© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten

---

Die Ökologie der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften

Von *Bertram Zollitsch*, München

— Schlußteil —

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

D. Ökologisches und physiologisches Verhalten einiger für Drabion hoppeanae-Gesellschaften charakteristischer Arten in bezug auf den pH-Wert des Substrates

Wie bereits mehrfach erwähnt, wurden von sehr vielen Arten zahlreiche pH-Messungen der Standortsböden durchgeführt. Hier können nur die Ergebnisse für einige wenige Arten gebracht werden. Die Auswahl dieser Arten wurde in erster Linie nach deren Bedeutung für die Gesellschaften des *Drabion hoppeanae*-Verbandes getroffen.

Von nur 12 Arten konnte das physiologische Verhalten im Kulturversuch beobachtet werden. Diese Arten wurden, wie bereits unter „Methodik" beschrieben, vor allem nach der Möglichkeit der Beschaffung von Samen, sowie deren Keimfähigkeit ausgewählt.

Im folgenden wird für 28 Arten jeweils ihr Vorkommen und ihre Verbreitung, ihre soziologische Stellung, die pH-Werte ihrer Standortsböden sowie die Ergebnisse der Kulturversuche, soweit solche durchgeführt wurden, besprochen. Dabei werden die Arten nicht nach ihrem soziologischen, ökologischen oder physiologischen Verhalten geordnet, sondern in der dem Alphabet entsprechenden Reihenfolge aufgeführt.

1. Androsace alpina (L.) Lam.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Androsace alpina ist in den Alpen endemisch. Ihr Areal erstreckt sich vom Dauphiné bis in die Steiermark und ist auf die zentralen Züge der Alpen beschränkt. In den silikatischen Gesteinsfluren der alpinen und nivalen Höhenstufe tritt sie gebietsweise recht häufig auf.

b) Soziologische Stellung:

Als Art, die im wesentlichen nur auf kalkarmem oder kalkfreiem Silikatschutt vorkommt, stellt *Androsace alpina* eine gute Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* dar. Gleichzeitig kann sie als, wenngleich recht schwache, Assoziationscharakterart des *Androsacetum alpinae* gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 17, S. 31

Von *Androsace alpina*-Standortsböden wurden 26 pH-Messungen durchgeführt. Nur etwa die Hälfte der untersuchten Bodenproben stammt jedoch von für *Androsace alpina* typischen Standorten. In diesen Böden wurden Werte zwischen pH 4,6 und 5,9 gemessen. Die Werte zwischen pH 6,7 und 7,4 stellen die Meßergebnisse von etwas kalkhaltigen Standortsböden dar, die von Misch- bzw. Übergangsgesellschaften zwischen *Drabion hoppeanae*- und *Androsacion alpinae*-Gesellschaften besiedelt werten.

Obwohl *Androsace alpina* im wesentlichen nur auf kalkfreien Böden mit einer Reaktion zwischen pH 4,0 und 6,0 vorkommt, tritt sie gelegentlich auch auf neutralen bis schwach basischen Böden auf und gelangt auch hier zu guter Entwicklung. Das wenngleich recht seltene Vorkommen von *Androsace alpina* in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, z. B. in der Subassoziation *saxifragetosum bryoidis* des *Drabo-Saxifragetum* wird somit verständlich.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

2. Arabis caerulea (All.) Haenke

a) Verbreitung und Vorkommen:

Arabis caerulea ist in den Alpen sehr verbreitet; ihr Areal reicht vom Dauphiné bis nach Niederösterreich. Oberhalb 2000 m ist sie auf feuchtem Steingrus und auf Schneeböden recht häufig, seltener dagegen an Felsen. Sie bevorzugt feuchte Standorte und ein feinkörniges Substrat, das auch etwas humos sein kann und beinahe immer kalkhaltig ist.

b) Soziologische Stellung:

Arabis caerulea ist die namengebende Art des Verbandes der alpinen Kalk-Schneebodengesellschaften (*Arabidion caeruleae Br.-Bl. 1926)* und Charakterart des *Arabidetum caeruleae Br.-Bl. 1918*. Sie greift jedoch auch in andere Gesellschaften und Gesellschaftsverbände über. So wurde sie z. B. sehr häufig in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften gefunden, besonders im *Saxifragetum biflorae, Campanulo-Saxifragetum* und *Drabo-Saxifragetum*. Sie tritt hier jeweils als Differentialart der Subassoziation *arabidetosum caeruleae* auf.

c) Die Bodenazidität: Abb. 18a, S. 31

Die Werte meiner 118 Messungen, die zum größten Teil von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, aber auch aus dem Wallis, den südlichen Zillertaler Alpen sowie aus dem Fimbertal stammen, liegen zwischen pH 5,1 und 8,6 mit einem Mittel bei pH 7,7. Eine starke Häufung der Werte ist zwischen pH 7,7 und 8,6 zu beobachten; 78% der Messungen liegen in diesem Bereich. Da die meisten meiner Messungen Bodenproben von *Drabion hoppeanae*-Standorten betreffen, und da Braun-Blanquet (1926) für das *Arabidetum caeruleae* einen pH-Wert von 6,9 angibt, ist anzunehmen, daß das wirkliche ökologische Optimum von *Arabis caerulea* bei einem pH-Wert um den Neutralpunkt liegt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 2, S. 27; Abb. 18b, S. 31

Von *Arabis caerulea* konnten pro pH-Stufe jeweils nur wenige Individuen zur Auswertung herangezogen werden, da ein Großteil der Pflanzen bald nach dem Umsetzen einging. Auf eine Darstellung der t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen wurde verzichtet, da der Verlauf der in Abb. 31 dargestellten Kurve nur mit geringer Wahrscheinlichkeit zu sichern war. Die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen sowie die Beobachtungen über den Wachstumsverlauf zeigen jedoch eindeutig, daß *Arabis caeurlea* ihr physiologisches Optimum bei basischer, neutraler bis sehr schwach saurer Reaktion des Substrates hat.

Für *Arabis caerulea* konnten keine Unterschiede zwischen physiologischem und ökologischem Verhalten, bezogen auf die Wasserstoffionenkonzentration des Substrates, gefunden werden. Ihr Verhalten im Kulturversuch entspricht den Messungen der Standortsböden.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

3. Arabis corymbiflora Vest.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Arabis corymbiflora* erstreckt sich von den Pyrenäen über die gesamten Alpen bis in den mittleren Apennin und nach Montenegro. Sie bevorzugt humose, kalkhaltige Unterlagen und ist in alpinen Steinrasen zwischen 1200 und 2000 m ziemlich häufig anzutreffen, seltener dagegen auf frischen Steinschutthalden, an Felsen oder im Geröll der Bäche.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1926) ist *Arabis corymbiflora* eine Ordnungscharakterart der *Seslerietalia coeruleae Br.-Bl. 1926.*

c) Die Bodenazidität:

Von *Arabis corymbiflora* wurden keine pH-Messungen der Standortsböden durchgeführt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 3, S. 27; Abb. 19, S. 31; Tab. 4, S. 27

Der Charakter von *Arabis corymbiflora* als Kalkrasenpflanze kommt auch in den Versuchsergebnissen recht klar zum Ausdruck. Braun-Blanquet und Jenny (1926) geben für *Seslerietalia*-Gesellschaften pH-Werte von 7,3 *(Caricetum firmae)* bis 5,5 *(Elynetum)* an. Im Kulturversuch gedieh *Arabis corymbiflora* zwischen pH 4,0 und pH 7,5 etwa gleich gut und die Stoffproduktion nimmt, wie Abb. 19 zeigt, nach pH 8,0 und nach pH 3,0 hin deutlich ab. Die Ergebnisse der pH-Stufen 7,5 und 7,0, 6,5 und 6,0 sowie 5,0 und 4,0 wurden jeweils zu einem Zwischenwert zusammengezogen.

Tab. 4 bringt die t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen zwischen den einzelnen Punkten in Abb. 19. Daraus ist zu ersehen, daß der Abfall der Kurve in Abb. 19 von pH 7,5 nach pH 8,0 nur mit etwa 75% Wahrscheinlichkeit gesichert werden konnte, der von pH 4,0 nach pH 3,0 dagegen mit weit über 99% Wahrscheinlichkeit.

Die große Variationsbreite im Versuch innerhalb des sauren Bereichs kann damit erklärt werden, daß im Versuch auch bei niedrigen pH-Werten noch sämtliche Nährsalze vorhanden sind, was in der Natur nicht der Fall ist; das trifft besonders für die Alkali- und Erdalkalimetallionen zu.

4. Arabis pumila Jacq.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Arabis pumila ist in allen Kalkgebieten der Alpen verbreitet. Sie ist in frischen Felsspalten, auf Steinschutt und in Geröll recht häufig, seltener dagegen in Schneetälchen oder in Rasen. Ziemlich streng scheint sie an kalkhaltiges Substrat gebunden zu sein.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1931), Oberdorfer (1962) u. a. ist *Arabis pumila* eine Verbandscharakterart des *Potentillion caulescentis Br.-Bl. 1926.* Da sie jedoch auch in *Thlaspeion rotundifolii-* und in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften recht häufig auftritt, kann sie nur als recht schwache Charakterart bezeichnet werden.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 20a, S. 31

Die untersuchten Bodenproben stammen aus dem Wallis, der Brenta-Gruppe, den Berchtesgadener Alpen, den Radstädter Tauern, den Schlierseer Bergen und vor allem aus dem Glocknergebiet. Der niedrigste gemessene Wert ist pH 6,7, der höchste pH 8,5; das Mittel liegt bei pH 7,6, wo auch die größte Häufung der Werte zu beobachten ist. Die Meßergebnisse bestätigen also die Angaben in der Literatur; bei Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Oberdorfer (1962) u. a. wird *Arabis pumila* als „kalkstete" Pflanze bezeichnet.

d) die Versuchsergebnisse: Tab. 5, S. 27; Abb. 20b, S. 31; Tab. 6, S. 27

Nach dem Vorkommen und den Bodenmessungen wäre zu erwarten gewesen, daß das Wachstum von *Arabis pumila* im alkalischen und neutralen Bereich wesentlich besser wäre, als bei saurer Reaktion des Substrates. Diese Erwartung erwies sich jedoch als irrtümlich. In Kultur gedieh *Arabis pumila* am besten bei pH-Werten zwischen 7,0 und 5,0, wesentlich schlechter dagegen bei pH 7,5 und 8,0 sowie bei pH 4,0 und 3,0. Abb. 20b zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen. Wie aus Tab. 6 ersichtlich, kann der Verlauf der Kurve in Abb. 20b durchaus als gesichert angesehen werden.

Arabis pumila wächst also in Kultur am besten im neutralen bis schwach sauren Bereich. Da sich in der Natur auf Böden dieser Reaktion meist Kalkrasengesellschaften *(Seslerietalia)* entwickeln, liegt der Schluß nahe, daß *Arabis pumila,* obwohl sie in diesem pH-Bereich ihr physiologisches Optimum aufweist, aus Konkurrenzgründen auf offene und so auch mehr alkalisch reagierende Böden ausweicht. Ähnliche Ergebnisse fand Knapp (1953) für *Arnica montana;* auch Ellenberg (1952) betont wiederholt, daß aus Konkurrenzgründen durchaus nicht immer das physiologische Optimum einer Pflanze mit ihrem ökologischen zusammentreffen muß.

Ein Vergleich von Abb. 20a mit Abb. 20b zeigt, daß bei *Arabis pumila* physiologisches und ökologisches Optimum um etwa eine pH-Einheit gegeneinander verschoben sind.

5. Artemisia genipi Weber

a) Verbreitung und Vorkommen:

Artemisia genipi ist meist seltener als *Artemisia mutellina;* nur in den Tauern, den Bündner, Tessiner und Walliser Alpen tritt sie gelegentlich häufiger auf als diese. Ihre allgemeine Verbreitung reicht vom Dauphiné bis in die Steiermark. Sie wächst in Felsspalten und auf Gehänge- und Moränenschutt, sowohl über kalkarmem Gestein als auch — und dies wesentlich häufiger — über Kalkschiefern. Bei Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Janchen (1958) u. a. wird sie zwar als „azidiphile", „kieselholde", „meist nur auf Urgestein" wachsende Pflanze bezeichnet, doch dürften diese Angaben auf einer Nichtbeachtung der Sonderstellung von Kalkglimmerschiefern innerhalb der „Urgesteinsalpen" beruhen.

b) Soziologische Stellung:

Artemisia genipi ist eine gute *Drabion hoppeanae*-Verbandscharakterart. Besonders häufig tritt sie im *Campanulo-Saxifragetum* und im *Trisetetum spicati* auf.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 21a, S. 31

Die 146 Messungen, deren relative Verteilung in Abb. 21a dargestellt ist, stammen von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, dem Wallis, dem Samnaun und den Zillertaler Alpen. Es wurden Werte zwischen pH 4,8 und 8,6 gemessen. Wie aus Abb. 21a ersichtlich, ergaben die meisten Messungen Werte zwischen pH 7,6 und 8,4; über 60% der Messungen liegen in diesem Bereich.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 7, S. 27; Abb. 21b, S. 31; Tab. 8, S. 27

Artemisia genipi verhält sich in Kultur analog den pH-Werten der Standortsböden. Wie Abb. 21a zeigt, liegt das Maximum der gemessenen pH-Werte um pH 8,0. In Kultur konnte ebenfalls bei pH 8,0 das beste Wachstum und die größte Stoffproduktion festgestellt werden. Abb. 21b zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen: je niedriger der pH-Wert der Nährlösung, desto geringer die Stoffproduktion. Tab. 8 gibt die t-Werte für den Grad der statistischen Sicherung der Differenzen zwischen den einzelnen Punkten der Kurve in Abb. 21b an. Der Verlauf dieser Kurve kann als gesichert betrachtet werden. *Artemisia genipi* zeigt also große Übereinstimmung in ihrem ökologischen und in ihrem physiologischen Verhalten.

6. Artemisia mutellina Vill.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das alpine Areal von *Artemisia mutellina* erstreckt sich von den Seealpen bis in die Steiermark. Auch sie hat wie *Artemisia genipi* ihre Hauptverbreitung in den Zentralalpen, tritt aber auch in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen auf. Sie wächst meist auf mineralischen Fels- und Schuttböden, auf Moränenschutt, aber auch an Gipfelfelsen, bis zu einer Höhe von über 3000 m. Die Angaben bei Vierhapper (1935), Janchen (1958) und Oberdorfer (1962), in denen *Artemisia mutellina* als „azidiphile" „nur" bzw. „vorwiegend auf kalkarmem" bzw. „auf Ur-Gestein" vorkommt, halte ich für nicht zutreffend. Wie *Artemisia genipi* so fand ich auch *Artemisia mutellina* auf Kalkglimmerschiefern wesentlich häufiger als auf kalkfreiem oder kalkarmem Silikatgestein.

