

**Zeitschrift:** Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft  
**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft  
**Band:** 55 (1917-1918)

**Artikel:** Oekologie der Felsflora kalkarmer Gesteine  
**Autor:** Wetter, Ernst  
**Kapitel:** 3: Die Stand-, Keim- und Wuchsorte bildenden Faktoren  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-834826>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

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

### 3. Kapitel.

## Die Stand-, Keim- und Wuchsorte bildenden Faktoren.

---

#### 1. Unterkapitel.

### Die allgemeinen Faktoren des Untersuchungsgebietes. (Bildung der Standorte.)

#### § 1. Wahl des Untersuchungsgebietes.

Wir wählten das *Gotthardgebiet* aus folgenden Gründen:

Die bisherigen Untersuchungen (Oettli, Diels, Bachmann) erstrecken sich beinahe ausschließlich auf kalkreiche Sedimente. Ein Studium der Verhältnisse in einem kalkarmen, massigen Gestein erschien zweckmäßig.

Es liegen aus diesem Gebiete zahlreiche chemische Analysen der Gesteine vor (Grubenmann, Hezner, Waindziok).

Es ist reich an typisch ausgeprägten Felswänden.

Das zentralschweizerische Gebirgsmassiv des Gotthards liegt zwischen dem Aarmassiv und dem Tessinermassiv. Auf der Nordseite bildet die Urserenmulde die Grenze gegen das Aarmassiv. Auf der Südseite scheidet die Bedretto-Piora-Mulde unser Massiv von dem Tessinermassiv. Die Sedimente dieser beiden Mulden wurden bei der Alpenfaltung eingeklemmt zwischen beiden Massiven. An den Rändern derselben bildeten sich infolge des ungeheuren Druckes Schiefergesteine, die in die Untersuchungen einbezogen wurden, obwohl sie wahrscheinlich aus Sedimenten der Mulde entstanden sind.

Das eigentliche Gotthardmassiv reichte nicht aus für alle Beobachtungen und Untersuchungen. Sie wurden darum in

den beiden Quertälern der Reuß und des Tessin fortgesetzt, auf der Nordseite bis nach Wassen und gegen Amsteg und auf der Südseite bis nach Faido. Im Reußtal fiel in erster Linie die Schöllenen, ein Teil des Aarmassives, mit ihren gigantischen Felswänden in Betracht. Zum Vergleiche wurden die Beobachtungen auch in der Umgebung von Locarno und im untern Maggiatale fortgesetzt. Diese Ausdehnung unter Überspringung der beiden genannten Mulden ermöglichte ein intensiveres Studium namentlich des Einflusses der Meereshöhe und der damit in Zusammenhang stehenden Faktoren sowohl in unserem nordalpinen Gebiete als auch auf der Südabdachung des Hauptgebirgskammes bis in das insubrische Gebiet. Die Ausdehnung in das insubrische Gebiet diente hauptsächlich dem Studium der Oekologie von *Saxifraga Cotyledon* und *Primula hirsuta*.

Zum weiteren Vergleiche wurde auch das Haupttal verlassen und namentlich das Gebiet des Wytenwassertales einbezogen, das ein paralleles Seitental zur Gotthardreuß ist und von der Rotondohütte des S. A. C. leicht zugänglich ist. Es sind dies die Gebiete der Fibbia-Lucendro-Hühnerstockkette, der Valetta, der Winterhornkette, der Leckihorn-Rottälihornkette. Im Gegensatz zu den mehr oder weniger festen Gesteinen der genannten Gebiete wurde nach Osten übergegriffen in das Gebiet des Pizzo Centrale.

Das Untersuchungsgebiet wurde zu verschiedenen Malen und zu verschiedenen Zeiten besucht, so: Sommer 1910, Sommer 1911, Frühling 1913 in Locarno, Sommer 1913 und Herbst 1913, Sommer 1914. Die Hauptbeobachtungen wurden in dem sehr nassen Sommer 1910 und im Gegensatz dazu in dem äußerst trockenen Sommer 1911 gemacht.

## § 2. Das Klima des Untersuchungsgebietes.

Wir sind uns wohl bewußt, daß die hier zu gebenden Daten nur die allgemeine klimatologische Grundlage darstellen, auf welche sich dann die speziellen, felsklimatischen Standorte aufbauen. Wie der spezielle Teil zeigen wird, spielen die lokal-klimatischen Verhältnisse gerade bei der Felsflora eine so große Rolle, daß das allgemeine Klima dagegen ganz zurücktritt. Wenn wir trotzdem etwas ausführlicher über dasselbe berichten,

so geschieht dies namentlich des Vergleiches mit andern Gebieten wegen. Die Daten stammen aus den schweizerischen meteorologischen Beobachtungen und dem ausgezeichneten Werke von Maurer und Billwiller.

#### a) Niederschläge.

Das Gesamtgebiet von Wassen bis Locarno gehört, abgesehen von einigen Trockenoasen, zum niederschlags- und insbesondere zum schneereichsten der Schweiz. Durch das ganze Gebiet hindurch wird der allgemein gültige Satz bestätigt, daß die Niederschlagsmenge zunimmt mit der Meereshöhe. Wir haben deshalb das Maximum der Niederschläge auf dem Gebirgskamme zu suchen, also auf dem Hospiz. Es folgt aber kein gleichmäßiges Abnehmen nach Norden und nach Süden. Zwei Ausnahmen springen sofort in die Augen: die Niederschläge nehmen auf der Südseite gegen den Rand der Tessiner Alpen plötzlich wiederum zu und Andermatt ist ausnahmsweise trocken. Leider fehlen dort Felsstandorte, dagegen zeigen die Standorte an der Oberalpstraße deutlich den Einfluß dieses Trockengebietes (vorherrschend *Sempervivum*).

Von größter Bedeutung ist die ungleiche Verteilung der Niederschläge auf die verschiedenen Jahreszeiten. Die größten Mengen fallen während der Vegetationsperiode und kommen den Pflanzen direkt zugute. Das winterliche Alpendruckmaximum verunmöglicht eine Bildung ausgiebiger Niederschläge zur Winterszeit. Die Mengen kleinerer Niederschläge des Winters haben auf den höheren Stationen aber doch einen großen Einfluß, da sie in fester Form niedergehen und im Frühling zur Schneeschmelze bis in den Sommer hinein ein Reservoir bilden. Daß Trockenperioden auftreten können, zeigt der Sommer 1911.

Über die Niederschlagsverhältnisse geben die nachfolgenden Tabellen nähern Aufschluß:

#### Durchschnittliche Niederschlagsmengen:

	Höhe ü. M.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Total
Altdorf . . .	452	53	64	79	98	103	135	166	154	105	118	88	85	1248
Göschenen . .	1100	78	97	124	132	123	101	120	127	124	139	100	98	1363
Andermatt . .	1446	97	108	88	81	87	88	108	120	139	142	78	74	1210
Hospiz . . .	2100	14	50	50	200	102	228	194	166	268	215	55	95	1937



	Höhe ü. M.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Total
Airolo . . . . .	1142	77	78	123	113	150	119	141	165	136	231	138	102	1573
Faido . . . . .	759	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1388
Biasca . . . . .	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1477
Locarno . . . . .	249	72	68	131	161	217	182	187	234	217	243	145	83	1940
Lugano . . . . .	276	67	55	101	159	179	185	159	183	194	209	138	72	1701

NB. Die Regenmengen des Hospizes stammen vom Jahre 1907, welche am ehesten der mittleren Niederschlagsmenge entsprechen könnten. Jahrelange Aufzeichnungen fehlen von dieser Station; deshalb konnten die Zahlen nicht dem Maurerschen Werke entnommen werden.

### Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode 1911:

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Altdorf . . . . .	77	186	59	104	109	89
Gurtellen . . . . .	39	142	39	66	114	131
Göschenen . . . . .	65	165	34	78	154	200
Andermatt . . . . .	78	153	17	90	135	177
Furka . . . . .	29	101	10	47	46	89
Gletsch . . . . .	64	124	16	54	107	195
Hospiz . . . . .	111	277	10	151	215	280
Airolo . . . . .	79	218	4	200	112	343
Faido . . . . .	79	150	2	68	110	261
Bellinzona . . . . .	85	322	11	234	144	253
Locarno . . . . .	110	282	5	254	179	311
Lugano . . . . .	103	323	37	405	228	240

### Einige maximale Niederschläge:

#### a) Regen:

1. Andermatt . . . . . 150 mm 4. VIII. 1898
2. Gotthard-Hospiz . . . . . 280 mm 27. IX. 1868
3. Airolo . . . . . 218 mm 16. XII. 1886
4. Faido . . . . . 223 mm 9. X. 1889
5. Locarno . . . . . 178 mm 27. X. 1889

#### b) Schnee:

1. Göschenen . . . . . 75 cm 63,5 cm Schmelzwasser 9. IX. 1886
2. Airolo . . . . . 110 cm 41 cm „ 19. XII. 1896

Größte gemessene Schneehöhen sind beim Gotthardhospiz (1927 m):

1906	15.	I.	314 cm	1.	VI.	140 cm
1907	1.	II.	170 cm	15.	III.	180 cm
1908	18.	II.	175 cm	3.	V.	240 cm
1909	26.	III.	165 cm	28.	V.	100 cm
1910	6.	IV.	360 cm	13.	V.	340 cm
1912	22.	III.	270 cm	7.	VI.	25 cm
1913	6.	VI.	380 cm	26.	VI.	10 cm

## Anhang: Schneeschmelze Gotthardhospiz: 1911

### Schneeschicht:

20. V.	281 cm	} 55 cm geschmolzen in 7 Tagen
27. V.	226 cm	
3. VI.	165 cm	
8. VI.	125 cm	
10. VI.	100 cm	
15. VI.	80 cm	} 61 cm " in 7 "
		} 40 cm " in 5 "
		} 25 cm " in 2 "
		} 20 cm " in 5 "
		201 cm in 25 Tagen.

### Dauernd schneefrei wurde das Hospiz:

1905	31. V.	1909	15. VII.	1911	23. VI.
1906	25. V.		(frei 21.—25. V.,	1912	20. VI.
1907	?		1.-5. VI., 7.-9. VI.	1913	29. VI.
1908	8. VI.	1910	30. VI.	1914	23. VII.

Mittlere Aperzeit der letzten 10 Jahre: 22. VI. bis 25. VI.

### b) Relative Feuchtigkeit:

Die relative Luftfeuchtigkeit ist in unserem Gebiete am größten im Sommer, also während der Vegetationsperiode und am kleinsten während der Ruhezeit der pflanzlichen Lebewesen, also gerade die entgegengesetzte Erscheinung als in unseren Niederungen. Auch die Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit von der Temperatur ist zur Genüge bekannt.

Dazu einige Daten vom Hospiz:

	Lufttemperatur			Relative Luftfeuchtigkeit		
	morgens	mittags	abends	morgens	mittags	abends
	7 h	1 h	9 h	7 h	1 h	9 h
21.	5,0	10,8	9,6	38 %	42 %	55 %
22.	10,8	16,2	11,6	38 %	25 %	58 %
23.	12,6	17,0	12,6	34 %	23 %	43 %
24.	11,0	14,8	10,4	38 %	34 %	58 %
25.	8,4	15,6	9,6	65 %	40 %	90 %
26.	6,6	8,2	7,4	90 %	92 %	95 %
27.	8,2	13,0	8,6	58 %	40 %	95 %
28.	3,8	13,8	8,0	94 %	25 %	92 %
29.	5,2	14,0	8,8	90 %	30 %	80 %
30.	10,0	14,6	10,4	55 %	54 %	80 %

### c) Temperatur:

Aus der nachfolgenden Tabelle erkennt man deutlich die allgemeine Tatsache der Temperaturabnahme mit zunehmender Meereshöhe.

## Mittlere Temperaturen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Mittel	Schwankungen
Altdorf . . . . .	452 m	0,1	2,0	4,8	9,3	13,0	16,2	18,0	17,3	14,6	9,5	4,9	0,8	17,9
1910 . . . . .		0,7	2,8	5,1	8,8	12,0	16,6	15,6	16,4	11,3	10,4	4,7	5,1	
1911 . . . . .		-3,0	0,7	6,1	8,0	13,3	16,1	19,7	20,1	15,9	9,7	7,0	4,2	9,8
Gurtellen . . . . .	742 m	-0,5	1,3	3,8	8,3	12,0	15,0	17,0	16,2	13,7	8,7	4,3	0,2	17,5
1910 . . . . .		-0,6	1,9	4,4	7,3	10,6	15,2	14,6	15,3	10,4	10,4	3,8	4,5	8,2
1911 . . . . .		-4,1	-0,5	4,7	6,4	12,3	14,8	19,0	19,3	15,6	10,2	6,7	3,5	9,0
Göschenen . . . . .	1110 m	-2,1	-0,7	0,8	5,0	8,9	12,7	14,6	13,8	11,5	6,5	2,7	-1,3	16,7
1910 . . . . .		-1,6	-0,9	1,6	3,9	7,7	12,8	12,3	13,5	8,5	8,8	0,6	1,9	5,8
1911 . . . . .		-3,6	-1,9	1,4	3,9	9,9	12,1	17,0	17,5	13,4	8,2	6,0	6,2	7,1
Andermatt . . . . .	1446 m	-6,0	-4,7	-2,3	2,0	6,4	9,7	11,8	11,0	8,5	3,6	-1,2	-5,7	18,5
1910 . . . . .		-6,0	-4,0	-2,1	0,9	4,9	9,7	9,5	10,7	5,6	5,7	-2,5	-2,0	2,5
1911 . . . . .		-8,3	-5,5	-1,3	0,6	6,6	9,4	13,6	13,6	9,5	4,8	0,8	-1,3	
Hospiz . . . . .	2110 m	-7,7	-7,1	-6,2	-2,4	1,3	4,9	7,9	7,6	5,2	0,2	-4,1	-7,1	15,6
1910 . . . . .		-6,9	-8,0	-5,6	-3,4	0,4	5,8	5,8	7,1	2,9	1,6	-6,9	-5,1	
1911 . . . . .		-7,0	-6,8	-5,2	-2,8	2,0	4,8	11,1	10,7	7,0	1,0	-2,3	-4,9	
Airolo . . . . .	1142 m	-3,2	-1,3	0,8	5,1	9,1	13,5	15,8	14,8	11,7	6,0	1,2	-2,7	19,0
1910 . . . . .		-1,7	-0,9	1,5	4,2	8,3	13,8	14,0	14,5	10,3	7,7	-0,2	0,4	6,0
1911 . . . . .		-2,3	-0,4	1,3	5,0	9,9	12,6	18,1	17,7	13,6	6,2	1,9	-0,9	6,9
Faido . . . . .	758 m	-0,3	1,7	4,2	8,9	12,8	16,7	18,9	17,7	14,3	8,6	3,9	0,5	19,2
1910 . . . . .		1,1	1,4	4,8	7,5	11,3	16,7	16,2	17,0	12,9	2,3	2,6		
1911 . . . . .		1,3	1,9	3,9	8,5	12,8	15,0	20,6	20,6	16,4	8,2	4,5	1,5	9,6
Biasca . . . . .	298 m	0,9	3,5	7,1	11,6	15,2	19,0	21,3	20,5	17,4	11,5	5,8	2,0	20,4
Bellinzona . . . . .	237 m	1,6	4,2	7,7	12,2	16,0	20,0	22,3	21,1	17,8	11,9	6,5	2,7	20,7
1910 . . . . .		3,5	4,3	7,9	10,8	14,5	19,7	19,6	19,8	16,3	12,2	4,9	4,4	11,5
1911 . . . . .		1,5	3,3	7,3	11,6	16,0	18,2	23,5	23,0	18,2	10,9	6,9	3,5	12,0
Locarno . . . . .	239 m	2,0	4,2	7,4	11,8	15,6	19,5	21,9	20,7	17,6	11,6	6,7	3,2	19,9
1910 . . . . .		3,9	4,3	8,2	10,6	14,5	19,1	18,8	19,5	16,1	13,4	5,4	5,2	
1911 . . . . .		3,0	4,2	7,5	11,7	15,4	17,7	22,7	22,9	18,4	11,2	7,6	4,4	12,2
Lugano . . . . .	275 m	1,3	3,5	6,9	11,4	15,1	19,1	21,5	20,5	17,2	11,5	6,2	2,3	20,2
Mailand . . . . .	147 m	0,0	2,9	8,1	12,8	17,3	21,7	23,5	22,7	19,3	13,0	6,7	1,9	23,5

Es gibt aber auch hier gewisse Abnormalitäten wie bei den Niederschlagsmengen.

	Höhen-Differenz	Temperatur-Differenz	Temperatur-Differenz auf 100 m	
Altdorf . . . .	452 m			
Gurtellen . . .	742 m	290 m	0,9°	0,31°
Wassen . . . .	850 m	108 m	0,8°	0,75°
Göschenen . . .	1110 m	260 m	1,5°	0,58°
Andermatt . . .	1442 m	332 m	3,3°	1,0°
Hospiz . . . .	2100 m	658 m	3,3°	0,5°
Airolo . . . .	1142 m	958 m	6,5°	0,68°
Faido . . . .	758 m	384 m	3,1°	0,81°
Biasca . . . .	298 m	460 m	2,3°	0,5°
Bellinzona . . .	237 m	61 m	0,7°	1,16°

Die 1. *Wärmeoase* bildet das mittlere und untere Reußtal. Der Föhn bewirkt hier eine verhältnismäßig hohe Temperatur. Das erklärt den Sprung im Temperaturgange an dem Orte, wo der Föhn einsetzt. Wassen bei 850 m Meereshöhe hat eine mittlere Jahrestemperatur von 7,5°, Göschenen mit 1100 m eine solche von 6,0°. In Andermatt bei 1442 m beträgt diese nur noch 2,7°. Während die Temperaturabnahme auf 100 m von Altdorf bis Gurtellen nur 0,31° beträgt, beträgt diese zwischen Andermatt und Göschenen 1,0°, also rund dreimal mehr.

Eine 2. *Wärmeoase* bildet der Kanton Tessin; dieser weist zum Teil höhere Temperaturen auf als die Poebene.

Eine sehr wichtige Rolle für die Pflanzenwelt spielen die *extremen Temperaturen*, die in den folgenden zwei Tabellen zusammengestellt sind. Diese können sehr oft ausschlaggebend sein für das Vorhandensein der einen oder andern Pflanze.

#### Absolute Maxima und Minima.

Altdorf . . .	1864—1900	33,9	18. VIII. 1892	—15,4	20. I. 1891
Gurtellen . .	1883—1900	34,0	18. VIII. 1892	—18,6	18. I. 1891
Göschenen . .	1864—1900	32,2	17. VIII. 1892	—21,4	18. I. 1891
Andermatt . .	1864—1900	28,7	28. VIII. 1865	—30,1	18. I. 1891
Hospiz . . .	1864—1889	23,4	2. VII. 1905	—29,0	
	1902—1905				

# Maximale und minimale Temperaturen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Jahr	
Altdorf . .	1910	11,7 -7,8	14,1 -7,8	18,1 -2,4	18,4 -0,4	26,5 1,4	27,5 11,0	27,2 9,8	26,2 10,8	18,4 4,4	19,6 3,0	16,5 -5,1	15,4 -5,1	27,5 -7,8
	1911	3,4 -9,4	12,8 -10,7	21,6 -3,4	20,7 -1,3	22,0 6,7	25,6 7,3	29,8 14,0	27,8 13,7	27,0 7,0	19,6 0,2	16,9 -0,4	13,5 -2,1	29,8 -10,7
Gurtneilen .	1910	7,0 -6,0	13,2 -7,8	14,0 -3,8	15,0 0,1	23,6 1,0	25,6 9,2	29,6 8,8	26,4 9,0	17,1 4,1	18,3 3,0	13,8 -4,4	12,1 -5,8	29,6 -7,8
	1911	-0,6 -9,0	10,2 -10,4	17,1 -3,0	19,0 -4,1	26,7 4,7	27,4 6,1	28,3 11,2	27,6 11,3	27,7 6,0	21,2 2,4	13,6 0,5	10,9 -2,9	28,3 -10,4
Göschenen .	1910	6,2 -9,0	8,4 -11,0	8,4 -8,0	11,6 -3,6	19,6 -2,0	22,6 6,4	25,6 5,0	25,0 7,0	17,8 0,2	21,4 0,2	9,6 -8,4	8,0 -9,6	25,6 -11,0
	1911	7,4 -10,0	9,5 -11,6	12,0 -5,4	16,2 -6,4	17,0 2,8	21,2 1,2	27,6 9,2	26,6 10,2	23,8 1,6	17,4 -1,0	13,6 -0,2	11,6 -5,0	27,6 -11,6
Andermatt .	1910	3,3 -17,0	5,0 -20,4	5,1 -13,1	9,3 -7,1	17,0 -4,1	19,3 4,0	24,4 3,2	25,0 4,0	17,0 -2,2	19,5 -2,0	6,1 -17,0	5,2 -17,5	25,0 -20,4
	1911	1,2 -18,0	8,0 -18,3	8,5 -12,0	14,1 -10,0	15,0 -1,2	19,3 0,2	28,2 6,0	24,0 3,2	22,2 -1,2	10,3 -7,4	7,4 -5,2	7,0 -11,5	28,2 -18,3
Hospiz . .	1910	2,4 -16,4	0,2 -17,3	4,0 -16,1	6,0 -11,4	11,0 -8,6	14,2 0,1	15,8 -1,1	17,0 1,4	11,5 -6,1	11,6 -5,4	0,1 -15,0	0,6 -14,2	17,0 -17,3
	1911	3,0 -17,3	3,5 -13,8	5,4 -13,1	10,8 -13,4	11,0 -4,4	12,7 -4,0	19,2 3,8	18,3 4,2	18,8 -3,1	10,4 -7,3	5,2 -6,8	3,1 -13,2	19,2 -17,3
Airolo . .	1910	7,9 -9,1	7,2 -9,6	10,2 -6,1	17,5 -3,2	19,5 0,8	22,7 7,8	22,4 5,3	27,0 10,3	17,2 -0,1	18,1 1,3	8,1 -6,7	7,7 -5,9	27,0 -9,6
	1911	7,3 -10,4	10,9 -11,8	11,0 -6,7	18,2 -5,8	20,4 5,1	23,6 4,1	27,3 11,3	27,3 10,4	27,8 5,2	16,2 0,0	12,6 -3,1	7,4 -6,0	27,8 -11,8
Faido . .	1910	12,2 -9,4	9,0 -5,2	13,5 -1,0	20,2 -1,2	24,6 1,1	26,0 9,5	27,0 7,0	29,0 11,8	20,8 7,4	20,6 2,4	9,6 -3,0	7,7 -3,2	29,0 -9,4
	1911	15,0 -6,6	14,6 -7,4	13,0 -2,8	21,0 -3,0	21,5 7,0	26,2 9,0	30,7 13,8	29,6 13,4	29,0 7,4	18,0 2,4	11,4 1,0	8,8 -1,8	30,7 -7,4
Bellinzona .	1910	17,6 -2,6	13,3 -4,0	17,8 0,6	24,2 1,2	25,6 4,1	28,2 15,0	28,0 13,0	29,5 12,3	23,7 8,4	23,6 4,8	14,2 -1,3	11,5 -3,7	29,5 -4,0
	1911	16,2 -4,6	14,5 -6,5	16,7 -0,2	26,1 0,0	26,2 7,9	27,8 12,1	32,9 16,4	34,1 14,7	32,6 8,6	23,6 2,7	15,1 1,9	11,1 -1,2	3 —

### § 3. Geologie und Petrographie des Untersuchungsgebietes.

#### a) Allgemeines.

Das Gotthardmassiv besteht fast ausschließlich aus kristallinen Gesteinen.

Wo gneisartige Gesteine vorherrschen, löst sich das Gebirge auf in ein System von Südwest-Nordost verlaufender Gräte und Grätchen. Unzählige Zacken zieren dieselben. Nur hie und da erheben sich Hörner über die Gräte. Dieser geologische Bau bedingt im großen und ganzen die beiden Expositionen Südost und Nordwest. Schon ein Blick auf die Karte zeigt uns diese Tatsache. Ich erinnere an die Spitzbergkette, die beim Tiefenstocke von der Dammakette abzweigt und bis zur Schöllenen reicht. Die Reuß durchschneidet in tiefer Schlucht diese Kette. Auf der Ostseite setzt sie sich fort in der Kette mit Schynstock und Schneehühnerstock. Zu erwähnen ist ferner die Kette Rotondo-Lucendro-Fibbia. In der Tremolaschlucht ist auch sie durchbrochen, um sich auf der Ostseite wiederum fortzusetzen in Pusmeda-Giubing-Barbarera-Piz Alv-Piz Ravetsch. Während die Spitzbergkette die Südgrenze des Aarmassives bildet, ist letztere Kette der südlichste Teil des Gotthardmassives.

Zwischen diese schieferigen, gneisartigen Gesteine schalten sich langgestreckte Massen granitischer Gesteine ein, die meist in Bänke sich zerlegen, die mit den Gneisen parallel verlaufen. Als Beispiel dient die schon genannte Spitzbergkette. Bei der Rotondo-Fibbiakette bestehen die Gipfel aus Granit.

Während im Aarmassiv und auch im Gotthardmassiv die Gneise und Granite aufgerichtet sind, haben wir im Tessinermassiv horizontale Gneisbänke. Dies zeigt sich zu beiden Seiten des Haupt-, des Verzasca- und des Maggiatales. Regelmäßig ist eine Gneisplatte auf die andere gelagert. So baut sich hier jede Spitze aus horizontalen Platten vom Talgrunde bis zu den höchsten Spitzen in einer Mächtigkeit von bis 2500 m auf. Diese Platten bedingen ein starkes Vorherrschen der Oberflächenpflanzen.

Im Gotthardmassiv verlaufen die Felsplatten sehr häufig vertikal, im Tessinermassiv treffen wir dagegen vorherrschend horizontale Spalten.

## b) Spezielles.

aa) *Im Gebiet des Aarmassives.* Da kommt für unsere Untersuchungen der südliche Teil, die Schöllenen, in Betracht und zum Vergleiche noch der mittlere und der nördliche Teil, das sogenannte Erstfeldermassiv. Der Erstfeldergneis ist ein festes, sehr kompaktes Gestein. Es zeigt nahezu granitische Struktur. Die beiden Standorte unterhalb Wassen fallen in dieses Gebiet. Wichtiger als dieser nördlichste Teil ist für uns der „Protogin“ der Schöllenen. Auch hier bildet der granitähnliche Gneis ein äußerst kompaktes Gestein. Es sind dies die schroffen Felswände der Schöllenen, welche dieser Schlucht ihre Berühmtheit und ihre Romantik verleihen. Der Charakter des Gesteins ist durchaus granitischer Natur. Die Absonderung ist meist eine schwach bankige oder eine quaderförmige. Letztere zeigt sich am schönsten auf der Bätzberspitze, wo die Gesteine des ungeheuren Blockmeeres dieser ganzen Kette wie künstlich behauene Steine aussehen. Aber auch wenn die Sprengwirkung der Verwitterung bereits eingesetzt hat, kann die Auflockerung und der Zerfall des Gesteins nur sehr langsam in die Tiefe eindringen. Auch wenn feine Spalten aufzuweisen sind, hat das benachbarte Gestein doch noch fast nicht gelitten. Auffallend ist allgemein die Feinheit der Spalten. In keinem andern Teile des ganzen Gebietes ist es so schwer, Spaltenpflanzen aus dem Felsen heraus zu arbeiten, wie gerade hier. Das Resultat einer Arbeit einer Stunde ist meist die Zertrümmerung des Pflanzenmaterials oder sogar das Springen des Meißels.

Ins Gebiet der „Protogine“ gehören:

1. Die Standorte der Schöllenen.
2. Die Standorte der Bätzbergstraße.
3. Die Standorte der Bätzbergspitze.
4. Die Standorte beim Fort Bühl.

Im untersten Standorte hat das Gestein hier Gneischarakter.

Auf die Urserenmulde kann nicht eingetreten werden. Auch der Marmor von Altkirch, der an einer Stelle im bekannten Steinbruche bei der Friedenskaserne zu Tage tritt, hat für die Felsflora keine Bedeutung, da jene Standorte von der Wiesenflora erobert worden sind. Diese Schichten der Urserenmulde,



die auf der Nordseite nach Norden steil abfallen und auf der Südseite nach Süden, trennen die Standorte des Aarmassives von denen des Gotthardmassives. Der Zusammenhang ist jedoch nicht unterbrochen, weil der Serizitschiefer der Standorte an der Oberalpstraße direkt an den Gneis, der auf den Protogin folgt, angelagert ist und stofflich annähernd identisch ist mit dem Serizitschiefer von Hospental.

