Struktur aufweisen. Die morphologischen, klimatischen, vegetations- und bodenkundlichen Bedingungen sind wiederum weitgehend identisch mit denen des Val Vegorness. Vergleichbare Standortverhältnisse wie im Untersuchungsgebiet trifft man schließlich auch weiter westlich im Maggialtal (Val di Vergeletto, Val di Campo, Val di Bosco, Valle di Bavona, Valle di Peccia) und im Osten im unteren Bleniotal sowie im oberen Calancatal an.

Nördlich und südlich des gekennzeichneten Gebietsabschnittes zwischen den westlichen Seitentälern des mittleren Maggialtales und dem oberen Calancatal verändern sich allmählich einige wesentliche Standortbedingungen. Im südlichen Tessin-, Verzasca- und Maggialtal sowie zur weiteren Umgebung des Lago Maggiore hin nimmt die Annäherung an den insubrischen Klimabereich mit mildereren Temperaturverhältnissen zu. Auch fallen hier geländeklimatische Unterschiede wegen der etwas schwächeren Reliefenergie nicht mehr ganz so stark ins Gewicht, was sich z. B. in kürzeren Ausaperungsdifferenzen dokumentiert. Abgesehen

davon spielt die Schneebedeckung ohnehin nicht mehr eine so entscheidende Rolle wie im Untersuchungsgebiet und seiner nächsten Umgebung, da die schneefreie Periode relativ, d. h. übertragen auf die entsprechenden Höhenbereiche, kürzer ist. Das Vegetationsmosaik ist wesentlich einheitlicher als im oberen Val Verzasca, wobei vor allem hochspezialisierte Gesellschaften besonderer Extremstandorte seltener werden. Da im südlichen Sopraceneri und im nördlichen Sottoceneri die Berggipfel kaum über 2400 m hinausragen, fehlt die subnivale Stufe völlig und auch die obere alpine Stufe nimmt nur wenig Raum ein. Es kommen hingegen die submontane und colline Stufe hinzu, die sich in ihrer potentiellen natürlichen Vegetation vor allem durch den insubrischen Eichen-Birkenwald und durch die insubrischen Edellaubwälder auszeichnen. Dieser Höhenbereich, dessen Standortbedingungen A. ANTONIETTI (1969) ausführlich behandelt hat, wird heute hauptsächlich von Kastanienwäldern eingenommen. - Die Böden weisen strukturell die gleichen Merkmale wie diejenigen des Val Vegorness auf. Allerdings ist zumindest in der weiteren Umgebung des oberen Lago Maggiore die Austrocknungsgefahr etwas erhöht, zum einen wegen der stärkeren Bodenwasserverdunstung auf Grund höherer Temperaturen, zum anderen wohl auch wegen der geringeren Humusanreicherung durch eine verlängerte Aktivitätsperiode zersetzender Organismen.

Im nördlichen Maggia-, Leventina- und im Bedrettotal, also in Richtung Gotthardmassiv, nimmt vor allem die thermische Kontinentalität zu. Sie kommt zum Beispiel durch das vereinzelte Auftreten der Arve in der oberen subalpinen Stufe sowie durch das weitere Ansteigen der Wald- und Baumgrenze zum Ausdruck. Wesentlich für diesen Bereich ist jedoch, daß in petrographischer Hinsicht nun ein recht heterogener geologischer Aufbau eine besonders große Standortdifferenzierung verursacht. Neben den für die weiter südlich gelegenen Gebiete typischen Para- und Orthogneisen kommen andere kristalline Gesteine wie Muskowit-Alkalifeldspatgneise (Bernardo-Gneis nordwestlich Fusio) und Granite (z. B. Rotondo-Granit nordwestlich Bedretto) hinzu. Für eine stark alternierende Vegetationszusammensetzung und Bodentypenreihe ist jedoch vor allem die weite Verbreitung mesozoischer und permischer Sedimentgesteine verantwortlich: so nehmen Bündnerschiefer den gesamten Nordhang der obersten Leventina und des Bedrettotales ein, am Passo Campo Lungo, im Pioratal und am Lukmanierpaß be-

herrschen Dolomite das Landschaftsbild. Da in den letztgenannten Gebieten die petrographischen, vegetationskundlichen und edaphischen, wahrscheinlich auch die mikroklimatischen Voraussetzungen wesentliche Unterschiede im Wirkungsgefüge eines Standortes hervorrufen, sind die Ergebnisse der landschaftsökologischen Vorerkundung und der komplexen Standortanalyse aus dem Val Vegorness kaum noch für diesen Bereich im nördlichen Tessin verwendbar .

Über die weitere Umgebung des Vegornesstaales, d. h. über die Tessiner Südalpen hinaus, können schließlich nur noch Untersuchungsergebnisse spezieller Faktorenbeziehungen für die Charakteristik einzelner Standorttypen anderer Gebiete aufschlußreich sein. Hierzu zählen insbesondere geländeklimatische Beobachtungen, so z. B. die Gradientbestimmung bzw. Isothermenkonfiguartion in Abhängigkeit von der Wetterlage, die Bedeutung der Inversions, Expositions- Ausaperungs- und Strahlungsverhältnisse auf die phänologische Entwicklung eines Pflanzenbestandes oder die Bedeutung des Humusanteils für die Wasserhaltekapazität eines Bodens. Es sind also vor allem Ergebnisse klimatischer und edaphischer Einflußgrößen, die für vergleichbare Untersuchungen zur Haushaltscharakterisierung irgendeines alpinen Gebirgsabschnittes von überregionaler Bedeutung sein können.

Darüber hinaus möchte die Arbeit Anhaltspunkte geben, inwiefern in methodischer Hinsicht eine detaillierte Daten-Korrelation standortbestimmender Kausal- oder Funktionalzusammenhänge für die Beantwortung von Planungsfragen von größerer Bedeutung sein könnten als eine lückenlose hierarchische Raumeinteilung nach herkömmlichen Ordnungsprinzipien. Zwar kann eine Untersuchungsmethode, deren Schwerpunkt eher bei der Klärung spezieller Faktorengrößen liegt, nicht den Anspruch für sich erheben, ein Gebiet naturräumlich vollständig zu erfassen und entfernt sich somit ein wenig von der traditionellen geographischen Betrachtungsweise, die vorrangig raumbezogen ist. Dafür öffnet sich diese Methode jedoch einer interdisziplinären Betrachtungsweise, die für eine praktische Anwendung erfolgreicher sein kann.

ABSTRACT

Geo-ecological Research in a Tessin Alpine Valley with Respect to Regional Planning

In evaluating the natural potential of an alpine valley the exceptionally high degree of site heterogeneity has to be reduced to a lower level of complexity. This especially applies to the subalpine and the alpine zone, where the pattern of ecotopes is so complex that, apart from large-scale model maps, an accurate cartographical representation of site quality is hardly feasible (fig. 35 and 36).

The wide range of highly differentiated ecotopes in the Val Vergorness is amply represented in the triangular model of site factor relationships (fig. 40), in which only the most typical and widespread site factors of each altitudinal belt are considered. Despite the wide range of ecotopes the model of site factor relationships for the Val Vergorness reveals a definite tendency concerning the distribution of the ecological growth factors water, heat, and mineral nutrients. Of these three parameters essential for both the process of photosynthesis and the development of plant substance, and thus for the growth of forage crops, only water is available in sufficient to superabundant quantity. Due to the cool alpine climate, however, the heat supply is sufficient in the montane zone only and decreases with altitude. Furthermore the acid parent rock provides rather unfavourable environmental conditions concerning the availability of mineral nutrients.

After this general survey of the three main growth factors the following discussion of the pattern of further determinants is intended to serve as a basis for a rough evaluation of the environmental potential in the Val Vergorness.

Relief

The close spacing of different site types results from the high

relief energy in the study area where the large amount of glacially modified steep slopes is of great importance. These specially affect alpine pastoral farming, as pastures are restricted to the narrow bottom of the valley and to the remnants of planation surfaces of three preglacial terrace systems (the Sobrio, the Bedretto-, and the Pettanetto system), which are difficult to reach. Furthermore the pastoral area is limited by the widespread occurrence of talus slopes with little or no soil formation. The active block transport extends far into the basin of the valley, because frequency of freeze-thaw-cycles at higher altitudes favours the weathering of the coarsely structured gneiss material and thawing in spring and early summer as well as heavy precipitation in summer and autumn cause exceptionally frequent debris falls. As a consequence of steep inclinations forms of rapid mass movement are generally of special importance. This does not only apply to the above mentioned debris fall events but also to high avalanche activity during the winter months. The covering by avalanche snow does not necessarily prove unfavourable for the pasturing, for the avalanche turf generally yields good pasture ground. The negative effect rather consists in the belated removal of snow and in the longterm obstruction of the access roads. In contrast to rapid movements slow mass movements are of minor importance. Almost nowhere in the study area movements such as creep and sliding of loose slope material, denudation by slide and creep movements of the snow cover, solifluction phenomena or turf exfoliation could be identified. The soil thus proves very stable with respect to denudation, which can be explained by the rapid sealing by a vegetation cover as well as by favourable soilmechanical conditions.

Soils

The soils in the Val Vegorness are generally characterized by a high permeability for water and air, as they possess a high amount of coarse pore volume due to their silty arenaceous composition. Despite the loose texture of individual grains the soils do not tend to rapid desiccation, for the normally great amount of hygroscopically effective humus guarantees a suffi-

cient waterbearing capacity. The concentration of hardly decomposed organic substances is produced by a restricted microbiological decomposition, which results from the rather short period during which the area is bare of snow. In contrast to the soil-mechanical conditions the nutrient supply of the soils is less profitable (lack of Ca and Mg, insufficient supply of N). Acidity is extremely high, which ensues from the predominance of gneiss as a parent rock, the considerable amount of organic substances and the high rates of precipitation. Generally speaking, the Val Vegorness is characterized by loose soils without definite horizons within the profile, all transitions from virgin soil to ranker and brown earth are found. In contrast to several other silicate areas of the Alps hardly any occurrence of podsolids could be identified, though, considering the climatic conditions, this might well be expected. This can mainly be explained by the lack of the clay and fine silt fraction and the rapid flow of seepage water. The shortage of nutrients gives rise to a flora with a limited range of different species, acidophile plants of little nutritive value showing a widespread distribution (*Nardus stricta*, *Vaccinium*, *Rhododendron ferrugineum*).

Climate

The climatic conditions in the Val Vegorness are comparatively favourable, as the valley can be categorized as belonging to the insubric climatic zone. This implies that the study area receives a continuous and sufficient amount of precipitation and of insolation. With respect to temperature conditions, however, no definite general characteristics can be formulated, since there is a strong differentiation depending on altitude and exposition. Considering mesoclimatic features the oversteepening of slopes leads to thermic expositional differences of special significance, whereas the effective ventilation of the valley prevents the accumulation of cold air masses, so that labile stratifications of air masses without the development of inversions prevail. The conditions of snowcovering in the Val Vegorness have to be judged as unfavourable. Winter is by far the season of least precipitation, but especially in spring excep-

tional snowfalls may occur which lead to a belated removal of the snow cover. For alpine pastural farming this may imply a considerable loss of time for the summer pasturing, especially as the removal of the snow cover is additionally delayed by the horizontal limitation and the consequent shadowing effect of the surrounding mountains.