Tab. 2 *Arabis caeruluea:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 3 *Arabis corymbiflora:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 4 *Arabis corymbiflora:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 5 *Arabis pumila:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 6 *Arabis pumila:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 7 *Artemisia genipi:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 8 *Artemisia genipi:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 9 *Artemisia mutellina:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

pH		8,0	7,0 6,5	6,0	5,0	4,0	4,0 +K+	3,0
Trockengew.	mg	359	325	263	195	95	52	39
	%	100	91	73	54	26	15	11
Fm ± mg		150	144	113	100	19	24	6
Fm ± %		42	44	43	51	20	47	16
Wachstumsstand								
25.5.		4,7	5,0	5,0	4,8	4,7	4,7	4,6
1.6.		5,0	5,0	5,0	4,6	4,6	4,8	4,1
11.6.		4,3	4,6	4,0	4,2	4,0	3,7	3,5
19.6.		4,3	4,0	4,0	4,0	3,5	3,3	2,5
24.6.		4,0	3,4	3,8	4,0	3,2	2,8	1,4
29.6.		3,8	3,3	3,3	3,6	2,9	0,6	0,4
2.7.		3,2	2,9	3,5	3,4	2,7	0,6	0,2

Tab. 2: *Arabis caerulea*

pH		8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0 4,0	3,0
Trockengew.	mg	299	427	425	378	48
	%	70	100	99	88	11
Fm ± mg		65	88	63	66	5
Fm ± %		22	21	15	18	11
Wachstumsstand						
25.5.		4,6	5,0	4,9	4,8	4,5
1.6.		4,2	4,5	4,0	3,8	3,6
11.6.		4,4	4,6	4,4	4,3	2,9
19.6.		4,4	4,6	4,5	4,4	2,0
24.6.		4,4	4,6	4,3	4,5	1,1
29.6.		4,2	4,5	4,4	4,3	0,4
2.7.		4,2	4,3	4,5	4,3	0,0

Tab. 3: *Arabis corymbiflora*

pH	8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0 4,0
7,5+7,0	1,18			
6,5+6,0	1,39	0,02		
5,0+4,0	0,85	0,33	0,52	
3,0	3,86	4,30	5,98	5,00

Tab. 4: *Arabis corymbiflora*

pH		8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0	3,0
Trockengew.	mg	128	262	402	403	533	298	139	98
	%	24	49	75	76	100	56	26	18
Fm ± mg		36	50	116	90	97	103	43	27
Fm ± %		28	19	29	22	18	35	31	28
Wachstumsstand									
25.5.		4,4	4,3	4,8	4,1	4,0	5,0	4,1	4,6
1.6.		4,4	4,6	5,0	4,5	4,0	5,0	4,2	4,6
11.6.		4,4	4,6	4,7	4,9	4,6	4,7	3,7	4,1
19.6.		3,6	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	3,7	3,8
24.6.		3,4	4,3	4,2	4,6	4,5	4,3	3,3	3,2
29.6.		2,8	4,3	4,3	4,6	4,6	4,3	2,9	2,4
2.7.		2,6	4,4	4,5	4,6	4,6	4,3	2,9	2,1

Tab. 5: *Arabis pumila*

pH	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0
7,5	2,16						
7,0	2,26	1,11					
6,5	2,84	1,36	0,00				
6,0	3,95	2,48	0,87	1,00			
5,0	1,56	0,33	1,12	0,78	1,66		
4,0	0,20	1,86	2,12	2,66	3,71	1,42	
3,0	0,67	2,87	2,55	3,25	4,32	1,89	0,81

Tab. 6: *Arabis pumila*

pH		8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0	4,0	3,0
Trockengew.	mg	883	775	595	533	354	318
	%	100	88	67	60	40	35
Fm ± mg		107	66	64	86	86	62
Fm ± %		12	9	11	16	24	22
Wachstumsstand							
25.5.		4,5	4,7	4,6	4,8	4,6	4,7
1.6.		4,9	5,0	4,8	4,8	4,7	4,5
11.6.		4,7	4,9	4,6	4,5	4,3	4,3
19.6.		4,7	4,8	4,0	4,1	4,2	3,8
24.6.		4,7	4,8	4,0	3,8	3,3	3,2
29.6.		4,9	4,6	3,6	3,6	2,4	2,3
2.7.		4,9	4,5	3,6	3,4	2,4	2,1

Tab. 7: *Artemisia genipi*

pH	8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0	4,0
7,5+7,0	0,8				
6,5+6,0	1,7	1,7			
5,0	2,4	2,2	0,8		
4,0	3,8	3,9	2,2	1,5	
3,0	4,2	5,1	3,1	2,0	0,4

Tab. 8: *Artemisia genipi*

pH		8,0 7,5	7,0 6,5	6,0	5,0	4,0	3,0
Trockengew.	mg	809	678	669	652	560	250
	%	100	84	83	81	69	31
Fm ± mg		76	63	94	80	90	54
Fm ± %		9	9	14	12	16	22
Wachstumsstand							
25.5.		4,9	5,0	4,8	4,8	5,0	4,8
1.6.		5,0	5,0	4,7	4,8	5,0	4,7
11.6.		5,0	4,7	4,1	4,8	4,4	4,3
19.6.		4,6	4,3	3,9	4,3	3,9	3,8
24.6.		4,5	4,2	3,6	3,9	4,0	2,7
29.6.		4,3	3,9	3,5	3,9	3,8	1,9
2.7.		4,2	3,9	3,7	3,6	3,2	1,5

Tab. 9: *Artemisia mutellina*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

b) Soziologische Stellung:

Braun-Blanquet (1926) bezeichnet *Artemisia mutellina* in der Tabelle des *Androsacetum helveticae* als Ordnungscharakterart der *Potentilletalia caulescentis Br.-Bl. 1926.* Bei Oberdorfer (1962) wird sie als Charakterart des *Androsacetum vandellii Br.-Bl. 1926* angegeben. Da sie jedoch recht häufig in Kalkschieferschuttgesellschaften, besonders im *Trisetetum spicati* gefunden wurde, muß erst noch erarbeitet werden, inwieweit sie als Charakterart der Felsspaltengesellschaften *(Asplenietea rupestris Br.-Bl. 1934)* gelten kann, oder ob sie nicht eher eine Charakterart des *Drabion hoppeanae* darstellt.

c) Die Bodenazidität: Abb. 22a, S. 31

Dem Thema dieser Arbeit entsprechend, stammen die relativ wenigen Messungen von *Artemisia mutellina*-Standortsböden meist von Kalkglimmerschieferschuttstandorten. Wenn *Artemisia mutellina* ihre Hauptverbreitung in Felsspaltengesellschaften hat, wie dies Braun-Blanquet (1926), Oberdorfer (1962) u. a. angeben, so kann an Hand meiner Meßergebnisse der Bodenazidität nicht auf das ökologische Verhalten der Art geschlossen werden. Andererseits zeigen jedoch die Messungen deutlich, daß *Artemisia mutellina* häufig in Böden basischer Reaktion vorkommt. Die Pflanzen dieser Standorte zeigten jeweils optimale Entwicklung; sie blühten und fruchteten sehr reich.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 9, S. 27; Abb. 22b, S. 31; Tab. 10, S. 37

Wachstumsschätzungen und Trockengewichtsbestimmungen zeigen, daß *Artemisia mutellina* bei basischer Reaktion des Substrates am besten gedeiht. Aber auch im neutralen bis schwach sauren Bereich wächst sie noch recht gut. Erst bei pH 3,0 ist die Stoffproduktion sehr gering. Die Kurve der Trockengewichtsbestimmungen zeigt zwischen pH 7,0 und 5,0 kaum Unterschiede; von pH 5,0 nach pH 4,0 fällt sie leicht, nach pH 3,0 stark ab. Statistisch zu sichern waren nur die Differenzen zwischen dem Wert für pH 3,0 und den übrigen Werten; die Differenz zwischen den Werten pH 8,0 und pH 4,0 konnte mit 95% Wahrscheinlichkeit gesichert werden. Bezogen auf den pH-Wert des Substrates zeigt also *Artemisia mutellina* in ihrem physiologischen Verhalten ein recht breites Optimum.

7. Braya alpina Sternbg. u. Hoppe

a) Verbreitung und Vorkommen:

Braya alpina ist ein Endemit der Ostalpen. Ihre Hauptverbreitung erstreckt sich von den südlichen Zillertaler Alpen bis zu den Hohen Tauern. Ihr Vorkommen ist auf frische, basenreiche, sehr humusarme Kalk- bzw. vorwiegend Kalkglimmerschiefer-Feinschuttböden in einer Höhe von 2000 bis 3000 m beschränkt. Sie bevorzugt geschütztere Standorte, so auf offenen Moränenböden neben großen Felsblöcken oder in lückigem Steinrasen, wo sie zwar auch wieder auf offenem Feinschutt wächst, aber von den benachbarten Rasenpolstern geschützt wird.

b) Soziologische Stellung:

Nach Braun-Blanquet (1931) ist *Braya alpina* eine lokale Charakterart des *Leontodontetum montani Jenny-Lips 1930.* Wendelberger (1953) dagegen betrachtet sie als „ausgesprochene Rasenpflanze" und vertritt die Ansicht, daß sie eher als Charakterart zur Ordnung der *Seslerietalia coeruleae Br.-Bl. 1926* zu stellen sei. Nach meinen Beobachtungen im Glocknergebiet kommt zwar *Braya alpina* auch im offenen Rasen vor, doch immer an Stellen,

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

wo der Feinschuttuntergrund offen zutage tritt und die Pflanze kaum unmittelbare Beziehungen zu den Rasenpflanzen aufweist. Weitaus häufiger als im offenen Rasen fand ich sie jedoch auf typischen Kalkglimmerschieferschuttstandorten. Wie in Teil I dargestellt wurde, stellt *Braya alpina* eine gute Charakterart des *Trisetetum spicati* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 23a, S. 31

Von *Braya alpina*-Standorten wurden 48 Messungen von Bodenproben durchgeführt, die durchwegs aus dem Glocknergebiet stammen. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 7,3 und 8,6. Wie aus Abb. 23a zu ersehen ist, ergaben sich am häufigsten Werte über pH 8,0. *Braya alpina* scheint also in ihrem Vorkommen auf Böden basischer Reaktion beschränkt zu sein.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 11, S. 37; Abb. 23b, S. 31; Tab. 12, S. 37

Zwischen pH 8,0 und 6,0 gedieh *Braya alpina* etwa gleich gut und zeigte eine recht erhebliche Stoffproduktion. Bei Werten unter pH 6,0 war ihr Wachstum jedoch sehr schlecht. Die großen Unterschiede im Gedeihen der Pflanzen speziell zwischen den pH-Stufen 6,0 und 5,0 kommen in Abb. 23b sehr deutlich zum Ausdruck. Das durchschnittliche Trockengewicht der Pflanzen bei pH 6,0 beträgt 706 mg, das der Pflanzen bei pH 5,0 dagegen nur 142 mg. Der Verlauf der Kurve in Abb. 23b konnte einwandfrei gesichert werden, wie aus Tab. 12 hervorgeht. Die Unterschiede zwischen den Werten für pH 8,0 und 7,5 + 7,0 liegen innerhalb des mittleren Fehlers.

Im ökologischen und physiologischen Verhalten der Art ergab sich somit große Übereinstimmung, wenngleich das Optimum im physiologischen Verhalten wesentlich breiter ist, als das im ökologischen Verhalten.

8. Campanula cenisia L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Auch *Campanula cenisia* ist ein Endemit der Alpen. Ihr Areal reicht vom Dauphiné bis ins westliche Tirol. Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Parseiermassiv) ist ihr Vorkommen auf Kalkglimmerschieferrohböden der alpinen bis nivalen Stufe in den Zentralalpen beschränkt.

b) Soziologische Stellung:

Als namengebende Art des *Campanulo-Saxifragetum* stellt sie eine gute Charakterart dieser zum *Drabion hoppeanae* gehörenden Assoziation dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 24, S. 31

Campanula cenisia zeigt ein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Am häufigsten wurden Werte zwischen pH 7,6 und 8,2 gemessen. Die Pflanzenindividuen solcher Standorte gediehen optimal, blühten sehr reich und bildeten teilweise dichte Rasen von annähernd 50 cm Durchmesser. In recht kümmerlichen Exemplaren mit keiner oder höchstens einer bis zwei Blüten wurden *Campanula cenisia* in einer Übergangs- bzw. Mischgesellschaft zwischen dem *Campanulo-Saxifragetum* und dem *Androsacetum alpinae* gefunden; die Messungen dieser Standortsböden ergaben Werte zwischen pH 5,7 und 6,1, die hinsichtlich der Gesamtverteilung der pH-Werte (vergl. Abb. 24) recht isoliert zu stehen kommen.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

9. Campanula cochleariifolia Lamk.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Campanula cochleariifolia ist in den europäischen Gebirgen zwischen Pyrenäen und Karpaten weit verbreitet. Besonders häufig tritt sie auf Kalk- und kalkhaltigen Schiefer-Schuttböden in der alpinen Stufe auf, geht aber, vor allem entlang der Flußtäler, auch bis ins Alpenvorland und wächst gelegentlich auch auf kalkfreien Schuttstandorten.

b) Soziologische Stellung:

Oberdorfer (1962) gibt *Campanula cochleariifolia* als *Thlaspeetalia rotundifolii*-Ordnungscharakterart an. Da sie jedoch auch in *Drabetalia hoppeanae*-Gesellschaften mit hoher Stetigkeit und in *Androsacetalia alpinae*-Gesellschaften, wenngleich seltener, so doch gelegentlich mit recht hohem Deckungswert auftritt und außerdem auch in den alluvialen Geröllfluren der Ordnung *Epilobietalia fleischeri* häufig zu finden ist, muß sie als gute Klassencharakterart der *Thlaspeetea rotundifolii* bezeichnet werden.

Abb. 17 *Androsace alpina:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 26 Messungen; 6 Messungen = 100 %

Abb. 18 *Arabis caerulea:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 118 Messungen; 28 Messungen = 100 %
b) Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 359 mg = 100 %

Abb. 19 *Arabis corymbiflora:* relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 427 mg = 100 %

Abb. 20 *Arabis pumila:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 46 Messungen; 6 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 533 mg = 100 %

Abb. 21 *Artemisia genipi:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 146 Messungen; 25 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 883 mg = 100 %

Abb. 22 *Artemisia mutellina:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 30 Messungen; 7 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 809 mg = 100 %

Abb. 23 *Braya alpina:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 48 Messungen; 12 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 760 mg = 100 %

Abb. 24 *Campanula cenisia:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 40 Messungen; 8 Messungen = 100 %

Abb. 25 *Campanula cochleariifolia:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 178 Messungen; 25 Messungen = 100 %

Abb. 26 *Cerastium uniflorum:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 102 Messungen; 19 Messungen = 100 %