*bb) Gebiete des Gotthardmassives.* Wenn wir der Straße von Hospental nach Airolo folgen, lassen sich nach Hezner und Waindziok folgende Verhältnisse erkennen:

- |                                   |                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1. Serizitschiefer von Hospental. | 5. Fibbiagneis.                |
| 2. Gurschengneis.                 | 6. Tremolagranit.              |
| 3. Gamsbodengneis.                | 7. Soresciagneise (Injektions- |
| 4. Guspisgneis (Injektions-       | gneis).                        |
| gneis).                           | 8. Tremolaserie.               |

Die Gesteine des Massives sind zum größten Teile eruptiver Natur und zeigen nur zum geringeren Teile sedimentären Charakter. Eruptive Gesteine sind der Fibbiagneis mit seinen beiden Randfacies, dem Tremolagranit und dem Gamsbodengneis, während die Schiefer der Tremolaserie zu den Sedimenten zu zählen sind. Die Injektionsgneise des Soresciagneises und des Guspisgneises sind Mischungen zwischen sedimentärem und eruptivem Material. Die Paraschiefer auf der Nordseite und auf der Südseite des Kernes des Massives bestehen aus metamorphisierten Psammiten und Phylliten, die im Kontaktgebiete von dem aplitischen Magma injiziert wurden. Das Gestein, das wahrscheinlich schon durch den Kontakt eine Metamorphose erlitten hat, wurde dann durch die geotektonischen Vorgänge zur Zeit der Alpenfaltung in feinkörnige Gneise verwandelt. Gehen wir zur Betrachtung der einzelnen Gesteine.

#### *1. Der Serizitschiefer von Hospental (0,85% CaO).*

Hierher gehören nicht nur die Standorte unter diesem Namen, sondern auch die an der Oberalpstrasse, da diese Serizitschiefer sich am ganzen Nordrande des Massives hinziehen. Dieses Gestein ist sehr dünnschieferig. Die Verwitte-



rung hat vielfach sehr kräftig eingesetzt. Neben Quarz und Feldspat bilden weiße bis graugrüne Glimmer die Hauptbestandteile. Oft zeigt das Gestein ein schimmerndes Leuchten, herührend von seidenartig glänzenden Seriziten. Nicht selten ist nach Waindziok etwas Calzit oder vereinzelt etwas Chlorit vorhanden. Das Streichen geht von Südwest nach Nordost.

Die Flora ist sehr reichhaltig. Es ist namentlich ein starkes Hervortreten der Annuellen zu verzeichnen. Dies zeigt am besten, daß diese Standorte leicht besiedelt werden können und deshalb auch die Grenze darstellen zwischen der Wiesenflora und der Felsflora. Ueber die chemische Zusammensetzung gibt die Tabelle Seite 25 Aufschluß.

### 2. Gurschengneis (1,54% $\text{CaO}$ ).

Der Gurschengneis reicht an der Straße von P 1544 bis P 1642. Die Streichrichtung ist auch hier SW-NO bei einem Fallen von 80—85° und einer Mächtigkeit von 450 m. Auch dieser Paraschiefer zeigt eine schiefrige Textur. Die Hauptbestandteile, die die gleichen sind wie beim Serizitschiefer, sind gleichmäßig verteilt. An der Grenze gegen den Serizitschiefer hin ist dieser Gneis feinschieferig und weist auch noch Zwischenlagen auf von Serizitschiefer. Das Korn wird gegen Süden zu nach und nach größer. Der Charakter des Gesteins wird grobkörniger. Hand in Hand mit der Zunahme des Kornes wächst der Quarzgehalt. Die Bergformen sind mehr oder weniger abgerundet. Auch hier ist die Flora reichhaltig. Der Felscharakter tritt jedoch viel stärker zu Tage.

### 3. Gamsbodengneis (1,81% $\text{CaO}$ ).

Den Namen hat diese Gesteinsart von dem Talboden gleichen Namens. Es ist dies das ausgesprochenste Eruptivgestein auf einer Strecke von 4 km. Das Streichen ist dasselbe wie bei den ersten Gesteinsarten. Wir haben hier jedoch ein Südfallen von 65—70° an der Nordgrenze und von 80° an der Südgrenze. Die ursprünglich granitische Struktur ist hier noch ziemlich gut erhalten. An seiner Nordgrenze ist der Gamsbodengneis mehr schieferig und weniger grobkörnig. Gegen Süden zu werden die Körner größer, und das Gestein wird faserig. Die

Hauptbestandteile sind wiederum die gleichen. Als Nebengemengteile wären zu nennen: Zirkon, Magnetit und Calzit, letzterer ist jedoch nur als ein sekundäres Produkt aufzufassen. Er bedingt die schwache Zunahme des Kalkgehaltes in der Analyse. Typisch ist das Gestein hauptsächlich in seinem mittleren Teile. Die Felsformen sind hier wild und rauh im Gegensatz zu den milden Formen des Gurschengneises. Das Gestein ist wenig ausgewittert, selbst wenn es zahlreiche Moospolster oder Flechten trägt. Die Besiedelung geschieht beinahe immer von kleinen Vertiefungen aus. Die Felsspalten erinnern an den „Protogin“ der Schöllenen. Hierher gehören die Standorte des Gamsbodens.

#### 4. *Guspisgneis* (2,34% CaO).

Gegen Süden zu hört der Gamsbodengneis plötzlich auf. Die Monotonie und die Rauheit desselben macht den milderen Formen des Guspisgneises Platz. Das Streichen ist SSW-ONO. Moore und Sümpfe bedecken das Gestein im untern Rodont. Die Südgrenze bildet westlich der Strasse die Lucendroreuf bis zum gleichnamigen See. Von hier verläuft die Grenze genau von Westen nach Osten. Der Charakter des Gesteins ist kein einheitlicher. Der Injektionscharakter ist das Hauptmerkmal. Er erinnert an einen Psammitgneis, zeigt daher auch Ähnlichkeit mit dem Gurschengneis. Neben den Hauptbestandteilen: Quarz, Glimmer, Feldspat, finden sich als Nebenbestandteile: Magnetit, Pyrit, Hämatit, Apatit, Turmalin und Zirkon. Der Calciumgehalt ist auf 2,34% gestiegen.

#### 5. *Fibbiagneis* (Gotthardgranit).

Hierher gehören die Formen der Fibbia und des Monte Prosa. Es ist in den höheren Lagen stark zerklüftet. Am Fuße der Berge treffen wir mehr bankig abgerundete Formen. Drei Varitäten lassen sich unterscheiden:

a) granitische (1,22% CaO): In der Gegend des Hospizes. Als Hauptbestandteile finden sich hauptsächlich Quarz und Feldspat und als dunkle Gemengteile schwarzer Glimmer. Die Feldspate zeigen oft einen Serizitüberzug. Das Korn ist mittel bis grob. Dieses Gestein der Rundhöcker ist sehr kompakt

und die Felsenpflanzen können nicht leicht eindringen. Deshalb ist die Flora dieser Standorte auch arm und der Zusammenhang mit dem Felsen ein geringerer als anderswo. Es bilden sich auf den muldenförmigen Vertiefungen große Polster, die auf dem Felsen aufliegen. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund, warum die Zusammensetzung der Flora von einem Rundhöcker zum andern konstant bleibt.

b) gneisige (1,68% CaO): Weist mehr Glimmer auf als die vorhergehende Varietät. Die Natur ist saurer. Häufig treten Quarzlin sen auf und dazwischen zusammenhängende Fasern von Glimmerkristallen. Die Resistenz der Feldspate ist eine größere, und es schauen die Quarze aus dem Gesteine heraus. Dies ist namentlich deutlich zu sehen an der Fieudostrasse.

c) porphyrischer Übergangstypus: Die Hauptgemengteile aller Fibbiagneisvarietäten sind: Quarz (meist zertrümmert), Feldspate, Biotit und Muskovit; Zirkon, Magnetit und spärliche Apatite bilden die Nebenbestandteile. Der Granat bildet ein charakteristisches Accessorium. Während die granitische Varietät nur schwache Abrundung und kleine Trümmersäume der Kristalle aufweisen, zeigen porphyrische und gneisartige Varietät eine starke Zertrümmerung. Das granitische Gepräge tritt bei allen hervor. Hierher gehören die Standorte des Hospizes, der Fieudostrasse, der Fibbia, Valetta und des Lucendropasses.

#### 6. Tremola-Granit (0,51% CaO).

Dieses Gestein, das ein Streichen NO-SW aufweist, ist eine aplitische Randfacies des Fibbiagneises. Beide gehören dem gleichen Eruptivstocke an. Die Kalknatronfeldspate treten zurück. Deshalb sinkt auch der Kalkgehalt auf 0,51%. Ganz allmählich geht er aus dem Fibbiagneise hervor. Gegen Süden zu werden die Granate zahlreicher. Die Textur ist richtungslos, das Korn mittelgroß bis klein. Im Vergleich zum Fibbiagestein ist das Korn feiner. Hierher gehören Standorte der Tremola und der Fieudostrasse.

#### 7. Sorescia-Gneis (3,77% CaO).

Die Grenze gegen den Tremolagranit liegt in der Tremola bei der großen Kehre und läuft an der westlichen Bergwand

in der Richtung gegen die Befestigungen auf der Alp Fieudo. Das Gestein zeigt mannigfache Fältelungen und meist durchwegs deutliche Lagentextur. Die Bestandteile sind im grossen und ganzen die gleichen geblieben. Von den Accessorien treten namentlich Granat und Calcit hervor.

#### 8. Tremola-Serie.

Wir haben es hier mit einer grossen Mannigfaltigkeit im Gestein zu tun. Durchquert man die Tremolaserie, so wechselt das Gestein oft in nur Centimeterbreite. Dieser Wechsel konnte nicht einmal auf dem Profil des Gotthardtunnels im Maßstab 1:5000 vollständig eingezeichnet werden. Den südlichen Abschluss bildet der Dolomitzug der Bedretto- mulde mit ihrem OW-Streichen. Es wechseln nicht nur die Gemengteile, sondern auch Struktur und Textur. Fast alle Gesteine sind geschiefert. Gemeinsam ist allen eine relativ hohe Kristallinität. Zertrümmerungsspuren sind nicht häufig. Sulfidische Erze (Pyrit — Magnetkies — Kupferkies) sind oft reichlich vorhanden. Oft tritt der Quarz in Nestern auf. Diese nehmen namentlich zu gegen den Soresciagneis hin. Die Zusammensetzung der Gesteine wechselt:

- a) im nördlichen Teile: überwiegend dunkle, biotitreiche Gesteine;
- b) im mittleren Teile: Glimmerschiefer mit grossen Granaten;
- c) im südlichen Teile: Zweiglimmerschiefer mit kleinen Granaten.

Den Kalkgehalt zeigen folgende Zahlen:

- 1. Hornblendeschiefer 9,64; 5,0; 4,2; 1,94; 2,53; 3,25% Ca.
- 2. Amphibolite: 8,59; 7,08; 16,24 % Ca.
- 3. Phylitische Glimmerschiefer: 1,4; 2,4 % Ca.
- 4. Grauer Hornfels nördlich Airolo: 4,26 % Ca.
- 5. Biotitschiefer im Gotthardtunnel: 7,32 % Ca.
- 6. Gneise:
  - Heller Gneis am Südportal: 0,98 %.
  - Karbonat führender Gneis: 6,28 %.
  - Soresciagneis: 2,03 %.

Schon beim ersten Begehen der Gotthardstrasse von Airolo gegen das Hospiz zu fällt das Fehlen der *Saxifraga Cotyledon* auf. Während diese massenhaft zu finden ist in Faido, fehlt hier jede Spur. Die Ursache liegt meiner Ansicht nach im grossen Kalkgehalte. Zur Tremolaserie gehören die Standorte an der Gotthardstrasse nördlich Airolo.

An den Standorten im Rotondogebiete haben wir es mit Graniten zu tun, die ganz an den Tremolagranit erinnern. Auf dem Rottälhorn und dem Grate, der sich von diesem östlich zieht, und dem Hühnerstocke sind ähnliche Gesteine anzutreffen. Cavannapaß, Piz Lucendro und Lucendrograt bestehen aus Granit, wie auch der Wytenwasserstock.

Auf dem östlichen Gebiete haben wir ebenfalls zur Hauptsache Gneise, mit Ausnahme des Pizzo Centrale, wo Amphibolit auftritt.

cc) *Gebiet des Tessinermassives*: In diesem Massiv, das die Verbindung herstellt zwischen Simplonmassiv und Adulamassiv, können wir in erster Linie drei Hauptgruppen von Gebirgsformationen unterscheiden:

1. Die älteren kristallinen Gesteine.
2. Trias als Marmor, Dolomit, Gips, Rauwacke.
3. Kalkschiefermassen.

Die Gruppen lassen sich leicht auseinander halten. Für uns fallen nur die eruptiven Gneise in Betracht, wie wir sie unterhalb der Kalkschiefer finden in der Tessinschlucht zwischen Rodi-Fiesso und Faido. Das Gestein ist sehr fest und die Verwitterung hat wenig eingesetzt. Die reichhaltige, zum Teil üppige Flora hat ihre Ursache weniger im Gesteinscharakter als in dem günstigeren Klima des südlichen Alpentaales. Wir haben hier ein Vorherrschen der Oberflächenpflanzen. Auf den Gneisbänken sind die *Crassulaceen* mancherorts geradezu dominierend, namentlich auf den nach Süden sich neigenden Platten. Aber auch die Spaltenpflanzen, von denen namentlich die *Saxifraga Cotyledon* sehr häufig auftritt, gedeihen hier ausgezeichnet.

*dd) Chemische Analysen der Gesteine im Gotthardmassive nach Grubenmann, Waindziok und Hezner.*

	Serizit- schiefer	Gurschen- gneis	Gamsboden- gneis	Guspis- gneis	Fibbiagneis		Tremola- granit	Sorescia- gneis
	%	%	%	%	granit. Var. %	gneisige Var. %	%	%
SiO <sub>2</sub> . . .	71,77	70,93	73,72	69,22	71,57	71,91	73,23	49,7
TiO <sub>2</sub> . . .	1,00	0,9	0,33	0,30	—	—	—	0,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	11,88	11,75	12,96	13,55	16,91	16,65	11,46	19,72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	1,45	1,01	2,25	1,58	0,47	0,23	2,44	2,38
FeO . . .	3,52	3,97	0,75	2,20	0,78	3,05	1,15	0,96
CaO . . .	0,85	1,54	1,81	2,34	1,22	1,68	0,51	3,77
MgO . . .	1,44	1,68	0,45	1,01	0,46	0,68	0,63	6,01
K <sub>2</sub> O . . .	4,41	3,41	3,92	4,52	3,79	2,73	5,33	3,65
Na <sub>2</sub> O . . .	0,93	2,73	3,24	4,17	5,56	4,07	4,12	6,13
H <sub>2</sub> O unter 110°	0,09	0,08	0,08	0,22	0,29	0,39	0,14	1,93
— über 110°	2,42	1,23	0,68	0,22	0,29	0,39	0,44	1,93

#### § 4. Die Verwitterung des Gesteins.

Nirgends stehen Keimplätze und Wuchsorte in so engem Zusammenhange mit der geologischen Unterlage wie bei der Felsflora. Durch die Verwitterung des zu Tage tretenden Gesteins gehen sie als primäre Produkte hervor. Während die physikalische Verwitterung ein Medium erzeugt, in dem die Pflanzen sich verankern können, liefert die chemische oder auflösende Verwitterung außerdem noch die Nährsalze.

##### a) Die physikalische Verwitterung.

Diese führt nur zum Zerfall des Gesteins, zur Zerkleinerung der Gesteinsstücke. Das Gestein bleibt in seiner chemischen Zusammensetzung dasselbe. Betrachten wir eine Felswand eine Bergspitze in ihrer Gesteinsmasse, so haben wir nicht ein zusammenhängendes Ganzes vor uns. Zahlreiche Klüfte teilen die Wände in einzelne Flächen.

Bei sedimentären Gesteinen sind die Klüfte schon bedingt durch den Wechsel im Absatz des Materials. Solche Schichtfugen kommen in unserem Gebiete nicht in Betracht. Bei bereits veränderten Gesteinen (Schiefer) kann die Verwitterung bedeutend kräftiger und bedeutend leichter einsetzen als bei Felsen und Blöcken aus massigen Gesteinen (Photographie Nr. 4). Dies zeigt sich sehr deutlich beim Serizitschiefer von



Hospental sowohl an der Gotthard- als auch an der Oberalpstrasse. Beim Gurschengneis tritt dies schon weniger zu Tage, mehr vorerst bei den Bänken der Tessinergneise und den granitähnlichen Gneisen der Schöllenen. Am stärksten verwittert ist der Gipfel des Pizzo Centrale.

Im Gegensatz zu den Schichtfugen, die im Grunde genommen keine Trennungs-, sondern Verbindungsflächen sind, stehen die eigentlichen Trennungsflächen. Sie können auf verschiedene Art und Weise entstehen:

1. durch Absonderung,
2. durch Verwerfung,
3. durch Abschuppung,
4. durch die Sprengwirkung des gefrierenden Wassers, den Spaltenfrost.

*aa) Die Absonderung* ist bedingt durch die Schrumpfung des Gesteinskörpers oder durch Wasserverlust. Sie kann verschiedener Natur sein. In unserem Gebiete fallen in Betracht:

*Kugelige oder sphäroide Absonderung* (häufig bei Graniten). Die Mächtigkeit der Absonderung schwankt zwischen mikroskopischen Dimensionen bis zu Grössen von mehr als Meterlängen.

*Plattige Absonderung und kubische oder parallelepipedische Absonderung*, die typische Absonderungsart der Granite und verwandter Gesteine. Es lösen sich Platten parallel zur Gesteinsoberfläche, wie dies die Figuren 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 zeigen. Bei dieser Absonderung entstehen drei Klüfte, eine horizontale (das ist diejenige, welche der Oberfläche parallel verläuft) und zwei senkrecht dazu. Sehr oft lösen sich die Platten nicht aus dem Zusammenhange heraus. Sie bleiben aufeinander liegen, so dass die ursprüngliche Form erhalten bleibt (Fig. 6, 9). Häufiger lösen sich die Platten gänzlich aus dem ursprünglichen Zusammenhange und stürzen teilweise oder insgesamt in die Tiefe. Die Abbruchstelle bildet einen kleinen Vorsprung, wo sich kleine Detritusstücke und Rohhumus ansammeln (Fig. 7, 14). So können Keim- und Wuchsorte entstehen für manche Oberflächenpflanzen, wie *Saxifraga moschata*, *Saxifraga aspera* var. *bryoides*, *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga Seguieri*.

Sehr häufig kann auch eine Platte zwischen zwei andern herausfallen, so daß eine Vertiefung entsteht zwischen den beiden stehengebliebenen Platten. Es ist eine natürliche Sammelstelle für Detritus geworden (Fig. 7, 8, 10, 12, 13). Besiedelung findet statt durch *Saxifraga moschata*, *Achillea moschata*, *Rhododendron ferrugineum*.

Fig. 9 zeigt ein Bild der Absonderung im Serizitschiefer an der Oberalpstrasse. Das abgesprengte Stück ist in der Lücke geblieben. Im Raume zwischen Fels und abgesprengtem Felsstück hat sich Detritus angesammelt, der besiedelt wurde von *Sedum dasyphyllum*.

Die plattige Absonderung ist sehr verschieden in Bezug auf die Dicke der abgesonderten Platte. Es können kleine Blätter abgesprengt werden (Schiefergestein), größere Platten (Granit) und große Bänke (Tessinergneis). Immer sind die Ablösungsflächen parallel zur Gesteinsoberfläche. Diese Art von Absonderung bedingt in erster Linie die beiden Arten von Felsenpflanzen: die Spaltenpflanzen und die Oberflächenpflanzen. Auf den entstandenen Bruchflächen können sich nur Oberflächenpflanzen ansammeln. Die Ablösungsfugen liefern dagegen Wuchsorte für die Spaltenpflanzen. Am zahlreichsten sind die Spalten auf schieferigem Gesteine infolge der sehr kräftigen Spaltbarkeit desselben. Ist die Schieferung eine sehr intensive und der Zusammenhang des Gesteines sehr gering geworden durch die Einwirkung der Atmosphärien, so kann man im Zweifel sein, ob man es mit Spalten- oder mit Oberflächenpflanzen zu tun hat. Ein späteres Kapitel wird Aufschluss geben über die Wirkung der Pflanzen in einem solchen Schiefergesteine.

*bb) Die Verwerfungen.* Die Trennungsflächen, Verwerfungen oder Sprünge genannt, wechseln in ihren Dimensionen äusserst stark von mit unbewaffnetem Auge kaum wahrzunehmender Grösse bis zu vielen Hunderten von Metern. Für die Felsflora kommen nur enge Spalten in Betracht. Oettli zieht die obere Grenze bei 5 cm Spaltenbreite. Ist sie bedeutender, so dringt die Wiesenflora ein. Die minimale Breite kann haarfein sein. Schmale Sprünge sind oft mit tonigem



Materiale angefüllt (Serizitschiefer, Gurschengneis, Schiefer der Tremolaserie).

cc) *Die Abschuppung* entsteht durch starken Temperaturwechsel. Während des Tages ist die Erwärmung eine starke und während der Nacht ist die Ausstrahlung ebenso intensiv. Heim gibt Temperaturamplituden an von 40—60°. Die höchsten Temperaturen erreicht das Gestein an seiner Oberfläche. Sehr wenig unter derselben ist die Wärmezunahme eine geringe. Die Ausdehnung ist im Innern des Gesteins daher eine minimale oder sogar null. Während der Nacht findet eine Abkühlung ebenfalls nur an der äusseren Oberfläche statt und nicht im Innern des Felsens oder des Blockes. Diese Differenz der Ausdehnung verursacht eine Spannung, die zu zahlreichen Sprüngen führen kann.

In massigen Gesteinen liegen die Kristalle unregelmäßig angeordnet. Die einzelnen Kristallformen greifen ineinander. Volumenveränderungen infolge verschiedener Ausdehnung verursachen auch hier eine Spannung, Lockerung und Zerfall des Gesteines zu Sand.

Sehr oft ist die Ausstrahlung während der Nacht eine so starke, daß die Temperatur unter den Gefrierpunkt sinkt. Bei Anwesenheit von Wasser kommt so die Wirkung des gefrierenden und sich ausdehnenden Wassers noch hinzu.

dd) *Der Spaltenfrost*. Schon im kleinsten Maßstabe spielt der Spaltenfrost eine Rolle. Durch die Abschuppung werden ganz kleine Vertiefungen gebildet und, diese feinen, von Auge kaum wahrnehmbaren Mulden nehmen bei Regen etwas Wasser auf, das beim Gefrieren einzelne Kristalle lockert. Dieser Vorgang wiederholt sich im Frühling und Herbst beinahe Tag für Tag, und während des Sommers kann er in höheren Lagen ebenfalls in jedem Monate auftreten. Die einzelnen Kristalle werden mit der Zeit abgesprengt. Es entsteht eine regelrechte Wasserrinne. Ist die Rinne etwas erweitert, so ist auch die Menge des durch Adhäsion festgehaltenen Wassers eine grössere. Die Sprengwirkung ist kräftiger. Auf diese Weise können ziemlich große Stücke abgesprengt werden. Die Rinne erweitert sich an solchen Stellen zu einer kleinen Mulde. An

andern Stellen, wo das Gestein härter ist, bleibt die Rinne enger oder sie wird unterbrochen. Das Wasser führt durch seine lebendige Kraft kleine Detritusstückchen herunter. Folgt auf solch eine erweiterte Stelle eine enge, so staut sich das Wasser. Die Detritusstücke werden abgelagert und sammeln sich. — So werden Keim- und Wuchsorte gebildet. Figur 2 zeigt 2 kleine Wasserrinnen. Da, wo sie zusammenkommen, beginnt sich ein solch kleines Stauwehr zu bilden.

Figur 4 veranschaulicht die Besiedelung von Gneisplatten beim Fort Bühl und des Schiefers bei der Rotondohütte durch *Saxifraga aizoon*, Figur 3 eine kleine Wasserrinne, die sich erweitert hat. Hier hat sich der Detritus angesammelt. Das Wasser, das zu viel ist, fließt über. Besiedelung durch *Cardamine resedifolia* ist die Folge.

Das gefrierende Wasser spielt auch bei der Absonderung eine Rolle. Es kann sie beschleunigen. Die Art der Absonderung ist jedoch bedingt durch die Struktur des Gesteins. Auf den Absätzen, die sich durch Absprengung gebildet haben, sammelt sich etwas Wasser an, und der Spaltenfrost verstärkt die Ablösung. Es entstehen dort sehr oft nicht nur kleine Terrassen, sondern rein durch die Ablösung oder dann durch die Wirkung des gefrierenden Wassers kleinere oder grössere Spalten (Fig. 6, 13, 14). Wir haben also auch hier eine Ursache für die beiden ganz verschiedenen Standorte der Felsenpflanzen. Dies zeigt sich auf Gneisen und Graniten des Lucendrogrates, der Fibbia, der Valetta und im Tessin. Es sind also drei Möglichkeiten gegeben:

1. Es entstehen Keimplätze für reine Chomophyten.
2. Es entstehen Keimplätze für reine Chasmophyten.
3. Es entstehen Keimplätze für beide.

Im letzten Falle haben wir im hintern Teile Spaltenpflanzen und gegen den Rand zu Oberflächenbewohner.

Die sprengende Wirkung des Wassers kann häufig ganz bedeutend sein. Am schönsten zeigt sich dies in der Rundhöckerlandschaft der Gotthardpasshöhe. Die langen Spalten auf diesen glatten Rundhöckern haben ihre Ursache im Spaltenfroste. An Felswänden können grosse Stücke herausgesprengt

werden (Fig. 8). In solchen Spalten siedeln sich an: *Silene acaulis* (Fig. 11, 13); *Saxifraga aspera*; *Saxifraga oppositifolia* (Fig. 12) und an feuchten Stellen: *Saxifraga stellaris*.

*ee) Zusammenfassung der Resultate der physikalischen Verwitterung.*

1. Sie liefert Verankerungsplätze für die Felsenpflanzen:
  - a) durch Bildung von Terrassen;
  - b) durch Spaltenbildung.
2. Sie liefert durch Zerkleinerung des Gesteines, durch Ablösung, Abschuppung und Spaltenfrost kleine Gesteinsstückchen, den Detritus.
3. Eine Spalte oder ein Absatz kann erst besiedelt werden, wenn solcher Detritus sich angesammelt hat. Dadurch wird auch die Oberfläche stark vergrößert und die chemische Verwitterung hat eine bedeutendere Angriffsfläche.

*b) Die auflösende Verwitterung.*

Während die physikalische Verwitterung die Gesteine nicht verändert in ihrer Zusammensetzung, ist dies die Hauptarbeit der chemischen Verwitterung. Sie löst Stoffe auf oder führt sie in andere über. Immer wirken beide Arten der Verwitterung zusammen. Meist tritt jedoch die eine oder die andere kräftiger in Erscheinung; in unserem Gebiete die physikalische Verwitterung.

Einen großen Einfluß hat beim Angriff des Felsens durch die auflösende Verwitterung dessen Oberfläche. In rauhem Gestein ist die Angriffsfläche eine viel größere als in glattem. Auch die Spaltenbildung begünstigt die auflösende Verwitterung. Am schönsten treten diese Verhältnisse zu Tage beim Vergleiche des Serizitschiefers mit den Rundhöckern des Fibbiagneises auf der Gotthardpaßhöhe. Im ersteren Gesteine gedeiht eine äußerst üppige Flora, die den Übergang darstellt zur Wiesenflora. Auf den Rundhöckern findet sich eine ganz bestimmte Anzahl von Arten und diese bleibt beim Vergleiche der verschiedenen Höcker konstant.

Nur ein sehr kleiner Teil der Mineralien ist leicht löslich in Wasser oder besser gesagt in kohlensäurehaltigem Wasser,

wie  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  und  $\text{FeCO}_3$ . Die meisten liefern erst durch chemische, sehr komplizierte Umsetzungen lösliche Salze. Immer bleibt jedoch bei den Silikaten ein unlöslicher Rückstand erhalten, der für die Ernährung der Pflanze keine Rolle spielt, wohl aber dem ganzen Wurzelwerke Halt liefern kann, indem diese Rückstände von diesem vollständig umschlungen werden. Als Agentien wirken die Kohlensäure und der Sauerstoff der Luft im Vereine mit dem Wasser. Die Wirkung des Sauerstoffes ist keine große. Am stärksten ist sie bei den Eisenverbindungen durch die Überführung der farblosen bis grünlichen Ferroverbindungen in rötliche bis braune Ferriverbindungen. Diese Eisenverbindungen sind in allen unseren Gesteinen enthalten und deren Oxydation ist deutlich sichtbar an dem Farbenwechsel des Gesteines. Eine größere und wichtigere Rolle spielt der Sauerstoff bei der Verwesung, also bei der Humusbildung. Die Hauptarbeit bei der chemischen Verwitterung aber leisten Wasser und Kohlensäure.

Nach Ramann ist bei kristallinen Gesteinen das Wasser arm an löslichen Stoffen. Dies übt einen entschiedenen Einfluß aus auf die Zusammensetzung der Flora. Die Flora ist eine verhältnismäßig arme, weniger üppige als bei den gleichen klimatischen Verhältnissen auf dem Kalke. (Armut der Flora auf dem Grate der Bätzbergspitze, des Lucendro und des Leckihornes.)

Schibler betont im Gegensatz dazu die große Armut der nivalen Kalkgebirge von Davos. Auch Braun bestätigt diese Beobachtungen. Letzterer schreibt den größeren Reichtum der Felsflora des Urgebirges im Gegensatz zur Kalkflora edaphischen und nicht klimatologischen Faktoren zu. Die Ursache sucht er in einer rascheren Verwitterung des Kalkes, sowohl physikalischen als auch chemischen. Es ist aber nur die chemische Verwitterung eine intensivere, nicht auch die physikalische. Bei sehr leicht löslichen Kalken kann die Armut der Flora ihre Ursache in einem zu raschen Wegschwemmen der Kalke haben. Braun erklärt selbst, daß harte Kalkfelsen eine üppigere Flora aufweisen.

