

Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz

Autor(en): **Furrer, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **117 (1966)**

Heft 10

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-766363>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kümmerrichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz

Von E. Furrer, Zürich

Oxf. 111.84:181.22:182.3

1. Kaltluftströme, Vorkommen und Deutung

In allen Höhenstufen des Waldes sind Schutthänge, seltener auch zerklüftete Felsen, unter bestimmten Bedingungen von Kaltluft durchströmt. Ihre Austritte sind die «Windlöcher» oder «Wetterlöcher». So «nennt man», schreibt Oswald Heer 1846, «auch bei uns jene Löcher und Spalten in der Erde, aus welchen im Sommer bei schönem Wetter ein kalter Luftstrom herausbläst». In den Alpen haben die Bergbauern diese Austritte von Kaltluft längst aufgespürt und sie zur Kühlung von Milch und andern Lebensmitteln ausgenützt. Schon 1661 schreibt der Luzerner Leopold Cysat in seiner denkwürdigen Chronik über den Vierwaldstättersee (S. 241): «Es habe auff denselbigen Allpen / besonders auff Niderbawen / Emmetten / unnd dann auff der Beckenrieder Allp Träbern / auff dem Schwalmis unnd anderstwo / vil Windlöcher . . .», und nach Hinweisen auf die kühlen Weingrotten von Chiavenna und auf «Klüfften / Athem / unnd Lufftlöcher» im «Gebürg»: «Also bawet man diser Enden für solche Windlöcher die Milchkeller / welches den Bergleüthen unnd Sennen zu großem Nutzen reicht / unnd ihnen die Milch nicht sawr werden noch gerinnen laßt.»

Auch der Standort der Sennhütten richtet sich nach dem Vorhandensein von Kaltluft und kalten Quellen. Für das Glarnerland gibt Steinmüller (1802, S. 124/125) darüber genauen Aufschluß: «Der dritte Theil der Hütte besteht in der Milchkammer oder dem Milchgemach, das vorzüglich an einem kalten Ort, Norden zu, woher die kalten unterirdischen Lüfte wehen, öfters einige Schuhe tief in den Boden gegraben ist . . ., wo der Bauer darauf sieht, ob er in seiner Milchkammer einen unterirdischen Luftzug oder Quellwasser bekomme, um darin die Milch frisch und ungesauert zu erhalten.» Warum diese Windlöcher auch Wetterlöcher heißen, erläutern er und längst vor ihm Gabriel Walser 1740 (S. 28) in seiner Appenzeller Chronik: «Man kan an nichts die bevorstehende Witterung besser abnehmen, als an diesen Lufft-Löchern. Immassen wenn es gut Wetter geben will, so blasen diese Löcher so starck, daß einige davon einen Huth abhalten mögen, und man es mit keiner Hand darinn erleiden mag. Hingegen bey entstehendem Regen-Wetter sind sie gantz schwach und laulicht.»

Unabhängig von Cysat schrieb auch der aufgeklärte Kenner der Alpen,

der Universalgelehrte Johann Jakob Scheuchzer, bereits 1723 in seiner «Aerographia» über die kalten «Windhöhlen» der Alpen. Aber erst H. B. de Saussure, der sie jahrelang in Italien und in der Schweiz verfolgte, gelang 1796 ein erster Schritt zur ursächlichen Deutung. Auf Grund von Temperaturmessungen und Versuchen über die Verdunstung erkannte er, daß die Verdunstungskälte die Temperatur unter das Jahresmittel herabdrückt. Diese Ergebnisse bereicherte Marc Aug. Pictet 1822 durch Erkenntnisse über Eishöhlen im Jura und in den Alpen. In Anlehnung an die beiden Genfer wußte der Zürcher Ferd. Keller 1839 die ursächlichen Zusammenhänge, gestützt auch auf Eigenbeobachtungen und Erkundigungen, befriedigend zu klären. Er verglich die im Schutt absteigende Kaltluft treffend mit der im Schacht eines Bergwerks absinkenden Luft, die sich im Innern abkühlt und unten durch den Stollen austritt (Bild 1). Von