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

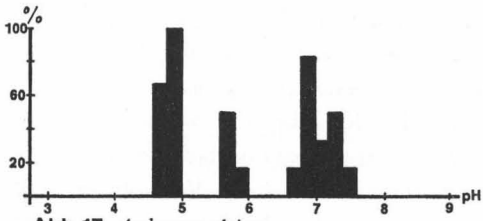

Abb. 17: *Androsace alpina*

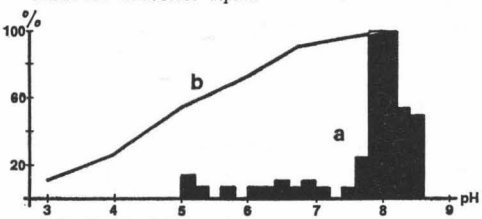

Abb. 18: *Arabis caerulea*

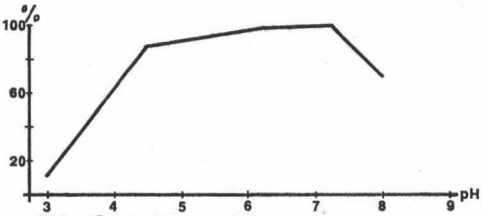

Abb. 19: *Arabis corymbiflora*

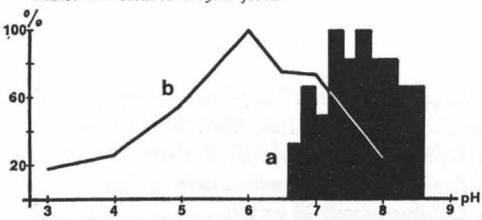

Abb. 20: *Arabis pumila*

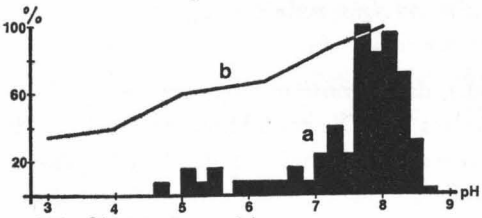

Abb. 21: *Artemisia genipi*

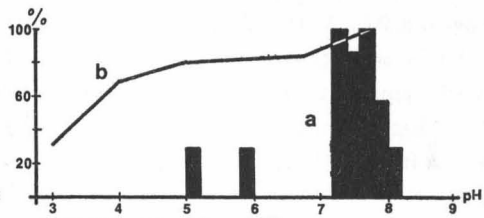

Abb. 22: *Artemisia mutellina*

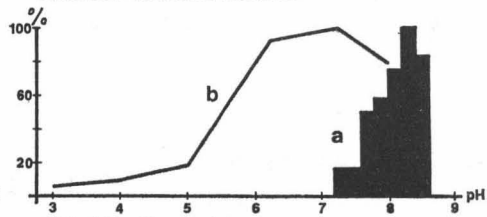

Abb. 23: *Braya alpina*

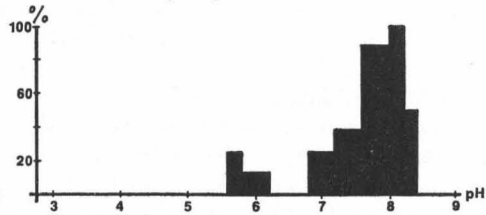

Abb. 24: *Campanula cenisia*

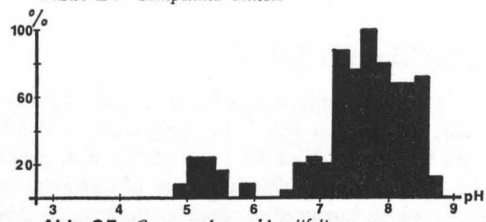

Abb. 25: *Campanula cochleariifolia*

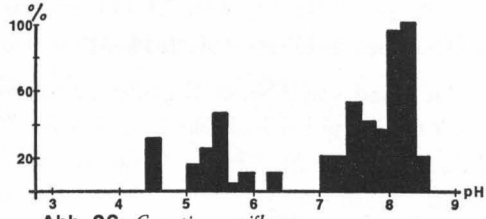

Abb. 26: *Cerastium uniflorum*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 25, S. 31

Die Ergebnisse der pH-Messungen von Standortsböden entsprechen den obigen Angaben über das Vorkommen und die soziologische Stellung von *Campanula cochleariifolia.* Bei weitem die meisten Messungen (über 82% der Gesamtzahl) ergaben Werte über pH 7,0. Aber auch auf verhältnismäßig sauren Böden wurde *Campanula cochleariifolia* in noch guter Entwicklung angetroffen, was die Angaben über ihr gelegentliches Vorkommen in *Androsacetalia alpinae*-Gesellschaften bestätigt. *Campanula cochleariifolia* hat also ihr ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, tritt aber gelegentlich auch auf Böden mit schwach bis mäßig saurer Reaktion auf. Die Lücke um pH 6,0 in Abb. 25 zeigt an, daß *Campanula cochleariifolia* in ihrem Vorkommen recht streng an offene Rohböden gebunden ist, denn Böden von einer Reaktion etwa zwischen pH 5,8 und 6,8 werden meist von Kalkrasengesellschaften bedeckt.

10. Cerastium uniflorum Clairv.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Hauptverbreitungsgebiet von *Cerastium uniflorum* sind die Zentralalpen. Aus den Angaben bei Kerner (1863), Hegi (1912), Braun-Blanquet (1913), Oberdorfer (1962) u. a. wäre zu schließen, daß es in seinem Vorkommen mehr oder weniger streng an kalkarme Silikatschuttböden gebunden sei. Wie bereits Merxmüller (1950) feststellte, trifft dies aber keineswegs zu. Ausgesprochen häufig tritt es auf Kalkglimmerschieferschuttböden auf und auch in manchen Gebirgszügen der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen (z. B. Berchtesgadener Alpen, Lienzer Dolomiten) ist es durchaus nicht selten. Sein Fehlen in einigen Kalkgebirgsstöcken der Alpen ist wohl eher chorologisch und nicht ökologisch zu erklären.

b) Soziologische Stellung:

Cerastium uniflorum stellt eine gute Klassencharakterart der *Thlaspeetea rotundifolii* dar, greift gelegentlich jedoch in Felsspalten- und Schneebodengesellschaften über. Braun-Blanquet (1926), Oberdorfer (1962) u. a. geben *Cerastium uniflorum* als Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* an. Dies scheint zwar in der westlichen Schweiz sowie in den französischen Alpen zuzutreffen, doch keineswegs in den Ostalpen (vgl. Merxmüller 1950).

c) Die Bodenazidität: Abb. 26, S. 31

An Hand von Abb. 26 liegt der Schluß nahe, daß *Cerastium uniflorum* sein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens hat. Diesem Schlusse möchte ich mich jedoch nicht anschließen, da *Cerastium uniflorum* auf kalkfreiem Silikatgestein gebietsweise ähnlich häufig auftritt, wie auf Kalkglimmerschiefern und da, dem Thema dieser Arbeit entsprechend, hier wesentlich häufiger Kalkglimmerschiefer-Schuttstandorte, als Standorte in kalkfreiem Silikatgestein untersucht wurden. Deshalb möchte ich mit Merxmüller (1950) *Cerastium uniflorum* als eine Art bezeichnen, die keine besonderen Ansprüche an die Reaktion des Bodens stellt und als typische Rohbodenpflanze in Rasengesellschaften nicht konkurrenzfähig ist.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

11. Draba aizoides L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Draba aizoides ist über die ganzen Alpen verbreitet. Sie fehlt auf reinem Gneis, Granit und Glimmerschiefer, ist dagegen in den Kalkalpen sowie in den aus kalkführenden Gesteinen aufgebauten Zentralalpenteilen recht häufig. Man findet sie an trockenen, warmen Felsen, in Felsspalten oder Rasenbändern und, wenngleich etwas seltener, in Steinschutt, in Schneetälchen oder im Rasen, jedoch immer über basenreichem, meist kalkhaltigem Gestein.

b) Soziologische Stellung:

Draba aizoides gilt als Verbandscharakterart des *Potentillion caulescentis Br.-Bl. 1926* (Oberdorfer 1962), greift jedoch häufig auch in Steinschutt- und Kalkrasengesellschaften über. Innerhalb der Klasse der Steinschuttgesellschaften *Thlaspeetea rotundifolii* stellt sie eine Differentialart der Ordnung *Drabetalia hoppeanae* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 27a, S. 41

Das Diagramm in Abb. 27a zeigt eine recht breite Streuung der pH-Werte. Eine deutliche Häufung der Messungen ergab sich bei Werten zwischen pH 6,8 und 7,8. *Draba aizoides* hat wohl in Böden dieser Reaktion ihr ökologisches Optimum. Die Werte zwischen pH 4,8 und 6,2 stammen von Messungen einiger Kalkrasen-Standortsböden.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 13, S. 37; Abb. 27b, S. 41

Draba aizoides zeigte kaum Unterschiede im Wachstum und in der Stoffproduktion; bei pH-Werten von 4,0 bis 8,0 gedieh sie in etwa gleich gut, wenngleich bei basischer Reaktion der Nährlösung das Wachstum etwas besser war, als bei schwach saurer Reaktion. Nur bei pH 3,0 wuchs *Draba aizoides* sehr schlecht. Abb. 27b bringt die relativen Werte der Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung. Statistisch zu sichern war nur der starke Abfall der Kurve von pH 4,0 nach pH 3,0.

Draba aizoides wächst also in Kultur selbst bei einem pH-Wert von 4,0 noch recht gut, am besten allerdings bei Werten zwischen pH 7,0 und 8,0. Die pH-Messungen von Standortsböden hatten ergeben, das *Draba aizoides* am häufigsten auf Böden basischer Reaktion gefunden wurde. Die jeweils recht schwach hervortretenden Optima im ökologischen und im physiologischen Verhalten der Art entsprechen also einander. Da aber *Draba aizoides* in Rasengesellschaften noch bei pH-Werten von 4,8 gefunden wurde, und da sie in Kultur auch bei Werten von pH 4,0 noch gut gedieh, erhebt sich die Frage, warum sie nur sehr selten auf kalkfreien Silikatrohböden zu finden ist. Man könnte vermuten, daß die beiden hier nicht unterschiedenen Varietäten *D. aizoides L. var. montana Koch* und *D. aizoides L. var. aizoides (L.)* unterschiedliche ökologische Ansprüche aufweisen. Oberdorfer (1962) gibt die *var. montana* als *Potentillion caulescentis*-Verbandscharakterart und die *var. aizoides* als „vermutliche *Seslerietalia*-Ordnungscharakterart" an. Hieraus könnte geschlossen werden, daß die *var. montana* mehr oder minder stark auf Böden basischer Reaktion angewiesen und in Kalkrasengesellschaften nicht konkurrenzfähig ist, die *var. aizoides* dagegen kaum Ansprüche auf die Reaktion des Bodens stellt, in Kalkrasengesellschaften durchaus konkurrenzkräftig ist, humusarme Rohböden jedoch meidet.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

12. Draba dubia Suter

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Draba dubia* reicht in den Alpen von den Seealpen bis zu den Niederen Tauern. Sie wächst ziemlich zerstreut in Felsspalten und Steinschutt sowohl über kalkarmem wie über kalkreichem Gestein (Hegi 1958).

b) Soziologische Stellung:

Als Pflanze der Kalk-, Kieselkalk- und kalkfreien Silikat-Felsspaltengesellschaften gilt *Draba dubia* als Klassencharakterart der *Asplenietea rupestris Br.-Bl. 1934.*

c) Die Bodenazidität: Abb. 28a, S. 41

Von *Draba dubia*-Standortsböden liegen nur 24 pH-Messungen vor. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 6,6 und 8,3 und stammen ausschließlich von Kalkglimmerschieferrohböden aus dem Wallis und dem Glocknergebiet. Da keine Bodenproben von Standorten auf kalkfreiem Silikatgestein untersucht wurden, kann an Hand dieser Messungen keine Aussage über das ökologische Optimum der Art gemacht werden. Die Messungen zeigen jedoch, daß *Draba dubia* auf Böden basischer Reaktion häufig vorkommt und dort auch zur optimalen Entwicklung gelangt.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 14, S. 37; Abb. 28b, S. 41; Tab. 15, S. 37

Die Kulturversuche mit *Draba dubia* ergaben ein unerwartetes und nur schwer zu interpretierendes Ergebnis. Am besten gedieh *Draba dubia* bei Werten zwischen pH 4,0 und 5,0 sowie zwischen pH 7,5 und 8,0. Ausgesprochen schlecht dagegen war ihr Wachstum bei pH 3,0 sowie zwischen pH 6,0 und 7,0. Wie Abb. 28b deutlich zeigt, weist also *Draba dubia* in ihrem physiologischen Verhalten hinsichtlich der Reaktion des Substrates ein doppeltes Optimum auf. Der Verlauf der Kurve in Abb. 28b kann, wie Tab. 15 zeigt, durchaus als gesichert gelten.

pH-Messungen von Bodenproben aus Felsspalten und von Schuttstandorten in Kalkgesteinen und in kalkführenden Schiefern ergaben Werte, die meist über pH 7,0 liegen; Messungen von Bodenproben aus Felsspalten und von Schuttstandorten in kalkfreiem Silikatgestein ergaben Werte, die meist zwischen pH 4,0 und 5,5 liegen. Aus diesen Tatsachen ergeben sich gewisse Parallelen mit den Versuchsergebnissen. *Draba dubia* gedieh bei pH 3,0 nur sehr schlecht; in der Natur werden so tiefe Werte höchstens in reifen Podsol- oder in Hochmoorböden gemessen. Gut wächst *Draba dubia* bei pH-Werten zwischen 4,0 und 5,0; Werte dieses pH-Bereichs wurden in den Böden von kalkfreien Silikatfelsspalten und -schuttstandorten gemessen. Ebenfalls gut gedieh sie bei neutraler bis basischer Reaktion der Nährlösung; Werte dieses pH-Bereichs wiederum sind für Kalk- und kalkführende Silikatfelsspalten und -schuttstandorte charakteristisch. Schlechtes Wachstum zeigt *Draba dubia* im Bereich um pH 6,5; pH-Werte zwischen 6,0 und 7,0 sind aber selten in Felsspalten und Schuttstandorten anzutreffen, sondern sind vielmehr für Böden typisch die Kalkrasengesellschaften tragen, in denen *Draba dubia* nur sehr selten zu finden ist.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

13. Draba hoppeana Rchb.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Draba hoppeana ist ein Endemit der Zentralalpen. Ihr Areal reicht vom Aostatal bis zu den Radstädter Tauern, mit einigen Fundorten in den Südlichen Kalkalpen. Im Gegensatz zu der ihr sehr ähnlichen *Draba aizoides* ist sie ziemlich selten und kommt nur in Steinschutt- und Steingrusfluren, auf frischem, schneewasserdurchfeuchtetem Feinschutt, insbesondere über Kalkglimmerschiefer vor.

b) Soziologische Stellung:

Als namengebende Art der Ordnung bzw. des Verbandes der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften *Drabetalia hoppeanae* bzw. *Drabion hoppeanae,* stellt sie eine gute Ordnungs- bzw. Verbandscharakterart dar. Besonders häufig tritt sie im *Drabo-Saxifragetum* auf und kann somit auch als Assoziationscharakterart dieser Gesellschaft gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 29a, S. 41

Wenngleich vereinzelt auch niedrigere pH-Werte gemessen wurden, so liegt das ökologische Optimum von *Draba hoppeana* doch eindeutig bei Werten zwischen pH 7,6 und 8,4 wie aus Abb. 29a zu ersehen ist. Die Meßwerte zwischen pH 4,4 und 6,2 stammen von Standortsböden ausgesprochener Kümmerexemplare in Mischgesellschaften zwischen *Androsacetum alpinae* und *Drabo-Saxifragetum.*

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 16, S. 37; Abb. 29b, S. 41

Draba hoppeana zeigt im Kulturversuch bei pH 8,0 das beste Wachstum. Ausgesprochen schlecht gedeiht sie nur bei pH 3,0. Wie aus Abb. 29b klar hervorgeht, nimmt die Stoffproduktion von pH 8,0 nach pH 4,0 allmählich und gleichmäßig ab. Die Differenz zwischen den Punkten für pH 4,0 und pH 3,0 konnte statistisch einwandfrei gesichert werden. Da *Draba hoppeana* in Kultur sehr unter einem Pilzbefall litt und somit jeweils nur wenige Individuen zur Auswertung gelangten, konnten die Differenzen zwischen den Punkten für pH 8,0 bis pH 4,0 nur mit geringer Wahrscheinlichkeit gesichert werden.

Draba hoppeana hat also auch ihr physiologisches Optimum bei neutraler bis basischer Reaktion des Substrates, gedeiht aber auch noch bei schwach bis mäßig saurer Reaktion gut. Das Optimum im ökologischen Verhalten (vergl. Abb. 29a) ist wesentlich ausgeprägter; offensichtlich ist *Draba hoppeana* in Kalkrasengesellschaften, für die pH-Werte etwa zwischen pH 5,0 und 7,0 charakteristisch sind, nicht konkurrenzfähig.