Leider fehlen in unserem Gebiete Kalkfelsen. Die kompakten Protogine des Spitzberges, der Granit der Fibbia und

des Leckihornes schließen die *Petrophyten* fast oder vollständig aus. Schon der Gneis weist eine reichhaltige Flora auf. Der Florenreichtum wächst auf dem Schiefer noch mehr.

Meine Ansichten und die von Braun widersprechen sich nur scheinbar. Bei zu kräftiger chemischer Verwitterung tritt eine Verarmung des Bodens ein (weicher Kalk). Bei geringerer chemischer Verwitterung werden dem Boden immerzu Nährstoffe zugeführt (kompakte Kalke).

In Urgesteinen mit leichter Verwitterbarkeit und geringerem Kalkgehalt erhalten die Pflanzen reichlich Nahrung infolge der kräftigeren chemischen und physikalischen Verwitterung (Glimmerschiefer).

Bei den kompakten Urgesteinen ist die chemische Verwitterung eine zu langsame, um die Pflanze ausreichend mit Nährstoffen zu versehen. Folgendes Schema gibt uns Aufschluß:

#### *I. Weiche Kalke:*

1. Chem. Verwitterung zu <b>stark</b>	} Verarmung an Nährstoffen	} Arme
2. Physikal. „ „ <b>schwach</b>		
	} Fehlen von Verankerungsplätzen	} Flora

#### *II. Kompakte Kalke:*

1. Chem. Verwitterung <b>stark</b>	} Genügend Nährstoffe	} Reiche
2. Physikal. „ <b>schwach</b>		
	} Genügend Verankerungsplätze	} Flora

#### *III. Weicheres Urgestein (Glimmerschiefer):*

1. Chem. Verwitterung <b>kräftig</b>	} Genügend Nährstoffe	} Reiche
2. Physikal. „ <b>kräftig</b>		
	} Genügend Verankerungsplätze	} Flora

#### *IV. Kompaktes Urgestein:*

1. Chem. Verwitterung zu <b>schwach</b>	} Mangel an Nährstoffen	} Arme
2. Physikal. „ „ <b>stark</b>		
	} Genügend Verankerungsplätze	} Flora

Ein anderer Unterschied zwischen Kalk und Urgestein besteht in der Zusammensetzung des letzteren aus einer großen Anzahl von Komponenten. Die einen Mineralien werden leichter angegriffen als die andern. Es ist dies nun aber nicht die gleiche Verschiedenheit in der Löslichkeit, welche die Karrenbildung der Kalke verursacht. Hier sind die schwerer und die leichter löslichen Bestandteile innig mit einander vermischt, infolge der gleichzeitigen oder aufeinander folgenden

Auskristallisation aus dem Magma; es werden nur einzelne Kristalle angewittert. Die benachbarten bleiben wegen der schweren Löslichkeit intakt. Die oberflächlich angewitterten Kristalle werden gelockert und Wasser kann zwischen sie in das Gestein treten, sodaß das Feld günstig ist für die sprengende Wirkung des gefrierenden Wassers. Chemische und physikalische Verwitterung arbeiten hier Hand in Hand und erzeugen zusammen Keim- und Wuchsorte, von denen früher gesprochen wurde. Die gelösten Stoffe werden sogleich durch das Wasser fortgeführt und das chemische Gleichgewicht bleibt dauernd gestört, sodaß die verwitternde Tätigkeit, wenn auch langsam, nach dem Massenwirkungsgesetz ununterbrochen vorwärts schreitet.

Vertiefungen im Gneise, wie dies Fig. 19 zeigt, können nur durch auflösende Verwitterung entstanden sein oder diese muss zum allermindesten mitgewirkt haben. Hier wurde ein Wuchsort geschaffen für *Chrysanthemum alpinum*.

Fig. 18 gibt ein Bild von der Bätzbergspitze. Der Detritus bleibt hier lange im Wasser erhalten. Auch tritt öfters teilweises oder sogar vollständiges Austrocknen ein. Die chemische Auflösung spielt eine hervorragende Rolle. An der tiefsten Stelle der muldenförmigen Vertiefung sind grössere Detritusstücke sehr selten. Häufiger treten sie am Rande, der in diesem Momente aus dem Wasser hervorragt, auf. Hier hat sich eine *Luzula spadicea* festgesetzt.

Durch chemische Verwitterung entstehen namentlich auch die Keimplätze für manche Farne (Fig. 21). Da, wo solche Höhlungen entstehen, kann die physikalische Verwitterung keine sehr große sein, da die Temperaturamplitude während 24 Stunden eine viel kleinere ist als an freien Expositionen. Solche Stellen sind dagegen immer feucht, sodass die Dissoziation kräftig wirken kann. Es finden sich auch an solchen Orten wenig grössere Detritusstücke. Besiedelt werden sie durch: *Dryopteris spinulosa*, *Dryopteris Lonchitis*, *Cystopteris fragilis*, *Polypodium vulgare*.



## § 5. Tätigkeit der Organismen.

### (Organogene Faktoren.)

Während die physikalische Verwitterung den Detritus und die Ankerplätze liefert und die auflösende Verwitterung die anorganischen Rohstoffe, haben auch die Lebewesen selbst einen grossen Einfluss auf den Lebenshaushalt der Pflanzen und der Felsbewohner im besonderen. Nicht nur die mineralischen, gelösten und ungelösten Stoffe spielen eine wichtige Rolle, sondern auch die humosen Stoffe, der Humus, jene braun bis schwarzen Reste, welche mit dem Detritus innig vermengt sind. Bei der Humusbildung sind sowohl Pflanzen als Tiere beteiligt.

#### a) Phytogene Faktoren.

Die Tätigkeit der Pflanzen bei der Bildung der Standorte ist folgende:

1. Beschleunigung des Verwitterungsprozesses;
2. Lieferung von Nährstoffen durch ihre abgestorbenen Teile für sich selbst oder andere Pflanzen.
3. Schaffung neuer Standorte.

aa) *Kryptogamen*. Eine aktive Betätigung an dem Verwitterungsprozeß kommt besonders den Kryptogamen zu. Oettli bemerkte, daß beim Anschlagen des Hammers auf das Gestein auf den kahlsten Felsen oder auch in den Löchern der Karrenfelder ein lebhaft grün gefärbter Fleck entsteht. Dieser deutet auf das Vorhandensein von Algen. Ähnliche eigene Beobachtungen bestätigen diese Angabe. Gerade sehr häufig ist allerdings diese Erscheinung nicht. Sie wurde immerhin beobachtet auf den verschiedensten Gesteinsarten des Gott-hardes, so auf dem Protogin der Schöllenen, auf den kahlen Schieferplatten der Südseite der Passhöhe, auch im Rotondo-gebiete. Dagegen konnte Diels beim Studium der Algen-vegetation der Südtiroler Dolomitriffe diese Beobachtung nicht machen.

Äusserst wichtig ist die Rolle der Moose. Das Moos-stämmchen stirbt von hinten her successive in dem Maße ab, als es an der Spitze weiterwächst. Auf diese Weise kommen Moospolster von oft ganz erheblichem Umfange zustande. Der

Humus derselben wird auch dann noch vollständig zusammengehalten, wenn das Moos abgestorben ist. Diese Erscheinung kann auf Schritt und Tritt beobachtet werden von den tiefsten Lagen bis in die hohen hinauf.

Die Moospolster spielen eine weitere Rolle beim Festhalten des Wassers, wovon später die Rede sein wird. *Sie sind es hauptsächlich, welche sehr vielen Phanerogamen Keimplätze liefern.* Wunderschön war das zu beobachten an den Gneisfelsen des unteren Maggiatales. Vor meinem Aufenthalt in dieser Gegend war Regenwetter eingetreten bei relativ hoher Frühlingstemperatur. Unter diesen äußerst günstigen Bedingungen hatten sich zahlreiche Keimlinge der verschiedenen Felsenpflanzen entwickelt. Kein einziger war aber zu finden auf dem nackten Detritus der kleinen Mulden des Felsens. Dagegen waren alle Moospolster, welche die Feuchtigkeit zurückgehalten hatten, von denselben besiedelt. Unter den Moosen herrschten folgende Arten vor: *Amphidium*, *Brachythecium plumosum*, *Bryum alpinum* (s. Photographie No. 6).

In höheren Lagen spielen namentlich eine Rolle: *Dicranum scoparium*, *Tortella tortuosa*, *Stegodon cupressiformis*, *Grimmia intortula*, *Dicranoweisia crispula*, *Dicranella*, *Polytrichum*.

Leider konnten die Kryptogamenvegetation und ihre ökologischen Verhältnisse nicht weiter verfolgt werden.

*bb) Phanerogamen.* Mindestens ebenso wichtig, in gewisser Hinsicht noch wichtiger, ist die Wirkung der phanerogamen Felsbewohner.

#### 1. Festhalten der Nährstoffe im Boden.

Die absterbenden Pflanzenteile der Phanerogamen liefern in verstärktem Maße Humus. Im Gegensatz zum Schutt sind Detritus- und Humusgehalt der Felsen sehr klein. Nützlich erweisen sich daher Einrichtungen, durch welche die Pflanze nicht nur alle vorhandenen organischen Reste festhalten, sondern sie auch vermehren kann, so namentlich das Vermögen, absterbende Pflanzenreste zurückzuhalten. Diese verfallen der Auswaschung. Nach Ramann bringt das auswaschende Wasser die meisten mineralischen Stoffe daraus in Lösung (nach Ver-



suchen 25 % in 24 Stunden). Diese Auslaugung, der erste Schritt zur Humusbildung, liefert der Pflanze bedeutende Mengen Nährstoffe.

In erster Linie hält die Felsenpflanze alle diese Bestandteile mit dem Detritus zusammen durch einen äußerst festen, dichten *Wurzelfilz* (s. Phot. 13, 15, 16). Lösen wir eine Gesteinplatte los, so kommt eine Humusplatte zum Vorschein, welche gebildet ist von Detritus, abgestorbenen Wurzeln und abgestorbenen oberirdischen Pflanzenteilen. Letztere beiden Bestandteile sind in ihrer organischen Struktur mehr oder weniger verändert, je nach dem Fortschritte zur Humusbildung hin.

Das Wurzelgeflecht einer *Campanula rotundifolia* zeigte eine Länge von 87 cm und eine Breite von 62 cm. Von oben bis unten war die kaum 1 mm breite Spalte vollständig ausgefüllt mit abgestorbenen Pflanzenresten. Darunter befanden sich auch viele Wurzelreste, die ihre Lage seit dem Absterben der oberirdischen Pflanzenteile kaum verändert hatten. Sie stammten wahrscheinlich von einem *Vaccinium Myrtillus* her. Mit voller Sicherheit konnte es nicht bestimmt werden. Die abgestorbenen Wurzelreste waren kreuz und quer durchflochten von den Wurzeln der *Campanula*. Erst eine nähere Untersuchung hatte gezeigt, daß nicht alles zur *Campanula* gehörte. Ein ähnliches Wurzelwerk der gleichen Art konnte auch an der Bätzbergstrasse herausgeschält werden. Während die oberirdische Pflanze nur eine Höhe von 3—5 cm erreichte, hatte das Wurzelwerk eine Länge von 40 cm und eine Breite von 30 cm. Die ganze Fläche betrug also 1200 cm<sup>2</sup> und im vorher genannten Fall 5394 cm<sup>2</sup>. Hier waren alle Wurzeln fest verflochten mit den kleinen Detritusstückchen. Jede Wurzel mußte sorgfältig von diesen Gesteinstückchen befreit werden.

Ebenso häufig findet sich ein Wurzelgeflecht von *Salix herbacea* zwischen 2 Platten. Dies konnte wunderschön konstatiert werden, als bei der Vergrößerung der Rotondohütte mehrere Schieferplatten losgesprengt werden mußten. Solche Platten, welche man für vollständig massiv hielt, wiesen nach dem Sprengen Spalten auf, die von Humus und Detritus angefüllt waren. Auch in dieses scheinbar vollständig feste Gefüge waren die Wurzeln der genannten *Salixart* mehr als 1½ m

eingedrungen. Das untere Ende derselben konnte noch nicht konstatiert werden. Der Humus in der unteren Partie war vollständig feucht.

Ganz in der Nähe konnte ein Geflecht von *Achillea moschata* losgelöst werden, von folgenden Dimensionen: Länge 140 cm, Breite 45 cm, Dicke 3 cm. Das macht einen räumlichen Inhalt von 18'900 cm<sup>3</sup> oder 18,9 dm<sup>3</sup>. Dies veranschaulicht am besten, welchen Raum diese kleine Achillea unterirdisch in Anspruch nimmt. In einem Wurzelgeflecht von *Vaccinium Myrtillus* im Rodont fanden sich hauptsächlich abgestorbene Blätter, welche langsam in Verwesung übergegangen sind. In diesem Geflecht hatten sich ferner festgesetzt: *Leontodon pyrenaicus*, *Agrostis rupestris*, *Chrysanthemum alpinum*, *Hieracium alpinum*.

Die Wurzeln aller Pflanzen hatten sich gegenseitig ineinander verankert, so daß es unmöglich war, die eine oder die andere herauszulösen. Solche riesige Geflechte bilden folgende *Chasmophyten*: *Campanula rotundifolia*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitisidaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Achillea moschata* und *Chrysanthemum alpinum* usw. Die gleiche Beobachtung können wir auch bei *Exochomophyten* machen. Reißen wir diese aus der Unterlage heraus, so kommen die gleichen schon genannten Bestandteile zum Vorschein.

## 2. Festhalten der absterbenden Pflanzenteile.

Wir haben aber nicht nur ein kräftiges Festhalten im Boden, sondern die Pflanze sorgt auch dafür, daß auch die oberirdischen absterbenden Pflanzenteile festgehalten werden durch Bedeckung. Dies wird am schönsten bewerkstelligt durch die *Sempervivumarten*. Die dichtgedrängten Rosetten bilden ein schützendes Dach über die absterbenden Teile. Durch vegetative Vermehrung entstehen neue Rosetten; es bildet sich ein zusammenhängendes Polster. Alle absterbenden Pflanzenteile werden in dieses Polster eingepackt.

Den besten Schutz für den selbstgeschaffenen Nährboden bilden die eigentlichen Polsterpflanzen. Hier geht kein einziges absterbendes Blatt verloren. Die alten werden von den neuen bedeckt und wandern langsam in das Innere in gleichem Maße, wie die Oberfläche des Polsters langsam vom Zentrum aus

vorrückt. Durch kleine Saugwürzelchen sucht die Pflanze diesen den Nährstoff wieder zu entziehen. Polsterpflanzen, wie allgemein bekannt, sind ausgezeichnete Spaltenpflanzen. Ich erinnere nur an: *Silene acaulis* und die zahlreichen *Saxifragen*, wie *Saxifraga aspera*, *Saxifraga moschata*, *Saxifraga Sequieri*, *Saxifraga muscoides*, *Saxifraga Aizoon* und *Saxifraga oppositifolia*.

An trockenen Standorten bleiben die abgestorbenen Pflanzenteile noch lange Zeit an der Pflanze. So wurde an einer Stelle des Forts Bühl ein Exemplar der *Saxifraga Cotyledon* gefunden mit mehr als 20 Rosettenschichten abgestorbener Blätter. Die Auslaugung durch das Wasser war in diesem Falle sehr gering. Der Standort des Forts Bühl ist geschützt durch die etwa 200 m hohen Felswände des obersten Teiles der Schöllenen. Zudem war der Wuchsort dieser *Saxifraga* gegen Westen hin nochmals geschützt durch einen Felsblock. Ähnliche Verhältnisse zeigen auch *Saxifraga moschata* und *Saxifraga aspera*.

Rascher geht der Zerfall organischer Reste an feuchten Standorten. Die Auslaugung ist eine kräftigere. Die Besiedelung ist aber eine raschere als an trockenen Orten.

Sehr trefflich wirken auch die Spaliersträucher im Festhalten der Blätter. So fand sich an der Gotthardstrasse oberhalb des Fort Airolo unter einem Spalier von *Arctostaphylos Uva ursi* eine Schicht abgestorbener Blätter von 3 cm Dicke. Der Spalier hatte eine Länge von 2 m und eine Breite von 3—4 m. Die Menge der aufgespeicherten Blätter war also eine ganz beträchtliche. Das gleiche tritt dem Beobachter auf Schritt und Tritt entgegen bei *Loiseleuria procumbens* auf der Gotthard-Paßhöhe, sehr schön in den windgeschützten Lagen der Ostseite der Bätzbergstrasse. Auch bei dieser Spaltenpflanze finden sich sehr oft dicke Schichten abgestorbener Blätter.

Außer der Feuchtigkeit spielt auch die Exposition eine große Rolle. An Stellen, wo der Wind, ohne gebrochen zu werden in seiner Kraft, die Felsen peitscht, werden die Blätter fortgetragen und sogar unter den Zweigen hervorgeholt, wie ich dies mehrmals beobachten konnte. Ich konnte immer

konstatieren, daß diese Spaliersträucher windgepeitschte Expositionen meiden. Vielleicht liegt im Forttragen der Detritusstücke und der organischen Reste die Ursache hiefür.

Das gilt auch von *Thymus Serpyllum*, der manchmal auch ganz ansehnliche Spaliere bildet. Diese Art ist nicht nur ein Liebhaber ruhiger, sondern auch vor allem sonniger Lagen. So fanden sich die schönsten Exemplare in Ost- und Südexposition am unteren Bätzberg vom Fort Bühl gegen Hospental zu, sehr schöne Exemplare auch in Südexposition an der Oberalpstrasse und dann in Südexposition oder noch besser in Südost- oder Ostexposition oberhalb von Airolo. Hier weht entweder der Westwind oder dann der Nordwind vom Hospiz her. Dieser Spalierstrauch gedeiht immer an Stellen, wo die Neigung eine stärkere wird. Ist die Neigung nur eine schwache, so ist er wohl zu treffen, nicht aber in so kräftigem Wuchse wie in geneigteren Lagen. Hier bietet eben die größere Neigung Schutz gegen den Fallwind vom Hospiz her.

### 3. Wasserspeicherung durch abgestorbene Pflanzenteile.

Die abgestorbenen Pflanzenteile haben aber nicht nur einen starken Einfluß ihres Nährgehaltes wegen. Sie sind auch *Wasserspeicher*.

Als bei der Rotondohütte einige Gneisplatten losgesprengt wurden, konnte nach längerer Trockenzeit beobachtet werden, daß eine Spalte, welche keine Pflanzenreste enthielt, vollständig trocken war. In einer benachbarten Spalte, in welcher zahlreiche abgestorbene Wurzeln sich befanden, waren diese noch mit Wasser vollgesaugt. Dieses Vollsaugen und Festhalten des Wassers ist für die Wurzeln lebender Pflanzen von größter Bedeutung. Es übt aber auch einen starken Einfluß aus auf die Verwitterung des Gesteins, denn die Möglichkeit des Gefrierens ist eine größere. Auch die auflösende Verwitterung ist eine kräftigere. Diese Erscheinung zeigen alle feuchten Felsenspalten.

### 4. Humusbildung.

Die Art von Humus, der beim Absterben der Phanerogamen entsteht, nennt man allgemein *Rohhumus*. Ramann würde

den Ausdruck *Trockentorf* vorziehen. Es verhalten sich gar nicht alle Felsbewohner gleich bei der Bildung desselben. Viele sind ausgezeichnete Bildner von Rohhumus, wie *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitis idaea*, *Carex firma*, *Carex curvula*, *Nardus stricta*, *Pteridium aquilinum*, *Polypodium vulgare*, *Dryopteris spinulosa*, und *Asplenium Trichomanes*.

Der Rohhumus, der entsteht, ist verschieden, je nach der Art, welche zu dieser Bildung beigetragen hat.

Während der der Heide meist schwarz gefärbt ist, ist der von *Vaccinium Myrtillus* mehr oder weniger braun. Noch heller ist die Färbung des Rohhumus von *Vaccinium Vitis idaea*. Auch ist dieser kompakter als bei der genannten verwandten Art, obwohl die Lebensbedingungen dieser beiden Ericaceen die gleichen sind. Ganz hell ist dagegen der Rohhumus der *Azalea*.

#### 5. Stauwirkung.

Die Felsenpflanzen wirken ferner sowohl als *Wasserstauer*, als auch als *Detritusstauer*. Bereits bei der Verwitterung wurde darauf hingewiesen, wie kleine Mulden entstehen, in welchen der Detritus sich festsetzt und auf diese Weise Keim- und Wuchssorte entstehen. Sobald sich eine Felsenpflanze festgesetzt hat, wird dem Wasserlauf der Weg gesperrt. Das Wasser folgt wie früher der Rinne bis zur Felsenpflanze. Oberhalb derselben bildet sich ein Staubecken. Nur ist die Menge des gestauten Wassers eine viel größere als früher. Dieses Stauen hat nun eine doppelte Folge:

1. *Das Wasser bleibt längere Zeit mit der Pflanze in Berührung.* Dies ist von großer Wichtigkeit nach einer längeren Trockenzeit. In einem solchen Moment verhindert eine oberflächliche Spannung des trockenen Humus eine Benetzung. Erst nach und nach kann das Wasser die Bodenkrümmel benetzen. Das Stauen des Wassers verhindert ein wirkungsloses Abfließen.

Häufig konnte der Unterschied konstatiert werden zwischen Felsenpflanzen, die in einer Wasserrinne sich befanden und anderen, welche nur in einer kleinen Mulde des geneigten

Felsens sich festgesetzt hatten. Schon nach einem schwachen Regenschauer war der Humus an ersterem Wuchsorte mit Wasser durchdrungen worden, während am zweiten Orte der Humus keinen Unterschied aufwies gegenüber dem Zustande vor dem schwachen Regen. In den Alpen, wo oft kleine Regenschauer oder ein Benetzen durch Nebelreissen eintreten, ist dies von Wichtigkeit. Bei starkem Nebelreissen beginnt das Wasser doch auf den Felsen in den feinen Wasserrinnen hinunter zu rieseln. Dauert dieses schwache Rieseln längere Zeit, so kann ein vollständiges Durchnetzen des Humus eintreten. Einer Bewohnerin eines andern Standortes kommen nur die Wassertropfchen zu gute, welche direkt auf die Pflanze fallen. Häufig sind in höheren Lagen auch gewitterartige Regengüsse. Auch bei dieser Art der Niederschläge ist die Besiedlerin einer Wasserrinne im Vorteil, weil das Wasser des anderen genannten Standortes lange Zeit nicht benetzen kann, da eine längere Berührung des Wassers mit den Krümmeln nicht stattfindet.

2. *Es werden in den gebildeten Staubecken nicht nur Detritusstücke, sondern auch hinuntergeschwemmte organische Reste gesammelt.* Wir erhalten hier ohne weiteres die günstige Mischung von Detritus mit organischen Resten. Findet eine Auslaugung der organischen Überreste statt, so gehen die mineralischen Salze in Lösung und dringen mit dem Wasser in den Humus ein. Deshalb beginnen die Horste von *Festuca varia*, *Carex curvula*, *Agrostis rupestris*, und die Rosetten von *Primula hirsuta*, *Saxifraga Cotyledon*, *Saxifraga stellaris*, sobald sie eine gewisse Größe erreicht haben, bedeutend schneller zu wachsen. Bei jüngeren Exemplaren konnte kaum eine wesentliche Vergrößerung konstatiert werden im Laufe einer Vegetationsperiode. Deutlich ist aber das Wachstum während eines Sommers bei älteren Exemplaren. Die Vergrößerung geht nach dem Staubecken zu, nicht aber nach unten.

Auch die Oberflächenpolster können Stauwehren bilden. Die Wirkung ist aber eine geringere, als bei den Spaltenpflanzen. Häufig schafft die stauende Felsenpflanze für Chomophyten Keim- und Wuchsorte. Gewöhnlich fand ich in dem angesammelten Detritus Sedum- oder auch Sempervivum-Arten.



Sehr oft geht die Besiedelung von einer Spaltenpflanze aus, wie von *Saxifraga Cotyledon*, *Festuca varia* und *Primula hirsuta*.

#### b) Zoogene Faktoren.

Durchaus nicht zu unterschätzen ist die Tätigkeit der Tierwelt. Der flüchtige Beobachter wird der Meinung sein, daß diese bei der Felsflora und dabei noch hauptsächlich im Gebirge, keine Rolle spielen könne. Dem ist nicht so. Schon Oettli bemerkte in seiner Arbeit, daß mehrere cm breite Spalten in ihrer ganzen sichtbaren Ausdehnung mit Regenwurmkrementen ausgefüllt sind. Bis in die Höhe der Säntisspitze hinauf fand er den zerfallenen Regenwurmkot als Spalteninhalt. Auch auf die Tätigkeit der Ameisen weist er hin.

aa) *Regenwürmer*. Diese Beobachtung von Oettli wurde durch die meinigen im Gotthardgebiete bestätigt, nur nicht in so starkem Maße. Spalten, die ausschließlich mit den Fäkalien von Würmern ausgefüllt waren, fand ich nicht. Die *Regenwürmer* selbst entgehen dem Sucher oft. Sehr häufig fand ich Regenwürmer in den Spalten des Fort Bühl, bis zur Bätzbergspitze hinauf, also von 1400 m bis 2380 m. Sie wurden aber auch gefunden in der Umgebung des Hospizes, auf dem Lucendropasse und der Umgebung der Rotondohütte bis auf 2900 m hinauf. Trockenheit meiden sie. So fand ich sie im Jahre 1910, das ausgezeichnet war durch seine zahlreichen Niederschläge, überall massenhaft. Das folgende Jahr 1911 brachte eine intensive Trockenperiode. Die gleichen Spalten wurden wiederum abgesucht, doch meistens vergeblich. Trocknet die obere Schicht ein, so ziehen sich die Würmer in tiefere, feuchtere Lagen zurück. Dies ist wahrscheinlich der Grund, warum sie so lange in den Felsspalten nicht gefunden wurden. So fand ich oberhalb des Urnerloches nach drei warmen Tagen keine Tiere. Spuren konnten auch nicht beobachtet werden. Ich war schon im Glauben, die Beobachtungen von Oettli bestätigen sich nicht auf meiner Gesteinsunterlage trotz intensiven Suchens. Aber als ich nach einem Regentage an den gleichen Stellen die gleichen Spalten wiederum absuchte, waren sie in Menge zu finden. Häufig untersuchte ich zwei benach-

barte Spalten nach diesen Bewohnern, eine trockene und eine feuchte. Das erwartete Resultat trat jedesmal zu Tage.

Die Tätigkeit der Würmer hat einen großen Einfluß auf die Art des Humus der Spalten durch: *Zerkleinern der organischen Reste und inniges Vermengen derselben mit Mineralteilchen, da beide zusammen den Verdauungskanal der Tiere durchwandern.*

Hiezu kommen noch die Verdauungssekrete. Ausgeschieden wird das Gemisch in der allbekannt lockeren Form. Es werden auch viele Pflanzenteile von den Tieren von der Oberfläche in die Erde hineingezogen, welche dann zum Teil als Nahrung dienen, zum Teil liegen bleiben. Auf beide Arten wird der Gehalt an organischen Stoffen vermehrt. Diese Tätigkeit der Tiere konnte mehrmals direkt beobachtet werden. Stehen dem Tiere im Inneren Hohlräume zur Verfügung, so werden die Fäkalien da abgesetzt, was auch Oettli schon bemerkte. Fehlen diese, so setzt sie das Tier an der Oberfläche ab.

*Durch diese Tätigkeit der Tiere wird die Krümmelbildung erheblich gefördert und das Eindringen von Luft und Wasser erleichtert.*

Deutlich zeigt sich der Unterschied, ob eine Felsspalte Würmer aufweist oder nicht, an einem Beispiel im Gamsboden. Einige Felsspalten hatte ich untersucht. Es waren alle trocken. Die eine zeigte deutliche Spuren von Würmern, die andere nicht. Da ein Regenschauer im Herannahen war, entfernte ich an drei Spalten die Pflanzen im oberen Teile, um die Wirkung des Eindringens des Wassers zu beobachten. Nach einer einstündigen Regenzeit wurde die Spalte geöffnet. Weder in der einen noch in der anderen Spalte war die Feuchtigkeit soweit eingedrungen, daß die ganze Spalte bis in ihre untersten Teile mit Wasser vollgesogen war. Deshalb konnte deutlich die Tiefe des eingedrungenen Wassers festgestellt werden. In der infolge der Tätigkeit der Würmer durchlüfteten Humusschicht war das Wasser etwa 50 cm eingedrungen, in der kompakten und nicht bewohnten dagegen nur etwa 30 cm. Die Spaltenbreite betrug bei beiden etwa 3 cm. Die äußeren Bedingungen waren dieselben.



Mehrmals konnte auch die Beobachtung gemacht werden, daß Spalten mit Regenwürmern oder anderen Tieren stärker besiedelt waren. Es konnte jedoch nicht festgestellt werden, was Ursache und was Wirkung ist.