Vegetation

Though the shortage of nutrients of the soils can only maintain a flora of few species, the high rates of precipitation as well as the favourable conditions of insolation produce a luxuriant growth of plants and a dense vegetation cover. With altitude the range of species shows an increasing similarity with the range of species usually found at alpine silicate sites. In lower areas of the valley, however, the mild insubric climatic influence allows the growth of several thermophile varieties which are rare or lacking in the corresponding lower zones of the central and northern Alps.

The utilization of alpine pastures for pastural farming, which has continued for centuries, certainly has negative effects, since the selection of forage crops leads to a degradation of the pastures. This especially applies to the excessive spreading of *Nardus*, which furthermore obstructs the natural rejuvenation of bush and tree growth on abandoned pastures. In the upper subalpine and alpine zone the population of *Nardus* decreases, so that the nutritive value especially of locations of northern exposition which remain snow-covered for a longer time is improved, for the amount of xeromorph grasses is reduced in favour of meso- to hygromorph species. As, however, the period in which the area is bare of snow is quite short, only one rather short utilization as pasture is possible.

Physiognomically the Val Vegorness shows a great variety of formations: the change between open pastures, formations of low bushes and underbrush yields a diverse vegetation pattern. Apart from the site differences utilization of differing intensity contributes to the complexity of the vegetation pattern. Human activities, such as the destruction of woodland have a negative

effect especially near the natural timber line. The excessive decimation of timber resources leads to an extension of the aggression zone into lower areas of the valley, the enlargement of open space causing an increased avalanche activity.

As indicated by the preceding evaluation the environmental conditions in the Val Vegorness do not suffice to constitute a suitability which would justify a further expansion of pastural farming. There are definitely several areas in the northern Tesin especially in the Leventina, the Bedretto and the Maggia valley which offer more favourable conditions for an intensive utilization especially as far as the size of continuous pastural areas, conditions of inclination and accessibility are concerned. Large-scale subventions, which had been warranted to the mentioned areas for the past thirty years, cannot be advocated on the mere ground of utilizing specially profitable natural conditions. However, these favourable conditions, which consist in a luxuriant and rapidly growing vegetation resulting from advantageous climatic factors and from a profitable water balance, justify the support of ameliorations of moderate financial extent. An effective remedy of certain shortcomings can already be achieved with little expenditure, especially by means of constructing a simple road which would already pay off after about ten years as a result of an improved utilization of the pastures. Forest and landscape conservation also provide arguments in favour of subvention measures which can furthermore be supported on the grounds of socio-economic circumstances.

Literaturverzeichnis

1. AICHINGER, E., 1951: Vegetationskundliche Vorarbeiten zur Ordnung von Wald und Weide. *Angewandte Pflanzensoziologie*, H. 2, S. 53 - 127, Wien
2. AICHINGER, E., 1952: Fichtenwälder und Fichtenforste als Waldentwicklungstypen. *Angewandte Pflanzensoziologie*, H. 7, S. 5 - 178, Wien
3. AICHINGER, E., 1952: Die Rotbuchenwälder als Waldentwicklungstypen. *Angewandte Pflanzensoziologie*, H. 5, S. 5 - 104, Wien
4. AMBROSETTI, F., 1969: Forti nevicate sul pendio sud delle Alpe e situazioni meteorologiche. *La Météorologie*, V, S. 307 - 312, Paris
5. AMBROSETTI, F., 1971: Il clima al sud delle Alpi. *Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali*, Jg. LXII, S. 12 - 66, Bellinzona
6. ANNAHEIM, H., 1936: Die Entstehung des Luganersees. *Die Alpen*, S. 2 - 17, Bern
7. ANNAHEIM, H., 1946: Studien zur Geomorphogenese der Südalpen zwischen St. Gotthard und Alpenrand. *Geographica Helvetica*, Bd. 1, Bern
8. ANTONIETTI, A., 1968: Le associazioni dell'orizzonte submontano del Cantone Ticino su substrati pedogenetici ricchi di carbonati. *Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen*, Bd. 44, H. 2, S. 83 - 226, Zürich
9. ANTONIETTI, A., 1971: La vegetazione forestale del Cantone Ticino con particolare riguardo al Sottoceneri. *Bollettino della Soc. Ticinese di Scienze Naturali*, Jg. LXII, S. 67 - 80, Bellinzona
10. ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1971: Kartieranleitung, Hannover
11. AULITZKY, H., 1968: Die Lufttemperaturverhältnisse einer zentral-alpinen Hanglage. *Archiv f. Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Ser. B, Bd. 16, H. 1, S. 18 - 69, Wien/New York
12. BACH, R., KUOCH, R., IBERG, R., 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. *Entscheidende Standortfaktoren und Böden*. *Mitt. d. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen*, Bd. 30, S. 261 - 314, Zürich
13. BÄR, J., 1918: Die Vegetation des Val Onsernone. *Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme* 5, Zürich
14. BECK, P., 1933: Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. *Eclogae Geologicae Helveticae*, Vol. 26, Basel
15. BINGGELI, V., 1961: Zur Morphologie und Hydrologie der Valle del Lucomagno. *Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie*, Nr. 12, Bern
16. BINGGELI, V., 1975: Ein hydrologisches Querprofil durch die zentralen Alpen. *Erdkunde*, Bd. 29, Lfg. 2, S. 133 - 136, Bonn
17. BIERHALS, E., 1976: Ökologische Folgen der Vegetationsentwicklung und des Wegfalls der Bewirtschaftungsmaßnahmen. *KTBL-Schrift* 195, Münster

18. BIERHALS, E., SCHARPF, H., 1971: Zur ökologischen und gestalterischen Beurteilung von Brachflächen. *Natur und Landschaft*, 46, S. 31 - 34, Stuttgart
19. BJELANOVIC, M., 1967: Mesoklimatische Studien im Rhein- und Moselgebiet. Diss. Bonn
20. BLASER, P., 1973: Die Bodenbildung auf Silikatgestein im südlichen Tessin. *Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen*, Bd. 49, H. 3, S. 253 - 340, Zürich
21. BÖHM, H., 1966: Die geländeklimatische Bedeutung des Bergschattens für das Gefüge der Natur- und Kulturlandschaft. *Erdkunde*, Bd. 20, Lfg. 2, S. 82 - 93, Bonn
22. BRAUN-BLANQUET, J., 1958: Über die obersten Grenzen pflanzlichen Lebens im Gipfelbereich des Schweizerischen Nationalparks. *Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen d. Schweizerischen Nationalparks*, Bd. VI, H. 39, S. 119 - 142, Liesthal
23. BRAUN-BLANQUET, J., 1964: *Pflanzensoziologie*.³ Wien/New York
24. BRECHTEL, H., 1972: Einfluß von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen auf die Schneeanammlung und Schneeschmelze in den Hochlagen des westlichen Vogelsberges. *Deutsche Gewässerkundliche Mitteil.* Jg. 16, H. 5, S. 121 - 141, Koblenz
25. BROCKMANN-JEROSCH, H., 1925 - 1929: Die Vegetation der Schweiz. *Beiträge z. Geobotanischen Landesaufnahme* 12, Bern
26. BRZOSKA, W., 1973: Stoffproduktion und Energiehaushalt von Nivalpflanzen. in: ELLENBERG, H.: *Ökosystemforschung*, S. 225 - 233, Berlin, Heidelberg, New York
27. BUCHWALD, K., ENGELHARDT, H.D., 1968: Pflege der freien Landschaft. Bd. II des Handbuches f. Landschaftspflege und Naturschutz, München, Basel, Wien
28. CANALE, A., 1957: Geomorphologie der Valle Onsernone. *Bolletino della Società Ticinese di Scienze Naturali*, Jg. 52, S. 77 - 140, Bellinzona
29. CHENEVARD, P., 1910: *Catalogue des plantes vasculaires du Tessin*, Genf
30. CONCI, A., 1972: Classificazione e terminologia delle valanghe. *Studi Trentini di Scienze Naturali. Sez. A.*, Vol. 50, No. 1, S. 19 - 51, Trento
31. COURVOISIER, H., FÖHN, P., 1975: Die außergewöhnlichen Schneefälle im Winter und Frühling 1974/75. *Wasser und Energiewirtschaft*, Nr. 11/12, Baden
32. DIERSCHKE, H., 1969: Die naturräumliche Gliederung der Verdener Geest. *Landschaftsökologische Untersuchungen im nordwestdeutschen Altmoränengebiet. Forschungen z. deutschen Landeskunde* 177, Bad Godesberg
33. EISEL, U., 1977: Physische Geographie als problemlösende Wissenschaft? Über die Notwendigkeit eines disziplinären Forschungsprogramms. *Geographische Zeitschrift*, Jg. 65, H. 2, S. 81 - 108, Wiesbaden
34. ELLENBERG, H., 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. *Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft*, Jg. 77, S. 82 - 92, Stuttgart

35. ELLENBERG, H., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica*, Bd. 9, Göttingen
36. ELLENBERG, H., KLÖTZLI, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen*, Bd. 48, H. 4, Zürich
37. ELLENBERG, H., REHDER, H., 1962: Natürliche Waldgesellschaften der aufzuforstenden Kastanienflächen im Tessin. *Schweizerische Zeitschrift f. Forstwesen*, Nr. 3/4, S. 128 - 142, Zürich
38. EKHART, E., 1936: Geographische und jahreszeitliche Verteilung der Gewitterhäufigkeit in den Alpen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Bd. 46, Leipzig
39. FITZE, P., 1969: Untersuchungen von Solifluktionerscheinungen im Alpenquerschnitt zwischen Säntis und Lago di Como. *Diss. Zürich*
40. FLÜCKIGER, H., 1970: Gesamtwirtschaftliches Entwicklungskonzept für das Berggebiet. Teil I: Zusammenfassung; Teil II: Gesamtbericht. *Bern*
41. FREY, M., HUNZIKER, J.C., FRANK, W., BOCQUET, J., DAL PIAZ, G.V., JÄGER, E., NIGGLI, E., 1974: *Alpine Metamorphism of the Alps*. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen Bd. 54, S. 247 - 290, Basel
42. FRENZEL, B., FISCHER, H., 1957: Beobachtungen zur Phänologie eines Alpentales. *Archiv f. Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Ser. B*, Bd. 8, H. 2, Wien
43. FRIEDEL, H., 1961: Schneedeckenandauer und Vegetationsverteilung im Gelände. *Mitteilungen d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien*, H. 59, S. 317 - 369, Wien
44. FRIEDEL, H., 1967: Verlauf der alpinen Waldgrenze im Rahmen anliegender Gebirgsgelände. *Mitteilungen d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien*, H. 75, S. 82 - 172, Wien
45. FURRER, G., DORIGO, G., 1972: Abgrenzung und Gliederung der Hochgebirgsstufe der Alpen mit Hilfe von Solifluktionsformen. *Erdkunde*, Bd. 26, Lfg. 2, S. 98 - 107, Bonn
46. GAMS, H., 1961: Die Pflanzenwelt. in: *Landes- und Volkskunde von Vorarlberg*, Bd. 1, S. 135 - 172, Innsbruck
47. GARDNER, J., 1971: Morphology and sediment characteristics of mountain slopes in Lake Louise District (Canadian Rockies). *Zeitschrift f. Geomorphologie*, Bd. 15, H. 4, S. 390 - 403, Berlin
48. GAYL, A., 1951: Ordnung von Wald und Weide im Bereich der Almen. *Angewandte Pflanzensoziologie*, H. 2, S. 5 - 40, Wien
49. GEIGER, R., 1953: Problem der Mikrometeorologie des Hochgebirges. *Wetter und Leben*, Bd. 5, S. 21 - 28, Wien
50. GEISSBÜHLER, W., 1967: Zur Geomorphologie und Talgeschichte des Centovalli-Vigezzo. *Diss. Bern*
51. GERBER, E., 1974: Klassifikation von Schutthalden. *Geographica Helvetica*, Jg. 29, H. 2/3, S. 73 - 82, Bern
52. GIETL, G., 1974: Gelände- und Insolationskarten für das Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, Jg. 93, S. 74 - 86, Hamburg/Berlin