14. Gentiana nana Wulf.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Gentiana nana ist in den Alpen auf die Zentralalpen von Tirol, Salzburg und Kärnten beschränkt. Sie ist zwar meist recht selten, tritt aber gelegentlich auch häufiger auf, so vor allem auf frischen, basenreichen, schneewasserdurchfeuchteten Kalkglimmerschiefer-Moränenböden und -Bratschenhängen.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

b) Soziologische Stellung:

Nach dem oben Gesagten ergibt sich die Stellung von *Gentiana nana* als Charakterart der Kalkschieferschuttgesellschaften. Besonders häufig wurde sie im *Trisetetum spicati* gefunden und kann somit als Charakterart dieser Assoziation angesprochen werden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 30, S. 41

Gentiana nana zeigt ein ausgeprägtes ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Wie Abb. 30 zeigt, wurden nur Werte über pH 7,0 gemessen, am häufigsten Werte zwischen pH 7,8 und 8,0. In ihrem Vorkommen scheint demnach *Gentiana nana* auf hochalpine Kalkglimmerschieferrohböden basischer Reaktion beschränkt zu sein.

Obwohl von *Gentiana nana* reichlich Samenmaterial vorgelegen hatte, konnten doch keine Kulturversuche durchgeführt werden, da selbst nach Aussaat in Standortsböden und kräftigem Durchfrieren kein einziger Same zur Keimung gebracht werden konnte.

15. Hutchinsia alpina (Torner) R. Br.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Hutchinsia alpina ist in den Gebirgen Mitteleuropas weit verbreitet. In der alpinen Stufe kommt sie auf basenreichen, rohen und lockeren Kalkschuttböden vor und ist mehr oder minder an kalkhaltiges Substrat gebunden.

b) Soziologische Stellung:

Hutchinsia alpina gilt als *Thlaspeion rotundifolii*-Verbandscharakterart, greift aber auch in Gesellschaften des *Epilobion fleischeri* und des *Arabidion caeruleae* über.

Tab. 10 *Artemisia mutellina:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 11 *Braya alpina:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 12 *Braya alpina:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 13 *Draba aizoides:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 14 *Draba dubia:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 15 *Draba dubia:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trockengewichtsbestimmungen

Tab. 16 *Draba hoppeana:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 17 *Hutchinsia alpina:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

pH	8,0 7,5	7,0 6,5	6,0	5,0	4,0
7,0+6,5	1,3				
6,0	1,2	0,1			
5,0	1,4	0,3	0,1		
4,0	2,0	1,1	0,8	0,8	
3,0	6,2	5,2	3,8	4,2	3,0

Tab. 10: *Artemisia mutellina*

pH		8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0	4,0	4,0 +K+	3,0
Trockengew.	mg	603	760	706	142	78	69	56
	%	79	100	93	19	10	9	7
Fm ± mg		130	40	52	19	14	5	7
Fm ± %		21	5	7	13	19	8	13
Wachstumsstand								
25.5.		4,7	4,9	5,0	4,6	4,6	5,0	4,8
1.6.		4,7	5,0	5,0	3,9	3,8	4,2	4,2
11.6.		4,0	5,0	4,8	3,0	3,0	3,0	3,0
19.6.		4,1	5,0	4,7	2,6	2,4	1,1	1,7
24.6.		4,3	5,0	4,8	2,9	2,4	0,4	0,7
29.6.		4,6	5,0	4,8	3,0	2,1	0,3	0,2
2.7.		4,6	5,0	4,9	3,0	2,0	0,1	0,1

Tab. 11: *Braya alpina*

pH	8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0	4,0
7,5+7,0	1,2				
6,5+6,0	0,7	0,8			
5,0	3,5	14,0	10,1		
4,0	4,0	16,2	11,6	2,7	
3,0	4,2	17,2	12,5	4,3	1,4

Tab. 12: *Braya alpina*

pH		8,0 7,5	7,0 6,5	6,0 5,0	4,0	3,0
Trockengew.	mg	153	132	125	124	17
	%	100	86	82	81	11
Fm ± mg		42	30	19	27	3
Fm ± %		27	23	15	22	16
Wachstumsstand						
25.5.		4,8	5,0	4,5	4,5	4,4
1.6.		4,9	5,0	4,5	4,5	3,8
11.6.		5,0	4,8	4,5	4,5	1,6
19.6.		4,5	4,4	4,4	4,8	0,8
24.6.		4,5	4,5	4,4	4,8	0,6
29.6.		4,5	4,2	4,3	4,3	0,2
2.7.		4,3	4,2	4,1	4,3	0,2

Tab. 13: *Draba aizoides*

pH		8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0	4,0 +K+	3,0
Trockengew.	mg	158	157	143	86	132	161	166	106	57
	%	95	95	86	52	79	97	100	64	34
Fm ± mg		49	37	35	31	23	30	17	13	8
Fm ± %		31	24	25	36	18	19	10	13	14
Wachstumsstand										
25.5.		5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7	5,0
1.6.		5,0	4,9	5,0	5,0	4,8	5,0	4,8	4,8	4,9
11.6.		4,8	4,7	4,8	4,5	4,8	4,6	4,7	4,7	4,6
19.6.		4,6	4,1	4,2	4,0	4,2	4,1	4,8	4,5	3,4
24.6.		3,8	4,1	4,0	3,3	4,0	4,3	4,8	4,2	3,3
29.6.		3,6	4,1	3,8	3,2	4,0	4,3	4,7	3,8	3,0
2.7.		3,8	3,9	3,7	2,5	4,1	4,0	4,8	3,3	2,1

Tab. 14: *Draba dubia*

pH	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,0
7,5	0,02						
7,0	0,25	0,27					
6,5	1,36	1,68	1,39				
6,0	0,48	0,57	0,26	1,48			
5,0	0,01	0,01	0,39	2,03	0,76		
4,0	0,16	0,22	0,59	2,96	1,17	0,15	
3,0	2,04	2,64	2,40	1,26	3,12	3,46	5,72

Tab. 15: *Draba dubia*

pH		8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0 4,0	3,0
Trockengew.	mg	115	105	96	79	24
	%	100	91	83	69	21
Fm ± mg		56	10	14	16	18
Fm ± %		49	9	15	20	75
Wachstumsstand						
25.5.		5,0	4,5	4,3	4,2	4,0
1.6.		5,0	4,4	4,3	3,6	4,0
11.6.		5,0	5,0	4,7	4,1	3,5
19.6.		4,5	4,8	4,5	4,3	3,0
24.6.		4,5	4,7	4,5	4,1	2,0
29.6.		4,0	4,4	4,3	4,0	2,0
2.7.		4,0	4,5	4,3	4,0	1,5

Tab. 16: *Draba hoppeana*

pH		8,0	7,5 7,0	6,5 6,0	5,0 4,0	3,0
Trockengew.	mg	108	148	147	124	80
	%	73	100	99	84	54
Fm ± mg		14	10	27	33	3
Fm ± %		13	7	18	26	4
Wachstumsstand						
25.5.		4,8	5,0	4,9	4,9	4,3
1.6.		4,8	5,0	4,9	4,9	4,5
11.6.		4,5	5,0	4,5	4,6	3,5
19.6.		4,5	5,0	4,0	4,5	2,8
24.6.		4,3	4,9	3,7	4,0	1,3
29.6.		4,0	4,5	3,2	3,6	0,8
2.7.		3,0	3,5	3,1	3,0	0,0

Tab. 17: *Hutchinsia alpina*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 31a, S. 41

Die pH-Messungen von *Hutchinsia alpina*-Standortsböden ergaben Werte zwischen pH 4,7 und 8,8; am häufigsten wurden Werte zwischen pH 7,6 und 8,2 gemessen. L. Zollitsch (1927) gibt 8 Messungen mit Werten zwischen pH 6,56 und 7,74 an. Melchers (1932) fand bei 83 Messungen Werte zwischen pH 6,2 und 8,0, am häufigsten zwischen pH 7,2 und 7,6. In Abb. 31a sind die eigenen Messungen mit den Messungen von L. Zollitsch und Melchers gemeinsam dargestellt.

Wenngleich *Hutschinsia alpina* auch in Böden schwach bis mäßig saurer Reaktion gefunden wurde, so liegt ihr ökologisches Optimum doch einwandfrei bei basischer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 7,2 und 8,0. Die Meßergebnisse von Werten zwischen pH 4,7 und 5,6 stammen sämtlich von mehr oder minder kalkfreien Schieferrohböden, die jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft von kalkhaltigem Gestein liegen. Es wäre denkbar, daß die Verhältnisse dieser Böden durch Sickerwasser aus dem umgebenden Gestein sowie durch Flugstaub in einer für *Hutchinsia alpina* günstigen Weise beeinflußt werden.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 17, S. 37; Abb. 31b, S. 41; Tab. 18, S. 41

In Abb. 31b sind die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen graphisch dargestellt. Wie daraus zu ersehen ist, stehen im basischen Bereich die Versuchsergebnisse im Widerspruch zu den Messungen der Bodenazidität. Die Stoffproduktion war im Kulturversuch zwischen pH 6,0 und 7,5 am größten und läßt sowohl im alkalischen Bereich nach pH 8,0 hin, als auch im sauren Bereich nach pH 3,0 hin deutlich nach. Der Verlauf der Kurve in Abb. 31b konnte, wie Tab. 18 zeigt, statistisch gesichert werden. Im Gegensatz zum ökologischen Optimum der Art, das ganz bei basischer Reaktion des Substrates liegt, zeigt *Hutchinsia alpina* ein physiologisches Optimum um den Neutralpunkt bei Werten zwischen pH 6,0 und 7,5.

16. Hutchinsia brevicaulis Hoppe

a) Verbreitung und Vorkommen:

Die Verbreitung von *Hutchinsia brevicaulis* in den Alpen beschränkt sich vor allem auf die Zentralalpen vom Dauphiné bis zum Lungau; sie wurde auch, wenngleich recht selten, in den Südalpen gefunden. Im Gegensatz zu *Hutchinsia alpina* bevorzugt *H. brevicaulis* schneefeuchte, nährstoffreiche Feinschuttböden der alpinen bis nivalen Stufe.

b) Soziologische Stellung:

Hutchinsia brevicaulis stellt eine gute Verbandscharakterart des *Arabidion caeruleae Br.-Bl. 1926* dar. Entsprechend der engen Beziehungen und der oft zahlreichen Übergänge zwischen den Gesellschaften des *Arabidion caeruleae* einerseits und den Gesellschaften des *Thlaspeion rotundifolii* und des *Drabion hoppeanae* andererseits, kommt *Hutchinsia brevicaulis* auch oft in den Gesellschaften dieser Verbände vor.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 32a, S. 41

Von den 118 eigenen Messungen stammt der Großteil von Bodenproben aus dem Glocknergebiet, die übrigen von Bodenproben aus dem Wallis, den Zillertaler Alpen und den Radstädter Tauern. Die gemessenen Werte liegen zwischen pH 4,7 und 8,6, ihr Mittel bei pH 7,8. Eine deutliche Häufung der Werte tritt zwischen pH 7,7 und 8,5 auf. Melchers (1932) gibt für *Hutchinsia brevicaulis,* ohne die sogenannte „Dolomitenrasse", Werte zwischen pH 5,5 und 7,5, mit einem Mittel bei pH 6,7 an. Im Gegensatz zu Melchers, der für *Hutchinsia brevicaulis* im Durchschnitt niedrigere pH-Werte fand als für *Hutchinsia alpina,* liegen meine Messungen für *H. brevicaulis* höher als für *H. alpina.* In Abb. 32a sind die eigenen Messungen gemeinsam mit den Messungen von Melchers dargestellt. Da meine Messungen hauptsächlich von Standorten in Drabion hoppeanae-Gesellschaften stammen, sind die hohen pH-Werte verständlich; sie ergeben im Diagramm (Abb. 32a) das Optimum zwischen pH 8,0 und 8,5. Die Messungen von Melchers dagegen stammen im wesentlichen von Böden typischer Kalkschneebodengesellschaften; sie ergeben im Diagramm (Abb. 32a) das Optimum zwischen pH 6,6 und 7,4. Von Schneebodengesellschaften über Kalkglimmerschieferschutt liegen nur wenige Messungen vor; sie kommen in der Hauptsache zwischen den beiden Optima zu liegen. Für *Hutchinsia brevicaulis* ergibt sich somit ein recht breites ökologisches Optimum etwa zwischen pH 6,6 und 8,5.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 19, S. 41; Abb. 32b, S. 41

Hutchinsia brevicaulis gedieh im Kulturversuch nur bei pH 3,0 ausgesprochen schlecht. Bei pH 4,0 bis pH 8,0 waren Wachstum und Stoffproduktion etwa gleich. In Abb. 32b sind die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen wiedergegeben. Nur der deutliche Abfall der Kurve von pH 4,0 und pH 3,0 konnte statistisch gesichert werden. Melchers (1932) fand bei seinen Kulturversuchen in natürlichen Böden, daß *H. brevicaulis* nur in kalkhaltigen Böden gut gedeiht. Er konnte feststellen, daß in einem von Natur aus kalkfreien Boden das Wachstum selbst durch Zugabe von Calziumsulfat gefördert wurde. Da in den hier beschriebenen Versuchen bei allen pH-Stufen die gleiche Menge Ca^{++}-Ionen vorhanden war, liegt der Schluß nahe, daß das bessere Wachstum von *H. brevicaulis* vor allem an die Anwesenheit von Ca^{++}-Ionen im Substrat gebunden ist, und erst im stark sauren Bereich (pH 3,0) die hohe Wasserstoffionenkonzentration für das schlechte Wachstum ausschlaggebend wird.

17. Kobresia myosuroides (Vill.) Viv. & Pall.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Kobresia myosuroides ist in den Alpen weit verbreitet. In Humuspolstern, auf trockenen Grasmatten, auf Kies- und Felsböden u. ä. in einer Höhe von etwa 1800 bis 3100 m kann sie stellenweise dominierend auftreten.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

b) Soziologische Stellung:

Kobresia myosuroides gilt allgemein als Charakterart des *Elynetum Br.-Bl. 1913* (bzw. *Kobresietum myosuroidis Br.-Bl. 1913),* greift aber auch in andere Rasen- und in Rohbodengesellschaften über.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwar keine speziellen Sukzessionsstudien durchgeführt, doch konnte klar erkannt werden, daß die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, insbesondere das *Drabo-Saxifragetum* und das *Trisetetum spicati* eine Entwicklung zu *Kobresia myosuroides*-reichen Gesellschaften zeigen. Diese haben aber, obwohl *Kobresia myosuroides* stellenweise dominierend auftritt, nur wenig mit dem klassischen *Elynetum* der wind- und kälteexponierten Gratlagen gemein. Da eine Bearbeitung dieser Gesellschaften noch aussteht, können über den Wert von *Kobresia myosuroides* als Charakterart keine weiteren Angaben gebracht werden.