In Betracht fallen nur *kleinere Tiere*. Größere Würmer finden sich nur ausnahmsweise und nur in solchen Oberflächenpolstern, welche sich unten in eine Felsspalte fortsetzen. Kleinere Oberflächenpolster, die einem Felsblocke aufliegen, sind meistens sehr arm an Würmern, weil sie einer größeren Trockenheit ausgesetzt sein können und die Tiere sich nicht zurückziehen können in feuchtere Teile. In einem erstgenannten Polster von 30 cm Durchmesser und 2 cm Dicke fand ich einen Wurm von 12 cm Länge. Es ist dies das größte Exemplar, das gefunden wurde.

Vertreter der Bodentiere liefern außer den Oligochaeten: *Diplopoden*, *Insekten*, namentlich als *Larven und Puppen*, *Collembolen*, *Acariden*, *Nematoden*.

*Manche dieser Tiere wirken nur durch die organischen Überreste, welche sie hinterlassen.*

*bb) Ameisen.* Eine besondere Rolle spielen die *Ameisen*. Durch ihren Nestbau können sie ganze *Spalten mit organischen Stoffen ausfüllen*. Auch sie sorgen durch ihre Bauten für *Durchlüftung des Bodens*. Im Gegensatz zu den Würmern *bevorzugen* sie aber *immer warme Südexpositionen* und Stellen, welche dem Regen nicht stark ausgesetzt sind. Ameisennester fand ich nie in Westexposition, am meisten in Süd- und Südostexposition. Große Nester wurden im ganzen Gebiete nirgends gefunden. Es waren immer kleine, aber häufig sehr zahlreiche, so namentlich an der Gotthardstraße oberhalb Airolo. Hier wimmelten alle Felsspalten von roten, schwarzen und gelben Ameisen. Im Frühling kommen sie sehr rasch zum Vorschein. Schon zwei Tage nach der Schneeschmelze wandern die kleinen Felsbewohner auf dem ganzen Felsen umher.

An genannter Stelle umfaßte ein Nest nie mehr als eine Pflanzenspezies. Auffallend war dagegen die Anzahl der Nester und die Anzahl der Arten. In den Nestern fanden sich folgende Pflanzen: *Calluna vulgaris*, *Thymus Serpyllum*, *Festuca varia*,

*Festuca ovina*, *Sempervivum montanum* (nur ein einziges Mal beobachtet.) In den Felsköpfen der Oberalpstraße ausschließlich *Thymus Serpyllum* und *Calluna vulgaris*. Ein einziges Mal fand sich an der Südseite des Gotthardes auf 1500 m Meereshöhe in einem Neste: *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitis idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Thesium alpinum* und *Euphrasia alpina*.

Ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen den Ameisenarten und den Pflanzenarten konnte nicht festgestellt werden. Auffallend war, daß *Thymus Serpyllum* fast ausschließlich von einer kleinen, roten Ameisenart bewohnt war, und daß die gelbe Art sich meistens fand bei *Calluna vulgaris*. Dies war aber nicht ausnahmslos der Fall.

Der Ansicht von Oettli, daß die freie Konkurrenz ausgeschaltet wird, solange die Nester bewohnt sind, kann ich nicht unbedingt zustimmen. Mir scheint es im Gegenteil, daß jede weitere Besiedlungsmöglichkeit überhaupt ausgeschaltet sei. Nie fand ich in einem bewohnten Neste eine Keimpflanze, selbst nicht der Art, welche im Neste drin sich befand. Es muß also die Auswahl der Art von der Ameise getroffen werden. Diese muß eine Vorliebe zeigen für die eine oder andere Art. Vielleicht erleichtert die Art des Wurzelsystems die Besiedelung. Dies scheint der Fall zu sein bei *Calluna vulgaris* und *Thymus Serpyllum*.

Das Wurzelsystem von beiden ist locker und weit verbreitet. Zwischen den Wurzeln und den unterirdischen Trieben kann die Ameise sehr leicht ihr Nest bauen.

Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei *Festuca varia* und *Festuca ovina*. Diese sind aber auch weniger häufig von Ameisen bewohnt als die beiden erstgenannten Arten. In großen Exemplaren dieser beiden Gräser fand ich keine Ameisen mehr. Sobald der Horst eine gewisse Größe erreicht hat, verschwinden die Tiere. Auch war das Nest hier nicht mitten im Wurzelwerke drin, sondern mehr oder weniger nur im Schutze des Horstes.

Ich kam bei meinen Beobachtungen zur Überzeugung, daß die Arbeit der Ameisen eher eine negative ist als eine positive in der Besiedelung der Felsen.

Noch längere Zeit nach dem Verlassen eines Nestes wurde der Rohhumus nicht besiedelt. Hat die Ameise einen Einfluß oder ist es Zufall? Wenn ja, welchen? Diese Frage kann ich nicht beantworten. Manche Nester fand ich, die leer waren, aber sie blieben auch während des ganzen Sommers unbesiedelt, obwohl die Feuchtigkeitsverhältnisse für eine Besiedelung günstig gewesen wären.

## 2. Unterkapitel.

### Spezielle Faktoren des Untersuchungsgebietes.

(Faktoren der Wuchsorte und Unterschiede auf kleinstem Raume.)

#### § 1. Temperaturverhältnisse.

Benutzt wurde bei meinen Untersuchungen<sup>1)</sup> eine grosse Zahl von Thermometern mit flachen Quecksilberbehältern. Die miteinander verglichenen Thermometer wurden bei andauernden Messungen im Humus der Pflanzen stecken gelassen. Auch das Luftthermometer wurde an einem schattigen Orte aufgestellt, so daß eine Ablesung sehr rasch erfolgen konnte, was beim Vergleiche der verschiedenen Daten mir sehr wertvoll erschien. Nur bei der Messung der Lufttemperatur an der Sonne mußte das Thermometer bewegt werden, um richtige Resultate zu erhalten. Gegen die Sonne konnte das Thermometer nicht immer geschützt werden. Eine Erwärmung des Quecksilbers konnte aber nicht eintreten, da der Behälter im Humus blieb. So blieben während den Messungen No. 27 alle Thermometer die ganzen 8 Tage ohne Unterbruch liegen. Nur das Luftthermometer wurde weggenommen und nur vor der Ablesung hin und her bewegt. Die meisten Beobachtungen waren von mir selbst ausgeführt worden. Einige Daten auf der Gotthardpaßhöhe waren von einem Schüler des Seminars Küsnacht und auf der Rotondohütte von Schülern des Gymnasiums Zürich ausgeführt worden. Die betreffenden waren vorher von mir eingeübt worden und auch während den Ablesungen machte ich immer Stichproben und hatte nie einen Fehler bei meinen Gehilfen entdecken können.

<sup>1)</sup> Von den zahlreichen Messungen können nur ausgewählte Beispiele reproduziert werden.

### a) Lufttemperatur.

Die Daten der meteorologischen Stationen geben uns nur die allgemeine Wärmelage. Für die Lufttemperaturen der einzelnen Wuchsorte sind besondere Messungen nötig. Da tritt uns in erster Linie die Tatsache entgegen, daß mit der Zunahme der Sonnenstrahlung mit der Höhe auch die Differenzen zwischen den Expositionen zunehmen.

#### aa) Expositionen.

- (1) 5. VIII. 1910. (Sonniger Tag.) 7<sup>15</sup> M. Bätzbergspitze: 2388 m.

Lufttemperatur, am Felsen: S 6,8°

N 4,8°

O 5,4°

- (2) 27. VII. 1910. (Sonniger Tag.) 10<sup>05</sup> M. Bätzbergspitze: 2388 m.

S 21,8°

N 10,0°

W 12,0°

- (3) 17. VII. 1911. (Sonniger Tag.) 7<sup>h</sup> M. Standort: Punkt 2914 zwischen Wytenwasserstock und Hühnerstock.

Unterlage: Gneis.

Geschützte Südexposition . . . 10,0°

Freie Südexposition . . . . . 6,0°

Nordexposition . . . . . 0,6°

- (4) 19. VII. 1911. 10<sup>h</sup> M.

Lucendropaß: 2539 m (siehe Fig. 23).

- (5) 13. VII. 1911. Punkt 2750 m. Rottälihorn. 10<sup>h</sup> M. (s. Fig. 24).

Deutlich kommt hier die Wirkung des rückstrahlenden Felsens zum Vorschein. Zwischen den beiden Punkten 1 und 3 haben wir eine Differenz von 10°. Bei Punkt 3 kommt die Rückstrahlung des Felsens voll zur Geltung, während bei 1 diese fehlt. Der günstigste Wurzelort ist bei 3. Auch auf der horizontalen Platte sind die Verhältnisse sehr günstig, allerdings verschlechtern sie sich mit der Entfernung von 3. Es sind dies die Wärmeverhältnisse, wie sie die Standorte von *Sempervivum montanum* und *Sempervivum arachnoideum* auf-

weisen. Nie fand ich eine dieser Oberflächenpflanzen am Orte 1 oder 2, immer nur von 3—4. Die Bestrahlung ist hier bestimmend für die Besiedelung. Deutlich kommt hier auch zum Ausdruck, welch großer Wechsel eintritt von einem Wurzelorte zum andern. Alle Temperaturen wurden immer gemessen in einer Distanz am Fels, die 1 cm nicht überstieg. Fig. 25 zeigt wie *Sempervivum montanum* nur nach der Richtung des warmen Winkels hin Ausläufer entwickelt. Ob hier ein wirklicher Thermoprozeß vorliegt, muß dahingestellt bleiben.

(6) 14. VIII. 1910. (Sonniger Tag.) 9<sup>25</sup> M. Fort Bühl. Exposition: SO. (Siehe Fig. 26.)

Hier tritt namentlich die Schutzwirkung auch einer sehr dünnen Platte hervor. Es ist dies allerdings nicht nur ein Wärmeschutz, sondern auch ein Licht- und Windschutz, so daß solche Lagen ganz besondere klimatische Verhältnisse besitzen, die bestimmend werden zur Besiedelung.

*bb) Besiedelung der Expositionen.* Beim Fort Bühl sind alle Felsspalten bei Ost- und Südposition bewachsen mit *Saxifraga Cotyledon*, während in einer Distanz von 1 m bei genau der gleichen geologischen Unterlage auf der Nordexposition kein einziges Exemplar dieser Steinbrechart sich befand.

Auf dem Lucendrograte ist *Statice montana* sehr zahlreich in Südlage, auf der Nordexposition ist dagegen kein einziges Exemplar zu finden. Auch zwischen zwei Felsköpfen fehlen alle Vertreter dieser Art. Alle ihre Wurzelorte befinden sich in geschützter Südlage. Folgende Angaben sollen den Unterschied zwischen den verschiedenen Expositionen veranschaulichen:

Lucendrograt:		Cavannapaß:	
1. Felskopf:		Südexposition .	19 Arten
Südexposition .	35 Arten	Nordexposition .	0 Arten
Nordexposition .	8 Arten	(Schnee)	
2. Felskopf:		Hühnerstock:	
Südexposition .	36 Arten	Südexposition .	8 Arten
Nordexposition .	4 Arten	Nordexposition .	4 Arten

Rotondohütte:

1. Felskopf bei der Hütte:
  - Exposition SW . . 23 Arten
  - Exposition SO . . 25 Arten
  - Exposition N . . 5 Arten

2. Felskopf unterhalb der Hütte:
  - Exposition ONO . 10 Arten
  - Exposition NNW . 14 Arten
  - Felsrücken . . . 18 Arten

3. Punkt 2750:

- Exposition S . . . 22 Arten
- Exposition SO . . 12 Arten
- Exposition N . . . 9 Arten

4. Rottälihorn:

- Exposition SO . . 12 Arten
- Exposition SW . . 8 Arten
- Exposition N . . . 0 Arten

Solche Beispiele lassen sich in Menge aufführen. Häufig ist die Erscheinung, daß auf der Nordseite eines Grates das perennierende Schneefeld bis zum Kamme reicht, während die Südseite schneefrei und sehr reichhaltig besiedelt ist (Gipfel der Fibbia, Grat östlich des Rottälihornes, Gipfel des Lucendro). An letzterem Standorte ist eine Besiedelung des Gipfels noch nicht erfolgt, da ein Steilabsturz dies verhinderte.

Auf der Südseite des Gipfels und des östlichen Grates der Fibbia findet sich *Chrysanthemum alpinum* sehr häufig. *Festuca Halleri* ist stellenweise geradezu dominierend. Die erste Art fehlt auf der Nordexposition vollständig und von der letzteren sind nur wenige Exemplare zu finden. Steigt man zum genannten Gipfel von der Fieudoalp her, so treten beide auf von 2100 bis 2700 m. Beim Überschreiten des Grates macht die genannte Composite Halt.

Viele Felsenpflanzen haben eine große Vorliebe für die wärmsten und sonnigsten Standorte wie: *Thymus Serpyllum*, *Sempervivum*-Arten, *Sedum*-Arten.

Auch sonnenliebend sind auf dem Lucendrograte: *Silene acaulis* und *Phyleuma hemisphaericum*.

*Saxifraga aspera* bewohnt mit Vorliebe Nordexposition. Auf der Südseite fehlt sie fast vollständig. Nordlagen bevorzugt auch *Minuartia sedoides*.

Auf der Gotthardpaßhöhe fand ich auch *Primula hirsuta* hauptsächlich in Nordexposition. Ähnliche Beobachtungen wurden auch gemacht in der Gegend der Rotondohütte mit *Saxifraga Seguieri*. Diese findet sich auf dem Rottälihorn allerdings in Südlage. Immer aber sind die Wurzelorte durch Felsvorsprünge gegen Süden geschützt. Es ist also nur scheinbar eine Südlage. Ob dies mehr eine Flucht ist vor zu starker



Erwärmung und Austrocknung oder zu starker Beleuchtung, kann ich nicht entscheiden. Ganz schattige Stellen kann auch *Saxifraga moschata* bewohnen. Diese wurde auf der Valetta an Stellen gefunden, die vollständig nach Norden gerichtet sind. Die Rosettenform hatte die Pflanze aufgegeben. Die Blätter waren gestielt. An benachbarten Wuchsorten, wo Sonnenlicht hinzu kam, waren die Blätter ungestielt und kürzer.

cc) *Wärmeabsorption*. Für die Pflanze kommt in erster Linie nicht die Temperatur der Luft in Betracht, sondern die von ihr selbst aufgenommene Wärmemenge. Einen Anhaltspunkt dafür erhält man mit Hilfe des Schwarzkugelthermometers. Dieses gibt uns allerdings nur Aufschluß über das Maximum der von einer geschwärzten Glaskugel aufgenommenen Wärme. Leider ist es mir nicht gelungen, eine größere Zahl von Daten mit Hilfe des Schwarzkugelthermometers zu erhalten. Die folgenden Daten geben uns doch über manches Aufschluß:

(7) Juni 1910. *Schwarzkugelthermometer am Felsen beim Fort Bühl befestigt.*

	Schatten- temperatur	Min. der Luft im Schatten in 24 Stunden nahe am Felsen	Max. der Luft im Schatten in 24 Stunden nahe am Felsen	Relat. mittlere Luftfeuchtigkeit in 24 Stunden nahe am Felsen	Exp. S0 Schwarzkugel- Thermometer an der Sonne
1.	17°	6°	23°	43%	39,5°
2.	16°	10°	19°	50%	28,0°
3.	18°	5°	23°	48%	39,5°
4.	14°	10°	16°	53%	38,0°
5.	16°	10°	17°	48%	29,0°
6.	18°	9°	25°	35%	41,5°
7.	15°	8°	20°	51%	34,5°
8.	15°	9°	22°	38%	41,5°
9.	19°	9°	27°	40%	41,5°
10.	15°	13°	17°	55%	39,5°

(8a) 19. VIII. 1910. (Föhnstimmung.) 11<sup>h</sup> M. Lucendro: 2959 m.

Schattentemperatur . . . 16,3°  
Schwarzkugelthermometer 48,3°

(8b) 19. VIII. 1910. (Sonne etwas verschleiert.) 2<sup>25</sup> A. Lucendropaß: 2539 m.

Schattentemperatur . . .	18,0°
Schwarzkugelthermometer	45,0°
2 <sup>45</sup> A. 33,5°	2 <sup>53</sup> A. 38,0°
2 <sup>47</sup> A. 36,0°	2 <sup>55</sup> A. 37,0°
2 <sup>49</sup> A. 38,0°	2 <sup>57</sup> A. 35,0°
2 <sup>51</sup> A. 41,0°	

(9) 20. VIII. 1910. 4<sup>h</sup> A. Valetta: 2540 m. Exposition: SW.

Lufttemperatur . . . .	27,2°
Schwarzkugelthermometer	50,5°

(10a) 24. VIII. 1910. (Sonne kommt hie und da zum Vorschein.)

Bätzbergspitze: 2388 m. Exposition: Ost.

	Gew. T.	Sch.-T.		Gew. T.	Sch.-T.
5 <sup>h</sup> A.	9,6°	15,5°	7 <sup>h</sup> A.	6,8°	6,5°
6 <sup>h</sup> A.	9,0°	10,0°			

25. VIII. 1910. (Sonne hie und da verdunkelt.)

	Gew. T.	Sch.-T.		Gew. T.	Sch.-T.
4 <sup>h</sup> M.	3,4°	3,0°	7 <sup>h</sup> M.	4,4°	7,2°
5 <sup>h</sup> M.	3,8°	3,2°	9 <sup>h</sup> M.	13,6°	18,3°
6 <sup>h</sup> M.	3,8°	3,4°	11 <sup>h</sup> M.	15,2°	24,0°

(10b) 24. VIII. 7<sup>20 h</sup> A. Auf einem Oberflächenblock.

Luft . . . . .	4,8°
Wasser auf dem Block .	11,2°
Schwarzkugelthermometer	10,6°

Meine beiden Thermometer waren direkt am Felsen befestigt. Hier ist der Unterschied etwas kleiner zwischen Temperatur am gewöhnlichen Thermometer und dem Schwarzkugelthermometer, da auch die Erwärmung der Luft in der Nähe des Felsens am größten ist.

Die wenigen Daten zeigen deutlich, daß die Abkühlung des Felsens in der Nacht eine bedeutendere ist, als die der Luft, daß die Gegensätze zwischen Tag und Nacht viel kräftiger zum Ausdruck kommen, als bei Pflanzen anderer Standorte.

Im Hüttenbuch der Rotondohütte fand ich folgende Bemerkung von Herrn Dr. Müller aus Baden vom 28. Dez. 1909:

Temperatur im Schatten . . . . .	— 10,0 °
„ in der Sonne an der Südwand der Hütte	+ 33,0 °

Dies zeigt die großen Gegensätze, welche in unserem Gebiete bei der Felsflora auf kleinstem Raume auftreten, wie bei keiner andern Flora.

dd) *Einfluß der Extreme.* Die Beobachtungen an der Felsflora stimmen mit der Ansicht von Raunkiär, daß insbesondere die ungünstigen Zeiten einen starken, wenn nicht den stärksten Einfluß ausüben, überein. In erster Linie sind es die *winterlichen* Verhältnisse, welche viele Pflanzen anderer Standorte aus den Felsen ausschließen.

*Schneebloßen.* (Diese konnten leider nur im Sommer festgestellt werden. Es wurden aber nur solche Stellen gewählt, welche einen Zweifel nicht aufkommen ließen.)

Als Hauptfaktor wirkt hier der Wind. Die gefegten Stellen der Felsen sind auch lange Zeit im Winter schneefrei und ganz bedeutenden Kältegraden in verstärktem Maße ausgesetzt. Wenn man auch manchmal Vertreter der Wiesenflora in die Felsen eindringen sieht, so geschieht dies nie an Stellen, welche im Winter schneefrei bleiben. Nur auf der Leeseite von Felsen vermag die Wiesenflora ihn zu besiedeln. Von solchen Wiesenpflanzen wären in erster Linie zu nennen: *Antennaria dioeca*, *Alchemilla vulgaris*, *Achillea Millefolium*, *Anthyllis vulneraria*, *Bartsia alpina*, *Gnaphalium Hoppeanum*, *Geranium silvaticum*, *Gentiana punctata*, *Gentiana purpurea*, *Lilium Martagon*, *Ligusticum Mutellina*, *Lotus corniculatus*, *Phyteuma Halleri*, *Parnassia palustris*, *Polygala vulgare*, *Polygala alpestre*, *Pedicularis tuberosa*, *Solidago Virga-aurea*, *Silene nutans*.

Auch viele charakteristische Felsenpflanzen meiden die Standorte, welche im Winter von Schnee entblößt werden. Sie sind typische Schneeschützlinge. Solche sind: *Cerastium uniflorum*, *Cerastium pedunculatum*, *Doronicum Clusii*, *Sempervivum montanum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Sempervivum tomentosum*, *Saxifraga aizoon*, *Erigeron alpinus*, *Erigeron*

*neglectus*, *Potentilla aurea*, *Helianthemum nummularium* ssp. *grandiflorum*, *Rhododendron ferrugineum*.

Oettli erwähnt in erster Linie *Erinus alpinus* und *Rhododendron hirsutum*.

*Schnee und tiefe Temperaturen während der Vegetationszeit.* In den höheren Lagen müssen wir mit Schnee und tieferen Temperaturen auch während der Vegetationszeit rechnen. Unter den Spaltenpflanzen sind viele, welche Schnee zu dieser Zeit sehr gut ertragen. Es ist dies in erster Linie *Silene acaulis*. Der Schnee bleibt sehr leicht liegen auf den Polstern dieser Felsenpflanze; sie erscheinen bei Schneefall immer zuerst bedeckt. Dies hängt auch zusammen mit ihrer verhältnismäßig niedern Temperatur. Während an heißen Sonnentagen die Polster der *Sempervivum*-arten immer warm anzufühlen sind, sind die *Silenepolster* immer kühl. Häufig habe ich auch bemerkt, daß sie im Sommer nachts und morgens gefroren sind.

So war ein Polster in der Nähe der Rotondohütte im August 1910 während einer Woche jeden Morgen steinhart gefroren, ohne daß ein Schaden sichtbar wurde. Diese Pflanze muß ungemein frosthart sein. Ich habe selbst Exemplare gefunden, die nicht einmal durch Gefrieren in voller Blüte gelitten haben.

Der 30. August 1910 war ein warmer Tag gewesen. Am Abend hatten wir noch eine hohe Temperatur. Auf ein nächtliches Gewitter folgte Schneefall, so daß am Morgen des 31. August alles mit Schnee bedeckt war. Es zeigte sich hier, daß schon beim Tagen Spaltenpflanzen sofort frei wurden von Schnee, namentlich diejenigen an geneigten Spalten. Sobald der erste Sonnenstrahl erschien, wich der Schnee von diesen. Obwohl noch ein eiskalter Wind von Osten her raste, schmolz der Schnee an den Felsen doch rasch weg auch in Ostexposition. Schneefrei waren namentlich: *Chrysanthemum alpinum*, *Avena versicolor*, *Primula hirsuta*, *Silene acaulis* (auffallend), *Minuartia sedoides*, *Saxifraga moschata*, *Saxifraga exarata*, *Sempervivum montanum*, *Sempervivum arachnoideum*.

Lange liegen bleibt der Schnee auf: *Loiseleuria procumbens* und *Carex sempervirens*.

Die Spaliere der genannten Azalee liegen oft in kleinen Vertiefungen, in kleinen Mulden, in welchen der Schnee liegen bleibt. Liegen bleibt der Schnee hauptsächlich auch bei solchen Pflanzen, welche Stauwehre bilden in den Rinnen.

Daß der Schnee rasch von der Hauswurz schmilzt, ist leicht begreiflich, da die Temperatur im Blattwerk immer eine relativ hohe ist. An keiner einzigen Pflanze, von welcher der Schnee rasch schmilzt, konnte ein Schaden beobachtet werden. Mancherorts streckte *Leontodon pyrenaicus* seine Blüten aus dem Schnee heraus. Daß er gelitten hätte durch den Frost und Schnee, konnte nicht konstatiert werden, obwohl während zwei Nächten die Temperatur unter den Nullpunkt gesunken war, einmal sogar auf  $-5^{\circ}$ .

Während der folgenden Tage, an welchen die Fröste sich jede Nacht wiederholten, litt *Vaccinium Myrtillus* sehr stark. An mehreren Stellen war eine große Zahl der Blätter an den Spitzen abgestorben. Es waren alles Blätter, welche in großer Distanz vom Felsen sich befanden. Diejenigen, welche dem Felsen auflagen, zeigten keine abgefrorenen Spitzen. Auch war manche Spitze abgefroren bei *Vaccinium Vitis-idaea*. Doch war hier die Wirkung der Fröste eine geringere als bei der verwandten Heidelbeere.

Sehr gut können Schnee ertragen: *Primula hirsuta* und *Saxifraga Cotyledon*.

Erstere stellt ihre Rhizome sehr häufig horizontal und die Rosette vertikal. Auf dieser bleibt der Schnee lange liegen.

Im April 1913 fand ich viele Exemplare beider Arten im unteren Maggiatale im Schnee. Einige Steinbrechexemplare waren bis nachmittags 2 Uhr voll Schnee. Es ragten nur die Blütenrispen aus dem Schnee heraus. Die Pflanze hatte durchaus nicht gelitten.

Manche Felsenpflanzen besitzen eine große Frosthärte. So hatte ich im Winter 1909/10 ein Exemplar *Saxifraga Cotyledon* vor meinem Fenster steinhart gefrieren lassen während zwei Monaten. Im Frühling war an ihr nichts Abnormales zu beobachten. Nicht einmal die Blattspitzen hatten gelitten. Im Gebiete fand ich allerdings im Frühling 1910 an der Gotthard-

straße und beim Fort Bühl zahlreiche erfrorene Exemplare von *Saxifraga Cotyledon*. Ein großes Exemplar war in einer Felspalte total erfroren. Im Januar war dasselbe noch frisch gewesen. Bei vielen Exemplaren hatten namentlich die Blattspitzen gelitten. Es ist dies allerdings die obere Grenze von *Saxifraga Cotyledon* auf der Nordseite der Alpen. Weiter unten, oberhalb von Göschenen, fand ich keine erfrorenen Exemplare, sondern nur oberhalb des Urnerloches.

Es scheint, daß *Vaccinium Vitis-idaea* und auch *Arctostaphylos Uva ursi* sehr widerstandsfähige Blätter haben, was bei *Vaccinium Myrtillus* nie beobachtet werden konnte. Viele Blätter der Bärentraube waren im Frühling 1910 oberhalb des Fort Airolo an der Spitze total abgefroren. Es war nicht nur Rötung, sondern totale Braunfärbung eingetreten. Es ging jedoch nicht das ganze Blatt verloren. Der erfrorene Teil wurde abgestoßen und ein neuer Blattrand gebildet. Nach und nach wurde das Blatt wieder abgerundet. War das Blatt jedoch bis zur Mitte vernichtet, so starb es vollständig ab. Diese Erscheinung konnte ich auch bei *Vaccinium Vitis-idaea* beobachten an der Gotthardstraße beim Mätteli und auch im Rodont, doch bei weitem nicht so stark, wie bei der erstgenannten Art.

Starke Frostschäden konnten bei *Festuca varia* beobachtet werden. Hier bildete sich unter der abgestorbenen braunen Blattspitze eine neue grüne Spitze. Erst wenn dies geschehen, wird die tote Spitze abgeworfen. Diese Erscheinung vermutete ich nach Beobachtungen im Frühling 1910, und bestätigt wurde sie an Hand weiterer Beobachtungen vom Jahre 1911 und dann im Frühling 1913.

Daß Felsenpflanzen durch den Frost leiden, konnte oft und an den verschiedensten Standorten festgestellt werden. In den beiden kalten Jahren 1910 und 1913 trat diese Erscheinung stark zutage. Es scheint, daß namentlich *Juniperus communis* stark leidet. Am 28. Juli 1913 fand ich sehr viele abgestorbene Zweige auf der Südseite der Fibbia, ebenso im Sommer 1910 bei der Rotondohütte. Die jungen Triebe waren in diesem außerordentlich kalten Sommer sehr stark geschädigt. Gelitten hatten am ersteren Orte, auch am 28. Juli



1913, *Primula hirsuta*, *Silene acaulis*, *Carex sempervirens* und *Chrysanthemum alpinum*.

Keine andere Pflanze hatte aber so stark gelitten wie der Wachholder. Derselbe zeigte die Spuren der kalten Witterung von 2500 m bis hinunter auf 1400 m, von der Rotondohütte bis zum Fort Bühl bei Andermatt. Auch manche Horste von *Festuca varia* waren vollständig abgestorben. Andere konnten sich gegen den Herbst, als besseres Wetter eingetreten war, wieder etwas erholen. Zu gleicher Zeit fand ich zahlreiche abgestorbene Blätter von *Primula hirsuta*. Es waren hier immer die ältesten Blätter abgestorben. Die Rosetten waren in diesem Sommer äußerst nahe zusammen gedrängt. Auch Rasenpflanzen hatten gelitten.

Zahlreiche abgestorbene Blätter fand ich bei *Salix herbacea*. Die Frostwirkung war auch stark bemerkbar am 12. August 1910 an *Alchemilla pentaphylla*. Hier waren durch das Gefrieren in der Nacht zahlreiche Blätter zugrunde gegangen. Namentlich die Blattränder vergilbten zuerst. An manchen Exemplaren trat nach dem dritten Frostage eine graue Färbung der Ränder ein, und dann folgte vollständiges Absterben.