53. GIGON, A., 1971: Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und Karbonatböden. Veröffentlichungen des Geobotanischen Inst. Rübél, H. 48, Zürich
54. GORDON, M., HENSELER, K.-L., WICHMANN, H., 1965: Untersuchungen über die Wirkung von Torf auf den Wasserhaushalt des Bodens. Torfnachrichten, 16, S. 17 - 19, Bad Zwischenahn
55. GRESCH, P., 1972: Vergandete Weideareale im Oberen Goms. Geographica Helvetica, Jg. 27, H. 4, S. 145 - 147, Bern
56. Gresch, P., 1975: Raumplanerische Eignungs- und Nutzungsanalysen im Berggebiet (Am Beispiel der Region Goms, Kanton Wallis). Bericht Nr. 152 der Eidgen. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf
57. GRÜTTER, E., 1967: Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Val Verzasca. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 15, Bern
58. GSCHWEND, M., 1946: Das Val Verzasca. Diss. Bern
59. GUBLER, E., 1976: Beitrag des Landesnivellements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Bd. 56, S. 675 - 678, Basel
60. GWINNER, M., 1971: Geologie der Alpen. Stuttgart
61. GYGAX, F., 1934: Beitrag zur Morphologie der Valle Verzasca. Diss. Bern
62. HARD, G., 1973 a: Die Geographie: eine wissenschaftstheoretische Einführung. Berlin
63. HARD, G., 1973 b: Zur Methodologie und Zukunft der Physischen Geographie an Hochschule und Schule. Möglichkeiten physisch-geographischer Forschungsperspektiven. Geographische Zeitschrift, Jg. 61, S. 5 - 35, Wiesbaden
64. HARD, G., 1976: Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. in: Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Münster
65. HARTGE, K.H., 1961: Die Messung der Wasserpermeabilität an Stechzylinderproben. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, Bd. 2, S. 103 - 114, Berlin/Hamburg
66. HARTGE, K.H., 1965: Die Bestimmung von Porenvolumen und Porengrößenverteilung. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, Bd. 6, S. 193 - 206, Berlin/Hamburg
67. HARTGE, K.H., 1967: Ergebnisse von Tensiometermessungen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 7, S. 203 - 207, Göttingen
68. HASEL, K., 1971: Waldwirtschaft und Umwelt. Hamburg/Berlin
69. HASTENRATH, S., 1960: Zur vertikalen Verteilung der Frostwechsel- und Schneedeckenverhältnisse in den Alpen. Diss. Bonn
70. HAVLIK, D., 1969: Die Höhenstufe maximaler Niederschlagssummen in den Westalpen. Freiburger Geographische Hefte, H. 7, Freiburg
71. HAVLIK, D., 1972: Zur vertikalen Differenzierung der Zirkumglobalstrahlung. Erdkunde, Bd. 26, Lfg. 4, S. 241 - 251, Bonn
72. HAVLIK, D., 1975: Ein Beitrag zum Jahresgang der vertikalen Niederschlagsverteilung in den Alpen. Revista Italiana di Geofisica e Scienze Affini, Vol. I, S. 108 - 114, Milano

73. HIRSBRUNNER, G., 1960: Beiträge zur Morphologie und Hydrologie der Rovana-täler. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 12, Bern
74. HÖLLERMANN, P., 1964: Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenschatz in den Zentralalpen am Beispiel des oberen Sulden-tales (Ortlergruppe). Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd. 4, Berlin
75. HÖLLERMANN, P., 1967: Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen. Göttinger Geographische Abhandlungen, H. 40, Göttingen
76. HÖRLER, A., RHEIN, H.R., 1961: Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz. Schweizerische Bauzeitung, 79. Jg., H. 32, S. 559 - 563, Zürich
77. HOLTMEIER, F.-K., 1967 a: Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. Diss. Bonn
78. HOLTMEIER, F.-K., 1967 b: Zur natürlichen Wiederbewaldung aufgelassener Almen im Oberengadin. Wetter und Leben, Jg.19, S. 195 - 202, Wien
79. HOLTMEIER, F.-K., 1967 c: Die Verbreitung der Holzarten im Oberengadin unter dem Einfluß des Menschen und des Lokalklimas. Erdkunde, Bd. 25, Lfg. 3, S. 178 - 195, Bonn
80. HOLTMEIER, F.-K., 1971: Der Einfluß der orographischen Situation auf die Windverhältnisse im Spiegel der Vegetation. Erdkunde, Bd. 25, Lfg. 3, S. 178 - 195, Bonn
81. HORTON, R.E., 1945: Erosional Development of Streams and their Drainage Basins. Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. Geological Society of America Bull., Vol. 56, S.275-370, New York
82. INNEREBNER, F., 1933: Über den Einfluß der Exposition auf die Temperaturverhältnisse im Gebirge. Meteorologische Zeitschrift, S. 337 - 346, Braunschweig
83. JÄGER, E., GEISS, J., NIGGLI, E., STRECKEISEN, A., WENK, E., WÜTHRICH, H., 1961: Rb-Sr-Alter an Gesteinsglimmern der Schweizer Alpen. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Bd. 54, S. 247 - 290, Basel
84. JAGGI, C., 1970: Hydrologische Untersuchungen in verschiedenen Tessinertälern. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 18, Bern
85. KATTEBACH, A., 1978: Sozioökonomischer Strukturwandel im Verzascatal (Tessin). Diss. Aachen
86. KLINK, H.-J., 1966: Naturräumliche Gliederung des Ith-Hils-Berglandes. Art und Anordnung der Physiotope und Ökotope. Forschungen z. deutschen Landeskunde, 159, Bad Godesberg
87. KLINK, H.-J., 1969: Das naturräumliche Gefüge des Ith-Hils-Berglandes. Begleittext zu den Karten. Forschungen z. deutschen Landeskunde, 187, Bad Godesberg
88. KNAPP, R., 1971 Einführung in die Pflanzensoziologie, Stuttgart
89. KOPP, E., 1965: Die Permeabilität durchlässiger Böden, die Gliederung des Makroporenraumes und die Beziehungen zwischen Permeabilität und Bodentypen. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, Bd. 6, S. 65 - 90, Berlin/Hamburg

90. KRAUSE, C., OLSCHOWY, G., 1977: Ökologische Grundlagen der Planung. Natur und Landschaft, 52. Jg., H. 8/9, S. 244 - 250, Stuttgart
91. KRONFUSS, H., 1970: Räumliche Korrelation zwischen der Windstärke in Bodennähe und der Schneedeckendauer. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 87. Jg., H. 2, S. 99 - 116, Wien
92. KUBIENA, W., 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Wien
93. KUGLER, H., 1964: Großmaßstäbige geomorphologische Kartierung und geomorphologische Reliefanalyse. - Math. Nat. Diss., Leipzig
94. KUNTZE, H., 1968 a: Der Einfluß der organischen Substanz auf Kenngrößen des Wasserhaushaltes von Mineralböden. Landwirtschaftliche Forschung 21, S. 128 - 138, Frankfurt
95. KUNTZE, H., 1968 b: Zur Bewertung der organischen Substanz im Boden. Organischer Landbau 11, S. 24 - 25, Berlin
96. KUOCH, R., 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 30, H. 2, S. 133 - 260, Zürich
97. KUOCH, R., 1970: Die Vegetation auf Stillberg (Dischmatal, Kt. Graubünden). Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 46, H. 4, S. 329 - 342, Zürich
98. KUOCH, R., AMIET, R., 1970: Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen. Mitteilungen d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 46, H. 4, S. 159 - 328, Zürich
99. KUOCH, R., SCHWEINGRUBER, F.H., 1975: Baumarten der alpinen Waldgrenze der Schweiz. Bericht Nr. 136 der Eidgen. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, S. 13 - 40, Birmensdorf
100. LAATSCH, W., 1969: Das Abschätzen der Wasserversorgung von Waldbeständen auf durchlässigen Standorten ohne Grund- und Hangzugwasser. Forstwirtschaftliches Zentralblatt, Bd. 88, S. 257-271, Berlin/Hamburg
101. LAATSCH, W., 1974: Hangabtrag durch Schnee in den oberbayerischen Alpen und seine Begünstigung durch unpflegliche Almwirtschaft und Wildverbiß. Forstwirtschaftliches Zentralblatt Bd. 93, Berlin/Hamburg
102. LAATSCH, W., GROTTENTHALER, W., 1972: Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. Forstwissenschaftliches Zentralblatt, Bd. 91, S. 309 - 339, Berlin/Hamburg
103. LAUTENSACH, H., 1912: Die Übertiefung des Tessingebietes. Pencks Geographische Abhandlungen N. F. H. 1, Berlin/Leipzig
104. LEIBUNDGUT, H., 1964: Einfluß von Borstgras und Heidelbeere auf die Ansamung von Föhre und Lärche. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, S. 331 - 336, Zürich
105. LEIDLMAIR, A., 1953: Spätglaziale Gletscherstände und Schuttformen im Schlickertal (Stubai). Veröffentlichungen d. Museum Ferdinandeum, Bd. 32/33, S. 14 - 33, Innsbruck
106. LIENERT, L., 1975: Standortskunde als Grundlage von Meliorationen. Die Kartierung von Boden und Vegetation als Planungsgrundlage für Integralprojekte. Mitteilungen d. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 51, H. 1, S. 65 - 76, Zürich