Tab. 18 *Hutchinsia alpina:* t-Werte zur statistischen Sicherung der Differenzen bei den Trocken-

Tab. 19 *Hutchinsia brevicaulis:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen

Tab. 20 *Silene nutans:* Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen und Wachstumsschätzungen gewichtsbestimmungen

Abb. 27 *Draba aizoides:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 52 Messungen; 9 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 153 mg = 100 %

Abb. 28 *Draba dubia:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 24 Messungen; 6 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 166 mg = 100 %

Abb. 29 *Draba hoppeana:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 116 Messungen; 24 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 115 mg = 100 %

Abb. 30 *Gentiana nana:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 38 Messungen; 12 Messungen = 100 %

Abb. 31 *Hutchinsia alpina:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 163 Messungen; 35 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 148 mg = 100 %

Abb. 32 *Hutchinsia brevicaulis:*
a) relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 187 Messungen; 27 Messungen = 100 %
b) relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 186 mg = 100 %

Abb. 33 Kobresia myosuroides: relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 100 Messungen; 22 Messungen = 100 %

Abb. 34 *Linaria alpina:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 158 Messungen; 36 Messungen = 100 %

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	
		7,0	6,0	4,0	
7,5+7,0	2,35				
6,5+6,0	1,30	0,03			
5,0+4,0	0,44	0,78	0,54		
3,0	2,00	6,80	2,38	1,33	

Tab. 18: *Hutchinsia alpina*

pH	8,0	7,0	6,0	4,0	3,0
	7,5	6,5	5,0		
Trockengew. mg	186	164	182	166	40
%	100	88	98	89	21
Fm ± mg	57	54	47	36	15
Fm ± %	31	33	26	21	37
Wachstumsstand					
25.5.	4,7	4,5	4,4	4,3	4,4
1.6.	4,9	4,8	4,3	4,3	4,0
11.6.	4,8	4,5	4,2	4,3	3,2
19.6.	4,3	4,6	4,4	4,4	2,8
24.6.	4,1	4,2	4,3	4,3	2,2
29.6.	3,4	3,5	3,9	4,0	1,4
2.7.	3,4	3,1	3,9	3,9	0,2

Tab. 19: *Hutchinsia brevicaulis*

pH	8,0	7,5	6,5	5,0	4,0	3,0
		7,0	6,0			
Trockengew. mg	623	641	544	605	533	571
%	97	100	87	94	83	89
Fm ± mg	114	68	79	88	105	72
Fm ± %	18	11	15	15	20	13
Wachstumsstand						
25.5.	4,8	4,8	4,9	4,8	5,0	4,9
1.6.	5,0	4,9	4,9	4,8	5,0	4,9
11.6.	4,6	4,8	4,8	4,7	4,8	4,9
16.6.	4,4	4,8	4,6	4,5	4,2	4,7
24.6.	4,4	4,7	4,4	4,3	4,1	4,7
29.6.	4,4	4,7	4,3	4,2	3,9	4,7
2.7.	4,5	4,7	4,0	4,2	3,9	4,8

Tab. 20: *Silene nutans*

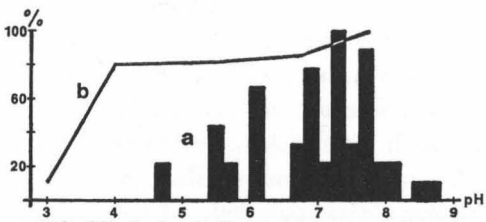

Abb. 27: *Draba aizoides*

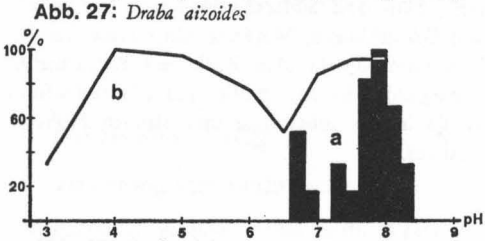

Abb. 28: *Draba dubia*

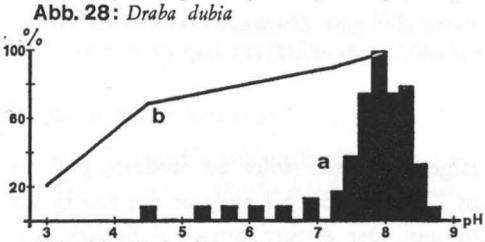

Abb. 29: *Draba hoppeana*

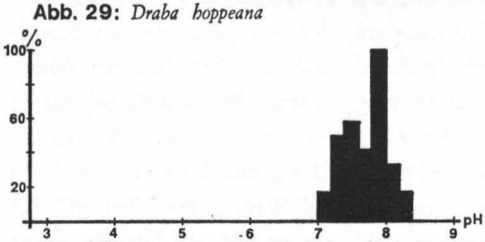

Abb. 30: *Gentiana nana*

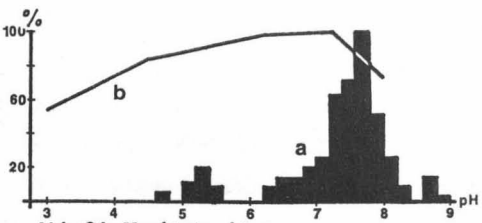

Abb. 31: *Hutchinsia alpina*

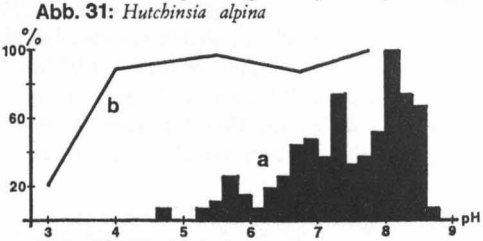

Abb. 32: *Hutchinsia brevicaulis*

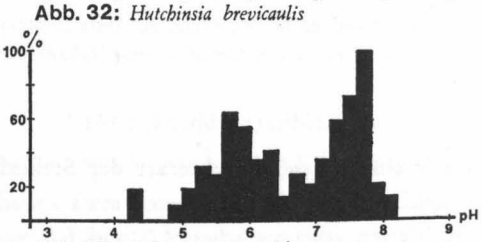

Abb. 33: *Kobresia myosuroides*

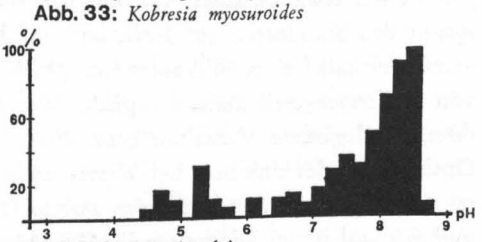

Abb. 34: *Linaria alpina*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

c) Die Bodenazidität: Abb. 33, S. 41

Jenny (1926) bringt Messungen von „50 Proben von *Elyna*-Beständen aus dem Ofengebiet, Mittelbünden und Tirol", mit Werten zwischen pH 5,2 und 7,2, bei einem Mittel von pH 6,06. Als Variationsbreite für 100 Exemplare gibt er pH 7,0 bis 5,0 an. Meine Meßergebnisse stimmen damit jedoch nur wenig überein. Bei 100 Messungen fand ich Werte zwischen pH 4,2 und 8,2, am häufigsten Werte zwischen pH 7,2 und 7,8. Die Bodenproben, die eine neutrale bis basische Reaktion zeigten, stammten meist von Kalkglimmerschieferstandorten, die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften oder die in der Sukzession darauf folgenden Gesellschaften tragen. Wenngleich die bei Jenny angegebene pH-Variationskurve für das *Elynetum Br-Bl. 1913* zutreffen mag, so kann sie doch nicht für alle *Kobresia myosuroides*-Gesellschaften und auch nicht für die Art *Kobresia myosuroides* gelten. Wenn überhaupt möglich, so könnte für *Kobresia myosuroides* ein ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 5,2 und 8,0 angegeben werden.

18. Linaria alpina (L.) Mill.

a) Vorkommen und Verbreitung:

Linaria alpina ist in den Gebirgen West-, Mittel-, Süd- und Südosteuropas weit verbreitet. Als typische Schuttpflanze siedelt sie vornehmlich auf Schutthängen, Moränen, alluvialem Geröll, Erdabrissen und ähnlichen offenen Rohböden. Sie kommt sowohl über Kalk und Kalkschiefer als auch über kalkfreiem Silikatgestein vor, wenngleich sie auf Kalk und Kalkschiefern häufiger zu finden ist. Ihre Hauptverbreitung hat sie in der subalpinen und alpinen Höhenstufe, geht aber entlang der Flüsse bis ins Alpenvorland.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrem Vorkommen stellt *Linaria alpina* eine gute Klassencharakterart der Steinschuttgesellschaften und Geröllfluren *(Thlaspeetea rotundifolii Br.-Bl. 1947)* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 34, S. 41

Für eine Klassencharakterart der Steinschuttgesellschaften wäre zu fordern, daß sie einerseits häufig bei pH-Werten etwa zwischen 7,0 und 8,5 und andererseits häufig bei pH-Werten etwa zwischen 4,0 und 6,0 vorkommt. Der erstgenannte pH-Bereich entspricht den Standorten auf Kalk und auf Kalkschiefern, der letztgenannte den Standorten auf kalkfreiem Silikatgestein. pH-Werte zwischen 6,0 und 7,0 sind für Böden von Kalkrasengesellschaften typisch. Wie Abb. 34 zeigt, entspricht *Linaria alpina* in ihrem ökologischen Verhalten ganz dieser Forderung. Sie weist also zwei ökologische Optima auf: das eine liegt bei Werten zwischen pH 7,2 und 8,6 und kommt in Abb. 34 sehr deutlich zum Ausdruck; das zweite Optimum liegt bei Werten zwischen pH 4,5 und 5,6 und ist im Diagramm in Abb. 34 weniger stark ausgeprägt, da *Linaria alpina* auf kalkhaltigem Gestein häufiger auftritt, als auf kalkfreiem Gestein, und da die Standorte im kalkfreien Silikatgestein weniger intensiv untersucht wurden.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

19. Pedicularis asplenifolia Floerke

a) Verbreitung und Vorkommen:

Pedicularis asplenifolia kommt sowohl in den Ostalpen als auch in den Ostkarpaten vor. Im allgemeinen ist sie recht selten; nur in sickerfrischen Triften und Schuttfluren über Kalkglimmerschiefer in einer Höhe von etwa 1900 bis 2800 m tritt sie stellenweise etwas häufiger auf.

b) Soziologische Stellung:

Wie bereits Braun-Blanquet (1949) angibt, stellt *Pedicularis asplenifolia* eine Assoziationscharakterart des *Drabo-Saxifragetum* dar. Gelegentlich greift sie auch in andere *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften über, wurde jedoch nur sehr selten in Gesellschaften anderer Verbände gefunden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 35, S. 47

Pedicularis asplenifolia zeigt, wie nach ihrer soziologischen Stellung zu erwarten war, ein ökologisches Optimum bei Werten zwischen pH 7,0 und 8,0. Hegi (1918), Vierhapper (1935), Janchen (1958) u. a. geben zwar *Pedicularis asplenifolia* als „azidiphile" Art an, die „zumeist über kalkarmer Unterlage" und „fast nur auf Urgestein" vorkommt, doch dürften diese Angaben auf einer Nichtbeachtung der Sonderstellung der Kalkglimmerschiefer innerhalb der „Urgesteinsalpen" beruhen; Ähnliches wurde bereits für *Artemisia genipi* erwähnt.

20. Ranunculus glacialis L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Ranunculus glacialis weist nach Merxmüller (1963) eine „(atlantisch-)arktisch-alpine" Verbreitung auf. Besonders in den Zentralalpen tritt er in ständig von Schmelzwasser durchfeuchtetem Felsschutt, auf kalkarmen bis kalkfreien Böden recht häufig auf.

b) Soziologische Stellung:

Als typische Silikatschuttpflanze stellt *Ranunculus glacialis* eine gute Ordnungscharakterart der *Androsacetalia alpinae Br.-Bl. 1926* dar.

c) Die Bodenazidität: Abb. 36, S. 47

Braun-Blanquet (1913), Vierhapper (1935), Janchen (1957) u. a. geben *Ranunculus glacialis* als „kieselholde" Art an, die „nur auf Urgestein und Schiefer" vorkommt. Diese Angaben decken sich mit meinen Beobachtungen und Bodenanalysen. Wie Abb. 36 zeigt, weist *Ranunculus glacialis* ein deutliches ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion des Substrates auf. Interessant ist, daß er aber auch, wenngleich recht selten, auf Böden neutraler bis schwacher basischer Reaktion gefunden wurde. Hieraus wird sein gelegentliches Vorkommen in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften verständlich.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

21. Salix serpyllifolia Scop.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Salix serpyllifolia, ein Endemit der Alpen, ist vor allem in den Zentralalpen weit verbreitet. Auf meist kalkhaltigen, mehr oder minder trockenen, felsigen und grusigen Böden der alpinen Stufe tritt sie stellenweise dominierend auf.

b) Soziologische Stellung:

Nach Oberdorfer (1962) stellt *Salix serpyllifolia* „wohl" eine *Seslerietalia*-Ordnungscharakterart dar. Da meine Untersuchungen ergaben, daß *Salix serpyllifolia* ihr ökologisches Optimum in Kalkschieferschuttgesellschaften aufweist, muß sie jedoch als wenngleich schwache *Drabion hoppeanae*-Verbands- bzw. *Drabetalia hoppeanae*-Ordnungscharakterart bezeichnet werden. Gelegentlich tritt sie auch faciesbildend auf.

c) Die Bodenazidität: Abb. 37, S. 47

Für *Salix serpyllifolia* ergab sich ein deutliches ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 7,4 und 8,2. Sie wurde jedoch auch in schwach bis mäßig sauren Böden (bis pH 4,3) gefunden.

22. Saxifraga biflora All.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Das Areal von *Saxifraga biflora* erstreckt sich von den Seealpen bis nach Kärnten und Salzburg und umfaßt in der Hauptsache nur die zentralen Züge der Alpen. Auf offenen, ständig durch Schmelzwasser durchfeuchteten Kalkglimmerschieferschutthängen, Moränenböden, Bratschenhängen, in Grusmulden u. ä. kann sie stellenweise recht häufig auftreten.

b) Soziologische Stellung:

Saxifraga biflora ist eine Charakterart des *Saxifragetum biflorae.* Sie kommt gelegentlich auch in anderen *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften vor und greift auch in *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften, vor allem ins *Leontodontetum montani* über.

c) Die Bodenazidität: Abb. 38, S. 47

Die pH-Messungen von Standortsböden ergaben am häufigsten Werte über pH 8,0. *Saxifraga biflora* hat also ihr ökologisches Optimum eindeutig bei basischer Reaktion des Bodens. Unverständlicherweise gibt Hackel (1868) an, daß *Saxifraga biflora* „Kalkglimmerschiefer meidet", doch bereits Vierhapper (1935) widerspricht dem und bezeichnet sie als „anscheinend Kalkschiefer bevorzugende" Art. Janchen (1957) jedoch bringt als Angabe über ihr Vorkommen: „fast nur auf Urgestein, aber selten auf Kalk". Es kann jedoch kein Zweifel bestehen, daß *Saxifraga biflora* in ihrem Vorkommen im wesentlichen auf Kalkschiefer, speziell auf Kalkglimmerschiefer beschränkt ist. Die Literaturangaben über das Vorkommen von *Saxifraga biflora* geben ein gutes Beispiel, wie verwirrend Ausdrücke wie „Urgestein" sein können.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

23. Saxifraga bryoides L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga bryoides ist in den höheren Lagen der Alpen, etwa zwischen 1800 und 4000 m weit verbreitet. Nur in den nordöstlichen Kalkalpen fehlt sie völlig. Auf frischen, kalkarmen bis kalkfreien Schutthängen und Moränenböden, in Felsspalten und im offenen Rasen ist sie recht häufig anzutreffen.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrem bevorzugten Vorkommen auf Rohböden kalkfreier Silikatgesteine, stellt *Saxifraga bryoides* eine Verbandscharakterart des *Androsacion alpinae* dar. Relativ häufig tritt sie auch in Gesellschaften des Verbandes *Androsacion vandellii Br.-Bl. 1926* auf. Gelegentlich ist sie auch in Übergangsgesellschaften zwischen *Androsacion alpinae-* und *Drabion hoppeanae-*Gesellschaften zu finden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 39, S. 47

Wie nach ihrem Vorkommen und ihrer soziologischen Stellung zu erwarten war, zeigt *Saxifraga bryoides* ein ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 4,2 und 5,6. Ihr wenngleich recht seltenes Vorkommen bei schwach saurer bis neutraler Reaktion des Bodens macht ihr bereits oben erwähntes Auftreten in Übergangsgesellschaften zwischen *Androsacion alpinae-* und *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften verständlich.