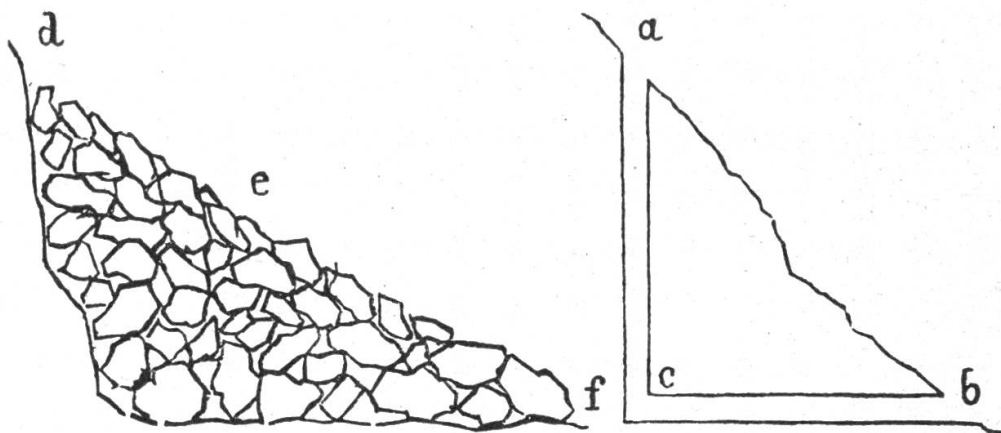


Bild 1

Absteigende Kaltluft im Schutt zum Austritt bei f und im Bergwerk von a nach c und zum Austritt bei b. Aus Ferd. Keller, 1839

den sieben Erklärungsversuchen, die der belesene und geländekundige B. Schwalbe in seiner kritischen Übersicht 1886 (S. 42–56) zusammenstellt, hat Keller damit die richtige vorweggenommen.

Die Kaltluft entströmt besonders kräftig am Fuß von unverkittetem Bergsturz- oder Gehängeschutt, wenn an warmen Sommertagen die erwärmte Luft vom Talgrund über dem Hang emporsteigt und am Hangfuß einen Sog bewirkt, während die kühle Luft im Innern vermöge ihrer Schwere ohnehin absinkt. Sofern das Innere des Schuttes durch Zufuhr von Wasser ständig durchfeuchtet ist, erzeugt der absteigende Luftstrom zusätzliche Verdunstungskälte, so daß die austretende Kaltluft, die immer sehr feucht ist, um mehrere Grade unter dem Jahresmittel liegt. So maß ich:

				Luft	Windloch
Lauerzersee S-Ufer SZ	460 m	10. August 1960	15.40 Uhr	20°	4°, 4°
Rüchi/Klöntal GL	860 m	18. August 1965	12.00 Uhr	16°	4°, 4°, 5°
Nidleren/Unterschächen UR	1080 m	14. Juli 1962	12.00 Uhr	22°	4°, 4°, 5°
		15. August 1964	13.00 Uhr	15°	3°, 4,5°, 5°
Brühltoibel AI	1200 m	2. August 1962	14.00 Uhr	21°	3°

Ähnliche Zahlen ermittelten Ferd. Keller bei Seelisberg, Arnold Escher (nach Heer) im Glarnerland und vor ihnen de Saussure. «Im Winter», so führt Heer – wohl in Anlehnung an Steinmüller, Keller und Kasthofer, der (S.91) die «Milchkammern» des Klöntals erwähnt – weiter aus, «zieht umgekehrt der Luftstrom in das Windloch hinein, während im Frühling und Herbst der Windstrom gewöhnlich still steht, weil dann die Temperatur der Luft in der Höhle mit derjenigen außerhalb derselben übereinstimmt, während sie im Sommer viel niedriger steht, und zwar selbst bedeutend niedriger als die Jahrestemperatur... Im Winter aber wird die Luft des Windlochs eine höhere Temperatur haben als die äußere, und sie wird aufwärts steigen, so daß dann die Luft unten ins Windloch hineinzieht.» Heer zählt (S. 22) mehrere Stellen mit Kaltluft auf und berichtet, man sei beim Bau der Kerenzlerstraße im Britterenwald mitten im Sommer auf Eis gestoßen.