107. LUCKMAN, B.H., 1971: The role of snow avalanches in the evolution of alpine talus slopes. Inst. Brit. Geogra. Spec. Publ. Vol. 3, S. 93 - 110, London
108. LÜDI, W., 1954: Die Neubildung des Waldes im Lavinar der Alp la Schera im Schweizerischen Nationalpark. Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen d. Schweizerischen Nationalparks, Bd. IV, H. 30, S. 279 - 296, Liesthal
109. MARIANI, G., 1921: Gli alpi nel Cantone Ticino. Statistica Svizzera del pascoli alpini, Lugano
110. MAYER, H., 1962: Gesellschaftsanschluß der Lärche und Grundlagen ihrer Verbreitung in den Ostalpen. Angewandte Pflanzensoziologie, H. 17, S. 7 - 56, Wien
111. MERZ, F., 1911: Gli alpi del Cantone Ticino. Soletta
112. MORGEN, A., 1957: Die Besonnung und ihre Verminderung durch Horizontbegrenzung. Veröffentlichungen d. Meteorologischen u. Hydrologischen Dienstes d. DDR, Nr. 12, Berlin
113. MOSER, W., 1973: Licht, Temperatur und Photosynthese an der Station "Hoher Nebelkogel" (3148m). in: ELLENBERG, H.: Ökosystemforschung, S. 225 - 233, Berlin/Heidelberg/New York
114. MUELLER, H.W., 1972: Beiträge zur Geomorphologie des Maggiatales oberhalb Bignasco mit besonderer Berücksichtigung des Sambucotales und des oberen Lavizzara. Diss. Bern
115. NAUMANN-TÜMPFEL, H., 1975: Zur Problematik der ökologischen Bewertung von Naturräumen. Petermanns Geographische Mitteilungen, H. 3, S. 197 - 205, Gotha
116. NEEF, E., 1963: Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. Petermanns Geographische Mitteilungen, Jg. 107, S. 249 - 259, Gotha
117. NEUWINGER, I., 1965: Die Vegetations- und Bodenaufnahme als Beitrag zur Abgrenzung von Standortseinheiten. Mitteilungen d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, H. 66, S. 129 - 158, Wien
118. NEUWINGER, I., 1967: Zum Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten der subalpinen Entwaldungszone. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn, H. 79, S. 269 - 303, Wien
119. NEUWINGER, I., 1970: Böden der subalpinen und alpinen Stufe in den Tiroler Alpen. Mitteilungen d. Ostalpin.-Dinar. Gesellschaft f. Vegetationskde., Bd. 11, S. 135 - 150, Innsbruck
120. NEUWINGER I., CZELL, A., 1961: Böden in den Tiroler Zentralalpen. Mitteilungen d. Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn, H. 59, S. 373 - 410, Wien
121. NIGGEMANN, J., 1969: Luftdurchlässigkeit von Böden bei Torfdüngung. Kali-Briefe, 10. Folge, S. 135 - 150, Innsbruck
122. NOHL, W., 1976: Erlebniswirksamkeit von Brachflächen. Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Münster
123. OBERDORFER, E., 1959: Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. Beiträge z. naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland. Bd. XVIII, H. 1, S. 117 - 143, Karlsruhe
124. OBERDORFER, E., 1970: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. Stuttgart

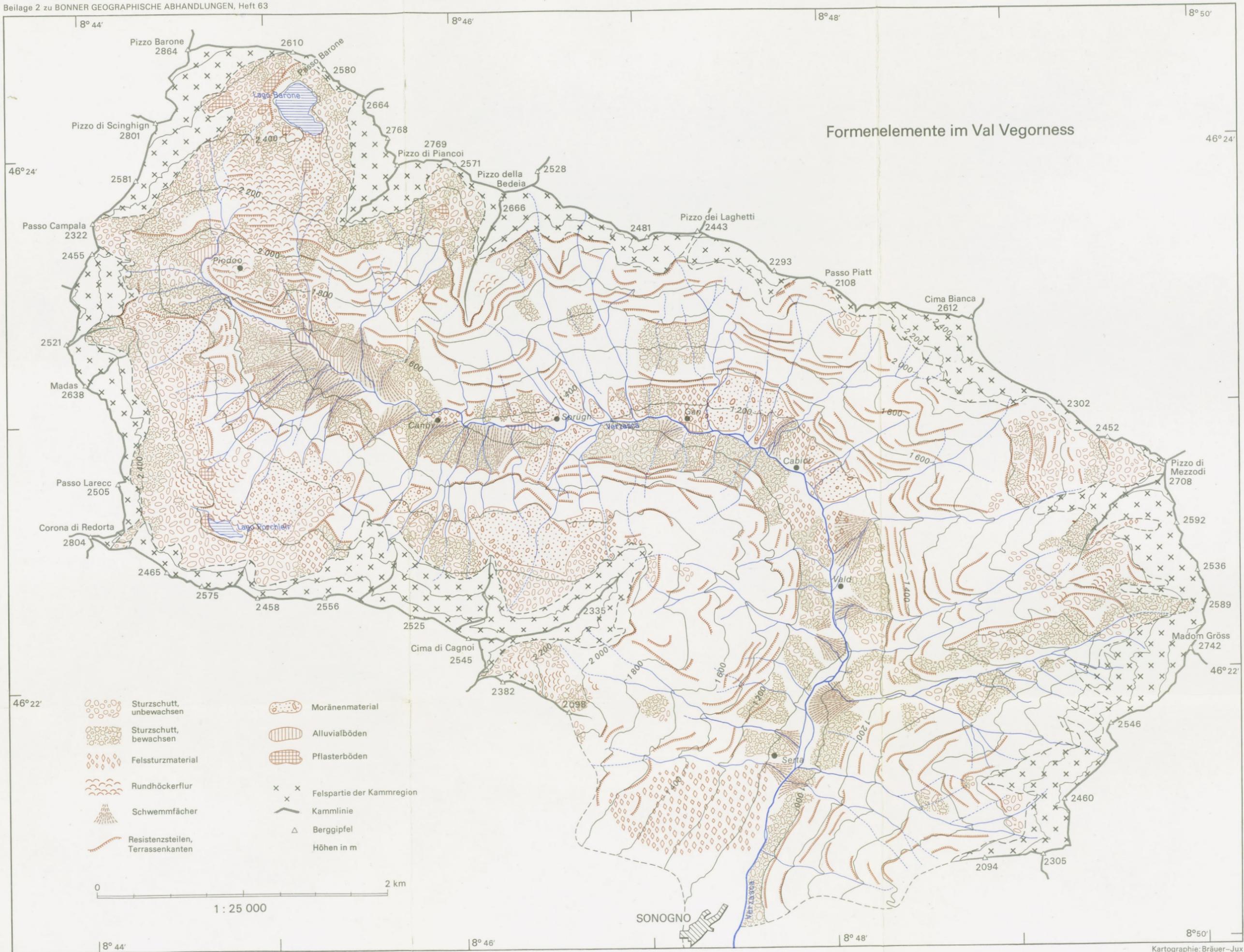
125. OBREBSKA-STARKEK, B., 1972: Beitrag zur Methode der Aussonderung meso- und mikroklimatischer Einheiten in Gebirgen. Acta Climatologica, Bd. 11, S. 19 - 28, Szeged
126. PALLMANN, H., HAFFTER, P., 1933: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia. Berichte d. Schweiz. Botanischen Gesellschaft, Bd. 42, S. 357 - 466, Bern
127. PEEV, C., 1959: Einfluß von Hangneigung und Exposition auf die Lawinenbildung. Mitteilungen d. Geographischen Gesellschaft d. DDR, 5. Jg., S. 138 - 150, Leipzig
128. PEEV, C., 1966: Geomorphic activity of snow avalanches. Symposium on scientific aspects of snow and ice mechanics, Publ. 69 de l'IASH, Gentrügge
129. PEER, T., HARTL, H., 1976: Beziehungen zwischen Pflanzendecke und Nährstoffhaushalt im Boden am Beispiel einiger subalpiner und alpiner Gesellschaften im Raum Tappenkars (Salzburg) und der Fragant (Kärnten). Carinthia II, 166./86. Jg., S. 339 - 371, Innsbruck
130. PELLEGRINI, M., 1973: Materiali per una storia del clima delle Alpi Lombarde durante gli ultimi cinque secoli. Archivio Storico Ticinese, Jg. XIV, H. 55 - 56, S. 135 - 278, Bellinzona
131. PERRET, M., 1950: Les colonies tessinoises en Californie. Lausanne
132. PIWOWAR, A., 1903: Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalde. Diss. Zürich
133. POSER, H., 1954: Die Periglazial-Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler-Alpen). Göttinger Geographische Abhandlungen, H. 15, S. 125 - 180, Göttingen
134. PRUTZER, E., 1967: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. in: Ökologie der Waldgrenze. Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, H. 75, S. 173 - 205, Wien
135. RAPP, A., 1957: Studien über Schutthalde in Lappland und auf Spitzbergen. Zeitschrift für Geomorphologie, Bd. 1, S. 179 - 200, Berlin
136. RAPP, A., 1961: Studies of postglacial development of mountain slopes. Meddelanden från Uppsala Universitets Geografiska Institution, Ser. A, Nr. 159, Uppsala
137. RAPP, A., 1965: Solifluction and avalanches in the scandinavian mountains. Proceedings of First International Conference on Permafrost, NAS/NRC publ. no. 1287, S. 150 - 154, Washington
138. RAUH, W., 1939: Der polsterförmige Wuchs. Nova Acta Leopoldina, Bd. 7, Nr. 49, Leipzig
139. RAYNER, M.C., 1922: Nitrogen fixation in Ericaceae. Botanical Gazette, 73, S. 226 - 235, Chicago
140. REHDER, H., 1971: Zum Stickstoffhaushalt alpiner Rasengesellschaften. Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 84, H. 12, Stuttgart