Diese Beispiele sollen genügen. Sie zeigen, daß die schlechte Witterung und speziell der Frost ein Hauptwort reden bei der Besiedelung oder bei der Ausmerzungen einer Pflanze von einem Standorte.

Eine wichtige Eigenschaft der Felsenpflanzen ist die *Festigkeit ihres Winterschlafes*. Es ist eine sehr auffallende Tatsache, daß auch an schneefreien Felswänden trotz der hohen Temperaturen, welche an sonnigen Wintertagen auftreten, die Pflanzen nicht zu treiben beginnen. Grisch hat bei seiner Arbeit über die Berggünerstöcke diese feste Winterruhe der Schneeblößenbewohner auch experimentell geprüft und hält sie für eine entscheidende Eigenschaft der Bewohner winterlich auftretender Schneeblößen, zu denen ja auch die meisten Felsenpflanzen gehören.

Andererseits gehört in unserem Gebiete eine Felsenpflanze, die *Primula hirsuta*, zu den ersten Frühlingsboten: also unverrückbare Winterruhe trotz hoher Temperatur, aber rascheste

Entfaltung im Frühling. Eine physiologische Studie der Bedingungen dieser Erscheinung dürfte eine lohnende Aufgabe sein.

#### b) Bodentemperatur.

Wir haben nicht nur verschiedene Temperaturen an der Luft, im Blattwerke und im Humus derselben Pflanze, sondern große Unterschiede zeigen sich auch zwischen dem Humus oder dem Blattwerk verschiedener Petrophyten auf kleinstem Raume. Folgende Beispiele geben Aufschluß:

##### aa) Einzelne Temperaturmessungen.

(11) 21. V. 1910. 11<sup>25</sup> h M. Motto Bartolo.

Unterlage: Gneis, darin eine Quarzader.

Wetter sehr schön; in der Nacht Schnee.

Exposition: S.

Luft . . . . . 28,3°

Humus von *Festuca varia* . 31,8°

11<sup>30</sup> M. Die Erwärmung des Bodens hat hier noch nicht eingesetzt (21. V.).

Luft . . . . . 24,3°

Rosette von *Saxifraga aizoon* 22,5°

Horst von *Festuca varia* . . 19,2°

Humus von *Festuca varia* . 14,3°

(12) 24. V. 1910. 11<sup>h</sup> M. Tessinschlucht bei Rodi-Fiesso, bei 800 m ü. M., auch Gneis in Südlage.<sup>1)</sup>

Luft . . . . . 12,3°

Horst von *Festuca varia* . . 14,3°

Humus von *Festuca varia* . 11,4°

	Blatttemp.	Humustemp.
<i>Sempervivum arachnoideum</i> . .	15,0°	14,4°
<i>Sempervivum montanum</i> . . .	15,9°	15,7°
<i>Saxifraga Cotyledon</i> . . . .	15,0°	14,1°
<i>Festuca varia</i> . . . . .	14,9°	14,6°
<i>Sedum dasphyllum</i> . . . . .	15,9°	15,0°

<sup>1)</sup> Bemerkungen: Temperaturen auf einem Felsabsatz nördlich der Strasse zwischen Rodi und Faido. Das Tal ist eng. Obwohl Südexposition, hält eine 40 m entfernte gegenüberliegende hohe Felswand die Sonne ab. Die Lufttemperatur betrug 15,6°, die Temperaturen zwischen Blättern und im Humus der untersuchten Pflanzen waren nur wenig verschieden.

(13) 5. VIII. 1910. Nachm. bei Sonnenschein. An der Oberalpstrasse bei 1600 m ü. M. auf Serizitschiefer in Südlage.

Luft . . . . .	21,4°
Blattwerk von <i>Sempervivum arachnoideum</i> .	23,8°
Humus von <i>Sempervivum arachnoideum</i> . .	23,0°
Blattwerk von <i>Silene rupestris</i> . . . . .	25,0°
Humus von <i>Silene rupestris</i> . . . . .	22,6°

(14) 9. VIII. 1910. 7<sup>h</sup> A. bei Nebelreißen. Bei der Rotondohütte bei 2610 m ü. M. auf Schiefer in Südwestlage. Nebelreißen und Regen tagsüber.

Luft . . . . .	3,8°
Humus von <i>Silene acaulis</i> . . . . .	4,4°
Humus von <i>Saxifraga aspera</i> . . . . .	4,6°
Humus einer 2. <i>Saxifraga aspera</i> . . . . .	4,8°
Humus von <i>Draba dubia</i> . . . . .	5,0°

(15) 12. VIII. 1910. 7<sup>h</sup> M. Bei der Rotondohütte, 2500 m ü. M. auf Schiefer in Südlage. In der Nacht Schneefall und Frost.

Luft 10 cm vom Felsen . . . . .	0,6°
Lufttemperatur an der Oberfläche . . . . .	0,2°
Humus 4 cm tief im Polster von <i>Silene acaulis</i> <sup>1)</sup>	0,6°
2. Polster von <i>Silene acaulis</i> <sup>1)</sup>	-0,1°
Humus von <i>Saxifraga aspera</i> . . . . .	0,2°
Humus von <i>Carex curvula</i> . . . . .	0,0°
Humus von <i>Minuartia sedoides</i> . . . . .	-0,2°
Humus von <i>Saxifraga moschata</i> . . . . .	0,2°

Mittag: Sonne dringt zeitweise durch den Nebel.

Luft . . . . .	15,6°
Humus von <i>Sempervivum montanum</i> . . . . .	18,4°
Humus von <i>Silene acaulis</i> . . . . .	11,6°
Humus von <i>Minuartia laricifolia</i> . . . . .	14,8°
Humus von <i>Silene acaulis</i> . . . . .	11,9°
Humus von <i>Primula hirsuta</i> . . . . .	14,0°

Schon bei Berührung fühlen sich die Rosetten von *Sempervivum montanum* äusserst warm an, was durchaus nicht der Fall ist bei *Silene acaulis*.

<sup>1)</sup> Solche Unterschiede sind häufig, ohne sichtbare Ursache.

(16) 15. VIII. 1910. 11<sup>h</sup> M. Beim Fort Bühl, 1440 m, auf Gneis  
in SO-Lage.

Luft . . . . .	28,8 <sup>0</sup>
Blattwerk von <i>Sempervivum montanum</i> , 1. Exemplar	36,6 <sup>0</sup>
"      "      "      "      2.      "	34,4 <sup>0</sup>

12<sup>h</sup> M.

Luft . . . . .	28,6 <sup>0</sup>
Blattwerk von <i>Sempervivum montanum</i> , 1. Exemplar	36,8 <sup>0</sup>
"      "      "      "      2.      "	35,4 <sup>0</sup>

(17) 9. IX. 1910. 1<sup>15</sup><sup>h</sup> A. Regen war vorangegangen. An der  
Oberalpstrasse 1600 m ü. M. auf Serizitschiefer, SO Lage.  
Alles mehr oder weniger feucht.

Luft . . . . .	10,5 <sup>0</sup>
Blätter von <i>Sempervivum tomentosum</i>	10,4 <sup>0</sup>
Humus von <i>Sempervivum tomentosum</i>	10,2 <sup>0</sup>
Humus von <i>Saxifraga aspera</i> . . .	9,9 <sup>0</sup>
Humus von <i>Thymus Serpyllum</i> , naß .	10,4 <sup>0</sup>
Humus von <i>Festuca varia</i> . . . .	10,2 <sup>0</sup>

3<sup>30</sup><sup>h</sup> A. Nebel zieht das Tal hinauf, Luft momentan ruhig.  
Himmel bedeckt.

Luft . . . . .	11,4 <sup>0</sup>
Humus von <i>Sempervivum tomentosum</i>	12,2 <sup>0</sup>
Humus von <i>Saxifraga moschata</i> . .	12,4 <sup>0</sup>
Humus von <i>Thymus Serpyllum</i> . .	11,6 <sup>0</sup>
Humus von <i>Festuca varia</i> . . . .	11,6 <sup>0</sup>

4<sup>15</sup><sup>h</sup> A.

Bemerkungen: Mehr als acht Tage hatte äusserst  
schlechtes Wetter geherrscht mit Schnee und Regen.  
Die Temperatur war bis auf 1400 m unter den  
Gefrierpunkt gesunken; die Spuren des Herbstes  
sind schon deutlich sichtbar an: *Phyteuma Halleri*,  
*Silene rupestris*, *Laserpitium Panax*, *Sedum al-*  
*pestre*, *Galium asperum* und *Dianthus Carthusia-*  
*norum*.

Luft . . . . .	10,6 <sup>0</sup>
Blattwerk von <i>Polytrichum</i> . . . .	10,9 <sup>0</sup>
Humus von <i>Polytrichum</i> . . . . .	9,8 <sup>0</sup>

- |  |           |       |
|--|-----------|-------|
| Humus von <i>Campanula barbata</i>       | . . . . . | 10,2° |
| Humus von <i>Sempervivum tomentosum</i>  | . . . . . | 11,0° |
| Humus von <i>Dianthus Carthusianorum</i> | . . . . . | 10,6° |
| Humus von <i>Sedum alpestre</i>          | . . . . . | 9,6°  |
| Humus von <i>Thymus Serpyllum</i>        | . . . . . | 9,4°  |
| Oberflächenhumus                         | . . . . . | 10,2° |
- (18) 13. VII. 1911. 11<sup>20</sup> M. Auf dem Rottälihorn, 2700 m ü. M. auf Gneis in Südlage. Sehr heiss und wolkenlos seit langer Zeit.
- |                                       |           |              |
|---------------------------------------|-----------|--------------|
| Lufttemperatur (momentaner Windstoß)  |           | 16,0°        |
| Humus von <i>Sempervivum montanum</i> | . . . . . | <b>22,0°</b> |
| Humus von <i>Gentiana verna</i>       | . . . . . | 20,6°        |
| Humus von <i>Carex curvula</i>        | . . . . . | <b>25,0°</b> |
| Humus von <i>Doronicum Clusii</i>     | . . . . . | 19,8°        |
| Humus von <i>Saxifraga Seguieri</i>   | . . . . . | 15,4°        |
| Humus von <i>Silene acaulis</i>       | . . . . . | 19,4°        |
| Humus von <i>Erigeron neglectus</i>   | . . . . . | 20,8°        |
- (19) 14. VII. 1911. 11<sup>h</sup> M. Auf dem Rottälihorn, P. 2730, auf Gneis in Südlage. Sonnig und heiß.
- |   |           |              |
|---|-----------|--------------|
| Lufttemperatur 20 cm vom Felsen           | . . . . . | 15,4°        |
| Lufttemperatur am Felsen                  | . . . . . | 24,1°        |
| Blattwerk von <i>Sempervivum montanum</i> |           | <b>27,4°</b> |
| Humus von <i>Sempervivum montanum</i>     | . . . . . | 24,4°        |
| Humus von <i>Chrysanthemum alpinum</i>    | . . . . . | 22,0°        |
| Humus von <i>Achillea moschata</i>        | . . . . . | 20,4°        |
| Humus von <i>Galium asperum</i>           | . . . . . | 20,2°        |
| Humus von <i>Sieversia reptans</i>        | . . . . . | 19,0°        |
| Humus von <i>Silene rupestris</i>         | . . . . . | 22,0°        |
| Humus von <i>Silene acaulis</i>           | . . . . . | 21,4°        |
| Humus von <i>Primula hirsuta</i>          | . . . . . | 21,0°        |
| Humus von <i>Veronica bellidifolia</i>    | . . . . . | 23,0°        |
| Humus von <i>Veronica fruticans</i>       | . . . . . | 23,0°        |
| Humus von <i>Achillea moschata</i>        | . . . . . | 20,4°        |
| Humus von <i>Minuartia sedoides</i>       | . . . . . | 24,2°        |
- (20) 14. IV. 1913. 7<sup>h</sup> M. Oberhalb der Madonna del Sasso bei Locarno in SW-Lage. Sonnenschein.
- |                |           |      |
|----------------|-----------|------|
| Lufttemperatur | . . . . . | 7,8° |
| Moospolster    | . . . . . | 5,5° |

Humus von Saxifraga stellaris . . . . .	5,0°
Humus von Asplenium Trichomanes . . . . .	7,0°

10<sup>50</sup> h M.

Lufttemperatur . . . . .	21,8°
Humus von Sempervivum montanum . . . . .	11,4°
Blattwerk von Sempervivum montanum . . . . .	17,0°
Humus von Asplenium Trichomanes . . . . .	9,8°
Rohhumus . . . . .	10,3°
Humus von Saxifraga Cotyledon . . . . .	10,6°
Blattwerk von Saxifraga Cotyledon . . . . .	14,8°

Gleicher Standort in Südlage.

1. Lufttemperatur 20 cm vom Felsen entfernt.
2. „ am Felsen.
3. „ im Felsen: 1 cm.
4. „ im trockenen Humus.
5. „ im Blattwerk von Saxifraga Cotyledon.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.
12 <sup>15</sup> h	14,4°	21,4°	28,4°	17,6°	14,6°
12 <sup>20</sup> h	14,4°	18,8°	29,0°	18,0°	15,0°
12 <sup>25</sup> h	14,2°	21,0° <sup>1)</sup>	29,6°	18,2°	15,0°
12 <sup>30</sup> h	14,4°	20,4°	23,9° <sup>1)</sup>	18,6°	15,2°
12 <sup>35</sup> h	15,0°	21,6°	26,2°	18,7°	15,4°
12 <sup>40</sup> h	14,0° <sup>1)</sup>	19,0° <sup>1)</sup>	27,0°	18,8°	15,6°
12 <sup>45</sup> h	14,6°	21,6°	27,6°	19,0°	16,0°

*bb) Zusammenhängende Temperaturmessungen.*

- (21) Temperaturen. 16. IV. 1913. 10<sup>55</sup> M. bis 5<sup>45</sup> A. Felswand bei Maggia. Unterlage: Gneis. Exposition: SW. Gearbeitet wurde mit 9 Thermometern, die stehen blieben, alle auf kleinstem Raume aufgestellt. Wetter schön.

Thermometer:

- No. 1. Lufttemperatur am Felsen.
- „ 2. Trockener Humus.
- „ 3. Feuchter Humus.
- „ 4. Humus von Saxifraga Cotyledon in der Sonne.

<sup>1)</sup> Von Zeit zu Zeit einsetzender Wind, deshalb die eigentümlichen Schwankungen.



- No. 5. Humus von *Saxifraga Cotyledon* im Schatten.  
 „ 6. Humus von *Festuca varia*, trocken.  
 „ 7. Humus von *Festuca varia*, feucht.  
 „ 8. Humus von *Silene rupestris*, trocken.  
 „ 9. Humus von *Silene rupestris*, feucht.

Temperaturen:

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
10 <sup>55</sup>	17,4	11,2	5,4	7,4	5,6	7,0	5,8	7,8	5,8
11 <sup>05</sup>	18,2	11,6	5,4	7,4	5,8	7,1	5,8	7,8	5,8
11 <sup>15</sup>	19,0	12,0	6,0	7,4	6,0	7,6	5,8	8,0	6,3
11 <sup>25</sup>	19,8	12,5	6,4	7,6 <sup>1)</sup>	6,1	7,8	5,8	8,3	6,6
11 <sup>35</sup>	20,8	13,0	6,8	8,0	6,4	8,6 <sup>2)</sup>	6,0	9,2	7,0
11 <sup>45</sup>	21,0	13,6	7,1	8,4	6,7	8,9	6,2	10,0	7,4
11 <sup>55</sup>	20,6 <sup>3)</sup>	13,7	7,4	8,5	6,8	9,4	6,4	10,0	7,8
12 <sup>15</sup>	22,2	14,6	8,0	9,4	7,0	10,2	7,0	12,2	8,4
12 <sup>35</sup>	26,0 <sup>4)</sup>	15,3	9,0	11,2	7,4	11,2	7,0	13,2	9,0
12 <sup>45</sup>	28,0	16,4	9,6	10,5	7,8	11,9	8,0	13,8	9,6
12 <sup>55</sup>	25,8	16,4	9,8	10,8	8,0	12,0	8,2	14,2	9,9
1 <sup>05</sup>	26,0	16,4	10,2	11,0	8,2	12,4	8,5	14,8	10,4
1 <sup>15</sup>	25,4	16,6	10,8	11,2	8,2	13,0	9,0	14,9	10,8
1 <sup>35</sup>	28,8	17,6	11,6	11,8	8,4	13,8	9,2	15,5	11,8
1 <sup>45</sup>	26,4	17,4	12,2	11,9	8,4	14,2	9,5	15,8	12,5
1 <sup>55</sup>	<b>30,0</b>	18,2	12,8	12,2	8,8	14,8	9,8	16,2	13,2
2 <sup>15</sup>	26,2	18,6	13,8	<b>12,4</b>	9,0	15,2	10,2	16,8	14,2
2 <sup>35</sup>	27,2	18,8	14,9	12,2	9,2	15,8	10,9	17,1	15,2
2 <sup>55</sup>	26,8	18,9	16,0	12,2	9,4	15,6	11,4	17,4	16,2
3 <sup>15</sup>	26,6	18,8	17,0	12,2	<b>9,6</b>	17,0	12,0	17,6	17,0
3 <sup>35</sup>	26,1	<b>19,1</b>	17,6	<b>12,4</b>	<b>9,6</b>	17,4	12,4	17,8	17,6
3 <sup>55</sup>	24,6	19,0	18,4	<b>12,4</b>	<b>9,6</b>	17,8	12,8	17,9	18,2
4 <sup>15</sup>	23,8	18,9	18,8	12,0	9,4	18,2	13,2	17,9	18,6
4 <sup>35</sup>	24,6	<b>19,2</b>	19,2	11,9	9,4	18,4	13,4	18,0	18,8
4 <sup>55</sup>	23,4	18,9	19,6	11,6	9,3	18,7	13,8	18,0	19,0
5 <sup>15</sup>	22,2	18,8	19,9	11,4	9,8	18,8	14,2	<b>18,2</b>	<b>19,2</b>
5 <sup>30</sup>	21,2	18,6	<b>19,9</b>	11,4	9,4	<b>19,0</b>	14,2	<b>18,2</b>	19,0
5 <sup>45</sup>	—	18,0	19,6	11,2	—	18,6	<b>14,4</b>	17,9	18,7

<sup>1)</sup> Beim Beginn der Messungen war diese Südwestfelswand erst vor kurzer Zeit von den Sonnenstrahlen getroffen worden.

<sup>2)</sup> Beginn des Sonnenscheins für das Thermometer; war vorher im Schatten.

<sup>3)</sup> Starker Wind.

<sup>4)</sup> Windstille.

(22) Temperaturen. 17. VII. 1913. Rotondohütte: 2570 m.  
Unterlage: Gneis.

Thermometer:

- No. 1. Schwarzkugelthermometer am Felsen. Südlage.  
 „ 2. Lufttemperatur in geschützter Lage. Nordlage.  
 „ 3. Oberflächenhumus von *Luzula lutea*. Exposition: S.  
 „ 4. Oberflächenhumus von *Sempervivum montanum*. Exposition: SSW.  
 „ 5. Humus v. *Chrysanthemum alpin*. Exposition: SSO.  
 „ 6. Humus von *Primula hirsuta*. (Humus reichlich vorhanden.) Exposition: O.  
 „ 7. Humus von *Saxifraga aspera* var. *bryoides*. Exposition: O.  
 „ 8. Humus von *Minuartia sedoides* (offen). Exposition: SSO.  
 „ 9. Humus von *Minuartia sedoides* (in geschützter Lage). Exposition: SSO.  
 „ 10. Humus von *Silene acaulis*. Exposition: O.  
 „ 11. Luftfeuchtigkeit.

Temperaturen:

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
9 h M.	12,8	6,4	5,4	3,2	6,0	5,6	5,4	6,2	6,2	6,4	100%
10 h „	24,0	8,0	6,4	5,2	7,1	7,0	6,0	7,4	7,2	7,6	94%
11 h „	32,5	12,6	8,4	7,5	8,8	9,2	7,6	8,9	10,6	8,9	82%
12 h „	21,0	9,8	9,8	9,8	10,2	10,4	7,9	10,2	10,4	10,4	92%
1 h A.	30,0	8,8	10,2	10,4	10,0	10,9	7,6	10,0	10,4	10,4	86%
2 h „	29,5	8,0	9,0	8,8	8,8	8,8	6,8	8,2	9,3	8,7	94%
3 h „	26,0	6,2	8,8	8,9	8,8	8,8	6,8	8,0	9,2	8,7	80%
4 h „	16,0	6,4	8,2	8,2	8,4	8,0	6,5	7,6	8,4	8,4	90%
5 h „	15,0	6,8	7,8	7,8	8,0	7,4	6,0	7,0	8,0	7,8	94%
6 h „	5,0	5,9	6,9	6,6	7,0	6,2	5,4	6,0	6,9	6,8	90%
7 h „	—	4,4	5,4	5,4	5,6	4,6	4,6	4,8	5,0	5,4	—

Bemerkungen:

- 9 h M. Dichter Nebel. Am Tag vorher Schneefall.  
 Schneefall. Sonnenschein für einige Minuten.  
 10 h „ Schneefall.  
 11 h „ Sonne kommt schwach zum Durchbruch.  
 12 h „ Dichter Nebel.  
 1 h A. Nebel verschwindet, Sonne kommt jedoch nicht zum Durchbruch.  
 2 h „ Dichter Nebel bleibt.

(23) Temperaturen. 6<sup>h</sup> A. 19. VII. 1913 bis 8<sup>h</sup> A. 20. VII. 1913. Felskopf unterhalb Motto Bartolo: 1450 m. Unterlage: Glimmerschiefer. Gesamt-Exposition: S.

Thermometer:

- No. 1. Lufttemperatur an der Oberfläche.  
 „ 2. Nackter Oberflächenhumus. Exposition: S.  
 „ 3. Humus von *Dianthus Caryophyllus* ssp. *silvester*.  
 Oberflächenpflanze.  
 „ 4. Humus von *Dianthus Caryophyllus* ssp. *silvester*.  
 Spaltenpflanze. Exposition: SSO.  
 „ 5. Humus von *Sedum mite*. Oberflächenpflanze.  
 Exposition: S.  
 „ 6. Fester Humus von *Silene rupestris*. Oberflächen-  
 pflanze. Lokal-Exposition: SSO.  
 „ 7. Humus von *Sempervivum montanum*. Ober-  
 flächenpolster.  
 „ 8. Humus eines dichten Polsters v. *Saxifraga aizoon*.  
 „ 9. Humus eines Horstes von *Festuca varia*.

19. VII. Temperaturen:									
Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
6 h A.	18,8	20,4	21,2	17,2	21,0	18,6	17,8	17,8	18,8
7 h „	18,2	19,4	20,0	17,0	20,2	18,0	16,9	17,2	18,1
8 h „	17,4	18,0	18,7	14,8	19,2	17,2	15,6	16,6	17,7
9 h „	16,4	16,8	17,6	13,2	18,0	16,4	14,4	16,0	17,1
20. VII.									
3 h M.	11,8	12,8	12,2	10,0	13,2	12,8	10,6	13,2	14,1
4 h „	11,2	12,3	11,2	10,0	12,2	12,0	10,0	12,6	12,0
5 h „	11,2	12,0	11,2	10,0	12,2	12,0	10,0	12,6	13,0
6 h „	11,2	11,8	11,2	10,2	12,0	12,0	10,0	12,6	12,8
7 h „	14,0	12,8	13,6	14,4	13,6	13,0	12,0	14,4	13,0
8 h „	17,7	15,6	16,5	20,0	16,2	15,4	18,4	17,4	13,9
9 h „	20,3	19,7	19,5	25,0	19,0	18,1	24,4	19,2	15,0
10 h „	22,9	23,3	22,0	25,2	21,2	20,5	19,2	21,2	16,8
11 h „	23,6	26,7	23,7	27,4	23,2	22,4	30,9	20,2	17,4
12 h „	21,8	24,0	21,8	27,8	21,8	21,0	25,4	18,4	17,4
1 h A.	22,2	24,4	22,4	27,8	21,4	22,2	27,0	19,5	18,4
2 h „	22,0	24,4	22,7	25,9	22,4	21,2	26,3	19,5	18,8
3 h „	21,4	24,6	21,6	25,0	22,4	21,2	23,8	18,2	18,2
4 h „	20,0	22,8	21,6	18,9	21,6	19,6	20,7	18,2	18,7
5 h „	17,8	19,4	18,6	16,0	19,4	17,8	17,3	16,8	17,6
6 h „	16,8	18,0	17,2	15,9	18,0	17,0	15,9	16,0	17,0

Bemerkungen:

19. VII. 6<sup>h</sup> A. Der Tag vorher war sehr schön gewesen. Bise vom Hospiz her.  
 7<sup>h</sup> „ Die Bise hat vollständig nachgelassen.  
 8<sup>h</sup> „ Zwischen 7 und 8 Uhr schwacher Regen.  
 Während der ganzen Nacht starker Regen u. starker Wind.  
 20. VII. 4<sup>h</sup> M. Regen hat aufgehört.  
 7<sup>h</sup> „ Die Sonne erschien um 6<sup>30</sup>.  
 12<sup>h</sup> „ Sonne ist verdunkelt.  
 1<sup>h</sup> A. Für einen Moment kommt die Sonne zum Vorschein.  
 1<sup>30</sup> h „ Kurzer Regen.  
 2<sup>h</sup> „ Sonnenschein.  
 4<sup>h</sup> „ Starker Wind, Himmel vollständig bedeckt.

(24) Temperaturen. 7<sup>h</sup> M. 29. VII. bis 6<sup>h</sup> M. 31. VII. 1913.  
 Gotthardpaßhöhe: 2100 m. Unterlage: Fibbiagneis.

Thermometer:

- No. 1. Lufttemperatur. Exposition: NO (meist Schatten).  
 (Siehe Bemerkungen.)  
 „ 2. Lufttemperatur. Exposition: S.  
 „ 3. Felstemperatur. Exposition: S.  
 „ 4. Temperatur an der Oberfläche des Humus von  
*Carex curvula*.  
 „ 5. Humus, 3 cm im Boden von *Carex curvula*.  
 „ 6. Humus, 6 cm im Boden von *Carex curvula*.  
 „ 7. Humus von *Chrysanthemum alpinum*. Neigung  
 des Felsens schwach nach Norden, jedoch so, daß  
 die Pflanze von der Sonne noch bestrichen wird.  
 „ 8. Humus in einer Nische: *Phyteuma hemisphaericum*,  
*Leontodon pyrenaicus*.  
 „ 9. Spalten-Humus von *Vaccinium uliginosum*.  
 Exposition: SW.  
 „ 10. Luftfeuchtigkeit.  
 No. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 alle auf einem Raume von 1 m<sup>2</sup>.  
 Exposition: SW.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
7 h M. <sup>1)</sup>	6,0	8,3	—	7,8	8,0	8,4	6,4	8,4	8,2	82%
8 h „ <sup>2)</sup>	7,0	12,9	13,6	12,0	9,0	8,4	8,6	10,2	10,9	70%
9 h „	8,2	16,2	16,7	14,2	10,6	9,2	10,4	12,8	13,8	67%
10 h „ <sup>3)</sup>	9,4	20,8	24,4	18,7	13,2	10,4	13,0	17,0	18,8	57%

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
11 h „ <sup>4)</sup>	12,4	24,0	29,2	19,9	15,7	12,5	15,4	22,0	22,7	48 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
12 h „ <sup>5)</sup>	12,7	19,6	22,4	19,3	17,0	14,1	16,4	21,6	23,4	59 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
1 h A. <sup>6)</sup>	12,7	20,6	24,8	21,0	18,4	15,8	18,5	24,6	26,2	56 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
2 h „ <sup>7)</sup>	12,4	<b>25,8</b>	<b>29,8</b>	<b>21,8</b>	19,8	17,2	19,9	<b>28,0</b>	28,2	57 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
3 h „ <sup>8)</sup>	<b>12,8</b>	23,2	27,4	21,7	20,8	18,9	<b>20,4</b>	27,4	<b>28,6</b>	67 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
4 h „ <sup>9)</sup>	<b>12,8</b>	19,8	22,2	20,6	20,9	19,7	19,2	25,2	26,8	74 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
5 h „	12,4	18,8	18,7	19,3	<b>22,0</b>	<b>19,8</b>	17,7	21,5	23,8	90 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
6 h „	11,8	14,1	15,6	17,5	18,9	19,0	14,8	18,7	19,8	98 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
7 h „	17,2	12,6	14,2	16,1	17,5	17,7	12,7	17,1	16,8	—
9 h „	9,6	11,7	13,0	13,9	15,0	15,4	11,4	15,0	14,0	—
12 h Mitternacht	9,1	11,0	12,2	12,4	13,2	13,5	10,2	13,4	12,6	—
5 h M. <sup>10)</sup>	6,3	7,2	8,4	8,7	10,0	10,6	6,7	9,6	8,8	86 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
6 h „	5,8	6,6	8,2	8,3	9,6	10,2	6,2	9,2	8,3	78 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
7 h „	5,8	6,9	8,4	8,2	9,2	9,0	6,2	9,0	8,3	75 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
8 h „ <sup>11)</sup>	8,0	13,8	14,9	13,6	10,2	9,5	9,5	11,4	11,8	49 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
9 h „	9,2	20,7	20,5	18,2	12,7	10,5	12,3	13,7	15,8	42 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
10 h „	19,8	23,4	27,8	20,7	16,0	12,4	17,0	20,3	21,3	33 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
11 h „	<b>25,8</b>	25,2	31,2	22,3	18,3	14,7	19,9	25,8	25,4	29 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
12 h „	18,1	<b>27,3</b>	<b>34,6</b>	23,3	20,5	17,3	23,2	30,9	29,4	28 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
1 h A.	15,2	26,4	34,4	<b>24,3</b>	22,4	20,2	26,5	33,8	31,7	27 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
2 h „	14,8	<b>27,3</b>	33,3	24,0	23,7	22,1	28,1	<b>34,2</b>	<b>32,4</b>	27 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
3 h „	14,9	25,8	30,9	22,9	23,9	23,3	<b>28,7</b>	32,3	30,9	30 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
4 h „	14,7	27,1	29,6	22,7	23,8	<b>23,9</b>	<b>28,7</b>	30,9	30,0	35 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
5 h „	14,3	24,3	25,0	23,1	<b>24,1</b>	<b>23,9</b>	24,1	25,9	28,4	56 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
6 h „	13,8	18,8	20,9	21,6	23,0	23,1	19,8	22,9	24,1	77 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
7 h „	13,4	16,6	19,4	20,4	21,9	22,0	18,5	21,4	22,0	72 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>
6 h M.	7,2	8,4	9,0	10,4	11,0	11,0	8,2	10,6	10,0	—

#### Bemerkungen:

<sup>1)</sup> Die Nacht war ganz klar gewesen. Alle Thermometer noch im Schatten. Der südliche Himmel ganz klar, der westliche Horizont mit Wolken bedeckt.