24. Saxifraga oppositifolia L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga oppositifolia ist in den Alpen weit verbreitet und tritt auf Rohböden jeder Art stellenweise sehr häufig auf. Sie scheint gegenüber der Unterlage völlig anspruchslos zu sein, doch wurde sie besonders häufig und mit besonders hoher Vitalität auf Kalkglimmerschieferschuttböden gefunden.

b) Soziologische Stellung:

Meist wird *Saxifraga oppositifolia* in pflanzensoziologischen Tabellen als Begleiter aufgeführt. Da sie jedoch auf Schuttböden wesentlich häufiger vorkommt, als in Felsspalten oder in offenen Rasen, kann sie wohl als *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterart gelten. Auch Oberdorfer (1962) bezeichnet sie als „*Thlaspeetea rotundifolii*-Art".

c) Die Bodenazidität: Abb. 40, S. 47

An Hand Abb. 40 liegt der Schluß nahe, daß *Saxifraga oppositifolia* ihr ökologisches Optimum einwandfrei bei basischer Reaktion des Bodens habe. Es darf hierbei jedoch nicht übersehen werden, daß dem Thema dieser Arbeit entsprechend wesentlich häufiger Standorte in Kalkglimmerschieferschutt als solche in kalkfreiem Silikatschutt untersucht wurden. Dieser Umstand scheint mir aber wiederum nicht zu genügen, das doch sehr deutliche Optimum bei pH-Werten zwischen 7,4 und 8,4 ganz außer acht zu lassen. Entsprechend den Angaben bei Vierhapper (1935) und Oberdorfer (1962), die *Saxifraga oppositifolia* als „kalkhaltige Unterlage bevorzugende" bzw. „auf meist kalkhaltigen Steinschuttböden" vorkommende Art bezeichnen, kann für *Saxifraga*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

oppositifolia ein deutliches ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, sowie ein wesentlich schwächeres ökologisches Optimum bei mäßig saurer Reaktion, etwa zwischen pH 4,5 und 6,0 angegeben werden.

25. Saxifraga rudolphiana Hornsch.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Saxifraga rudolphiana ist in den Zentralalpen der Schweiz und Österreichs weit verbreitet. Sie bevorzugt offene, lange schneebedeckte, durch Schmelzwasser ständig gut durchfeuchtete, meist grusige oder sandige Kalkglimmerschieferschuttböden in der alpinen bis nivalen Höhenstufe.

b) Soziologische Stellung:

Braun-Blanquet (1931) gibt *Saxifraga rudolphiana* als *Thlaspeetalia rotundifolii*-Ordnungscharakterart an, Wendelberger (1953) dagegen als *Androsacetalia alpinae*-Ordnungscharakterart. Wie meine Untersuchungen ergaben, stellt *Saxifraga rudolphiana* jedoch eine gute *Drabion hoppeanae*-Verbands- bzw. *Drabetalia hoppeanae*-Ordnungscharakterart dar. Diese Tatsachen zeigen deutlich, wie Gesellschaften, die auf Kalkglimmerschieferschuttböden beobachtet wurden, einmal zu den Kalkschuttgesellschaften *(Thlaspeetalia rotundifolii)* und einmal zu den Silikatschuttgesellschaften *(Androsacetalia alpinae)* gerechnet wurden, ihre systematische Stellung bislang also völlig unklar war. Besonders häufig tritt *Saxifraga rudolphiana* im *Drabo-Saxifragetum* auf und kann somit gleichzeitig als Assoziationscharakterart dieser Gesellschaft gelten.

c) Die Bodenazidität: Abb. 41, S. 47

Saxifraga rudolphiana zeigt, ihrem Vorkommen und ihrer soziologischen Stellung entsprechend, ein deutliches ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens, etwa bei pH-Werten zwischen 7,6 und 8,6. Gelegentlich kommt sie auch in Schneebodengesellschaften auf etwas versauerten Böden vor.

Abb. 35 *Pedicularis asplenifolia:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 42 Messungen; 13 Messungen = 100 %

Abb. 36 *Ranunculus glacialis:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 34 Messungen; 9 Messungen = 100 %

Abb. 37 *Salix serpyllifolia:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 124 Messungen; 32 Messungen = 100 %

Abb. 38 *Saxifraga biflora:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 46 Messungen; 23 Messungen = 100 %

Abb. 39 *Saxifraga bryoides:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 60 Messungen; 12 Messungen = 100 %

Abb. 40 *Saxifraga oppositifolia:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 450 Messungen; 85 Messungen = 100 %

Abb. 41 *Saxifraga rudolphiana:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 72 Messungen; 16 Messungen = 100 %

Abb. 42 *Sesleria ovata:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 78 Messungen; 20 Messungen = 100 %

Abb. 43 *Silene nutans:* relative Trockengewichte in Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung; 641 mg = 100 %

Abb. 44 *Trisetum spicatum:* relative Verteilung der pH-Werte von Standortsböden; 30 Messungen; 13 Messungen = 100 %

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

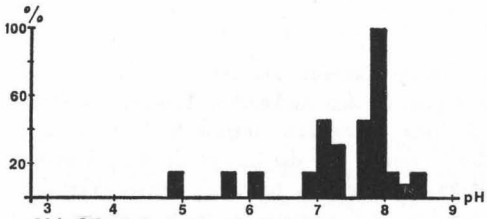

Abb. 35: *Pedicularis asplenifolia*

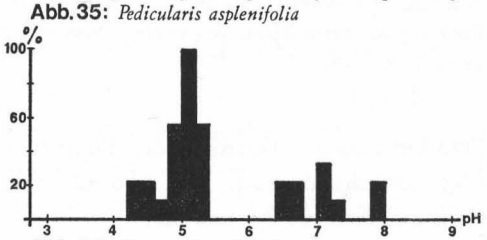

Abb. 36: *Ranunculus glacialis*

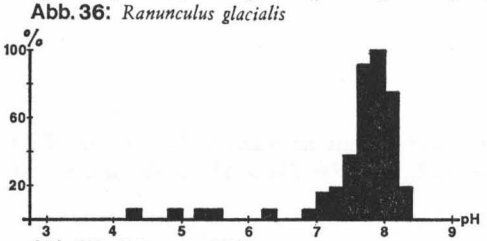

Abb. 37: *Salix serpyllifolia*

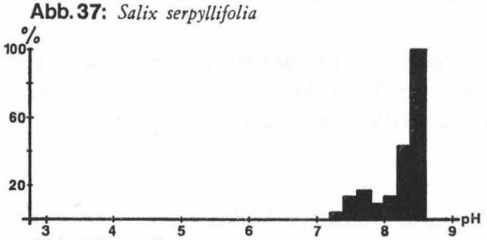

Abb. 38: *Saxifraga biflora*

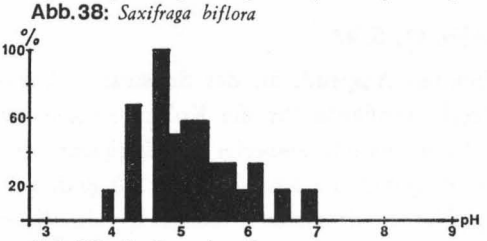

Abb. 39: *Saxifraga bryoides*

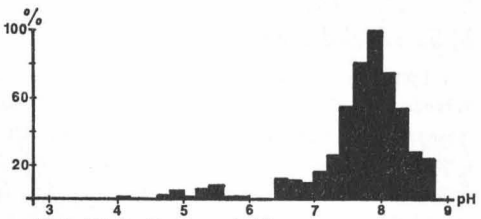

Abb. 40: *Saxifraga oppositifolia*

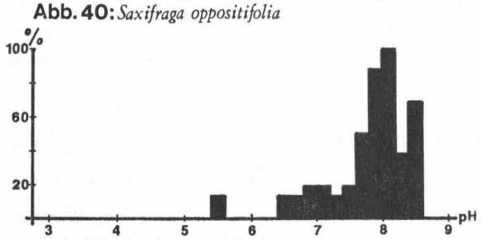

Abb. 41: *Saxifraga rudolphiana*

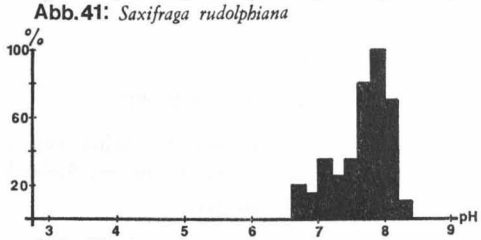

Abb. 42: *Sesleria ovata*

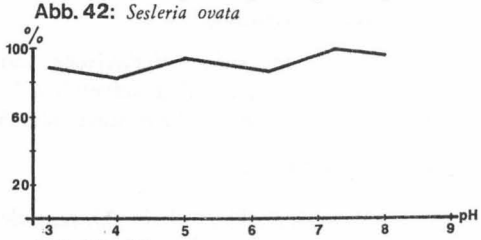

Abb. 43: *Silene nutans*

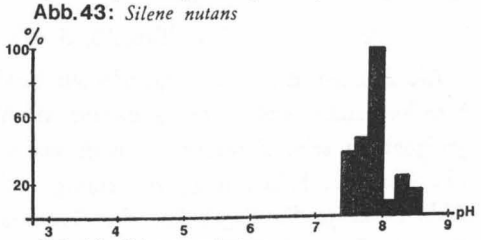

Abb. 44: *Trisetum spicatum*

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

26. Sesleria ovata (Hoppe) Kern.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Sesleria ovata ist ein Endemit der Ostalpen. Auf frischen, basenreichen, kalkhaltigen, meist gut durchfeuchteten Schuttböden tritt sie gelegentlich herdenweise auf.

b) Soziologische Stellung:

Lippert (1966) bezeichnet *Sesleria ovata* als lokale Charakterart der *Crepis terglouensis-Gesellschaft Oberd. 1950* in den Berchtesgadener Alpen. In den Radstädter Tauern, den Hohen Tauern und den Zillertaler Alpen fand ich *Sesleria ovata* fast ausschließlich in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften, vor allem im *Drabo-Saxifragetum*. Für die Zentralalpen muß deshalb *Seslaria ovata* als lokale Charakterart des *Drabo-Saxifragetum* bzw. als lokale Verbandscharakterart des *Drabion hoppeanae* angesehen werden. Stellenweise tritt sie faciesbildend auf; so konnte das von Oberdorfer (1959) als Provisorium beschriebene *Seslerietum ovatae* als *Sesleria ovata*-Facies zum *Drabo-Saxifragetum* gestellt werden.

c) Die Bodenazidität: Abb. 42, S. 47

Die Ergebnisse der pH-Messungen von Standortsböden entsprechen der Einstufung von *Sesleria ovata* als *Drabion hoppeanae*-Verbandscharakterart. Wie Abb. 42 zeigt, liegt ihr ökologisches Optimum bei Werten etwa zwischen pH 7,6 und 8,2.

27. Silene nutans L.

a) Verbreitung und Vorkommen:

Silene nutans ist in Europa weithin verbreitet und kommt in mageren Wiesen, an Waldrändern, in Bergwiesen, an Felsen, im Steinschutt u. ä., von der Ebene bis in die alpine Stufe stellenweise recht häufig vor.

b) Soziologische Stellung:

Entsprechend ihrer weiten Verbreitung und ihres kaum spezialisierten Vorkommens wird *Silene nutans* meist als Begleiter aufgeführt. In manchen Fällen kann sie als mehr oder weniger lokale Differentialart einer Assoziation oder Subassoziation auftreten.

c) Die Bodenazidität:

Von *Silene nutans* liegen keine Untersuchungen der Standortsböden vor.

d) Die Versuchsergebnisse: Tab. 20, S. 47; Abb. 43, S. 47

Als Pflanze, die kaum irgendeinen bestimmten Anspruch an das Substrat und den Standort stellt, schien *Silene nutans* als Vergleichspflanze für die Kulturversuche gut geeignet zu sein. Erwartungsgemäß zeigte *Silene nutans* keinerlei Abhängigkeit vom pH-Wert der Nährlösung. Als einzige Pflanze gedieh sie auch bei pH 3,0 noch gut. Abb. 43 zeigt die Ergebnisse der Trockengewichtsbestimmungen. Keine der in dieser Kurve auftretenden Differenzen konnte statistisch gesichert werden.

Silene nutans verhält sich also in Kultur gegenüber einer Änderung der Wasserstoffionenkonzentration im Substrat vollkommen indifferent und zeigt somit an, daß die bei den übrigen Versuchspflanzen beobachteten Unterschiede im Wachstum artspezifisch sind.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

28. Trisetum spicatum (L.) Richter

a) Verbreitung und Vorkommen:

Trisetum spicatum ist vor allem in den Zentralalpen vom Dauphiné bis nach Salzburg und Kärnten weit verbreitet und stellenweise auf frischen, basenreichen, meist kalkhaltigen Feinschuttböden in einer Höhe von etwa 2200 bis 3600 m recht häufig.

b) Soziologische Stellung:

Als namengebende Art des *Trisetetum spicati* stellt es eine gute Charakterart dieser Assoziation dar. Gelegentlich greift es auch in andere Gesellschaften des *Drabion hoppeanae* über, aber nur sehr selten in Gesellschaften anderer Verbände.

c) Die Bodenazidität: Abb. 44, S. 47

Obwohl von *Trisetum spicatum*-Standortsböden nur 30 pH-Messungen vorliegen, kommt das ökologische Optimum der Art bei basischer Reaktion des Bodens doch deutlich zum Ausdruck. Wie Abb. 44 zeigt, wurden Werte zwischen pH 7,4 und 8,6, am häufigsten Werte zwischen 7,6 und 8,0 gemessen.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

E. Diskussion

Die Pflanzengesellschaften des Verbandes *Drabion hoppeanae* sind in ihrem Vorkommen auf Kalkschiefer-, im wesentlichen auf Kalkglimmerschieferschuttstandorte in der alpinen bis nivalen Stufe der Alpen beschränkt. Sowohl floristisch als auch ökologisch unterscheiden sie sich deutlich von den Gesellschaften des Verbandes *Androsacion alpinae* auf kalkfreien Silikatschuttstandorten und den Gesellschaften des Verbandes *Thlaspeion rotundifolii* auf Kalkschuttstandorten.