An Schutthängen, wo sommerliche Kaltluft an deren Fuß entströmt, kann im Winter beobachtet werden, daß oben «Warmluft» austritt, die den Schnee zum Schmelzen bringt. Streiff-Becker beschrieb 1945 einen solchen Austritt relativer Warmluft in Ennetbühls bei Glarus auf 910 m. An diesem Hang konnte ich 1963 bei rund 600 m auch die sommerliche Kaltluft feststellen, nämlich in einem faustgroßen Loch des bergseitigen Wegbords, wo die Messung 3,5° ergab bei 20° außerhalb. Auch Streiff-Becker maß an einem benachbarten Hang 2,5° und im nahen Wald 21°.

2. Kümmerfichtenbestände

An drei Beispielen aus der mittleren und oberen Laubwaldstufe soll gezeigt werden, wie im Bereich austretender Kaltluft selbst die Fichte zeitweilig in Zwergform dahinsiebt und mit einem seltsamen Mosaik von Arten vergesellschaftet ist.

a) Brühltofel (Appenzell-Innerrhoden), 1200 m; LK 1115 Säntis

Die Kümmerfichten stocken auf Kalkschutt in NW- bis NNW-Lage im obersten Abschnitt des Brühltofels, das sich nordwärts gegen den Talboden

Photos Furrer

Photo 1

Tiefblick ostwärts auf den Kümmerfichtenbestand im Brühltofel von der Oberkante der gegenüberliegenden Felswand

Photo 2

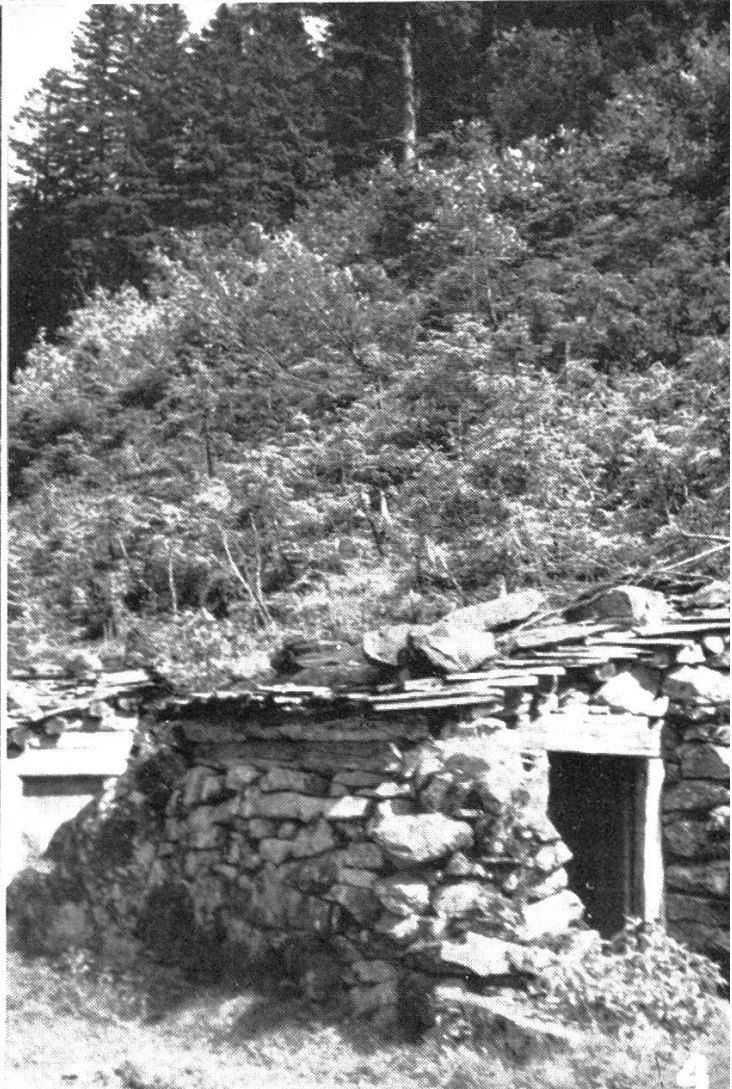
Kümmerfichtenbestand im Brühltofel, 1200 m