141. REIST, M., 1960: Beiträge zur Morphologie und Hydrologie des Bavona-Tales. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 11, Bern
142. RICHTER, G., 1965: Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der BRD. Forschungen z. Deutschen Landeskunde 152, Bad Godesberg
143. RICHTER, M., 1975: La regressione dell'alpicoltora in Val Verzasca. Archivio Storico Ticinese, No. 61, S. 3 - 32, Bellinzona
144. RICHTER, M., 1978 a: Landschaftsökologische Standortanalysen zur Ermittlung des natürlichen Potentials an Weinbergbrachen am Drachenfels. Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, H. 45, Bonn
145. RICHTER, M., 1978 b: Beobachtungen zur winterlichen Temperaturverteilung in den Südalpen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Wetterlagen. Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, H. 31, S. 90/1 - 90/8, Wien
146. SAUBERER, F., DIRMHORN, I., 1958: Klimatologie von Österreich: Das Strahlungsklima. Österreich. Akademie f. Wissenschaften, Denkschrift Gesamtakademie, S. 13 - 102, Wien
147. SCHEGIEWAL, A.D., 1976: Die Böden am Nordabfall des Siebengebirges und deren physikalische und chemische Eigenschaften in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein. Diss. Bonn
148. SCHMIDT, G., 1969: Vegetationsgeographie auf ökologisch-soziologischer Grundlage. Leipzig
149. SCHULZE-RETTMER, R., YAWARI, T., 1976: Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs im Abwasser als Ammoniak ohne Destillation sowie Automatisierung der eigentlichen Analyse. Vom Wasser, Bd. 46, S. 11 - 20, Weinheim
150. SCHMITHÜSEN, J., 1968: Allgemeine Vegetationsgeographie³. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Bd. IV, Berlin
151. SCHREIBER, K.-F., 1977: Über einige methodische Probleme und Ergebnisse der phänologischen Kartierung der Schweiz. in: TÜXEN, R.: Berichte der Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde, 1975, Vaduz
152. SCHÜEPP, M., 1961 - 69: Klimatologie der Schweiz, C. Lufttemperatur. Beiheft zu den Annalen d. Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Zürich
153. SCHWEIZER, G., 1968: Der Formenschatz des Spät- und Postglazials in den Hohen Seealpen. Aktualmorphologische Studien im oberen Tineetal. Zeitschrift f. Geomorphologie, Suppl. Bd. 6, Berlin/Stuttgart
154. SEVRUK, B., 1972: Vergleichende Niederschlagsmessungen mit hangparallelen Auffangflächen auf der Cape au Moine (Baye de Montreux). Wetter und Leben, Jg. 24, H. 9 - 10, S. 190 - 197, Wien
155. SOLARI, R., 1966: Vennt'anni di miglioramento alpestre nel Cantone Ticino. Bern
156. STAUB, W., 1957: Pliozäne Verebnungen und Flußläufe in den schweizerischen Zentralalpen. Erdkunde, Bd. 11, Lfg. 2, S. 124 - 128, Bonn

157. STEUBING, L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin/Hamburg
158. STODDART, D., 1970: Die Geographie und der ökologische Ansatz. Das Ökosystem als Prinzip und Methode. in: D. BARTELS: Wirtschafts- und Sozialgeographie. S. 115 - 124, Köln/Berlin
159. STRAHLER, A., 1964: Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. in: CHOW, V.T.: Handbook of applied hydrology, Sec. 4, S. 39 - 76, New York
160. STÜSSI, B., 1970: Naturbedingte Entwicklung subalpiner Weidenrasen auf Alp la Schera im Schweizer Nationalpark während der Reservatsperiode 1939 - 1965. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark, Bd. XIII, H. 61, Liesthal
161. TROLL, C., 1973: Rasenabschälung (Turf exfoliation) als periglaziales Phänomen der subpolaren Zonen und der Hochgebirge. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd. 17, S. 1 - 32, Berlin/Stuttgart
162. TURNER, H., 1966: Die globale Hangstrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. Mitteil. d. Schweizerischen Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 42, H.3, S. 113 - 168, Zürich
163. UFFICIO cantonale di statistica, 1960: Censimento federale della popolazione, Bellinzona
164. UFFICIO cantonale di statistica, 1976: Annuario statistica del Cantone Ticino, 1976, Bellinzona
165. URFER-HENNEBERGER, Ch., 1970 a: Die Sommerniederschläge im Dischmatal bei Davos. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt f. d. Forstliche Versuchswesen, Bd. 46, H. 2, Zürich
166. URFER-HENNEBERGER, Ch., 1970 b: Neuere Beobachtungen über die Entwicklung des Schönwetterwindsystems in einem V-förmigen Alpental (Dischmatal bei Davos). Archiv f. Meteorologie, Geophysik u. Bioklimatologie, Ser. B, Vol.18, S. 21 - 42, Wien
167. VORNDRAN, E., 1969: Untersuchungen über Schuttentstehung und Ablagerungsformen in der Hochregion der Silvretta, (Ostalpen). Schriften des Geographischen Institutes der Universität Kiel, Bd. 29, Kiel
168. WALTER, H., 1968: Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung. Bd. II: Die gemäßigten und arktischen Zonen. Stuttgart
169. WENK, E., 1943: Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin). Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, Bd. 23, S. 265 - 293, Basel
170. WENK, E., 1955: Eine Strukturkarte der Tessiner Alpen. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, S. 255 - 272, Basel
171. WENK, E., 1975: Zur alpinen Metamorphose. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen. Bd. 55, S. 116 - 125, Basel
172. WITSCHI, R., 1956: Morphologie und Hydrologie der oberen Blenio-täler. Diss. Bern

173. ZELLER, G., 1964: Morphologische Untersuchungen in den östlichen Seitentälern des Val Blenio. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 13, Bern
174. ZENONE, E., 1971/72: Die Gewitterverhältnisse in den südlichen Zentralalpen und Voralpen. Veröffentlichungen der MZA, Nr. 22 (Teil I), und Nr. 27 (Teil II und III), Zürich
175. v. ZEZSCHWITZ, E., 1956: Verbesserung der Bodenstruktur durch Düngetorf als Ursache starker biologischer Aktivität des Bodens. Torfnachrichten 7, Bad Zwischenahn
176. v. ZEZSCHWITZ, E., 1968: Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Ein Beitrag zur Kenntnis der Trophie. Fortschritte d. Geologie Rheinland u. Westfalen, 16. Jg., S. 143 - 174, Krefeld
177. ZIELONKOWSKI, W., 1975: Vegetationskundliche Untersuchungen im Rotwandgebiet zum Problembereich Erhaltung der Almen. Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege, H. 5, München
178. ZÖTTL, H., 1952: Untersuchungen über das Mikroklima subalpiner Pflanzengesellschaften. Berichte ü. d. Geobotanische Forschungsinstitut Rübel, S. 79 - 103, Zürich
179. ZOLLER, H., 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschriften d. Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft
180. ZUBER, E., 1968: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an Strukturrasen (besonders Girlandenrasen) im Schweizerischen Nationalpark. Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen d. Schweizer. Nationalparks, Bd. XI, H. 60, S. 79 - 157, Liesthal