<sup>2)</sup> Die Sonne war 7<sup>25</sup> h erschienen. Das Hygrometer hatte sofort einen Ausschlag gegeben.

<sup>3)</sup> Alles in der Sonne.

<sup>4)</sup> Starker Westwind. Die Sonne wird von Zeit zu Zeit verdeckt, um dann jedoch wieder hervorzubrechen.

<sup>5)</sup> Beinahe die ganze Zeit war der Sonnenschein verschwunden. Westwind hatte an Stärke zugenommen. Dieser Wind ist wahrscheinlich die Ursache der Zunahme der Feuchtigkeit.

<sup>6)</sup> Sonne verschleiert. Wind hat etwas nachgelassen.

<sup>7)</sup> Zwischen 1 h und 2 h beinahe ununterbrochener Sonnenschein.

<sup>8)</sup> Hell.

<sup>9)</sup> Wind sehr stark.

<sup>10)</sup> Himmel klar, nur einige kleine Wölkchen.

<sup>11)</sup> Sonne kommt zum Vorschein. Den ganzen Tag hindurch sehr schönes Wetter. Von abends 6 h begann sich der Himmel mit Wolken zu bedecken. Gewitter im Bedrettotale.

(25) Temperaturen. 7<sup>h</sup> M. bis 6<sup>h</sup> A. 3. VIII. 1913. Lucendropf. Unterlage: Fibbiagneis.

Thermometer:

- No. 1. Lufttemperatur im Schatten N.
- „ 2. Lufttemperatur an der Sonne S.
- „ 3. Humus von *Saxifraga aspera* var. *bryoides*. Exposition: N.
- „ 4. Humus von *Sempervivum montanum*. Exposition: schwach S.
- „ 5. Humus von *Primula hirsuta*. Exposition: S.
- „ 6. Humus von *Carex curvula* in einer Felsnische. Exposition: S.
- „ 7. Humus von *Minuartia sedoides*. Exposition: S.
- „ 8. Polster unter der Oberfläche von *Silene acaulis*. Exposition: S.
- „ 9. Inneres des Polsters der gleichen *Silene acaulis*.
- „ 10. Luftfeuchtigkeit.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
7 h M. <sup>1)</sup>	4,8	7,4	1,8	8,0	5,4	6,0	7,4	6,8	5,2	80%
8 h „	3,6	9,4	1,0	9,4	8,2	8,4	9,4	8,2	6,8	90%
9 h „	5,6	16,2	6,6	13,6	12,0	11,2	12,9	10,0	9,2	75%
10 h „ <sup>2)</sup>	6,8	19,2	11,0	18,0	15,8	15,0	16,4	13,0	12,4	70%
11 h „ <sup>3)</sup>	8,8	16,6	13,0	18,8	16,2	17,0	16,4	14,0	15,0	78%
12 h „ <sup>4)</sup>	12,2	25,0	13,4	24,2	18,4	18,2	19,4	15,4	17,7	58%
1 h A. <sup>4)</sup>	<b>12,4</b>	<b>27,8</b>	<b>16,2</b>	<b>30,4</b>	<b>22,2</b>	<b>23,8</b>	—	<b>20,4</b>	23,2	54%
2 h „ <sup>5)</sup>	7,6	16,9	14,2	23,9	19,8	23,0	<b>19,6</b>	20,0	22,0	57%
3 h „ <sup>6)</sup>	11,8	22,5	12,8	30,0	21,0	24,2	22,4	20,3	22,8	56%
4 h „	9,8	21,0	11,2	28,4	19,8	24,2	21,0	20,3	<b>23,8</b>	61%
5 h „	9,0	13,0	10,4	25,2	16,8	22,0	17,4	18,8	22,0	70%
6 h „	7,8	10,8	8,9	19,0	14,5	19,4	14,0	16,5	18,2	96%

(26) Temperaturen. 6<sup>h</sup> M. bis 6<sup>h</sup> A. 5. VIII. 1913. (Wetter sehr schön, Föhnstimmung.) Felsköpfe am Eingang ins Val Prevot: 2550 m. Unterlage: Gneis. Exposition: SW.

<sup>1)</sup> Beginn des Sonnenscheins 6<sup>45</sup> h.

<sup>2)</sup> Sonnenschein schwach.

<sup>3)</sup> Schwache Bewölkung (Föhnstimmung).

<sup>4)</sup> Starker, greller Sonnenschein.

<sup>5)</sup> Etwas bewölkt.

<sup>6)</sup> Sonnenschein.



Thermometer:

- No. 1. Schattentemperatur.  
 „ 2. Sonnentemperatur direkt am Felsen.  
 „ 3. Humus.  
 „ 4. Humus von *Sempervivum alpinum*.  
 „ 5. Humus von *Vaccinium uliginosum*.  
 „ 6. Humus von *Carex sempervirens*.  
 „ 7. Humus von *Primula hirsuta*.  
 „ 8. Polster von *Silene acaulis*, 1 cm tief im Polster drin.  
 „ 9. „ „ „ „ 3 „ „ „ „ „  
 „ 10. Luftfeuchtigkeit.

Temperaturen:

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
6 h M.	9,3	4,7	8,4	7,8	9,8	6,8	9,3	6,7	8,5	67°/o
7 h „	9,3	5,4	8,6	7,8	9,8	6,6	9,3	6,7	8,3	55°/o
8 h „	9,4	20,0	8,7	12,1	10,1	12,4	13,7	13,9	10,2	42°/o
9 h „	9,4	29,9	9,1	18,0	10,6	16,0	17,7	18,4	13,1	45°/o
10 h „	9,5	31,9	5,5	24,2	10,8	19,2	21,2	23,2	16,1	43°/o
11 h „	9,7	37,4	10,3	28,6	11,7	22,8	25,4	25,7	18,6	40°/o
12 h „	10,2	39,4	12,5	31,9	23,7	24,4	28,1	<b>27,3</b>	21,1	40°/o
1 h A.	14,4	<b>42,0</b>	15,2	<b>33,4</b>	<b>26,9</b>	<b>26,2</b>	<b>29,6</b>	27,0	22,5	43°/o
2 h „	<b>14,5</b>	35,1	15,3	32,3	26,3	25,1	28,1	26,2	<b>23,9</b>	44°/o
3 h „	12,8	38,3	15,3	30,5	27,1	24,5	27,3	24,7	22,9	42°/o
4 h „	12,2	28,2	<b>15,5</b>	26,8	24,7	22,3	24,9	22,0	21,5	46°/o
5 h „	11,8	19,1	13,8	23,2	20,0	19,5	22,4	19,3	20,2	54°/o
6 h „	11,5	15,8	12,9	20,1	19,8	17,7	20,6	17,2	18,7	63°/o

(27) Temperaturen. 14. VII. bis 20. VII. 1914. Rotondohütte:  
 2570 m. Unterlage: Gneisfelsen nördlich der Klubhütte.

Thermometer:

- No. 1. Humus von *Draba dubia*, 1 cm tief in einer Fels-  
 spalte, geschützt durch einen überhängenden  
 Felsen.  
 „ 2. Humus von *Saxifraga moschata*. Spaltenpflanze.  
 „ 3. Polster von *Silene acaulis*, anlehnend an das  
 Polster der *Saxifraga moschata*.  
 „ 4. Humus von *Saxifraga aspera* var. *bryoides*.  
 Spaltenpflanze, anlehnend an No. 2 und 3.  
 „ 5. Humus von *Chrysanthemum alpinum*. Spalten-  
 pflanze.

No. 6. Humus von *Sempervivum montanum*. Oberflächenpflanze.

„ 7. *Saxifraga aizoon*. Spaltenpflanze.

„ 8. Schattentemperatur unter einem Felskopfe.

Bemerkung: Alle Exemplare befinden sich auf einem Raum von ca. 1 m<sup>2</sup>.

#### Temperaturen:

##### 14. VII. 1914. (z. T. bewölkt.)

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
6 h M.	7,0	6,6	5,2	6,8	4,7	3,2	6,0	4,8
7 h „	7,2	6,6	5,6	7,0	5,6	3,6	6,4	4,4
8 h „	7,4	7,4	6,4	6,4	6,2	4,0	7,0	5,1
9 h „	7,2	7,1	10,4	8,2	7,2	4,8	7,4	5,8
10 h „	7,4	9,0	15,2	9,4	10,2	7,6	9,0	7,0
11 h „	8,2	11,0	19,4	11,6	14,2	14,0	13,6	9,0
12 h „	9,0	12,8	21,6	12,8	15,6	18,0	17,2	16,2
1 h A.	10,4	16,8	24,8	15,2	20,6	24,2	22,0	22,0
2 h „	11,2	18,4	25,8	<b>15,8</b>	23,0	27,2	24,8	17,4
3 h „	11,9	20,4	25,0	14,6	<b>24,2</b>	27,8	21,4	17,2
4 h „	<b>12,4</b>	<b>25,2</b>	<b>26,8</b>	14,6	<b>30,2</b>	<b>30,8</b>	<b>29,2</b>	<b>24,6</b>
5 h „	12,0	23,6	21,0	14,6	28,0	29,4	27,8	19,2
6 h „	11,6	21,8	16,4	14,2	24,5	26,4	25,2	16,0
7 h „	11,0	16,6	13,6	13,6	18,4	20,4	20,4	14,4
8 h „	10,2	13,7	11,0	11,4	14,2	15,2	16,2	12,4
9 h „	9,6	12,0	9,6	11,4	11,8	11,8	13,8	10,9

##### 15. VII. 1914. (z. T. bewölkt, Föhnstimmung, ohne Niederschläge. Windstöße.)

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
4 h M.	7,6	7,8	6,0	8,0	4,8	5,0	8,0	6,2
5 h „	7,6	8,0	5,8	7,3	6,6	4,8	7,8	5,8
6 h „	7,6	8,2	6,2	7,8	6,8	5,0	7,8	7,0
7 h „	7,8	9,0	6,8	8,0	7,0	5,2	8,2	7,2
8 h „	8,2	10,0	8,2	8,4	8,0	5,4	9,2	8,6
9 h „	8,9	9,6	11,0	9,2	8,8	6,2	9,4	9,6
10 h „	8,9	12,6	13,4	10,2	12,2	9,4	11,0	11,0
11 h „	9,2	12,6	14,6	10,6	14,0	11,4	12,6	11,0
12 h „	10,2	15,4	21,2	13,2	20,0	18,6	18,2	12,4
1 h A.	11,8	<b>19,4</b>	<b>24,6</b>	15,6	<b>24,4</b>	<b>25,8</b>	<b>24,0</b>	14,6
2 h „	<b>12,0</b>	17,0	19,6	<b>16,6</b>	20,4	22,6	21,0	<b>15,4</b>
3 h „	11,8	16,6	17,6	14,2	19,8	20,8	19,6	14,4
4 h „	<b>12,0</b>	<b>18,9</b>	17,4	14,0	<b>21,2</b>	20,9	19,8	14,2
5 h „	12,0	17,4	17,2	14,0	20,4	<b>21,2</b>	<b>20,4</b>	14,0
6 h „	11,4	16,4	15,0	13,4	18,2	18,4	18,6	13,4

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7 h „	10,8	14,2	12,2	12,4	14,4	14,8	15,4	10,2
8 h „	9,4	?	9,4	11,2	9,4	9,8	10,4	9,4
9 h „	8,6	9,6	8,4	10,2	9,2	8,7	9,6	9,4

#### 16. VII. 1914.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7 h M.	7,2	7,2	6,4	7,8	6,8	5,8	7,6	6,2 <sup>1)</sup>
8 h „	7,2	8,0	7,4	8,0	8,0	6,8	8,4	7,0 <sup>2)</sup>
9 h „	7,2	9,2	8,2	8,0	9,1	8,0	9,4	7,0 <sup>3)</sup>
10 h „	7,8	10,4	10,2	8,8	10,6	10,0	11,2	7,2 <sup>4)</sup>
11 h „	7,6	10,2	9,2	8,6	10,0	9,8	10,8	7,2 <sup>4)</sup>
12 h „	7,6	10,0	8,8	8,6	9,4	10,0	10,6	5,8 <sup>5)</sup>
1 h A.	7,2	8,6	7,0	7,8	8,0	8,2	9,0	6,4 <sup>5)</sup>
2 h „	6,8	8,2	6,8	7,6	7,4	7,8	8,6	6,2 <sup>5)</sup>
3 h „	6,6	8,2	6,4	7,4	7,8	7,2	8,2	6,0 <sup>5)</sup>
4 h „	6,2	7,8	6,2	7,0	7,0	7,2	8,0	5,4 <sup>5)</sup>
5 h „	6,0	7,2	5,8	6,8	6,2	6,2	7,9	5,2 <sup>5)</sup>
6 h „	5,8	6,2	4,6	6,2	5,2	5,0	6,4	4,2 <sup>6)</sup>
7 h „	5,4	5,4	3,8	5,6	4,2	4,0	5,4	4,2 <sup>6)</sup>
8 h „	5,0	4,4	3,4	5,2	3,0	3,4	4,2	3,4 <sup>6)</sup>
9 h „	4,6	3,8	2,2	4,0	2,6	2,2	3,6	2,4 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> In der Nacht Regen, jetzt Nebel. <sup>2)</sup> Regen und Nebel. <sup>3)</sup> Regen und Nebel. <sup>4)</sup> Nebelreißen. <sup>5)</sup> Regen und Schnee. <sup>6)</sup> Schneegestöber ohne Aufhören.

#### 17. VII. 1914.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7 h M.	2,8	1,6	1,2	1,8	1,0	0,4	1,6	0,2 <sup>1)</sup>
8 h „	2,8	2,0	1,4	3,2	1,2	0,6	2,0	0,8 <sup>1)</sup>
9 h „	3,0	3,0	2,4	3,8	2,0	0,8	3,0	0,2 <sup>1)</sup>
10 h „	3,4	5,1	5,1	4,4	4,1	1,1	6,0	0,2 <sup>1)</sup>
11 h „	4,4	7,4	7,6	5,8	7,0	3,2	8,0	1,1 <sup>2)</sup>
12 h „	5,0	9,0	10,0	6,8	9,2	8,6	10,0	2,2 <sup>3)</sup>
1 h A.	5,3	11,0	12,4	8,0	12,6	14,0	12,2	3,2
2 h „	6,4	12,4	13,8	9,0	13,8	15,8	14,4	4,6 <sup>4)</sup>
3 h „	6,8	13,0	14,4	9,4	15,4	18,2	15,2	5,2 <sup>4)</sup>
4 h „	6,8	12,8	13,4	9,4	13,8	16,8	15,6	6,0
5 h „	6,8	11,4	11,0	8,8	10,0	14,4	13,8	6,6
6 h „	6,4	9,8	8,2	8,2	10,0	11,2	11,0	5,6 <sup>5)</sup>
7 h „	5,2	7,0	4,6	6,8	6,8	7,2	6,4	5,2 <sup>6)</sup>
8 h „	4,8	6,0	3,4	6,2	4,8	5,6	6,0	3,2 <sup>6)</sup>
9 h „	4,2	4,6	2,4	5,6	3,8	3,8	4,4	1,4 <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Bise, Boden oberflächlich gefroren. <sup>2)</sup> Schneegestöber. <sup>3)</sup> Nebel. <sup>4)</sup> Sonne. <sup>5)</sup> Nebel. <sup>6)</sup> Schneefall.

18. VII. 1914.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
5 h M.	2,4	1,3	0,4	2,8	0,4	0,3	1,3	—1,4 <sup>1)</sup>
6 h „	2,2	1,4	0,6	2,4	0,4	0,2	1,2	—1,0
7 h „	2,2	2,6	0,8	2,8	0,8	0,4	1,4	0,6
8 h „	2,6	3,2	1,2	3,4	2,6	0,4	2,2	3,2
9 h „	3,6	6,4	5,8	4,8	6,4	2,4	6,8	7,6 <sup>2)</sup>
10 h „	4,2	7,4	10,4	6,0	9,1	7,3	8,2	12,1
11 h „	5,4	10,4	14,4	8,0	12,8	12,8	12,2	16,2
12 h „	6,8	10,4	18,0	9,8	17,7	19,2	16,0	21,4
1 h A.	7,4	14,6	17,8	10,4	17,4	20,2	18,2	19,8
2 h „	7,8	14,0	17,4	10,8	17,6	20,4	17,4	20,4
3 h „	8,2	17,6	15,8	10,8	15,4	18,2	16,4	17,0
4 h „	8,0	13,2	15,4	10,6	15,8	17,2	15,4	17,4
5 h „	8,2	12,2	11,8	10,4	14,2	16,0	14,6	13,8
6 h „	7,4	11,0	10,6	9,6	12,2	13,4	12,4	10,6
7 h „	7,2	9,4	8,8	9,2	9,8	12,2	10,8	8,4
8 h „	6,6	8,4	6,8	8,0	8,8	8,6	9,0	7,6
9 h „	6,2	7,8	6,4	7,8	8,0	7,8	8,0	6,8

Bemerkung: Thermometer No. 8 ist vor dem Felsen nicht mehr in geschützter Lage.

<sup>1)</sup> Nebeltreiben. <sup>2)</sup> Sonne, starker Wind.

19. VII. 1914.

Zeit	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> h M.	4,8	4,2	3,4	5,6	3,6	2,4	4,2	2,8 <sup>1)</sup>
5 h M.	5,0	4,2	3,2	5,4	3,4	2,0	3,8	1,6
6 h „	5,0	4,6	3,6	5,4	3,4	2,0	4,0	1,6
7 h „	5,4	5,6	4,4	5,6	4,4	2,2	4,8	2,8
8 h „	5,6	5,4	6,2	6,0	4,8	2,6	5,2	11,4
9 h „	5,4	7,4	15,0	7,8	10,0	6,6	6,0	15,0
10 h „	6,6	8,6	15,6	8,8	11,2	7,8	8,2	18,2
11 h „	6,0	8,2	12,4	9,6	12,2	10,0	10,2	17,8
12 h „	6,2	10,8	13,2	9,8	12,8	12,0	11,4	17,2
1 h A.	7,4	13,2	15,4	10,4	15,6	16,2	14,8	20,8
2 h „	8,0	23,4	21,6	12,8	20,4	23,6	20,4	23,6
3 h „	10,6	17,4	19,2	12,4	19,8	24,6	21,0	19,0
4 h „	9,4	17,0	15,8	11,8	17,6	20,4	17,0	19,0
5 h „	9,0	15,2	13,6	11,2	15,0	17,6	16,8	13,0
6 h „	8,0	12,0	10,0	10,0	11,2	13,2	13,2	10,4
7 h „	7,4	9,8	8,0	9,2	8,8	10,2	10,8	5,8
8 h „	7,2	9,2	7,4	8,8	8,2	9,4	9,8	6,8

Bemerkung: Thermometer No. 8 wie am 18. VII. 1914.

<sup>1)</sup> Sonne und starker Wind. Zeitweise ist die Sonne verdunkelt.

### c. Schlüsse, welche die Messungen gestatten.

Das allgemeine Gesetz, dass die Temperaturen mit zunehmender Höhe abnehmen, hat auch für den Boden Gültigkeit, wenn auch nicht in so allgemeinem Masse. Während in der Ebene die Temperatur bei 60 cm Tiefe selten unter den Nullpunkt fällt, treten dagegen nach Diem bei größeren Meereshöhen noch bei 120 cm Bodentiefe Frosttemperaturen auf. Für uns kommen solche Tiefen selten oder gar nicht mehr in Betracht. Eine solch tiefe Humusschicht ist in unserem Spezialgebiete unbekannt.

Die grössten Temperaturgegensätze haben wir schon auf *kleinstem Raume*. Oettli wies bereits darauf hin, daß die Temperatur unter *Sedumarten* immer eine höhere sei als unter *Thymus* und beide Bodentemperaturen höher als die Lufttemperatur. Ausgehend von Oettli führte ich zahlreiche Einzelmessungen aus. Diese führten mich nach und nach dazu, die Temperaturen im Humus der verschiedensten Petrophyten während einer längeren Zeitdauer zu messen. Zum Vergleiche wurden oft die Temperaturen der Luft im Schatten, in der Sonne und im Rohhumus herbeigezogen. Diese Daten gestatten einen tieferen Einblick in den Wärmehaushalt der Felspflanzen. Das Hauptaugenmerk wurde immer darauf gerichtet, daß die Thermometer möglichst nahe bei einander zu stehen kamen.

Es treten natürlich Schwankungen auf in den verschiedenen Messungen. Einen bestimmenden Einfluß hat das den Messungen vorangegangene Wetter. So finden wir das eine Mal, daß die Temperaturen im Humus niedriger sind als die Lufttemperatur, das andere Mal ist das Umgekehrte der Fall. Ersteres tritt ein, wenn auf kaltes Wetter eine Steigerung der Lufttemperatur eingesetzt hat. Wir betrachten zuerst die Einzelmessungen, um die Kurven im Zusammenhang besprechen zu können.

#### I. Einzelmessungen.

##### 1. Die Temperatur des Humus ist niedriger als die der Luft.

Die Temperaturen (11) geben uns die Verhältnisse im Frühling, wo die Temperatur des Bodens während des Tages hinter der Lufttemperatur zurückbleibt, da die Erwärmung erst ein-

gesetzt hat. Zudem war in der vorangegangenen Nacht Schneefall eingetreten. In Betracht fällt hier noch die Südlage, wo die Unterschiede im Frühling größere sind als in Nordlage. Bald zeigen sich aber an diesen Südlagen höhere Humustemperaturen wie schon das allererste Beispiel zeigt. Die Temperaturen (12) sind nur einige Tage später aufgenommen worden bei Rodi-Fiesso. Dies ist für diesen Ort ein bedeutend späterer Zeitpunkt der Vegetationsperiode. Die Unterschiede zwischen Lufttemperatur, der Temperatur im Blattwerke genannter Pflanzen und im Humus derselben ist bei allen Messungen minim. Eine Ausnahme bildet nur das Blattwerk von *Sedum dasyphyllum*, welches bereits  $0,3^{\circ}$  wärmer ist als die Luft. Das gleiche gilt auch für *Sempervivum montanum*. Es zeigt sich hier bereits die starke Erwärmungsmöglichkeit der Crassulaceae, eine längst bekannte Erscheinung. Die gleichen Verhältnisse im Frühling zeigen auch die Temperaturen (21) einer Felswand bei Maggia. Deutlich tritt hier hervor, daß im Moment, wo die Lufttemperatur zu sinken beginnt, dies für die Temperatur im Humus nicht der Fall ist. Die Bodentemperaturen beginnen erst zu fallen um  $5^{45\text{ h}}$  A, im Momente wo die Bestrahlung aufhört.

Während niedrige Temperaturen während der 1. Hälfte des Frühlings im Laufe des Tages Gesetz sind (Temperaturmessungen während der Nacht fehlen), treten solche im Sommer nur bei schlechter Witterung auf. Diese schafft eben ähnliche Verhältnisse wie der Frühling. Sie werden aber in rascherem Tempo durchlaufen. Die Erwärmung des Humus nach einem Temperatursturze ist eine rasche (15). Während am Morgen alle Temperaturen um  $0^{\circ}$  schwanken, haben wir am Mittag nicht nur bedeutend höhere Temperaturen, sondern auch bedeutend höhere Differenzen. Die maximale Differenz beträgt um  $7^{\text{ h}}$  M. zwischen Luft an der Oberfläche und dem Humus von *Minuartia sedoides*  $0,4^{\circ}$ , am Mittag zwischen Luft und Humus von *Sempervivum montanum* bereits  $2,8^{\circ}$ , zwischen Humus von *Silene acaulis* und *Sempervivum montanum*  $6,8^{\circ}$ . Auf diese verschiedene Erwärmungsmöglichkeit soll später zurückgekommen werden. Die Temperaturen sind verschieden direkt am Felsen oder in einiger Entfernung davon.



## 2. Die Temperatur des Humus ist höher als die Lufttemperatur.

Solche Verhältnisse treten rasch auf im Frühling in Südlage. Als Beispiel dienen die *Temperaturen* (12) 1. Hälfte. Hier ist die Temperatur im Humus wenigstens des einen Festucastockes um  $2^{\circ}$  wärmer als die der Luft, bereits eine Differenz von  $2,5^{\circ}$  zu Gunsten der Festuca. Der andere Festucastock ist allerdings noch hinter der Lufttemperatur zurückgeblieben.

Während diese Beispiele im Frühling selten sind, bilden sie im Sommer bei schönem Wetter die Regel oder sind wenigstens sehr häufig, was eine Reihe von Beispielen zeigt. Bei (13) haben wir bei  $21,4^{\circ}$  Lufttemperatur eine noch höhere Bodentemperatur.

Allgemein sind im Sommer die Differenzen sehr groß zu Gunsten des Humus (16, 18, 19). Sehr große Unterschiede zwischen der Lufttemperatur 20 cm vor dem Felsen und den Bodentemperaturen zeigt (19). Hier steht die *Hauswurz* an erster Stelle mit einem Plus von  $12,0^{\circ}$  und  $9,0^{\circ}$ . Die Differenz zwischen der Lufttemperatur direkt am Felsen und dem Humus derselben Art beträgt  $3,3^{\circ}$ .

## 3. Unterschiede im Humus der verschiedenen Petrophyten.

Oettli glaubt in dem Temperaturunterschiede eine Ursache dafür zu finden, daß sich eine *Sedum* oder ein *Thymian* angesiedelt hat oder daß diese Unterschiede doch ausreichen, um die Chancen des einen oder des andern der Konkurrenten so zu erhöhen, daß er das Uebergewicht erhält über den andern. Wenn diese Unterschiede da wären vor der Besiedelung, könnte ich mich mit der Ansicht von Oettli einverstanden erklären. Alle Unterschiede sind aber vorhanden im Humus der einen oder der andern Art und sie sind nun noch bedeutend größer, als Oettli angedeutet hat. Nie habe ich im Humus der verschiedensten Bewohner auf kleinstem Raume gleiche Temperaturen angetroffen. Es ist die Pflanze selbst, welche durch ihren Bau die Temperaturverhältnisse im Humus beeinflußt. Nicht die Temperatur ist schuld, daß die oder jene Felsenpflanze sich angesiedelt hat, sondern die Petrophyte ist die Ursache, daß die betreffende Temperatur vorhanden ist. Es

gibt gewisse Pflanzen, welche immer eine sehr hohe Temperatur aufweisen und andere, welche immer eine verhältnismässig niedrigere Temperatur zeigen an einem und demselben Wuchsorte, in einer und derselben Exposition. Sehr hohe Temperaturen zeigen allgemein die *Sempervivumarten* und niedrige Temperaturgrade die *Saxifraga aspera*. Deutlicher kommen diese Unterschiede bei den zusammenhängenden Messungen zum Ausdruck, die alle auf kleinstem Raume ausgeführt worden waren, auf einer Fläche von 1—2 m<sup>2</sup>.