Photo 3

Einzelne Kümmerfichte im Brühltofel, wenig über 1 m hoch

Photo 4

Zwei Milchwüttchen in Nidleren-Unterschächen, 1080 m; darüber Kümmerfichtenbestand



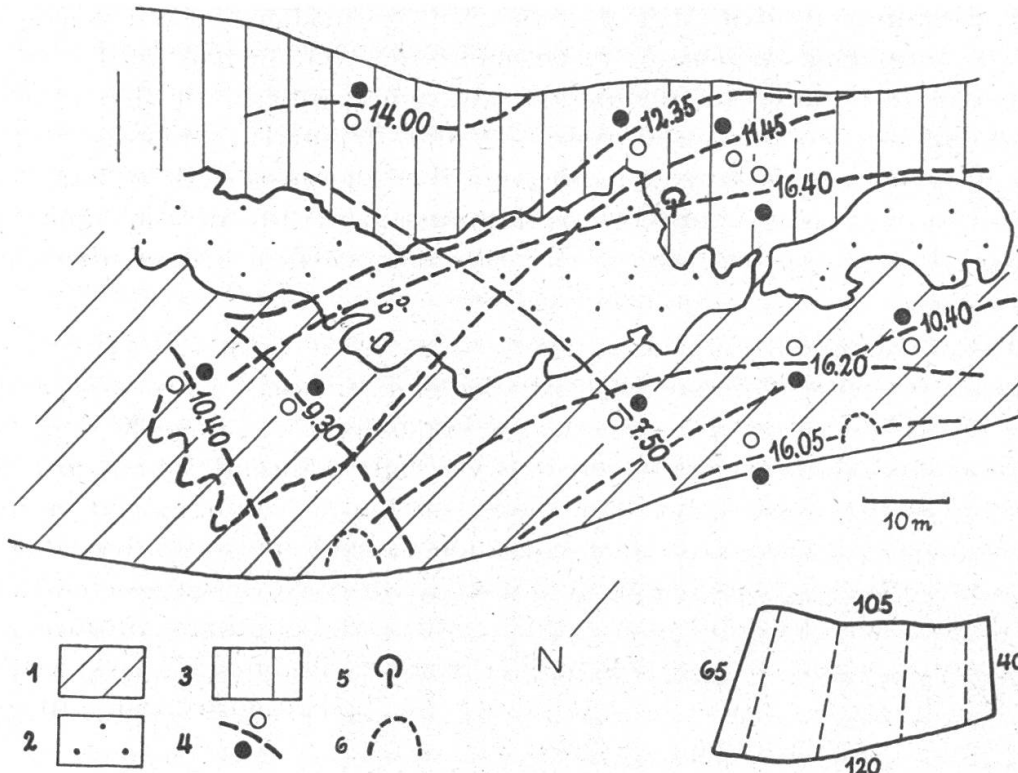


Bild 2

Abgewickelter Gehängeschuttmantel mit Kümmerfichtenbestand im Brühltofel. Der untere Rand verläuft nächst dem Sträßchen in der Talrinne, der obere am Fuß der Felswand. Die Darstellung der Vegetations- und Licht-Schatten-Grenzen beruht auf Schätzung anhand von Skizzen und Photos.

1 Kümmerfichtenbestand; 2 offener Schutt; 3 Rasen; 4 ungefähre Grenzen von Licht und Schatten am 12. und 13. Juli 1965, durch weiße und schwarze Kreise gekennzeichnet; 5 hochstämmige Buche; 6 kleine Sturzhügel.