Die Charakterarten der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften zeigen hinsichtlich der Bodenreaktion ihrer Standorte ein ökologisches Verhalten, das der für *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften als charakteristisch erkannten Ökologie entspricht. Wie in Abb. 14, S. 17 dargestellt wurde, konnte für *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften ein sehr deutliches ökologisches Optimum zwischen pH 7,4 und 8,4 festgestellt werden; es wurden jedoch auch Extremwerte bis pH 8,8 und 4,4 gemessen. Sämtliche im voranstehenden Teil dieser Arbeit behandelten Charakterarten dieses Verbandes zeigen ein ökologisches Optimum bei basischer Reaktion des Bodens. Einige dieser Charakterarten, wie *Braya alpina, Gentiana nana, Saxifraga biflora* und *Trisetum spicatum* wurden sogar ausschließlich bei pH-Werten über 7,0 gefunden; sie scheinen also in ihrem Vorkommen mehr oder weniger auf Feinschuttböden basischer Reaktion beschränkt zu sein. Andere Charakterarten wie *Artemisia genipi, Pedicularis asplenifolia, Salix serpyllifolia, Saxifraga rudolphiana, Sesleria ovata, Draba hoppeana* und *Campanula cenisia* wurden zwar vereinzelt auch in Böden schwach bis mäßig saurer Reaktion beobachtet, doch weitaus am häufigsten bei Werten etwa zwischen pH 7,5 und 8,5. Einige dieser Arten kommen auf sauren Böden nur in ausgesprochenen Kümmerexemplaren vor, so z. B. *Draba hoppeana* und *Campanula cenisia.*

Die Messungen der Standortsböden der Gesellschaften des Verbandes *Androsacion alpinae* auf kalkfreiem Silikatgestein ergaben am häufigsten Werte zwischen pH 4,2 und 5,4. In diesem pH-Bereich haben also die Silikatschuttgesellschaften ihr ökologisches Optimum. Entsprechende Optima konnten für einige Charakterarten dieses Verbandes, wie *Androsace alpina, Ranunculus glacialis* und *Saxifraga bryoides* festgestellt werden. Vereinzelt wurden diese Arten auch in Böden neutraler bis schwach basischer Reaktion angetroffen; hieraus läßt sich ihr gelegentliches Vorkommen in *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften erklären.

Die Böden von *Thlaspeion rotundifolii*-Standorten zeigten, ähnlich wie die Böden von *Drabion hoppeanae*-Standorten, weitaus am häufigsten basische Reaktion. Allerdings liegt das ökologische Optimum der Kalkschuttgesellschaften etwas niedriger (etwa zwischen pH 7,0 und 7,8) als das der Kalkschieferschuttgesellschaften (pH 7,4 bis 8,4). *Hutchinsia alpina,* die einzige hier näher untersuchte Charakterart der *Thlaspeion rotundifolii*-Gesellschaften zeigt ein ökologisches Optimum etwa zwischen pH 7,2 und 7,8; es entspricht also dem für diesen Verband gefundenen Optimum.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Für die *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterarten *Campanula cochleariifolia, Cerastium uniflorum, Linaria alpina* und *Saxifraga oppositifolia* wurde hinsichtlich der Bodenreaktion ihrer Standorte ein doppeltes ökologisches Optimum gefunden. Als typische Steinschuttpflanzen wachsen diese Arten sowohl in Kalk- und Kalkschieferschuttböden als auch in kalkfreien Silikatschuttböden. Wenngleich z. B. *Linaria alpina* häufiger auf Böden neutraler bis basischer Reaktion als auf Böden saurer Reaktion zu finden ist, so zeigen diese Arten doch im Bereich etwa zwischen pH 4,0 und 8,5 kaum irgendwelche direkte Beziehungen zwischen der Reaktion ihrer Standortsböden und ihrem Vorkommen und Gedeihen. Das zweigipflige Optimum in ihrem ökologischen Verhalten kommt dadurch zustande, daß diese Arten in ihrem Vorkommen wohl aus Konkurrenzgründen auf Schuttstandorte beschränkt sind. Schuttböden mit einer Reaktion zwischen pH 5,5 und 6,5 sowie unter pH 4,0 sind recht selten. Das ökologische Optimum dieser Arten bei pH 4,0 bis 5,5 entspricht ihrem Vorkommen auf kalkfreiem Silikatgestein und das ökologische Optimum bei pH 6,5 bis 8,5 ihrem Vorkommen auf Kalk- und Kalkschieferschutt. Wenn bei der Behandlung dieser Arten im voranstehenden Kapitel die Optima im sauren Bereich jeweils wesentlich weniger deutlich ausgeprägt waren als die im basischen Bereich, so hat das seinen Grund darin, daß dem Thema dieser Arbeit entsprechend wesentlich häufiger Kalkschieferschuttstandorte untersucht wurden, als Standorte auf kalkfreiem Silikatgestein.

Bei Vergleichen zwischen dem ökologischen Verhalten verschiedener Pflanzen, d. h. ihrem mehr oder minder häufigem Auftreten bei bestimmten Standortsfaktoren, und dem physiologischen Verhalten derselben Pflanzenarten, d. h. „ihrer Reaktion in Reinkultur unter sonst gleichen Bedingungen" (Ellenberg 1954) ergab sich für manche Arten gute Übereinstimmung; bei anderen kamen zwar die Optima in etwa im gleichen pH-Bereich zu liegen, die Variationsbreite war jedoch unterschiedlich und wiederum bei aderen Arten konnten deutliche Unterschiede im ökologischen und physiologischen Verhalten festgestellt werden.

Große Übereinstimmung im physiologischen und ökologischen Verhalten hinsichtlich der Reaktion ihres Substrates zeigten *Artemisia genipi* und *Arabis caerulea*. Sie sind also in der Natur dort am häufigsten zu finden, wo die Standortsböden einen pH-Wert aufweisen, bei dem die betreffende Art auch in Kultur am besten gedieh. Für *Braya alpina, Artemisia mutellina, Draba aizoides, Draba hoppeana* und *Hutchinsia brevicaulis* wurde ein deutliches ökologisches Optimum bei pH-Werten zwischen 7,5 und 8,5 gefunden. Die Kulturversuche mit diesen Arten ergaben, daß sie zwar bei basischer Reaktion der Nährlösung am besten gediehen, aber auch bei pH 6,0 und teilweise sogar bei pH 4,0 noch ein gutes Wachstum aufwiesen. In ihrem physiologischen Verhalten zeigten also diese Arten ein wesentlich breiteres Optimum, als in ihrem ökologischen Verhalten. Das Fehlen oder nur sporadische Vorkommen dieser Arten auf Böden schwach saurer Reaktion läßt sich damit erklären, daß Böden dieser Reaktion in der Hauptsache von Kalkrasengesellschaften besiedelt werden und diese

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Arten hier von anderen, konkurrenzkräftigeren Arten verdrängt werden. Eine Erklärung dafür, warum zumindest *Draba aizoides, Draba hoppeana* und *Hutchinsia brevicaulis* nur sehr selten bei pH-Werten etwa zwischen 4,0 und 5,5 gefunden wurden, obwohl sie im Kulturversuch bei einer solchen Reaktion der Nährlösung durchaus noch gut gediehen, ergibt sich aus der Tatsache, daß die Nährlösungen auch bei pH 5,0 und 4,0 sämtliche notwendige Ionen in ausreichender Menge enthielten, ein natürlicher Boden dieser Reaktion dagegen meist arm vor allem an Alkali- und Erdalkalimetallionen ist. Da Lundegardh (1949) feststellen konnte, daß bei Anwesenheit von Calziumionen die Säureresistenz der Pflanzen steigt, kann diese Erklärung als bewiesen angesehen werden. Die vereinzelten Funde von *Draba hoppeanae, Hutchinsia brevicaulis* u. a. bei mäßig saurer Reaktion des Bodens stammen jeweils von Standorten, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Kalkglimmerschieferschuttböden liegen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese an sich kalkfreien Böden mäßig saurer Reaktion durch Flugstaub und oberflächlich fließendes Wasser ständig spurenweise Kalk zugeführt bekommen und somit auch in diesen Böden verhältnismäßig große Mengen von Calziumionen vorhanden sind, die das Vorkommen dieser Arten auch bei höherer Wasserstoffionenkonzentration ermöglichen.

Ein sehr deutlicher Unterschied im ökologischen und im physiologischen Verhalten konnte für *Arabis pumila* festgestellt werden. Ihr ökologisches Optimum liegt eindeutig bei basischer Reaktion des Bodens, bei pH-Werten etwa zwischen 7,2 und 8,2. Die Kulturversuche ergaben ein physiologisches Optimum um pH 6,0. Natürliche Standortsböden mit einem pH-Wert um 6,0 werden meist von Kalkrasengesellschaften besiedelt. *Arabis pumila* ist in diesen nicht konkurrenzfähig und weicht deshalb auf Schuttstandorte mit Böden höherer pH-Werte aus.

Das Zustandekommen von zweigipfligen Optima im ökologischen Verhalten, wie es für die *Thlaspeetea rotundifolii*-Klassencharakterarten geschildert wurde, konnte erklärt werden. Ein zweigipfliges Optimum im physiologischen Verhalten, wie es die Kulturversuche mit *Draba dubia* ergaben, zu deuten, ist mir jedoch nicht möglich, obwohl gewisse Parallelen zwischen dem ökologischen und dem physiologischen Verhalten der Art gefunden werden konnten. Ähnliche Ergebnisse bei Untersuchungen über das physiologische Verhalten von bestimmten Pflanzenarten fanden unter anderen Hopkins (1922), Lundegardh (1924), Arrhenius (1926), Zlatnik (1928) und Sebald (1956). Ellenberg (1958a) läßt die Frage offen, „ob zweigipflige Optimumskurven ... als Wirkungen der Wasserstoffionenkonzentration anzusehen sind".

Die Kulturversuche mit dem Ubiquisten *Silene nutans* wurden nur zu Vergleichszwecken durchgeführt. *Silene nutans* gedieh in allen pH-Stufen etwa gleich gut. Daraus ergibt sich, daß die bei den übrigen Arten beobachteten Wachstumsunterschiede artspezifisch sind.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Mit *Braya alpina, Draba dubia* und *Arabis caerulea* wurden Kontrollversuche bei einem pH-Wert von 4,0 durchgeführt, wobei die Nährlösung die gleiche Kaliumionenkonzentration enthielt wie die Nährlösung mit dem pH-Wert 8,0. Das Wachstum der Pflanzen im Kontrollversuch war in etwa dem Wachstum der Pflanzen bei pH 4,0 der normalen Nährlösung gleich und unterschied sich deutlich vom Wachstum der Pflanzen bei pH 8,0. Nach den Untersuchungen von Kretschmer, Toth und Bean (1953) und den Ergebnissen der oben erwähnten Kontrollversuche kann gesagt werden, daß die bei meinen Kulturversuchen aufgetretenen Wachstumsunterschiede auf die verschiedene Konzentration der Wasserstoffionen in der Nährlösung zurückzuführen sind.

Bei den meisten hier behandelten Arten konnte hinsichtlich der Reaktion des Substrates sowohl in ihrem ökologischen als auch in ihrem physiologischen Verhalten eine recht erhebliche Variationsbreite beobachtet werden. So wurde z. B. die im allgemeinen als „kalkstet" oder „basiphil" bezeichnete *Hutchinsia alpina* noch in Böden mit einem einem pH-Wert von 4,7 gefunden und gedieh im Kulturversuch selbst bei einem pH-Wert von 4,0 noch recht gut. Aus diesem und anderen Gründen wurden Bezeichnungen wie „kalkstet", „kieselstet", „basiphil", „azidiphil" etc. nach Möglichkeit vermieden. Auch wurden keine Mittelwerte und mittleren Fehler dieser Mittelwerte für die pH-Messungen von Standortsböden gebracht, da diese wenig sinnvoll erschienen, ebenso wie die Berechnung von pH-Variationskurven für einzelne Gesellschaften, wie Jenny (1926) sie bringt. Nach einer solchen Berechnung müßten z. B. in Böden, die vom *Drabo-Saxifragetum* besiedelt werden, mit der gleichen Wahrscheinlichkeit Werte von pH 6,0, wie Werte von pH 9,8 zu finden sein; die tatsächlich in *Drabo-Saxifragetum*-Standortsböden gefundenen Extremwerte liegen jedoch bei pH 4,8 und 8,8.

Die Untersuchungen von Standortsböden ergaben also reale Beziehungen zwischen dem pH-Wert des Bodens und dem Vorkommen bestimmter Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften. Ebenso ergaben die Kulturversuche reale Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen dem pH-Wert der Nährlösung und dem Wachstum der Pflanzen. Eine kausale Erklärung dieser Zusammenhänge wurde in zahlreichen Arbeiten versucht (vergl. Bharucha und Satyanarayan 1954) und es ergaben sich dabei beinahe ebensoviele verschiedene Ergebnisse. Hier soll zu diesen Erklärungsversuchen kein weiterer hinzugefügt werden. Solch rein physiologische Probleme seien den Physiologen zur Lösung vorbehalten.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

F. Zusammenfassung

1. In Teil II werden die Standortsverhältnisse der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften dargestellt. Neben der Höhenverbreitung, der Neigung und Exposition der Standorte, der Bodendurchfeuchtung, dem Humus- und Karbonatgehalt der Böden wird vor allem der Aziditätsgrad der Böden untersucht. Die *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften besiedeln vornehmlich Kalkglimmerschieferschuttstandorte, deren Böden eine schwach bis mäßig basische Reaktion zeigen.

2. Beim Vergleich der Ökologie der einzelnen Assoziationen zeigt sich, daß die Reaktion des Bodens kein differenzierender Faktor zwischen den einzelnen Assoziationen ist. Ihre Ökologie unterscheidet sich vielmehr durch verschieden starke Bodendurchfeuchtung, verschieden lange Schneebedeckung sowie unterschiedlichen Gehalt des Bodens an grusigem und sandigem Feinschutt.

3. Die Böden der *Drabion hoppeanae*-Gesellschaften weisen im Durchschnitt höhere pH-Werte auf als die Böden der Kalkschuttgesellschaften des *Thlaspeion rotundifolii*. In diesen wurden am häufigsten Werte zwischen pH 7,0 und 7,8 gemessen, in jenen dagegen zwischen pH 7,4 und 8,4. In den Böden der Silikatschuttgesellschaften des *Androsacion alpinae* wurden erwartungsgemäß am häufigsten Werte zwischen pH 4,2 und 5,4 gefunden.

4. Nachdem in Teil I (Zollitsch 1966a) die Abtrennung der Gesellschaften auf Kalkschieferschutt als eigener Verband bzw. eigene Ordnung nach floristischen Gesichtspunkten vorgenommen worden war, konnte hier anhand der ökologischen Unterschiede die Berechtigung dieser Abgliederung weiter bestätigt werden.

5. An einer Reihe von *Drabion hoppeanae*-Arten wurde die Aziditätsabhängigkeit am Standort (ökologisch) und z. T. auch experimentell (physiologisch) untersucht. Hinsichtlich der Standortsböden wurde ein ökologisches Optimum bei pH-Werten etwa zwischen 7,5 bis 8,5 gefunden; eine Anzahl von Arten zeigte im Versuch auch völlig übereinstimmend physiologisches Verhalten.

6. Die bei anderen Arten gefundenen Unterschiede zwischen ökologischem und physiologischem Verhalten werden vor allem mit der Ausschaltung des Konkurrenzfaktors im Kulturversuch erklärt. Jedoch dürfte auch die Armut natürlicher Sauerböden an Alkali- und Erdalkalimetallionen zu diesem unterschiedlichen Verhalten beitragen.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Literaturverzeichnis

Aaltonen, V. T., 1925: Über den Aziditätsgrad (pH) des Waldbodens. Comm. Inst. Quest. Forest. Finnl., 9, Helsinki.

Arnon, D. I., Fratzke, W. E. & Johnson, C. M., 1942: Hydrogen ion concentration in relation to absorption of inorganic nutrients by higher plants. Plant Physiology, 17, 4: 515—524.

— & Johnson, C. M., 1942: Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. Plant Physiology, 17, 4: 525—539.

Arrhenius, O., 1926: Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig.

Aslander, A., 1931: Studies on antagonism in acid nutrient solutions. Svensk Bot. Tidskr., 25: 77—107.

Baumeister, W., 1952: Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. Jena.