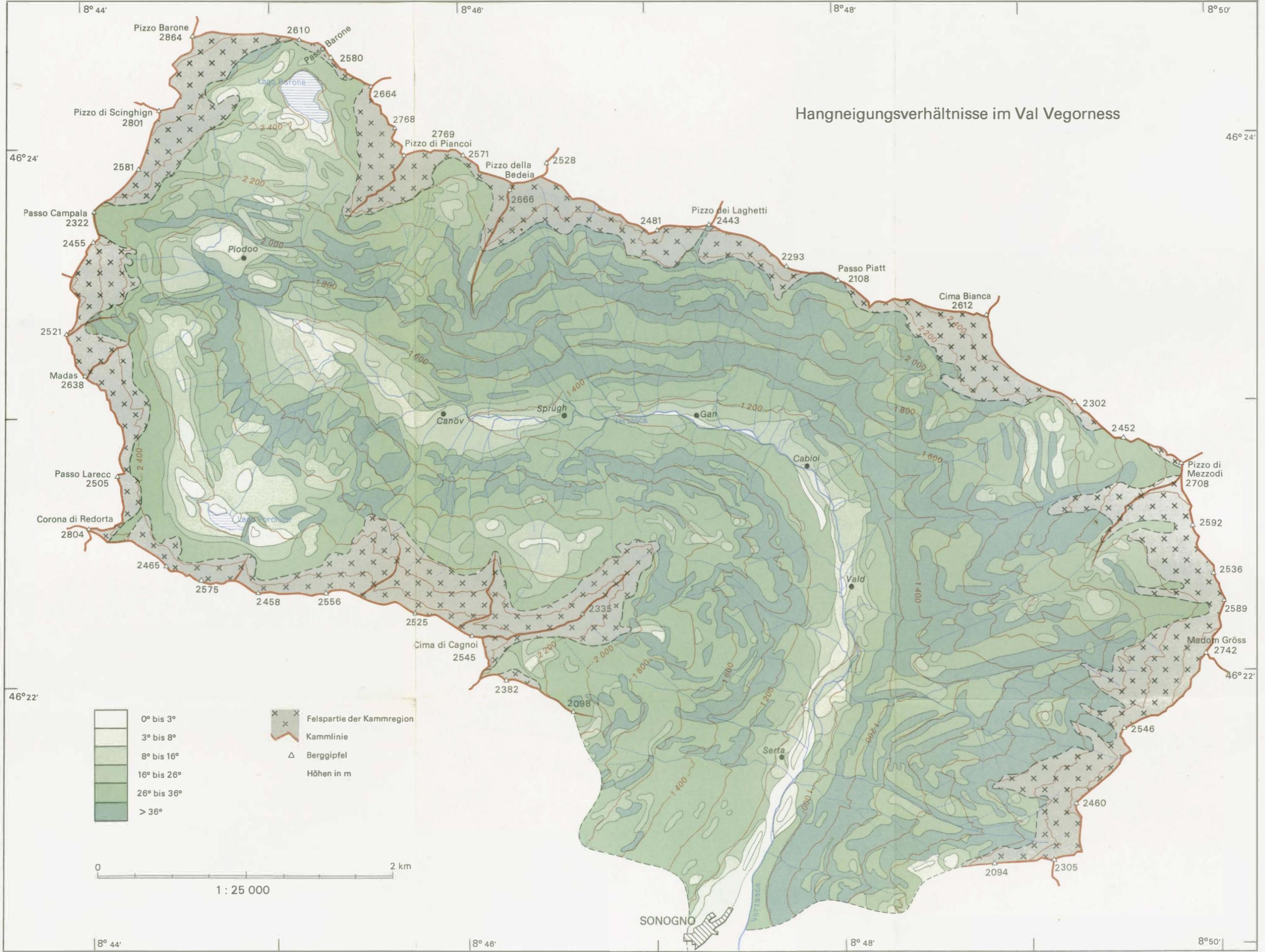


Formenelemente im Val Vegorner

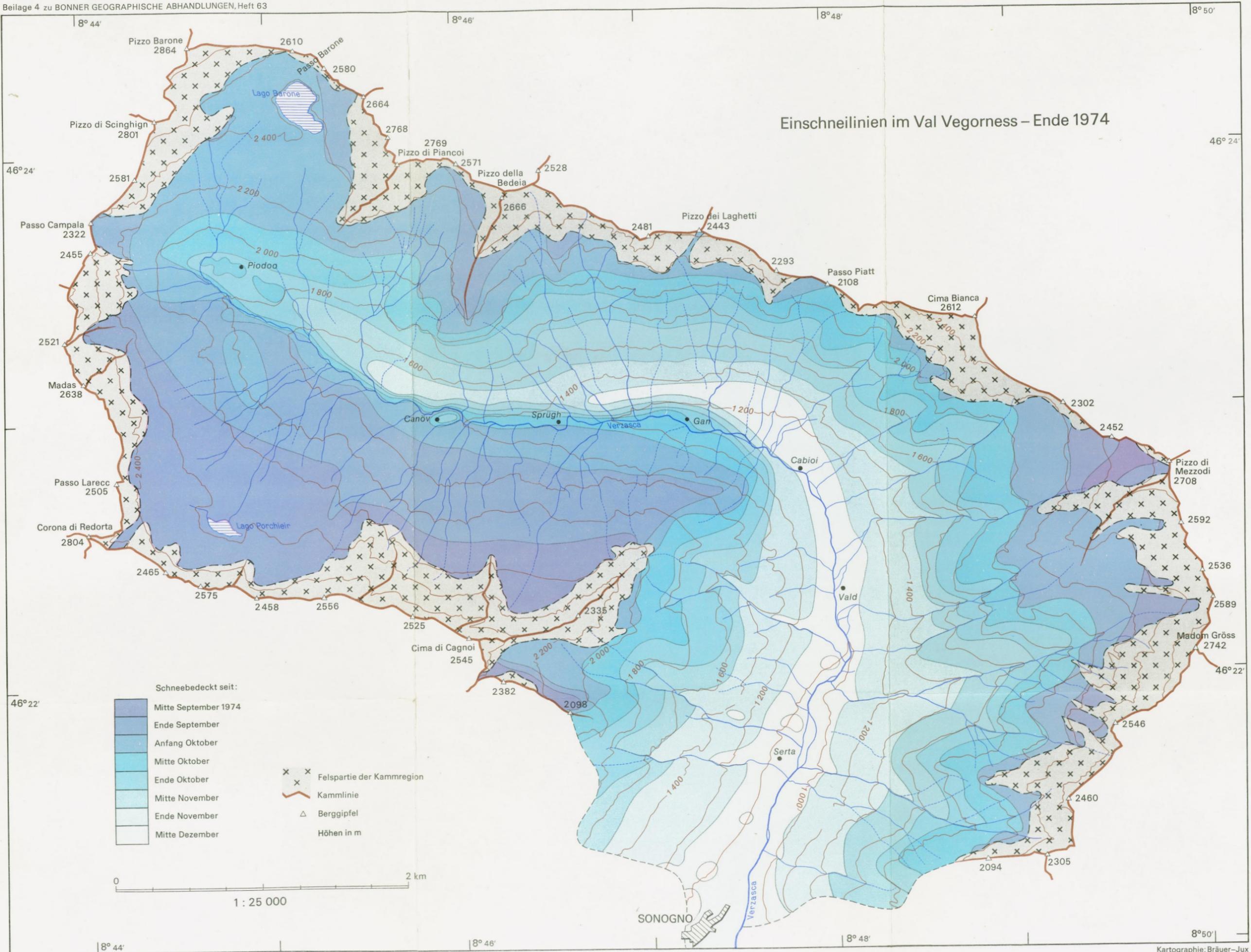
- Sturzschutt, unbewachsen
- Sturzschutt, bewachsen
- Felssturzmaterial
- Rundhöckerflur
- Schwemmfächer
- Resistenzteilen, Terrassenkanten
- Moränenmaterial
- Alluvialböden
- Pflasterböden
- Felspartie der Kammregion
- Kammlinie
- Berggipfel
- Höhen in m

0 2 km
1 : 25 000

Hangneigungsverhältnisse im Val Vegorress

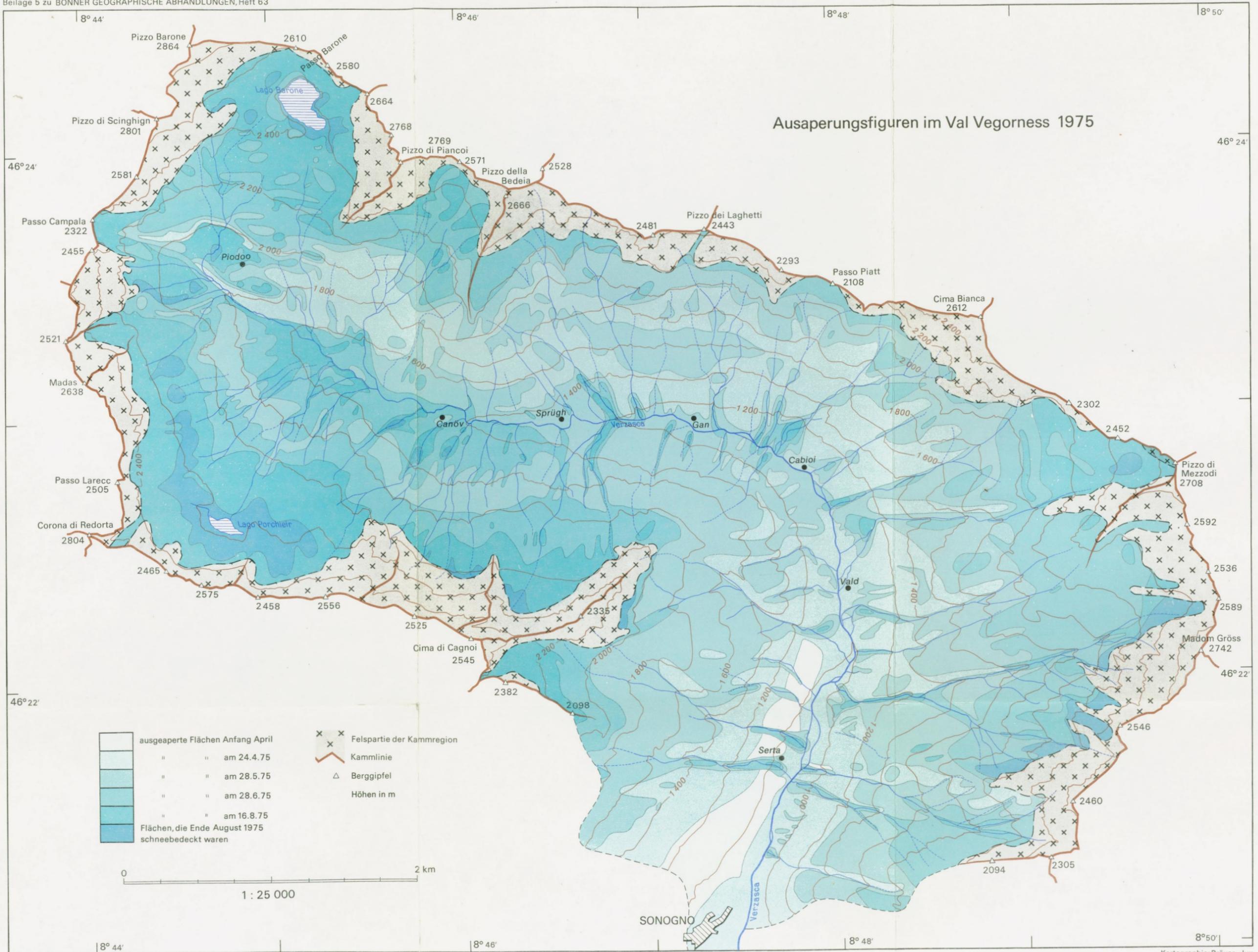


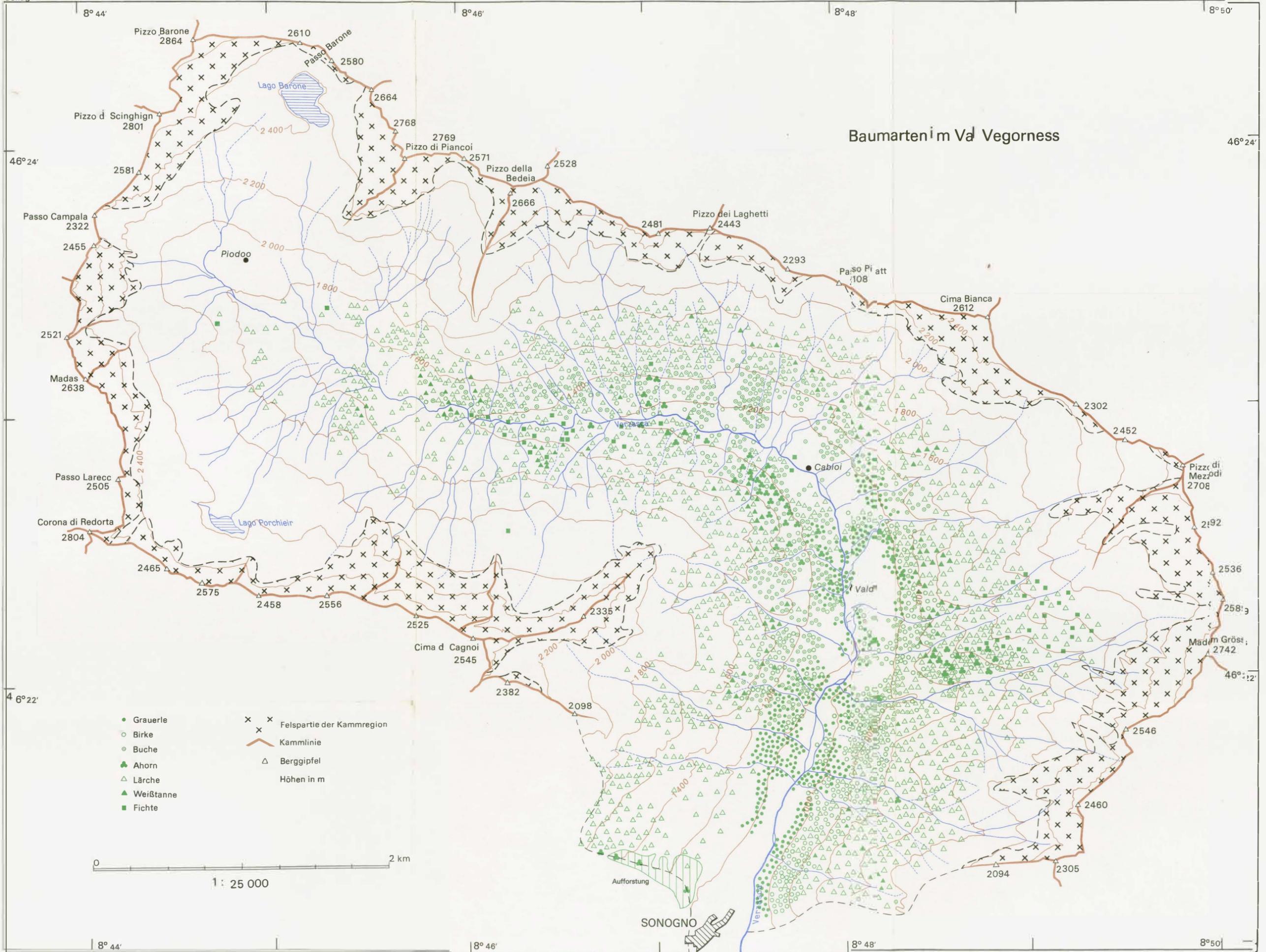
Einschneilinen im Val Vegorness – Ende 1974