## II. Zusammenhängende Messungen 21—27.

### 1. Temperaturmessungen No. 22. Beispiel eines wolkigen Tages.

Das Wetter war vorher sehr kalt gewesen und auch momentan war es noch durchaus zweifelhaft. Auffallend sind hier die äußerst großen Unterschiede zwischen der Schattentemperatur und der Temperatur des Schwarzkugelthermometers. Während am Vormittag die Lufttemperatur höher ist als die Temperatur der verschiedenen Humusarten, tritt am Nachmittag das umgekehrte Verhältnis ein. Die Erwärmung des Bodens geht ein Stück weiter als die der Luft, so daß das Maximum im Humus eine Stunde später eintritt. Während des ganzen Nachmittages bleiben die Bodentemperaturen höher als die Lufttemperatur. Da es kein sonnenreicher Tag ist, so sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Arten keine großen. Die Temperatur von *Saxifraga aspera* war am geringsten während des ganzen Tages. Am Morgen zeigte *Sempervivum* das Minimum. Am Mittag nimmt diese Art die zweithöchste Stelle ein. Zu erwähnen ist der Unterschied der *Minuartia sedoides* in offener Lage und an geschütztem Wuchsorte. Wir haben einen maximalen Unterschied am Mittag. Am Morgen ist die Differenz 0 und am Abend beinahe wiederum 0. An heißen Tagen sind die Unterschiede natürlich bedeutend größer. Sehr deutlich ist der Unterschied zwischen der Exposition SSW und SSO. Die Erwärmung in letztgenannter Exposition am Morgen tritt hier deutlich hervor. Deshalb sind die Temperaturen in SSO-Exposition während des Vormittages höher als bei der ersten. Eine Ausnahme bildet *Saxifraga aspera*. Am Nachmittage hatte die Bewölkung zu-

genommen, so daß der Unterschied auch am Nachmittage zu Gunsten der SSO-Exposition blieb. Der Unterschied zwischen den Rosettenpflanzen und den Polsterpflanzen kommt hier nicht in Betracht.

2. *Temperaturmessung No. 23.* Beispiel eines wolkigen Tages mit starkem Wind nach einer Regennacht mit starker Abkühlung. 19.—20. VII. 1913.

Südseite des Gotthards oberhalb Airolo. Das Wetter war vorher sehr warm gewesen. Am Abend trat Bewölkung ein und in der Nacht fiel Regen von 11—3<sup>h</sup> M. Der 20. war ein warmer Tag mit teilweise starker Bewölkung und starken Winden. Beim Beginn der Messungen waren alle Temperaturen in den verschiedenen Humusarten höher als die Temperatur der Luft. Der starke Wind und der Regen in der Nacht hatten den Humus abgekühlt, so daß am folgenden Tage die Lufttemperatur höher stieg als die Humustemperaturen. Eine Ausnahme bildete *Sempervivum montanum*. Dieses Beispiel zeigt am besten die Wirkung der Pflanze selbst. Diese Crassulacee speichert die Wärme auf. Von 10<sup>h</sup> M. an ist die Temperatur in deren Humus höher als an der Luft und dies bleibt bis 4<sup>h</sup> abends. Diese Wärmesammlerin kann aber während der Nacht die Wärme nicht gut zurückbehalten. Während sie am Tage am meisten Wärme aufnimmt, gibt sie in der Nacht auch am meisten Wärme wieder ab, so daß in ihrem Humus die größte Abkühlung zu verzeichnen ist. Sie zeigt große Extreme, 10—31°.

Zum Vergleiche wurden auch die Temperaturen des Rohhumus gemessen. Hier kommt die Wirkung der Lufttemperatur stark zum Ausdruck. Während des Tages ist die Temperatur im Rohhumus niedriger als die Lufttemperatur und während der Nacht ist das Umgekehrte der Fall. Es kommt der allgemeine Satz zur Geltung, daß der Boden die Wärme nicht so leicht abgibt als die Luft.

Sehr schön zeigt *Festuca varia* den Einfluss der Bewohnerin. Dieser kompakte Horst verhindert während des Tages eine starke Erwärmung. In der Nacht verhindert er auch eine starke Abkühlung, so daß von 9<sup>h</sup> A. bis 5<sup>h</sup> M. eine Temperatur-

differenz von 2—4° eintritt zu Gunsten der *Festuca* gegenüber der Luft.

Die No. 5, 6 und 7 geben uns ein Bild über den Temperaturverlauf dreier Oberflächenpflanzen. Charakteristisch sind hier die Verhältnisse von *Sedum mite*. Mit einer Unregelmässigkeit ist ihre Temperatur immer höher als die der andern Exochomophyten. Die Unregelmässigkeit hat ihre Ursache in der Exposition. Die Südexposition des *Sedum* wurde von westlichen Windstößen leichter erreicht als ihre Nachbarin in SSO-Exposition.

Die No. 3 und 4 zeigen die Temperaturen des *Dianthus Caryophyllus* als Spaltenpflanze und als Oberflächenpflanze. Auffallend ist auch die verhältnissmässig tiefe Temperatur des Humus der *Saxifraga aizoon*. Diese erinnert an *Festuca varia* und *Saxifraga aspera*. Die Extreme sind bei diesem Polster noch größer als bei genannter Graminee.

### 3. Temperaturmessung No. 24. Beispiel zweier sonniger Tage. 29.—30. VII. 1913. Gotthardpaßhöhe.

Diese Temperaturen geben uns Aufschluß über den Verlauf während zwei aufeinanderfolgenden Tagen und der dazwischen liegenden Nacht. Beide Tage waren sehr schön. Während der Nacht trat Bewölkung ein. Dies erklärt die Tatsache, daß die Temperatur am Felsen während der ganzen Zeit am höchsten blieb im Vergleich zur Temperatur der Luft in S- und in NO-Exposition. Die Erwärmung des Felsens während des Tages ist eine ganz bedeutende, aber in der Nacht sind die Unterschiede keine großen mehr. Auch während der zweiten Nacht hat die Felstemperatur ihren höheren Stand gegenüber den beiden anderen Temperaturen beibehalten. Wir sehen also, welch warme Wuchsorte der Fels liefern kann.

Die No. 4, 5 und 6 zeigen den Temperaturverlauf im Humus der *Carex curvula* direkt unter der Oberfläche, in 3 und in 6 cm Tiefe. Während des Tages haben wir die höchste Temperatur in geringer Tiefe, während in größerer Tiefe die niedrigste Temperatur zu verzeichnen ist. Am Abend tritt eine Umkehr der Verhältnisse ein. Wir haben die höchste Temperatur in größter Tiefe. Der zweite Tag und die zweite Nacht zeigen

genau die gleichen Verhältnisse. Das Umgekehrte ist zu verzeichnen, was erwartet würde.

Die No. 7, 8 und 9 geben Aufschluß über den Temperaturverlauf im Humus von *Chrysanthemum* in N-Exposition im Humus einer Felsnische mit *Leontodon pyrenaicum* und *Phythema hemisphaericum* in S-Exposition und des Spaltenhumus von *Vaccinium uliginosum*. Scharf tritt der Unterschied zwischen S-Exposition und N-Exposition zu Tage. Die Schwankungen im Spaltenhumus sind viel geringere als im Oberflächenumus.

#### 4. Temperaturmessung No. 25. Beispiel eines Föhntages.

Deutlich kommt hier der Unterschied zwischen den Temperaturen der Luft in Nordexposition und in Südexposition zum Ausdruck. Während die Schattentemperatur nur bis 12,4° steigt, beträgt das Maximum auf der Sonnenseite 27,8°, also eine Differenz von 15,4°. *Saxifraga aspera* in Nordlage hält die Mitte zwischen den ersten beiden. Auffallend ist, daß auch der Humus in Nordlage eine höhere Temperatur aufweist als die Luft. Stark ist die Erwärmung des Humus von *Sempervivum montanum*. Die Temperatur unter der *Carex curvula* ist höher als unter der *Primula hirsuta*, da erstere sich in einer Felsnische festgesetzt hat und die Windwirkung nicht zur Geltung kommt.

Die dritte Gruppe No. 7—9 zeigt, daß im Innern des Polsters der *Silene acaulis* die Erwärmung eine bedeutendere ist als unter der Oberfläche des Polsters. Wir erhalten also ein ähnliches Bild wie bei *Carex curvula*. Von den beiden Spaltenpflanzen *Silene acaulis* und *Minuartia sedoides* zeigt letztere eine raschere Erwärmung. Diese steigt jedoch nicht so hoch wie bei ersterer, so daß wir in deren Humus am Nachmittage eine niedrigere Temperatur zu verzeichnen haben.

#### 5. Temperaturmessung No. 26. Beispiel eines sehr heißen Föhntages. 5. VIII. 1913.

Eingang ins Val Prevot. Hier haben wir die größten Differenzen zwischen Sonnentemperatur und Schattentemperatur.

Maximum der Schattentemperatur	: 2 <sup>h</sup> A.	14,5°
Maximum der Sonnentemperatur	. . 2 <sup>h</sup> A.	42,8°
Zweites Maximum d. Sonnentemperatur	4 <sup>h</sup> A.	38,2°
Differenz	. . . . .	<u>28,3°</u>

Die stärkste Erwärmung im Humus zeigt auch hier *Sempervivum montanum*. Die Temperatur von 33,4° im Humus ist eine ganz enorme.

Der Temperaturverlauf ist regelmässig. Eine starke Erwärmung zeigt auch der Humus von *Primula hirsuta* mit 29,6°. Ferner der von *Vaccinium uliginosum* und von *Carex curvula*. Bei diesem wolkenlosen Wetter war die Erwärmung des Polsters von *Silene acaulis* direkt unter der Oberfläche eine bedeutend stärkere als in 3 cm Tiefe. Am Abend tritt dann eine Umkehr ein.

6. *Temperaturmessung No. 27*. Zusammenhängende Messungen während 6 Tagen. Hiezu die Temperaturkurven von Tafel 20 vom 14.—19. VII. 1914. Rotondohütte.

Die Temperaturmessungen wurden während 6 Tagen ohne Unterbrechung ausgeführt. Sehr deutlich sehen wir den Unterschied zwischen dem sehr warmen 1. Tag, den 3 kühleren mittleren Tagen und den beiden warmen letzten.

Vergleichen wir zunächst die Temperaturen des Humus der verschiedenen Petrophyten mit der Lufttemperatur. An dem 1. warmen und dem darauffolgenden kühleren Tage war die Lufttemperatur tiefer als die Bodentemperaturen und zwar um eine große Anzahl von Wärmegraden. Eine Ausnahme macht *Draba dubia*, die mehr als Beispiel einer Felsnische genommen wurde als der Bewohnerin wegen, welche nur an dieser einzigen Stelle gefunden wurde. Als am 2. und namentlich am 3. Tage eine starke Abkühlung eingetreten war, zeigte der Humus der verschiedenen Vertreter eine höhere Temperatur als die Luft. Der 4. Tag brachte ein starkes Anschwellen der Humustemperatur im Vergleich zur Schattentemperatur. Die beiden letzten Tage brachten dann eine starke Steigerung der Lufttemperatur im Schatten. In diesem Punkte spielt namentlich der Wind eine sehr große Rolle, welcher die Schattenorte weniger erreicht und die Temperaturen auf der Süd- und der Südwestseite nicht zu stark anschwellen ließ.

Das starke Anschwellen der Temperatur unter *Sempervivum montanum* wird auch hier bestätigt. An allen warmen Tagen erreicht diese Pflanze das Maximum mit Ausnahme des 5. Tages.



Daß die Bewohnerin einen bestimmenden Einfluß ausübt, zeigen die Kurven hier am besten. Die Petrophyten 2, 3 und 4 berührten sich und doch diese großen Unterschiede. Die kleinste Wärmeabsorption zeigt auch hier wiederum *Saxifraga aspera*. Fast ausschließlich nimmt sie die unterste Stelle ein. In der Nacht steht sie in der ersten Gruppe an erster Stelle. Am Morgen zeigt sie meist eine hohe Temperatur. Auffallend ist, daß dies gerade eine Vertreterin der Nordexposition ist. Eine starke Erwärmung zeigt auch *Silene acaulis*. Bei dieser Spaltenpflanze fällt in der Nacht die Temperatur am meisten.

Daß die Temperatur im Humus der *Saxifraga moschata* meist höher ist als in der *Silene acaulis*, hat seine Ursache in der Südexposition. Die Südexposition bekommt am Nachmittage die Sonnenstrahlen nicht mehr direkt. Es findet keine Rückstrahlung vom Felsen mehr statt. Diese günstige Erscheinung kommt am Nachmittage den Bewohnern der Südwestexposition zu gute. Die Temperaturkurven No. 6 bestätigen alle gewonnene Daten der Einzelmessungen.

#### *Zusammenfassung der Resultate der Temperaturverhältnisse.*

1. Mit zunehmender Meereshöhe nehmen die Schattentemperaturen ab, die Sonnentemperaturen zu, was sehr große Gegensätze bedingt zwischen den schattenreichen und den sonnenreichen Expositionen, zwischen Nord- und Südlage.

2. Infolge der besonderen Beschaffenheit des Felsens übt dieser einen bestimmenden Einfluß aus auf die Temperaturverhältnisse.

a) Der Felsen vergrößert durch seine Zerrissenheit und durch seine Verwitterung die Gegensätze auf kleinstem Raum. Er schafft die verschiedensten Expositionen auf kleinstem Raum.

b) Infolge der starken Erwärmung des Felsens und der Rückstrahlung desselben ist die Temperatur direkt am Felsen eine bedeutend größere als etwas vom Felsen entfernt. Dies bedingt eine größere Wärmezufuhr für die Petrophyten.

c) In sonnigen Expositionen wird diese starke Wärmezufuhr oft noch verstärkt durch überhängende Felsen, welche eine sehr kräftige Rückstrahlung der Wärme verursachen und so die wärmsten und günstigsten Keim- und Wuchsorte liefern

für *Sempervivum montanum*, *Sempervivum arachnoideum* und *Sedumarten*.

d) Die starke Erwärmung des Felsens führt bei der offenen Formation des Felsens auch zu einer sehr kräftigen Erwärmung des Humus. Infolge dessen ist oft die Temperatur im Humus von kleinen Spalten eine höhere als in einem Oberflächenpolster.

3. Die Faktoren unter 2 vergrößern noch die Unterschiede zwischen Nord- und Südlage, so daß wir deutliche Vertreter der verschiedenen Expositionen finden. Diese Extreme werden so stark, daß viele Vertreter aus einer Lage ausgeschlossen werden (namentlich aus der Nordexposition).

a) Die Gegensätze spielen bei niedrigen Temperaturen eine große Rolle. Viele Pflanzen leiden stark unter niedrigen Temperaturen, namentlich während der Vegetationsperiode, z. B.: *Juniperus communis* var. *montana*, *Primula hirsuta*, *Carex curvula*.

b) Viele Felsenpflanzen können niedrige Temperaturen während der Vegetationsperiode sehr leicht ertragen: *Silene acaulis*, *Saxifraga aspera*.

c) Viele zeigen bei Frostschäden ein sehr starkes Regenerationsvermögen: *Festuca varia*, *Arctostaphylos Uva ursi*.

d) Viele zeigen eine sehr starke Frosthärte zur Winterszeit: *Saxifraga aspera*, *Saxifraga Cotyledon*.

e) Viele können zur Winterszeit keine tiefen Temperaturen ertragen. Es sind dies die Schneeschützlinge: *Cerastium uniflorum*, *Cerastium pedunculatum*, *Doronicum Clusii*, *Sempervivum montanum*, *Saxifraga aizoon*.

f) Das häufige Bloßlegen des Felsens im Winter säubert unsere Standorte von manchen Eindringlingen aus der Wiesen- und der Schuttflora.

g) Auf vielen Felsenpflanzen schmilzt der Schnee auffallend rasch: *Primula hirsuta*, *Saxifraga moschata*, *Sempervivum montanum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Avena versicolor*, *Chrysanthemum alpinum*.

h) Auf manchen Felsenpflanzen bleibt der Schnee leicht liegen: *Loiseleuria procumbens*, *Carex sempervirens*.

4. Wenn auch die Absorptionsmöglichkeit der Pflanzen nicht gemessen werden kann, so geben doch die Temperaturen des Schwarzkugelthermometers gewisse Anhaltspunkte. Diese zeigen an, welche starke Wärmeabsorption am Felsen stattfindet. (Größte gemessene Temperatur 50,5°.)

5. Die Bodentemperaturen nehmen mit zunehmender Meereshöhe auch ab, aber in geringerem Maße als die Lufttemperatur.

6. Die Temperaturen des Humus sind im Frühling allgemein und im Sommer nach starken Abkühlungen geringer als die Lufttemperatur.

7. Im Sommer sind die Humustemperaturen meist höher als die Lufttemperatur:

a) Nach kühlen Tagen ist die Lufttemperatur am Vormittag noch höher als die Humustemperatur. Am Nachmittag steigt die Bodentemperatur höher als die Lufttemperatur.

b) Nach warmen Tagen ist die Bodentemperatur allgemein höher als die Lufttemperatur.

c) In bewölkter Nacht bleibt bei warmem Wetter die Humustemperatur höher als die Lufttemperatur auch zur Nachtzeit.

d) Bei wolkenlosem Himmel kann die Humustemperatur unter die Lufttemperatur sinken.

8. Die Erwärmung des Humus ist eine ganz beträchtliche, namentlich in sonnigen Lagen.

9. Auch in der Nacht bleiben die Temperaturen im Humus hohe.

10. Auch innerhalb der sonnigen Expositionen treten Verschiedenheiten auf. So zeigen die S-Expositionen während des Vormittages und die SW-Expositionen während des Nachmittages höhere Temperaturen.

11. Die Pflanze als Bewohnerin des Felsens übt einen bestimmenden Einfluß aus auf die Temperatur des Humus ihres Wuchsortes.

a) Eine sehr starke und auch sehr rasche Temperaturerhöhung bewirken: *Sempervivum montanum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Sedum mite*, *Sedum annuum*.

Bei diesen ist nicht nur die Erwärmung eine rasche, sondern auch die Abkühlung.

b) Die Erwärmung des Humus ist eine sehr geringe bei: *Saxifraga aspera* var. *bryoides*, *Festuca varia*, *Silene acaulis*, *Saxifraga aizoon*.

Die kompakten Felsenpflanzen erschweren eine Temperaturzunahme. Sie erschweren aber auch einen Temperaturverlust.

c) Auch in Nordexposition steigt die Humustemperatur hie und da höher als die Lufttemperatur.

d) In verschiedener Tiefe im Humus haben wir die geringste Temperatur am Vormittage in geringer Tiefe. Am Abend tritt eine Umkehr ein, so daß während der Nacht die tiefste Temperatur in größter Tiefe zu verzeichnen ist.

## § 2. Wasserverhältnisse der Pflanzen (Wasserhaushalt der Felsenpflanzen).

### I. Faktoren, welche die Wasseraufnahme beeinflussen.

#### A. Während der Schneeschmelze.

Am ersten Tage nach der Schneeschmelze standen beim *Fort Bühl* alle Primeln in voller Blüte und schmückten die Felsbänder, 50 m höher lag noch hoher Schnee. Die gleiche Erscheinung konnte auch in tieferen Lagen bei *Faido* und auch im *Maggiatale* beobachtet werden. Vier Tage nach der Schneeschmelze fand ich bei *Faido* Exemplare von *Saxifraga Cotyledon* in Blüte. In dieser kurzen Zeit hatte diese Petrophyte Rispen von 40—50 cm gebildet. Auf der Südseite der Gotthardstraße war 2 Tage nach der Schneeschmelze *Arctostaphylos Uva ursi* voll erblüht. Vormittags um 9 Uhr war noch nichts von den Blüten zu bemerken gewesen. Am Nachmittag um 1 Uhr zeigte das Spalier zwischen den dunkelgrünen Blättern die weißen Blüten.

Auf Schritt und Tritt folgt die wiedererblühende Felsflora dem weichenden Schnee. Dieses rasche Erwachen hat seine Ursache in der hohen Temperatur bei Vegetationsbeginn. Diese schwillt beim Verschwinden des Schnees plötzlich an, da die Wärme nicht mehr zur Schmelze verbraucht wird. Das augen-

blickliche Einsetzen der Vegetation ist jedoch nur möglich, da genügend Wasser vorhanden ist. Das ist nicht nur momentan der Fall, sondern längere Zeit. Von den höheren Lagen werden die Petrophyten immer noch von dem herunterfließenden Wasser berieselt. Diese feine Berieselung konnte in den benachbarten Floren nicht beobachtet werden. Im Schutte und in den Wiesenhängen werden immer Bäche gebildet. Der Felsen dagegen sorgt durch seine Beschaffenheit für feine Verteilung. Es ist dies ein wichtiger Vorteil der Felsflora vor den benachbarten Gebieten. Der Nährwert des Schmelzwassers ist zur Genüge bekannt. Die Art und Weise des Herunterfließens des Wassers und seine Stauung durch die Pflanzen selbst wurde früher besprochen. Wir haben ein Analogon zur Flora des schmelzenden Schnees der Wiese. Die Petrophyten sind vielleicht noch durch die starke Erwärmung des Felsens bevorzugt gegenüber der Wiesenflora.

#### B. Während der Vegetationsperiode.

Wie verhält es sich nun mit den Wasserverhältnissen während des Sommers, wenn den Petrophyten kein Schmelzwasser mehr zur Verfügung steht? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir die Bodenverhältnisse näher studieren. Um in den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens einen Einblick zu erhalten, wurden sehr viele Bodenproben genommen. Kleine Fläschchen wurden an Ort und Stelle möglichst sorgfältig gefüllt unter Vermeidung einer Berührung der Proben. Gewöhnlich wurde ein zusammengefalteter, lackierter, dünner Karton gewählt und das Messer. Das Messer wurde beim Gebrauche in den Boden gesteckt, um eine Erwärmung an der Sonne zu vermeiden. Vor dem Gebrauche wurde es rasch gereinigt von Bodenteilchen. Lackiertes Papier wurde gewählt, um ein Aufsaugen der Feuchtigkeit durch dasselbe zu verhindern. War ein Fläschchen gefüllt, so wurde es mit einem Korkpfropfen fest verschlossen und sofort mit einer Zeitung umwickelt. Ein Vorversuch hatte gezeigt, daß der Verlust durch Verdunstung auch während des Transportes so minim war, daß er keine Fehlerquelle herbeiführen kann. Die Vorversuche erstreckten sich auf eine Transportzeit von 4 Wochen.

Etwas schwerer war ein tadelloses Sammeln. Schon durch das Öffnen der Spalten wurden die Verhältnisse geändert. Dies war hauptsächlich an heißen Tagen der Fall. Durch rasches Abfüllen wurde versucht, diese Fehlerquelle möglichst zu verringern. Obwohl sich Fehler nicht vermeiden ließen, geben uns doch die erhaltenen Zahlen manchen Aufschluß über den Feuchtigkeitsgehalt im Humus der verschiedenen Vertreter der Felsflora und im Rohhumus. Wir erhalten auch einen Einblick in die Feuchtigkeitsverhältnisse in verschiedener Tiefe. Es wurde möglichst darauf geachtet, Proben aus gleicher Tiefe zu erhalten.

Auch hier wurde wiederum das Hauptaugenmerk auf den kleinsten Raum gelegt wie bei den Temperaturmessungen. Diese Einzelmessungen weckten das Interesse auch hier, zusammenhängende Beobachtungsreihen zu erhalten, durch Bodenproben aus verschiedener Tiefe. Dies bot viele technische Schwierigkeiten. Es wurden Stellen gewählt, wo der Humus leicht abgehoben werden konnte. Auf der Seite wurde jeweils ein Maßstab eingesteckt, um die Tiefe zu ermitteln. Es wurde eine Bodenprobe genommen von bestimmter Tiefe und dann der Humus bis zur nächstgewünschten Tiefe abgehoben. Die größte Schwierigkeit bestand darin, dafür zu sorgen, daß nur Humus von der betreffenden Tiefe genommen wurde und jede Mischung aus verschiedenen Tiefen zu vermeiden. Es konnte natürlich nicht immer so rasch gearbeitet werden, um jede einsetzende Verdunstung auszuschließen. Es ist dies ein Versuch. Wir müssen diese Daten mit kritischem Auge betrachten. Auf diese Weise konnte nur eine einmalige Bodenprobe erhalten werden. Technisch ist es natürlich vollständig unmöglich, von einem und demselben Wuchsorte Bodenproben in verschiedenen Zeitpunkten zu erhalten.

Eine bedeutende Fehlerquelle muß noch hervorgehoben werden. Es ist der Gehalt der Bodenproben an größeren Mineralsplittern, die den prozentualen Wassergehalt stark herabsetzen. Sie zu entfernen ist nicht möglich, ohne den Wassergehalt zu beeinflussen. Von den sehr zahlreichen Messungen wurden nur wenige herausgenommen. Alle anzuführen halte ich für überflüssig, da sichere und einwandfreie Daten nicht gewonnen werden können.



a) Feuchtigkeitsmessungen.

- (1) 25. V. 1913. (Das Wetter war lange Zeit sehr trocken gewesen.) Tessinschlucht bei Rodi-Fiesso: 880 m. Auf Gneis in Südexposition.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser ‰
Humus aus dem Polster von <i>Saxifraga</i> <i>Cotyledon</i> . . . . .	7,70	7,61	0,09	1,18
Humus aus dem Horste von <i>Festuca</i> <i>varia</i> , nur 3 cm von der ersten entfernt . . . . .	5,82	5,50	0,32	5,49
Humus vom gleichen Standorte, etwas geschützt. Darin viele Keimlinge von <i>Sedum dasyphyllum</i> . . .	6,64	5,39	1,25	18,82
Humus von <i>Sempervivum montanum</i>	4,38	4,22	0,16	3,66
Humus von <i>Sempervivum montanum</i> , 1—2 cm unter der Erdoberfläche	2,79	2,30	0,49	17,56
Humus von <i>Sempervivum montanum</i> , 5 cm unter der Erdoberfläche .	8,21	6,63	1,58	19,24

- (2) 3. VIII. 1913. (Tag vorher sehr heiß, heute Föhnstimmung).  
Lucendrograt: 2600 m. Exposition: S.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser ‰
Trockener Humus von der Südseite des Passes . . . . .	11,51	11,38	0,13	1,13
Spaltenhumus von <i>Silene acaulis</i> daselbst . . . . .	8,83	8,19	0,64	7,25
Humus von <i>Saxifraga aizoon</i> am gleichen Standorte . . . . .	6,86	5,32	1,54	<b>22,45</b>
Humus von <i>Saxifraga aspera</i> var. <i>bryoides</i> . . . . .	8,87	8,41	0,46	5,30
Humus von <i>Minuartia sedoides</i> . .	8,69	7,89	0,80	9,20
Humus von <i>Statice montana</i> . . .	7,05	5,81	1,24	<b>17,59</b>
Humus von <i>Carex sempervirens</i> . .	9,30	8,60	0,70	7,53
Humus von <i>Sempervivum montanum</i>	12,05	11,83	0,22	<b>1,83</b>
Humus von <i>Poa alpina</i> . . . . .	10,43	9,77	0,66	6,33

Hier wird der Unterschied zwischen den verschiedenen Petrophyten besonders groß.



(3) 8. VIII. 1913. (Regen ist vorangegangen.) Felskopf beim Mätteli: 1790. Gamsbodengneis in Ostexposition.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser %
Humus von <i>Primula hirsuta</i> an der Stelle, an welcher die Pflanze gerade zu verwelken beginnt .	3,37	2,36	1,01	29,97
Humus von <i>Primula hirsuta</i> unter einem vorspringenden Felsen .	9,32	7,64	1,68	18,03
Humus von <i>Primula hirsuta</i> , etwa 4 cm tief . . . . .	10,82	8,36	2,46	22,74
Humus von <i>Sempervivum alpinum</i> von einem schattigen Standorte. NW-Exposit. Boden ganz feucht	5,67	3,04	2,63	<b>46,38</b>
Oberflächenhumus von <i>Agrostis rupestris</i> . . . . .	6,28	4,24	2,04	32,48
Oberflächenhumus von <i>Primula hirsuta</i> . NW-Exposition. Boden ganz feucht. Von einem schattigen Standorte . . . . .	11,57	6,14	5,43	<b>46,93</b>

(4) 10. VIII. 1913. (2 Tage vorher hatte es sehr stark geregnet.) Gneis- und Schieferfelsen an der Fieudostraße: 2100 m. Ostexposition.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser %
Humus von <i>Chrysanthemum alpinum</i> Südexposition . . . . .	14,51	10,97	3,54	24,40
Humus von <i>Poa alpina</i> . . . . .	7,19	5,53	1,66	23,09
Oberflächenhumus v. <i>Primula hirsuta</i>	8,20	5,72	2,48	<b>30,25</b>
Humus von <i>Minuartia laricifolia</i> . .	8,97	6,57	2,40	26,75
Humus von <i>Saxifraga aspera</i> var. <i>bryoides</i> . . . . .	9,67	7,21	2,46	25,44

(5) 10. VIII. 1913. (2 Tage vorher hatte es geregnet). Granitfels auf dem Hospiz: 2100 m.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser %
Oberflächenhumus nach N. geneigt, sodaß das Wasser abfließen kann	10,34	8,57	1,77	17,12
Oberflächenhumus von ebendasselbst, wo das Wasser vom Felsen herunterfließt . . . . .	10,42	7,78	2,64	25,34

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser %
Humus von <i>Poa alpina</i> . . . . .	8,30	6,53	1,77	21,34
Humus von <i>Chrysanthemum alpinum</i> . . . . .	10,26	7,79	2,47	24,07
Humus von <i>Carex sempervirens</i> . . . . .	5,63	3,77	1,86	<b>33,04</b>
Oberflächenhumus, offen gelegen . . . . .	12,39	11,72	0,67	<b>5,41</b>
Humus von <i>Poa alpina</i> . . . . .	5,11	3,64	1,47	<b>28,77</b>
Humus von <i>Carex sempervirens</i> . . . . .	8,47	6,86	1,47	19,01
Humus von <i>Agrostis rupestris</i> . . . . .	8,28	7,21	1,17	14,13

(6) 1. VIII. 1914. (Wetter schön.) Rodont: 2000 m. Guspis-  
gneis. Exposition: S.