Bharucha, F. R. & Saryanarayan, Y., 1954: The Problem of Calcicolous Plants. Festschr. E. Aichinger, 1: 395—405, Sonderfolge Angew. Pfl.-Soz., Wien.

Bornkamm, R., 1963: Erscheinungen der Konkurrenz zwischen höheren Pflanzen und ihre begriffliche Fassung. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, 34: 83—107.

Boysen-Jensen, P., 1949: Causal plant-geography. Kgl. Danske Vidensk. Sesk. Biol. Medd., 21, 3: 1—19.

Bradley, D. B. & Sieling, D. H., 1953: Effekt of organic anions and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Science, 76: 175—179.

Braun-Blanquet, G. & J., 1931: Recherches Phytogéographiques sur le Massif du Gross Glockner (Hohe Tauern). S. I. G. M. A. Montpellier, Comm. No. 13.

Braun-Blanquet, J., 1913: Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. Neue Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 48.

— & Jenny, H., 1926: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 63, 2: 183—349.

— 1948—1950: Übersicht der Pflanzengesellschaften Rätiens I—VI. Vegetatio, I: 29—41, 129—146, 285—316; II: 20—37, 214—237.

— 1964: Pflanzensoziologie. 3. Aufl., Wien—New York.

Brenner, W., 1931: Über das Verhalten einiger nordischer Pflanzen zur Bodenreaktion. Svensk Bot. Tidskr., 25, 2: 147—173.

Cajander, A. K., 1925: Der gegenseitige Kampf in der Pflanzenwelt. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 3: 665—675.

Düggeli, M., 1925: Studien über die Bakterienflora alpiner Böden. Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich, 3, Festschr. Carl Schröter: 204—224.

Eggler, J., 1949: Pflanzenwelt und Bodensäure. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 77/78 : 21—60.

Ehrenberg, P., 1920: Das Kalk-Kali-Gesetz. Landwirtsch. Jahrb., 54 : 1—159.

Ellenberg, H., 1950: Kausale Pflanzensoziologie auf physiologischer Grundlage. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 63 : 24—31.

— 1952: Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 65 : 350—361.

— 1953: Über einige Fortschritte der kausalen Vegetationskunde. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 24—25.

— 1954: Über einige Fortschritte der kausalen Vegetationskunde. Vegetatio, 5-6 : 199—211.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

— 1957: Neuere Forschungsrichtungen in der Vegetationskunde. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 70 : 51—56.

— 1958a: Bodenreaktion (einschließlich Kalkfrage). Handb. d. Pflanzenphysiol., IV : 638—708.

— 1958b: Über die Beziehungen zwischen Pflanzengesellschaft, Standort, Bodenprofil und Bodentyp. Angew. Pflanzensoz. Stolzenau, 15 : 14—21.

— 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 4, 2 der Einführung in die Phytologie von H. Walter, Stuttgart.

Ernst, W., 1965: Ökologisch-Soziologische Untersuchungen der Schwermetall-Pflanzengesellschaften Mitteleuropas unter Einschluß der Alpen. Abh. Landesmus. Naturk. Münster i. Westfalen, 27, 1 : 1—54.

Feher, D., 1930: Untersuchungen über die zeitliche Änderung der Azidität und des Humusgehaltes des Waldbodens. Wiss. Arch. f. Landwirtsch., Arch. f. Pflanzenbau, 4 : 74—87.

— 1932: Untersuchungen über die jahreszeitliche Änderung der Bodenazidität. Wiss. Arch. f. Landwirtsch., Arch. f. Pflanzenbau, 9 : 172—196.

Friedel, H., 1934: Boden- und Vegetationsentwicklung am Pasterzenufer. Carinthia II, 123/124 (43/44) : 29—41.

— 1956: Die Alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Wissensch. A. V.-hefte, 16.

Fries, T. C. E., 1925: Über primäre und sekundäre Standortsbedingungen. Svensk Bot. Tidskr., 19, 1 : 49—69.

Furlani, J., 1930: Studien über Elektrolytkonzentration in Böden. IV. Gebirgsböden oberhalb der Waldregion. Öster. Bot. Zeitschr., 79 : 204—230.

Gams, H., 1936: Die Vegetation des Großglocknergebietes. Abh. Zoo. Bot. Ges. Wien., 16, 2.

Geiger, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Die Wissenschaft Bd. 78, Braunschweig.

Gilli, A., 1934: Die Ursachen des Reliktcharakters von Wulfenia carinthiaca. Engler's Bot. Jahrb., 66 : 71—90.

Guest, P. L. & Chapman, H. D., 1944: Some effects of pH on growth of *citrus* in sand and solutions cultures. Soil. Science, 58 : 455—465.

Guyot, H., 1920: Le Valsorey, Esquisse de botanique géographique et écologique. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz, 8.

Hackel, E., 1868: Die Vegetationsverhältnisse von Mallnitz in Kärnten. Verh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 18 : 931—946.

Hegi, G., 1908—1963: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. I—VII, 1. u. 2. Aufl., München.

— 1963: Alpenflora. 18. Aufl., herausgeg. von H. Merxmüller, München.

Hoagland, D. R. & Davis, A. R., 1929: The intake and accumulation of electrolytes by plant cells. Protoplasma, 6 : 610—626.

Hopkins, E. F., 1922: Hydrogen-ion concentration in its relation to wheat scrab. Americ. Jour. Bot., 9 : 159—179.

Janchen, E., 1956—1966: Catalogus Austriae. Wien.

Jenny, H., 1925: Reaktionsstudien an schweizerischen Böden. Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz 1925 : 161—186.

— 1926: siehe Braun-Blanquet, J. & Jenny, H., 1926.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Jenny-Lips, H., 1930: Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felsschutt. Beih. Bot. Centralbl., 46 : 119—296.

Kaczmarek, A., 1929: Untersuchungen über Plasmolyse und Deplasmolyse in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Protoplasma, 6 : 209—301.

Kerner, A., 1863: Über das sporadische Vorkommen sogenannter Schieferpflanzen im Kalkgebirge und insbesondere über die Auffindung zweier für die österreichische Flora neuer sonst nur im Schiefergebirge beobachteten Gewächse im Bereiche des Dachsteingebirges. Verh. k.k. Zoo. Bot. Ges. Wien, 13 : 245—256.

Keyssner, E., 1931: Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration in der Nährlösung auf die Reaktion in der Pflanze. Planta, 12 : 575—587.

Knapp, R. & Linskens, H. F., 1952: Experimentelle Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung von Gräsern und Kleearten des Weidelgras-Weißklee-Rasens. Biolog. Zentralbl., 71 : 561—585.

— 1953: Über die natürliche Verbreitung von *Arnica montana L.* und ihre Entwicklungsmöglichkeiten auf verschiedenen Böden. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 168—179.

Kretschmer, A. E., Toth, S. J. & Bean, F. E., 1953: Effect of chloride versus sulfate ions nutrient absorption by plants. Soil Science, 76 : 193—199.

Kubiena, W. L., 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Wien.

Laatsch, W., 1957: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden und Leipzig.

Lippert, W., 1966: Die Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes Berchtesgaden. Ber. Bayer. Bot. Ges., 39 : 67—122.

Losch, I., 1944: Alpenpflanzen und Gesteinsunterlagen in den Bayrischen Alpen. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.

Lötschert, W., 1952: Vegetation und pH-Faktor auf kleinstem Raum in Kiefern- und Buchenwäldern auf Kalksand, Löß und Granit. Biol. Zentralbl., 71 : 327—348.

Lüdi, W., 1928: Beitrag zu den Beziehungen zwischen Vegetation und Zustand des Bodens im westlichen Berner Oberland. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 37 : 15—43.

— 1941: Untersuchungen über die jahreszeitliche Schwankung der Bodenazidität. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel Zürich, f. d. J. 1940 : 31—51.

Lundegardh, H., 1924: Über die Interferenzwirkung von Wasserstoffionen und Neutralsalzionen auf Keimung und Wachstum des Weizens. Biochem. Zeitschr., 149 : 207—215.

— 1949: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena.

Luzzatto, G., 1935: Erste Untersuchungen über die Verbreitung und die Vitalität einiger Alpenpflanzen in ihrer Beziehung zur Bodenazidität. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel Zürich f. d. J. 1934 : 63—67.

Melchers, G., 1932: Untersuchungen über Kalk- und Urgebirgspflanzen, besonders über *Hutchinsia alpina (L.) R. Br.* und *H. brevicaulis Hoppe.* Österr. Bot. Zeitschr., 81 : 81—107.

Merxmüller, H., 1950: Untersuchungen über eine alpine *Cerastium*-Gruppe. Ber. Bayer. Bot. Ges., 28 : 219—238.

— 1952—1954: Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen. Jahrb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere, 17 : 96—133; 18 : 135—158; 19 : 97—139.

— 1963: G. Hegi, Alpenflora. 18. Aufl., München.

— 1965: Neue Übersicht der im rechtsrheinischen Bayern einheimischen Farne und Blütenpflanzen I. Ber. Bayer. Bot. Ges., 37 : 93—115.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Mevius, W., 1921: Beiträge zur Physiologie „kalkfeindlicher Gewächse". Jahrb. Wiss. Bot., 60 : 147—183.

— 1924: Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei „kalkfeindlichen" Gewächsen. Zeitschr. f. Bot., 16 : 641—677.

— 1927a: Reaktion des Bodens und Pflanzenwachstum. Naturwiss. u. Landwirtsch., 11.

— 1927b: Kalzium-Ion und Wurzelwachstum. Jahrb. Wiss. Bot., 66 : 183—253.

Nägeli, C., 1866: Über die Bedingungen des Vorkommens von Arten und Varietäten innerhalb ihres Verbreitungsbezirks. Bot. Mitt. München, II : 159—187.

Oberdorfer, E., 1950: Beitrag zur Vegetationskunde des Allgäu. Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl., 9 : 29—98.

— 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziologie, Bd. 10, Jena.

— 1959: Borstgras- und Krummseggenrasen in den Alpen. Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl., 43, Max-Auerbach-Festschrift : 117—143.

— 1962: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. 2. Aufl., Stuttgart.

Olsen, C., 1923: Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation, especially to the natural distribution of plants. Compt. Rend. Trav. Labor. Carlsberg, 15, 1 : 1—166.

Patscheke, G., 1951: Über den pH-Wert karbonathaltiger Böden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenk., 54, 3 : 193—200.

Paul, H., 1906: Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 24 : 148—154.

Rorison, I. H., 1960a: Some experimental aspects of the calcicole-calcifuge problem. I. The effects of competition and mineral nutrition upon seedling growth in the field. J. Ecol., 48 : 585—599.

— 1960b: The calcicole-calcifuge problem. II. The effects of mineral nutrition on seedling growth in solution culture. J. Ecol., 48 : 679—688.

Sallinger, H. & Hwang, Y., 1938: Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Stickstoffumsetzung und Aziditätsänderung in humosen Böden. Bodenk. u. Pflanzenernähr., 11 (56), 1/2 : 1—31.

Schönhar, S., 1952: Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren. Mitt. Ver. Forstl. Standortkart., 2.

Schroeter, C., 1926: Das Pflanzenleben der Alpen. 2. Aufl., Zürich.

Schuhmann, K., 1930: Die Phosphorsäure- und Kaliaufnahme verschiedener Pflanzen aus lufttrockenen und erhitzten Böden mit verschiedener Azidität untersucht nach der Keimpflanzenmethode nach Neubauer. Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düngung u. Bodenk., A. 15 : 65—94.

Sebald, O., 1956: Über Wachstum und Mineralstoffgehalt von Waldpflanzen in Wasser- und Sandkulturen bei abgestufter Azidität. Mitt. Württ. Forstl. Versuchsanst., 13, 1 : 1—83.

Seemann, F., 1950: Zur cH-Abhängigkeit der Wasserpermeabilität des Protoplasmas. Protoplasma, 39 : 147—175.

Söyrinki, N., 1954: Vermehrungsökologische Studien in der Pflanzenwelt der Bayrischen Alpen. I. Ann. Bot. Soc. Zoo. Bot. Fennicae „Vanamo", 27, 1.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Stur, D., 1855: Beitrag zur Kenntnis der Flora des Lungaus. Österr. Bot. Wochenbl., 5 : 73—75, 83—84, 91—94, 97—99, 108—109, 117—118, 124—125, 133—135, 139—141, 146—148.

— 1856: Über den Einfluß des Bodens auf die Verteilung der Pflanzen. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, 20.

Trénel, M. & Alten, F., 1934: Die physiologische Bedeutung der mineralischen Bodenazidität. Angew. Chemie, 47 : 813—820.

Vierhapper, F., 1921—1922: Die Kalkschieferflora in den Ostalpen. Österr. Bot. Zeitschr., 70 : 261—293; 71 : 30—45.

— 1935: Vegetation und Flora des Lungau (Salzburg). Abh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 16, 1.

Vogler, P., 1901: 8. Beobachtungen über die Bodenstetigkeit der Arten im Gebiet des Albulapasses. Ber. Schweiz. Bot. Ges., 11 : 63—89.

Wahnschaffe, F. & Schucht, F., 1924: Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. 4. Aufl., Berlin.

Walter, H. & E., 1953: Einige allgemeine Ergebnisse unserer Forschungsreise nach Südwestafrika 1952/53: Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 66 : 228—236.

Wendelberger, G., 1953: Über einige hochalpine Pioniergesellschaften aus der Glockner- und Muntanitzgruppe in den Hohen Tauern. Verh. Zoo. Bot. Ges. Wien, 93 : 100—109.

— 1954: Zur Vergesellschaftung einiger Nunataker-*Taraxaca* aus Osttirol (Österreich). Vegetatio, 5/6 : 247—256.

Wiegner, G. & Jenny, H., 1926: Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin.

Wikus, E., 1958—1961: Die Vegetation der Lienzer Dolomiten (Osttirol). Arch. Bot. Biogeograph. Italiano, 34, 4. ser., III, 3 : 157—184; 35, 4. ser., IV, 1—2 : 17—39; 4 : 201—255; 36, 4. ser., V, 3 : 137—158; 4 : 211—231; 37, 4. ser., VI, 1—2 : 13—35; 3 : 87—131.

Zlatnik, A., 1928: Études écologiques et sociologiques sur la *Sesleria coerulea* et le *Seslerion calcariae* en Tschécoslovaquie. Trav. Soc. Roy. Sci. Bohême, Cl. Sci., N. S. 8 : 1—116.

Zollitsch, B., 1966a: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil I.: Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in den mittleren und östlichen Zentralalpen. Beil. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.

— 1966b: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil II.: Die Ökologie der alpinen Kalkschieferschuttgesellschaften. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.

— im Druck: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten. Teil I.: Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in den mittleren und östlichen Zentralalpen. Ber. Bayer. Bot. Ges., 40.

Zollitsch, L., 1927: Zur Frage der Bodenstetigkeit alpiner Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung des Aziditäts- und Konkurrenzfaktors. Flora, 122 (NF 22) : 93—158.

Zöttl, H., 1950: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Diss. Nat. Wiss. Fak. Uni. München.

— 1951: Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges. Jahrb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere, 16 : 10—74.

— 1952: Beitrag zur Ökologie alpiner Kalkschuttstandorte. Phyton, 4, 1—3 : 160—175.

— & Wehrmann, J., 1961/62: Anleitung für das Bodenkundliche Praktikum. Hektographierte Blätter, München WS 1961/62.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: 34_1969

Autor(en)/Author(s): Zollitsch Bertram

Artikel/Article: Soziologische und ökologische Untersuchungen auf Kalkschiefern in hochalpinen Gebieten 167-205