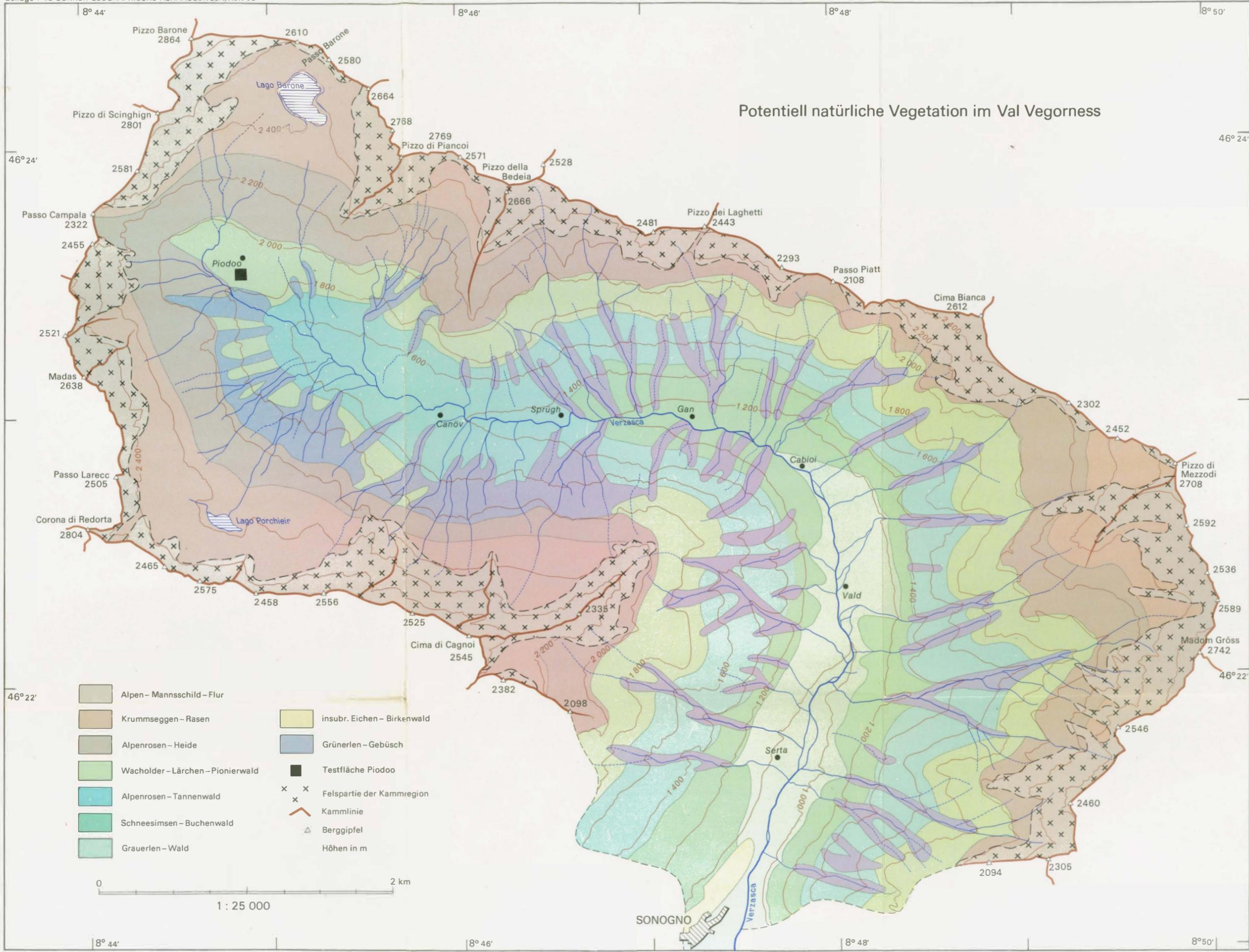
Grundlage nach Carta nazionale della Svizzera 1:25 000

Ausaperungsfiguren im Val Vegorness 1975





Potentiell natürliche Vegetation im Val Vegorness



- Alpen-Mannsschild-Flur
- Krummseggen-Rasen
- Alpenrosen-Heide
- Wacholder-Lärchen-Pionierwald
- Alpenrosen-Tannenwald
- Schneesisen-Buchenwald
- Grauerlen-Wald
- insubr. Eichen-Birkenwald
- Grünerlen-Gebüsch
- Testfläche Piodoo
- x x Felspartie der Kammregion
- Kammlinie
- ▲ Berggipfel
- Höhen in m

0 2 km
1 : 25 000

Tab. 13: Pflanzenzusammensetzung von 10 Wiesenarealen in der Buchenwaldstufe

	Fettwiese					Magerwiese					3-	1	1	S	Kn E1
	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
Nardus stricta	1.2	+1	++	1.1	1.2	+1	2.3	2.2	2.3	2.3	X	X	2	G-M	
Festuca rubra	1.2	1.2	1.1	2.3	2.3	1.2	+1	+1	+1	1.2	X	X	3	M	
Anthoxanthum odoratum	2.2	1.2	+1	+1.1	++	++	++	2.3	2.3	+1	X	X	5	E	
Trifolium repens	++	1.2	2.2	1.1	2.1		2.2	2.1	1.1	1.1	X	3-4	X	G	
Trisetum flavescens	1.2	+1	+1	+1	+1	+1	++	++	++	++	3-4	3	X	Mgi	
Ranunculus acris	++	+1	1.1	++	++	r	1.1		++	r	X	X	X	M	
Rumex acetosa	1.+	++	1.+	++	++	++	++	r	++		3-4	3	X	M	
Silene dioica	r	r		++	++	r		++	++	++	6	8	7	M	
Silene vulgaris	1.2	++	1.1	1.2	2.2	++	1.1	1.1	++	1.2	4	2	7	M	
Geranium sylvaticum	++	+1	2.3	+1	+1	1.2	r	r	++		3	4	4	M	
Alchemilla vulgaris	++	r	r		++	+1	++		++		6	6	X	G	
Ajuga reptans	r	r	r	r	r		1.1	++	++		3-5	X	X	M-N	
Myosotis arvensis	++	++	r	++	r		++	r			6	6	X	M	
Crocus albiflorus	++	++	r	r		r	++				5	X	7	S-N	
Agrostis tenuis	++	++	++	+1	++	r		r	++		X	2	2	G-M	
Festuca pratensis	+1	+1	+1	+1	+1	r	r				3-4	3	X	E	
Dactylis glomerata	+1	++	r	++	++	1.2			r		6	6	X	G	
Achillea millefolium	1.1	1.2	++	++	++						2-4	X	X	M-G	
Taraxacum officinale	++	r	1.+	r	++						X	4	X	G	
Chrysanthemum leucanthemum	++	r	r	++	1.+						3	X	X	M	
Galium mollugo	++	1.+		+1							3	X	4	M-G	
Bellis perennis	r	r					r				3	4	X	N	
Chaerophyllum hirsutum				++	r	1.2	++		+1	+1.	4	5	3	S	
Ornithogallum umbellatum	r	r					r				3	4	3	S	
Rhinanthus alectorolophus			r	++			++	++			X	3	X	Mgi	
Heracleum sphondyleum	++	+1		++	r	+1					3	4	X	M	
Satureja alpina	1.1			++		++	++	++	++		2	2	2	M	
Thalictrum minus	++				++		+1				2	3-4	3	M	
Salvia pratensis		1.+			++		++				3	3	8	M-S	
Euphrasia nemoralis	r			++		++	++	++	++		4	4	8	Mgi	
Viola tricolor				++		r	r	r			2-3	2	2	M	
Phyteuma betonicifolia			++	r	r		++	++	1.1		5	4	5		
Prunella vulgaris			r			++					3-4	3	X	M	
Plantago lanceolata						r	1.+				X	X	X	G	
Ranunculus bulbosus							++				2	2	4	Mgi	
Rumex acetosella							+1				2-3	3	7	M	
Potentilla aurea								++			2-3	2	1	M	
Cerastium arvense ssp supinum									++		X	2	3	M	
Phleum alpinum									++		2	1	2	M	
Fragaria vesca						r		++			3	4	3	N	
Sedum album								r			5	6	X		
Ranunculus aconitifolius									r		2	2	2	gi	
Silene nutans										++	3-4	3-4	3	Mgi	
Scabiosa columbifera										++	8	7	5	M	
Veronica chamaedrys										++	2	1	3	M	
Deschampsia flexuosa										++	?	?	?	M	
Carduus defloratus										++	3	3	X	M	
Galium rotundifolium						r					X	1	1	S-M	
Poa pratensis									++	1.1	X	3	2	S	
Cynanchum vincetoxicum									++	1.2	2	2	3	S	
Euphorbia cyparissias						r		r	++	++	4	5	8		
Trifolium pratensis				+1	+1	+1	+1	+1	1.1	1.1	3	3	X	Mgi	
Acer pseudoplatanus (Jgw.)						r					3	3	4		
Sorbus aucuparia (Jgw.)						++					X	X	X		
Castanea sativa						r									
Artenzahl	27	25	20	26	25	25	23	24	29	20					
Feuchtwert	Kn 3,1	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3	3,9	2,9	2,9	2,8					
	E1 4,8	4,8	5,3	5,2	4,9	5,5	5,3	4,2	4,9	4,5					
Nährstoffwert	Kn 2,7	2,8	3,1	2,7	2,8	3,3	2,7	2,4	2,5	2,2					
	E1 5,2	5,4	4,8	5,1	5,4	5,4	5,7	4,3	5,1	4,9					
Reaktionswert	Kn 2,7	3,0	2,9	2,6	2,6	3,2	2,3	2,5	2,8	2,8					
	E1 5,2	5,4	5,0	5,1	4,9	6,0	4,0	5,2	4,9	5,3					
Futterwert	144	170	138	148	140	114	86	72	71	80					
1	Sonogno (200 m se Kirche, eben)					2	Sonogno (100 m w Jugendheim, 2°ne)								
3	Sonogno (100 m s Jugendheim, eben)					4	Sonogno (Weggabelung Ticc, eben)								
5	Sonogno (200 m e Weggabelung Redorta, eben)					6	Sonogno (Wetterhütte 1, 10°sse)								
7	Sonogno (Abzweig Nel Monte, 5° ssw)					8	Sonogno/Frasco (200 m n Brückenanfang, eben)								
9	Cabioli (50 m sse der Häuser, 25°sw)					10	Cabioli (eingezäunte Mähwiese, 25° sw)								

Kn Bewertungszahl nach KNAPP (1971)

E1 Bewertungszahl nach ELLENBERG (1974)