	Boden- probe	Trocken- substanz	Wasser	Wasser %
Oberflächenhumus, 2 cm unter einem Polytrichumpolster . . . . .	6,26	5,08	1,18	18,85
Humus von 4 cm Tiefe . . . . .	11,25	9,56	1,69	15,02
"      "      6 "      "      . . . . .	13,25	11,31	1,94	14,64
"      "      8 "      "      . . . . .	12,13	10,34	1,79	14,76
"      "      10 "      "      . . . . .	14,46	12,41	2,05	14,18
"      "      12 "      "      . . . . .	15,89	13,81	2,08	13,09
Oberflächenhumus daneben . . . . .	17,07	16,08	0,99	5,80
Oberflächenhumus aus dem Wurzel- werk von <i>Agrostis rupestris</i> . . . . .	9,61	9,13	1,48	<b>15,40</b>
Humus von <i>Leontodon pyrenaicus</i> in einem abgestorbenen Polytri- chumpolster . . . . .	10,93	9,24	1,69	15,46
Humus von <i>Anthoxanthum odoratum</i> . . . . .	7,46	5,45	2,01	<b>26,94</b>
Humu von <i>Chrysanthemum alpinum</i> in einer Felsnische . . . . .	10,76	9,89	0,87	8,09

#### b) Innere Faktoren.

Von früheren Kapiteln her wissen wir, daß die Nieder-  
schläge in unserm Gebiete häufig sind. Lange andauernde  
Trockenheiten gehören zu den Seltenheiten. Die Temperatur-  
messungen haben aber auch gezeigt, welch starke Erwärmung  
der Humus, der Fels und auch die Luft am Felsen erfahren.  
Ich erinnere nur an die Erwärmung des Humus von *Sempervivum*  
*montanum*. Diese beiden Tatsachen sind zwei einander ent-

gegen arbeitende Faktoren. Die Beschaffenheit des Bodens selbst hat auch einen großen Einfluß auf die Feuchtigkeitsverhältnisse im Humus. Wir nennen sie *innere Faktoren* des Bodens.

Von bestimmendem Einfluß auf den Wassergehalt des Bodens ist neben der *Krümmelbildung* und dem Gehalt an humosen Stoffen *die Wirkung der Pflanze selbst*.

Wenn wir die Messungen durchgehen, so zeigt sich ein Parallelismus mit den Temperaturverhältnissen. Sofort fällt der Unterschied in die Augen im Wassergehalte des Humus der verschiedenen Petrophyten. Es kommt auch hier zur Geltung, daß die Pflanze selbst einen wesentlichen Einfluß ausübt auf die Wasseraufnahme und auf die Wasserabgabe des Bodens. Betrachten wir die Beispiele der Reihe nach.

Beispiel (1): Sehr stark ist die Austrocknung unter *Saxifraga Cotyledon*. *Festuca varia* schützt ihren Humus viel kräftiger. Auch *Sempervivum montanum* zeigt einen wesentlich geringeren Wassergehalt als *Festuca varia*. Auffallend ist der große Wassergehalt unter der Oberfläche in geringer Tiefe bei der *Hauswurz*. Die Ursache liegt im Schneewasser, welches auf der Felsunterlage herniederrieselt und den Humus von untenher speist. Dieses Beispiel zeigt deutlich den Unterschied auf kleinstem Raume. Haben wir doch in geschützter Stelle einen Gehalt von 18,82%.

Beispiel (2): Hier tritt die starke Austrocknung unter *Sempervivum* hervor. Auch hier kann eine Reihe aufgestellt werden von lockeren Pflanzen zu festen: *Sempervivum montanum*, *Saxifraga aspera*, *Poa alpina*, *Carex sempervirens*, *Silene acaulis* (Spalte), *Minuartia sedoides*, *Statice montana*.

Auffallend ist das starke Festhalten des Wassers durch die *Saxifraga Aizoon*.

Beispiel (3) zeigt einige Fälle mit sehr hohem Wassergehalt. Auch hier nimmt *Sempervivum montanum* mit 46,38% die erste Stelle ein, während *Primula hirsuta* nur 29,97% und *Agrostis rupestris* 32,48% aufweisen.

Beispiel (4) zeigt den Unterschied in der Aufnahmefähigkeit des Wassers durch den Humus der verschiedenen

Felsenpflanzen. Die Differenzen sind kleine, da nur dichtere Pflanzen gewählt wurden.

Beispiel (5) gibt ein Bild von der Wasseraufnahmefähigkeit. Allen Pflanzen stand genügend Wasser zur Verfügung. Auffallend ist der hohe Wassergehalt von *Carex sempervirens*. Diese Pflanze enthält sehr viel abgestorbene Blätter und humose Stoffe unter der Oberfläche. Ein großer Unterschied ist auch in der 2. Gruppe zwischen *Agrostis rupestris* und den andern Gramineen. Während diese nur 14,13% Wasser hat, hat *Carex sempervirens* 28,27% bei einem Wassergehalt von 5,41% im offen gelegenen Humus. Auch bei *Vaccinium uliginosum* bleiben die Blätter erhalten.

Beispiel (6) zeigt eine große Differenz zwischen *Agrostis rupestris* mit 15,4% und *Anthoxanthum odoratum* mit 26,94%.

## II. Faktoren, welche die Wasserabgabe beeinflussen.

### a) Temperatur.

Die starke Erwärmung der Luft auf dem Felsen, des Felsens selbst und des Humus bedingen eine kräftige Verdunstung. Auch während der Nacht ist bekanntlich die Temperatur des Bodens sehr häufig eine sehr hohe. Dies bedingt nicht nur einen starken Verlust des Wassers im Boden, sondern auch eine erhebliche Transpiration.

### b) Wind.

Mehrmals versuchte ich die Verdunstung einer Wasserfläche zu messen mit Hilfe des amerikanischen Atmometers, welches Herr Dr. Amberg bei seinen Messungen am Pilatus angewendet hat. Leider waren die technischen Schwierigkeiten in meinem Gebiete zu groß. Ich habe nirgends einen Platz gefunden, wo der Apparat nicht gefährdet gewesen wäre, sei es durch Stein-  
schlag oder neugierige Touristen. Ein erster Versuch bei der Rotondohütte schlug fehl, da schon am ersten Versuchstage ein Instrument durch einen Touristen zerstört wurde. Das gleiche Resultat wurde zunächst beim Gotthardhospiz erzielt, wo der meteorologische Beobachter und seine Frau die Liebenswürdigkeit hatten, Messungen auszuführen. Im Sommer 1913 wurden die weißen Tonkerzen von den Touristen immer heraus-

gezogen. Als die Messungen im Jahre 1914 vor sich gehen konnten, kam der Krieg dazwischen.

Die wenigen sicheren Daten vom Juli 1915 sind folgende (abgelesen wurde 7<sup>h</sup> abends):

Tag	Ost cm <sup>3</sup>	Süd cm <sup>3</sup>	West cm <sup>3</sup>	Nord cm <sup>3</sup>	Tag	Ost cm <sup>3</sup>	Süd cm <sup>3</sup>	West cm <sup>3</sup>	Nord cm <sup>3</sup>
12.	13,8	10,2	10,8	25,6	22.	0,0	0,0	0,0	0,0
13.	18,8	21,3	13,2	25,3	23.	0,0	0,0	0,0	0,0
14.	23,1	41,6	25,7	31,9	24.	8,4	16,8	10,9	14,9
15.	12,1	19,2	16,7	20,3	25.	19,2	24,8	16,4	23,5
16.	1,5	2,2	5,1	0,7	26.	7,3	10,0	3,1	3,8
17.	3,0	2,8	4,5	0,9	27.	15,4	18,8	15,5	26,7
18.	14,4	16,6	9,8	15,2	28.	26,1	25,2	30,0	34,6
19.	7,2	19,4	17,6	21,9	29.	6,0	8,8	4,3	6,5
20.	4,2	3,1	4,9	3,8	30.	12,8	4,9	9,8	19,5
21.	0,0	0,0	0,0	0,0	31.	20,0	18,7	12,7	17,1

In erster Linie muß hervorgehoben werden, daß *lokale Verhältnisse* vorliegen. Alle 4 Apparate waren auf einem Raume von 2 m<sup>2</sup> aufgestellt. Jedes Instrument war vor einem kleinen Felswändchen placiert, sodaß genannte Exposition scharf zur Geltung kam.

Auffallend ist die starke Verdunstung auf der Nordseite. Diese hat ihre Ursache in dem herrschenden Nordwinde zur Messungszeit. Trotz der starken Erwärmung auf der Südseite wurde doch eine stärkere Verdunstung erreicht auf der windbewegten Nordexposition. Deutlich sind die Tage herauszusehen, an welchen der Nordwind ausgesetzt hatte. Am 16., 17., 20. und 26. sank die Verdunstungsmenge unter die der übrigen Expositionen. Hier ist das Maximum auf der Sonnenseite.

Was diese wenigen Zahlen zeigen, ist die enorme Verdunstungswirkung des Windes. Sie ist stärker als die Wirkung der Sonne. Dies fällt bei der Felsflora sehr ins Gewicht. Die Apparate waren an typischen Wuchsorten der Felsflora aufgestellt worden.

### III. Die Bedeutung der Extreme.

Wie verhält es sich nun mit dem Gleichgewicht zwischen der Wasseraufnahme und dem Wasserverlust? Die Messungen und Wägungen reichen nicht aus, um einen Schluß ziehen zu

können, da diese aus den Jahren 1913 und 1914 stammen. Leider stehen keine solchen zur Verfügung von 1911. Dieses extrem heiße Jahr (siehe Klima) zeigte, daß viele Pflanzen auf dem Felsen zu Grunde gehen können. Auch hier spielen, wie schon mehrmals bemerkt, die Extreme die Hauptrolle. Wenn auch in diesem Sommer Gewitterregen strichweise niedergingen, so war die Benetzung nur eine schwache gewesen wegen der sehr starken Oberflächenspannung nach einer solch intensiven Trockenheit. Schon am 12. Juli 1911 fiel die sehr vorgeschrittene Vegetation auf. Während im Sommer 1910 bei der Rotondohütte und mancherorts sogar weiter unten viele Petrophyten nicht zum Blühen kamen (vor allem die *Silene acaulis*), hatten an genanntem Tage die meisten Felsbewohner schon geblüht.

Am 20. Juli 1911 war bereits ein starkes Absterben zu beobachten in Südlage bei Faido. Abgestorben waren alle Exemplare von *Aspidium spinulosum*. An der *Primula hirsuta* waren alle Blätter im Absterben begriffen. Der Anfang des Welkens war sogar bei *Thymus Serpyllum* zu konstatieren. Zahlreiche Exemplare von *Lotus corniculatus* waren vollständig abgestorben, so daß dieser Eindringling der Wiesenflora wieder aus manchem Felsen ausgemerzt wurde. Dieses Absterben war nicht nur zu beobachten auf der Südseite des Gotthards in Faido und in Airolo, sondern auch namentlich in höheren Lagen und auf der Nordseite des Passes bis nach Wassen hinunter.

Am 24. Juli waren im Gamsboden die Blätter der *Polypodium vulgare* verwelkt. Ein starker Unterschied trat hervor zwischen Spaltenpflanze und Oberflächenpflanze. Alle Exemplare dieser Art, welche sich im Oberflächenhumus festgesetzt hatten, waren verwelkt. Die Spaltenpflanzen hatten auch gelitten, aber bedeutend weniger. Vollständig abgestorben waren auch: *Primula hirsuta*, *Astrantia minor*.

Im Absterben begriffen waren: *Carex curvula*, *Thymus Serpyllum*.

Gelitten hatte auch: *Calluna vulgaris*.

Herbstfärbung war eingetreten bei: *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Loiseleuria procumbens*.



Im benachbarten Mätteli waren namentlich die Primeln im Welken und Absterben begriffen. Gelitten hatte hier auch *Hieracium piliferum*.

Das gleiche Bild bot die Paßhöhe. Am stärksten hatte auch hier *Primula hirsuta* gelitten. Im Jahre 1910 hatte ich geglaubt, daß sich diese Petrophyte ebensogut angepaßt hätte an diesen Standort wie jede andere Felsenpflanze mit äußerlich sichtbarem Schutzmittel gegen Trockenheit. Das Jahr 1911 zeigte den Irrtum. Diese Primel ist der erste Felsbewohner, welcher einer sömmerlichen Trockenheit zum Opfer fällt. Im nächsten Frühling begannen allerdings viele verwelkte Stöcke wieder zu treiben, aber durchaus nicht alle.

Das gleiche Bild wiederholte sich bei der Schöllenen. Abgestorben waren hier: *Polypodium vulgare*, *Astrantia minor*, *Allosurus crispus*, *Epilobium angustifolium*, *Selaginella selaginoides*.

Die gleiche Erscheinung traf ich sogar in Wassen. Vollständig waren hier abgestorben: *Silene rupestris*, *Polypodium vulgare*, *Asplenium Trichomanes*.

Selbst die Farne in geschützter Lage begannen zu welken.

Aus dem Gesagten ist der Schluß erlaubt, daß der Felsen in gewöhnlichen Jahren keine xerophytischen Standorte schafft. In sehr sonnenreichen und niederschlagsarmen Jahren wie das Jahr 1911 eines war, zeigt der Fels xerophytischen Charakter und manche Eindringlinge in den Felsen und selbst ausgezeichnete Chomophyten leiden.

#### IV. Die Anpassungen der Felsflora an die extremen Verhältnisse.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind beim Felsen keine so schlechten, als man auf den ersten Blick zu glauben geneigt wäre (was schon Oettli betonte). Was wir nicht wissen, das ist, wie viel von dem vorhandenen Wasser die Pflanze dem Boden entziehen und für sich nutzbar machen kann. Wir können die physiologische Trockenheit nicht bestimmen. Um nun doch einen Einblick in den Haushalt der Pflanze zu bekommen, müssen die Schutzeinrichtungen der Pflanzen in Betracht gezogen werden:



1. Um die Verdunstung herabzusetzen.
2. Um die Wasseraufnahme zu vergrößern.

Es gibt nun unbedingt Vertreter des Felsens, welche keine solchen Einrichtungen zeigen, so *Primula hirsuta*. Sie leidet bei Trockenheit allerdings zuerst.

Die verschiedenen Einrichtungen der Pflanzen, die Verdunstung zu vermindern, sind bekannt.

In welchem Masse die Pflanzen selbst das Wasser festhalten, zeigen folgende Messungen. Die Pflanzen wurden möglichst mit dem ganzen Wurzelwerke aus dem Humus herausgenommen. Die Wurzelenden wurden mit Kollodium bestrichen, um etwa entstandene Wunden sofort zu verschließen. In einem Glas, welches ein feuchtes Filtrierpapier enthielt, wurden die Exemplare in den Trockenschrank gebracht, nach Entfernung des Wurzelwerkes und Verschuß der Schnittwunden mit Kollodium. Jedes Exemplar wurde in ein Becherglas gelegt, damit kein dampfgesättigter Raum entstehe. Der Trockenschrank wurde dunkel gehalten bei gewöhnlicher Zimmertemperatur. Die Gewichtsabnahmen waren folgende (es wurde nach den Versuchen von Oettli verfahren):

Stunden	Saxifraga Cotyledon		Sempervivum arachnoideum		Sempervivum montanum		Sedum annuum		Primula hirsuta		Sedum dasyphyll.
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.
Anfangs- gewicht	46,2	26,7	5,82	4,91	8,68	10,38	5,24	1,91	6,10	4,22	5,46
12	43,9	24,8	4,97	4,20	7,76	9,76	4,66	1,53	5,17	3,54	4,20
24	43,4	23,3	4,57	3,94	7,37	9,44	4,00	1,37	4,58	3,05	3,14
36	43,6	20,9	3,94	3,54	6,74	8,98	3,68	1,18	4,30	2,79	2,52
48	39,2	19,4	3,50	3,33	6,38	8,73	3,50	1,00	4,07	2,44	2,27
60	36,6	18,1	3,13	3,11	5,92	8,48	3,36	1,00	3,92	2,13	2,09
72	35,7	17,2	2,91	3,00	5,41	8,30	3,28	0,97	3,78	2,03	1,99
84	31,9	15,8	2,76	2,78	5,06	7,88	3,20	0,93	3,68	1,87	1,83
96	28,1	14,4	2,55	8,61	4,75	7,68	3,15	0,89	3,54	1,72	1,75
108	25,8	13,0	2,31	2,41	4,35	7,37	3,10	0,84	3,44	1,63	1,68
120	24,4	12,0	2,20	2,33	4,17	7,23	3,05	0,84	3,34	1,53	1,61
132	22,4	10,6	2,09	2,26	3,93	7,06	3,04	0,81	3,27	1,47	1,54
144	21,3	9,9	2,00	2,20	3,79	6,93	2,99	0,79	3,15	1,36	1,50
168	19,2	9,1	1,80	2,09	3,45	6,88	2,93	0,75	2,93	1,20	1,40
192	17,4	7,8	1,62	2,00	3,13	6,40	2,91	0,71	2,79	1,11	1,31
216	16,1	6,1	1,44	2,00	2,90	6,23	2,86	0,69	2,66	1,06	1,26
240	14,9	5,5	1,27	1,99	2,74	6,10	2,82	0,65	2,54	1,01	1,19

Stunden	Saxifraga Cotyledon		Sempervivum arachnoideum		Sempervivum montanum		Sedum annuum		Primula hirsuta		Sedum dasyphyll.
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.
264	14,1	5,2	1,09	1,96	2,58	5,83	2,79	0,63	2,43	0,99	0,92
288	13,4	5,0	0,97	1,92	2,46	5,66	2,77	0,61	2,38	0,97	0,79
312	13,1	—	0,83	1,87	2,37	5,51	2,72	0,59	2,26	0,95	0,67
336	12,7	—	0,80	1,84	2,29	5,35	2,71	0,57	2,15	0,93	0,63
360	12,6	—	0,73	1,81	2,23	5,21	2,69	0,56	2,11	0,92	0,56
384	12,2	—	0,67	1,79	2,18	5,08	2,67	0,54	2,06	0,91	0,52
408	12,1	—	0,64	1,77	2,15	4,99	2,65	0,53	1,99	0,90	0,48

Gewichtsverlust nach Prozenten:

Stunden	Saxifraga Cotyledon		Sempervivum arachnoideum		Sempervivum montanum		Sedum annuum		Primula hirsuta		Sedum dasyphyll.
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	95,1	92,9	85,6	85,6	96,6	94,7	88,9	79,8	84,8	83,9	77,0
24	93,9	87,3	78,5	80,0	91,2	91,6	76,3	71,0	75,1	72,3	58,4
36	90,0	78,3	67,7	72,1	83,4	87,1	70,2	62,2	70,5	64,3	45,3
48	84,8	72,9	66,1	67,9	79,0	84,7	66,9	51,8	66,7	57,8	41,6
60	79,2	67,8	53,8	63,4	73,3	82,2	64,1	51,3	64,3	50,5	38,3
72	77,3	64,4	50,0	61,1	67,0	80,5	62,6	50,3	62,0	48,1	36,4
84	69,0	59,2	47,4	56,6	62,6	76,4	61,1	48,2	60,3	44,3	33,5
96	60,8	53,9	43,8	53,2	58,8	74,5	60,1	46,1	58,0	40,8	32,1
108	55,7	48,7	39,7	49,1	54,2	71,5	59,2	43,5	46,4	38,6	30,8
120	52,8	44,9	37,8	47,5	51,6	70,1	58,2	43,5	54,8	36,3	29,5
132	48,5	39,7	35,9	46,0	48,6	68,5	58,0	42,0	53,5	34,8	28,2
144	46,1	37,1	34,4	44,8	46,9	67,5	57,1	40,9	51,6	32,2	27,5
168	41,6	34,1	30,9	42,6	42,7	64,8	55,1	38,8	48,0	28,4	25,6
192	36,4	29,1	27,8	40,7	37,4	62,1	55,1	36,6	45,7	26,3	24,0
216	34,8	22,5	24,7	40,7	35,9	60,4	54,6	35,7	43,6	25,1	23,1
240	32,3	20,7	21,8	40,5	33,8	59,2	53,8	33,7	41,6	23,9	21,8
264	30,5	19,5	18,7	39,9	31,9	56,5	53,2	33,1	39,8	23,4	16,8
288	29,0	18,7	16,7	39,1	30,4	55,6	52,8	31,7	38,9	23,0	15,4
312	28,4	18,7	14,3	38,0	29,3	53,4	51,9	30,7	37,0	22,5	12,2
336	27,5	—	13,7	37,4	28,3	51,8	51,7	29,2	35,7	22,0	11,5
360	27,2	—	12,5	36,6	27,3	50,5	51,3	29,0	34,6	21,8	10,2
384	26,4	—	11,5	36,3	26,9	49,2	50,9	28,1	33,7	21,5	9,5
408	26,1	—	11,0	35,9	26,6	48,4	50,5	27,4	32,6	21,2	8,8

Einen allzu großen Wert möchte ich diesen Messungen nicht beimessen. Sie zeigen aber doch, daß zwischen den verschiedenen Chomophyten erhebliche Unterschiede bestehen.

*Saxifraga Cotyledon*: Diese hatte zuerst ein konstantes Gewicht erreicht. Doch brauchte auch sie eine Zeit von 15 Tagen.

*Sempervivum arachnoideum*: Die Blätter der Rosette standen mehr oder weniger nach oben. Schon nach 24 Stunden im dunkeln Trockenschranke begannen die Blätter sich nach auswärts zu legen. Die Spinnwebhaare wurden straff gespannt und stellten dem Auseinanderlegen der Blätter einen gewissen Widerstand entgegen. Schließlich wurden die Haare zerrissen. Interessant war das Absterben. Es verloren nicht alle Blätter mit einander die Turgescenz. Die Blätter starben der Reihe nach ab gemäß ihrem Alter. Die Vegetationsspitze blieb vollständig frisch. Das gleiche war auch bei *Sempervivum montanum* der Fall.

*Primula hirsuta*: Hier verloren die Blätter langsam und gleichmäßig die Turgescenz.

*Sedum annuum*: [Auch hier verlor ein Blatt nach dem andern sein Wasser.

*Sedum dasyphyllum*: Nachdem es 15 Tage im Trockenschranke zugebracht hatte und 85 % an Gewicht verloren hatte, begann es Blüten zu treiben. Die Blüten waren normal ausgebildet, nur bleich des mangelnden Lichtes wegen.

Die Wasseraufnahme suchen die Petrophyten zu vergrößern:

a) Durch ein sehr dichtes Wurzelwerk (*intensive Ausnützung*).

Dies trifft hauptsächlich bei den Pteridophyten und vielen Gramineen zu. Der dichte Wurzelfilz geht für gewöhnlich nicht sehr stark in die Tiefe. Er ist jedoch so dicht, daß es die größte Mühe kostet, die kleinen Mineralteilchen herauszulösen. Aufschluß über einige typische Beispiele geben die Photographien:

No. 12: Wurzelfilz der *Dryopteris Lonchitis*, von Motto di Dentre.

Das Exemplar stammt von einem äußerst trockenen Wuchs-orte vom Jahre 1911.

Länge des Wurzelfilzes . . . . .	37 cm
Größte Breite desselben . . . . .	15 „

No. 13a: Wurzelfilz von *Festuca Halleri*.

Höhe der oberirdischen Pflanze . . . 8 cm

Länge des Wurzelfilzes . . . . . 20 „

Breite des Wurzelfilzes . . . . . 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—8 „

Es ist dies ein Exemplar mit einem verhältnismäßig langen Wurzelwerke von dem sonnigen Ostgrate des Lucendro bei einer Meereshöhe von 2540 m.

No. 13b: Wurzelfilz von *Carex curvula*.

Stammt vom gleichen, sehr sonnigen Standorte. Hier dringt der Wurzelfilz schon bedeutend mehr in die Tiefe.

Höhe der oberirdischen Pflanze . . . 3 cm

Länge des Wurzelfilzes . . . . . 36 „

Größte Breite des Wurzelfilzes . . . 18 „

b) Durch ein sehr ausgebreitetes Wurzelwerk (*extensive Ausnützung*).

Das Wurzelwerk geht entweder sehr stark in die Breite oder in die Tiefe oder in die Breite und in die Tiefe.

Sehr stark in die Tiefe gehen namentlich die Hauptwurzeln der Polsterpflanzen, wie z. B. bei *Silene acaulis*. Nie ist es mir gelungen diese Hauptwurzel herauszuholen. Sie dringt nicht nur sehr tief in die Spalten ein, sondern in die feinsten und engsten Ritzen. Ein Herauspräparieren gelingt nicht.

No. 14: Wurzeln der *Achillea moschata*.

Die längste Wurzel, die ich erhalten habe, zeigt eine Länge von 95 cm. Es ist jedoch nur der kleinste Teil. Die meisten und namentlich auch die längsten sind im Felsen geblieben. Das Exemplar stammt von der Südexposition bei der Rotondohütte.

Die tiefstgehenden Wurzeln haben nach meiner Ansicht die *Ericaceen*. Es ist mir jedoch nie gelungen, diese zu erhalten. Stückweise gelang es, Teile dem Felsen zu entreißen mit Hilfe von Hammer und Meißel. Dies gilt hauptsächlich für *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium Vitis-idaea* und *Vaccinium uliginosum*. Einmal kam ich durch Messen der einzelnen Teile auf eine Länge von 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m. Ein ganz beträchtlicher Teil der Wurzel fehlte auch in diesem Falle noch.

No. 15: Wurzelwerk von *Salix herbacea*.

Das Bild zeigt nur den oberen Teil; die untere Partie konnte nicht erhalten werden.

No. 16: Wurzelwerk der *Campanula cochlearifolia*:

- a) von einer feuchten Spalte der Schöllenen,
- b) von einer trockenen Spalte der Schöllenen:

Länge . . . 23 cm

Breite . . . 31 „

## V. Zusammenfassung der Bodenverhältnisse und ihrer Wirkung.

I. Die Niederschläge in unserem Gebiete sind reichliche.

II. Zahlreich ausgeführte Bestimmungen des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens müssen wegen der sich einschleichenden Fehlerquellen sehr kritisch aufgenommen werden. Sie gestatten nur wenige sichere Schlüsse.

1. Sehr groß sind die Unterschiede auf kleinstem Raume, je nach Exposition, Windlage, Beschaffenheit des Felsens (ob Spalten oder Oberfläche).

- a) Spaltenhumus zeigt bei gleichen Verhältnissen gewöhnlich einen höheren Wassergehalt als Oberflächenhumus.
- b) Die Aufnahmefähigkeit des Bodens an Wasser wird stark bedingt durch die Krümelbildung und die humosen Stoffe.

2. Den Haupteinfluß auf den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens hat die Pflanze selbst.

- a) Der Wassergehalt des Bodens ist unter jeder Petrophyte auch auf kleinstem Raume verschieden.
- b) Je kompakter der Bau einer Pflanze, desto stärker wird der Humus gegen Wasserverlust geschützt, desto schwerer aber ist auch eine Erneuerung. Sehr stark zurückgehalten wird das Wasser z. B. durch *Festuca varia*, *Saxifraga aizoon*, *Statice montana*.
- c) Bei ganz ähnlich gebauten Pflanzen ist das Zurückhalten des Wassers doch ein verschiedenes. So hält *Agrostis*

*rupestris* das Wasser stärker zurück als *Anthoxanthum odoratum*.

- d) Allgemein halten die Spaltenpflanzen das Wasser besser zurück als die Exochomophyten. (Die Beschaffenheit der Spalten wirkt in gleichem Sinne.)

III. Zahlreiche Beobachtungen in den verschiedenen Jahren zeigten:

3. Den Haupteinfluß in der Zusammensetzung der Felsflora haben die Extreme.

- a) Die Feuchtigkeitsmessungen im Jahre 1913 und 1914, die Beobachtungen dieser Jahre wie auch des Jahres 1910 gestatten keinen Schluß, daß die Wuchsorte des Felsens xerophytischen Charakter haben.
- b) Das extrem heiße Jahr 1911 bewies, daß die Extreme so stark werden können, daß nicht nur Eindringlinge aus den Felsen ausgemerzt werden, sondern daß Petrophyten selbst Schaden leiden.
- c) Kommt eine Chomophyte sowohl als Exochomophyte als auch als Chasmophyte vor, so geht erstere bei Extremen zuerst zugrunde. Dies zeigt den Vorteil der Spaltenpflanzen.
- d) Auffallend ist das starke Absterben der Farne. Diese erholen sich allerdings wieder sehr rasch.
- e) Selbst trockenheitliebende Felsenpflanzen können in einem Jahre wie 1911 leiden.
- f) Manche Felsenpflanzen entbehren jeder Art Schutzmittel. Sie leiden bei Trockenheit zuerst, wie *Primula hirsuta*.
- g) Doch zeigen manche Pflanzen ohne äußere Schutzmittel eine sehr bedeutende Trockenhärte (*Agrostis rupestris*).
- h) Manche zeigen eine ganz bedeutende Entwicklung des Wurzelwerkes. Bei der gleichen Art ist dieses an trockenen Standorten kräftiger entwickelt als an feuchten.