Pflanzensoziologische Liste der Testfläche Pido

Standortnummer	Artenzahl	Häufigkeit in %	Rhododendro ferrugineae																	Trichophoretum caespitosae													
			relativ bodentrockene Variante								relativ bodentrockene, schneeflechte Variante									boden- und schneeflechte Variante					nasse Variante								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
			Lage der Standortnummern s. Abb. 36																														
			42	38	37	35	34	37	31	28	32	33	31	28	35	27	16	11	23	14	21	23	16	14	7	9	17	14	15	6	6	3	
Rhododendron ferrugineum	79		+2	+1	+2	+1	12	12	12	+2	+2	+1	13	12	+1	+1	13	+1	++	+1													
Vaccinium uliginosum	67		++	+1	12	++		12	1+					1+	r																		
Vaccinium myrtillus	67		++	+1	+1	12	12	++	12	13	++	++	12	12	+1		11																
Calluna vulgaris	37		+1	++	++	+1		++	+1	++				+1				++	++														
Juniperus nana	40		++	++	+1	++		++	+1	+1		+1		+1				++	+1														
Vaccinium vitis-idaea	17		++		++	++			1+					1+																			
Sorbus aucuparia	7								r	r																							
Loiseleuria procumbens	3													++																			
Larix decidua	3																																
Agrostis tenuis	7													++													++						
Rumex acetosa	13													++																		++	
Molinia coerulea	23		++			+1																						++			+1		
Cirsium spinosissimum	30							++	r										r	+1											+2	++	
Potentilla erecta	67		11	++	+1	++		++	+1				++						++	++	11	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	11	
Nardus stricta	87		23	12	+1	23	12	12	++	23	+1	23	12	++	12	11	12		++	+1	+1	23	23	12	22	+1					12	+1	22
Anthoxanthum odoratum	67		11	++	++	11	++	++	+1	++	++	++	11						++	22	++										++		++
Leontodon helveticus	67		++	++	++	11	++	++	++	++	++	++	11						1+		++	++	1+	11	11	++							
Astrantia minor	67		++	++	1+	++	++	1+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++						r				++	++	
Solidago virgaurea ssp. alpestris	67		1+	++	++	++	++	++	++	11	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++										++	++	
Carex sempervirens	67		11	22	11	11	++	12	+1	++	++	11	++	++	++	++	++	++	++	++	++										+1	+1	
Arnica montana	57		11	11	+1	+1	+1	+1	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++										++	r	
Homogyne alpina	50		++	1+	++	++	1+	1+	++					++	++	++															1+	21	
Phyteuma hemisphaericum	47																														r	++	++
Hieracium intybacium	40		++	++	++	++			++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++										11		
Geum montanum	37		++	++	++		++		++					++	11	++															12		
Thelypteris limbosperma	37			+1	++		r	++	+1					++	++	++												r	++			++	
Cryptogamma crispa	30			r				++	++	++				++	++	++															11	++	
Phyteuma betonicifolia	27		++				++	++	++	++				++	++	++															++	++	
Gentiana purpurea	27				r	++		r		+1	++	++		r					++														
Sempervivum montanum	23		++	++						++	++	++	++	++	++	++															++	++	
Poa alpina	17							++						++	++	++															11		
Athyrium filix-femina	20						++							++	++	++															+1		
Hypericum maculatum	13						++							++	++	++															++	++	
Agrostis rupestris	17							++		++				++	++																11		
Festuca ovina	13							++						++	++																++	++	
Hieracium auricula	10		++											++	11																++	11	
Pulsatilla alpina	7			r																++											++		
Hypochoeris uniflora	7													++	++																++	++	
Ranunculus acris	10		++				++																								++		
Laserpitium halleri	10						++			++																					++		
Carex caryophylla	3							++																							++		
Polygonatum verticillatum	3							++																							++		
Lotus alpinus	3																														++		
Pedicularis tuberosa	3						++																										
Carlina acaulis	3													++																			
Hieracium pilosella	3		++																														
Thesium alpinum	3		r																														
Euphrasia minima	3						++																										
Blechnum spicant	7			r						++																							
Maianthemum bifolium	7						++							++																			
Luzula multiflora	13		++				++							++																	++		
Silene rupestris	13		++	++										++																	++		
Lycopodium alpinum	13			++	++									11																	++		
Phyteuma scheuchzeri	13		++	++	++					++																							
Leucorchis albida	17		r				++	++	++	++				++																	++		
Hieracium villosa	17		++	++	++					++	r																				++		
Alchemilla alpina	20		++	++	++					++				++																	++		
Viola bifolia	23		++	++	++			++	++					++																	++		
Calamagrostis humilis	23			++	11		r	12																									
Euphrasia hirtella	17		++	++	++			++		++				++																			
Primula hirsuta	20		++	++	++			++	++	++	1+			++																	++		
Gentiana kochiana	27		++	++	++									++	++																++	++	
Juncus trifidus	20		++	++	++			++	++	++				++																	++		
Trifolium alpinum	33		++	++	++	++								11																	++	++	
Festuca rubra ssp. rubra	43		11	++			++	++		++	11	++	11	11	++																++	++	
Campanula scheuchzeri	43		++				++	++	++	++	++	++	++	++	++	++															++		
Deschampsia flexuosa	43			++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++															++		
Hieracium sylvatica	30		++	++	++	++		r	++					++	++																++		
Campanula barbata																																	

Pflanzensoziologische Liste von Arealen der Krummseggenrasen und der subnivalen Stufe

Höhe in m Inklination in ° Exposition	Schneetaichen										bodenfeuchtes Caricetum				Schutthalden			Felsspalten				sommerwarmes Caricetum mit Nardetum-/Rhoderetumarten				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	2390	2350	2210	2200	2390	2420	2420	2565	2280	2270	2660	2430	2690	2260	2690	2780	2860	2790	2850	2750	285	2380	2320	1325	2320	2490
			5	5	3	0-10	0	2	5-20	10-75	0	20	40	30	0	10	15-30	5	5	5	5	10	35	2	20	10-75
					e	e	w	s	-	se	sw	nne	ese	ws	ese	n	w	se	se	se	sse	ws	w	sw	se	
Chrysanthemum alpinum	81	++	++	1+	++	++	11		1+	++	++	++	++	11	11	++	++	1+	++	++	++					
Carex curvula	77	++	++	++	11	11	34	++	++	++	++	11			11	12	++	++	23	24	22		23	++	22	
Salix herbacea	69	12	++	++	++	++	12	12	12	12	++	++			++	++	13	++	++	++	++		++	++	11	
Leontodon helvetica	50	++			++	11	++	rr						++				++			++	++	++	++	++	
Polygonum viviparum	42			++				++		++	11				1+		11		1+	++			++	++	++	
Poa alpina	38			12	rr			++	++	++	++					11			++		++		++	++		
Sedum rosea	38								++	++	++	++		rr	++	++					rr			++	rr	
Euphrasia minima	38								++	++	++	++			++	++	2+				21	++		++	rr	
Primula hirsuta	38					rr		rr							++						rr		++	++	++	1+
Polytrichum sexangulare	54	+	2		1	3		3	3				1	+		+					+	+				
Poa laxa	58	1+	11	1+	21				++		11	++	21	++	1+		++	11	++	21	++			++		
Gnaphalium supinum	42	1+			1+			21	++			++	2+	rr	++	++	++				++					
Ranunculus glacialis	38									++	++	++	1+	++	++	++	1+	++		1+		11				
Taraxacum alpinum	35			1+	1+			++	rr		++	++		++	++	++										
Saxifraga muscoides	19		++											++	++	++	++									
Minuartia rupestris	15	++	++			++										++										
Sieboldia procumbens	12							1+	rr							++										
Alchemilla pentaphylla	15						1+	11	22			++													++	
Carex foetida	19		++		11			11	++	++															++	
Silene acaulis	23						++	++	++	++	++	++		++											++	
Cardamine resedifolia	23	++	++																							
Cardamine alpina	8				1+			++																		
Cerastium cerastoides	4							++																		
Loiseleuria procumbens	4							++																		
Festuca ovina	4							++																		
Phyteuma scheuchzeri	8							rr	1+																	
Agrostis alpina	12							11			++													++		
Phleum alpinum	4								22																	
Achillea moschata	4							++																		
Athyrium distentifolium	4							++																		
Lycopodium alpinum	4									++																
Carex frigida	4									++																
Aster bellidiastrum	4									++																
Aster alpinum	4									++																
Alchemilla alpina	12								11	++			++													
Bartsia alpina	12																								++	
Cryptogamma crispa	23			++	++			++			++	++	++	++												
Cirsium spinosissimum	35		++	++		1+		++		++	++	++	++	++										++		
Veronica alpina	31		++					++	++			++	++	++	++	++	++									
Calamagrostis humilis	38		++					11	11	11	22	1+	11										11	++	++	
Luzula spadicosa	58	33	22	11	12	11	++	23	22	22	++	++		11	++					++				++		
Doronicum clusii	27									11	++	++	++	++	11	++									++	
Gentiana punctata	19	21	22	++				++	++	++																
Geum reptans	8										11	++														
Myosotis alpina	8							++						++												
Adenostyles glabra	12								11		++															
Saxifraga stellaris	4																								++	
Epilabium anagallidifolium	4													++												
Alchemilla vulgaris	4													++												
Cerastium uniflorum	8												++					++								
Pedicularis kernerii	15										++	++	++	++	++											
Cerastium alpinum	8												++					++								
Linaris alpina	12										++	++			++											
Oxyria digyna	12										11	1+	2+													
Festuca halleri	15										++	++								++	22					
Saxifraga seguieri	12										++															
Poa alpina vivipara	31									++	++	21	++	++	++	11	++			++						
Saxifraga bryoides	35									++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++					
Luzula spicata	35											1+	++	++	++	++	++	++	++	++	++		++	11		
Gentiana brachyphylla	35				++			11		++				++	++	++	++	++	++	++	++					
Minuartia sedoides	46					++		++		++	++			++	++	++	++	++	++	++	++			++		
Silene exscapa	35									++	++			++	++	++	++	++	++	++	++					
Saxifraga exarata	15													++	++	++	++	++	++	++	++					
Saxifraga oppositifolia	12													++	++	++										
Erythronium num	8													++	++											
Androsace alpina	8													++	++											
Sedum alpestre	8													rr	rr											
Ligusticum mutellinoides	8															++	++	++	++	++	++					
Festuca pumila	8																++	++	++	++	++					
Soldanella alpina	8			1+										++	++											
Pulsatilla alpina	4													++	++											
Achillea nana	4													++	++											
Elyna myosuroides	4													12												
Erigeron uniflorus	4													++	++											
Agrostis rupestris	4										++			11			++		22	++						
Phyteuma hemisphaerica	19													++	++				1+			++	++	++	++	
Galium anisophyllum	27								++				rr										++	++	++	
Vaccinium uliginosum	19				++			++														++	++	++	++	
Nardus stricta	23				++																	11	12	++	++	
Astrantia minor	19										++												++	++	++	
Arnica montana	15																					11	++	++	++	
Juncus trifidus	15								22														++	21	11	
Festuca rubra	15								11													11	11	++	++	
Trifolium alpinum	15																					++	11	21	++	
Rhododendron ferruginosum	12		</																							