Die Nebenfigur gibt die Falllinien und die ungefähren Ausdehnungen in Metern wieder

von Brülisau öffnet. Sie besetzen den untern, ungleich grobblockigen Teil des Hangs und werden nach oben von offenem Schutt abgelöst, der aufwärts bis zu der nahezu senkrecht aufragenden Felswand in einen sehr locker bebuschten Rostseggenbestand übergeht. Die Grenzen dieser drei Vegetationsbänder verlaufen sehr unregelmäßig und stellenweise unscharf. Auf Grund von Schätzungen und einiger Messungen dürfte die Gesamtfläche dieses Schutthangs rund 50 a ausmachen, wovon knapp die Hälfte auf den Kümmerfichtenbestand entfällt (Photos 1 und 2 und Textbild 2).

Nach der Sage, die J. B. Dähler in den «Volkssagen aus Appenzell-Innerrhoden» (1854) wiedergibt, ist der Wald verhext. Seither haben die Schulbücher beider Appenzell die Sage übernommen, weshalb das «Hexenwäldli» bei jung und alt ziemlich bekannt ist. Die erste wissenschaftliche Darstellung verdanken wir Th. Felber, dem damaligen appenzellischen Kantonsoberröster. Er beschrieb 1884 sehr genau die «Zwergfichte» und erkannte in den Kaltluftströmen, «wie solche sich häufig auf den Alpen

des Kalkgebirgs in den Milchkellern fühlbar machen», die Ursache des äußerst langsamen Wachstums. An mehreren Stämmchen zählte er die Jahrringe und stellte an einem der stärksten, «außerordentlich exzentrischen» Stämmchen bei «kreuzweise» 92 und 70 mm Durchmesser 80 Jahrringe fest, die sich im kürzesten Abstand über 26 mm verteilten. Auch wies er auf die nur 10 cm tiefe schwarze Humusschicht hin, die sich kühl und feucht anfühlte. Die bestockte Fläche von 200×30 m dürfte er überschätzt haben.

1914 setzte Emil Bächler, Konservator in St. Gallen, Felbers Forschungen fort. Er sammelte wichtige Begleitarten, maß Luft- und Bodentemperaturen und stellte sommerliches Bodeneis fest. Einige Zwergfichten verpflanzte er in günstige Umwelt und verfolgte während Jahren ihre Entwicklung zu frohwüchsigen Bäumchen. Die Untersuchungen hat er nicht abgeschlossen, da er sich urgeschichtlichen Fragen zuwandte, hat aber im Dezember 1915 die Ergebnisse der St.-Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft vorgelegt und später (1930, 1946) «zwei populäre Aufsätze», wie er sie nannte, veröffentlicht. 1948 hat der Arzt und Botaniker Ernst Sulger Büel (Zürich) bei einem kurzen Besuch die bemerkenswertesten Begleitarten aufgezeichnet, insgesamt deren 20.

Die *Kümmerfichte* — wie ich diese besondere Form der Zwergfichte bezeichnen möchte — weist alle Merkmale einer Hunger- und Kümmerform auf, bedingt durch die Ungunst des Standorts (Photo 3). Ich nenne: *Stamm* zunächst aufrecht, später hangabwärts geneigt, zuletzt bogig aufsteigend, da wegen ungenügender Verankerung, mitbedingt durch Schneedruck, das wachsende Bäumchen in Kipplage gerät und sich vorweg wieder aufzurichten versucht. *Wuchsform* nur in der Jugend annähernd kegelförmig, später immer mehr schirmförmig, indem die Äste von unten nach oben allmählich absterben, so daß zuletzt nur die obersten, ziemlich gedrängt stehenden und im Vergleich zur Stammhöhe langen Äste übrigbleiben. Stammhöhe selten bis um 2 m. (Über Stammhöhe und Stammumfänge siehe Tabelle I.) Vereinzelt beobachtete ich fächerförmig ausgebreitete, in der Moosdecke hangabwärts kriechende, wurzelnde Äste bis zu 1 m Länge, die an die von Kihlmann (in Schröter 1898, S. 105) beschriebene «Mattenfichte» nordischer Tundren erinnern. *Benadelung* an älteren Fichten nur an den obersten Ästen und hier zuletzt an den äußersten Verzweigungen. Nadeln sehr kurz, an einem wahllos gesammelten Zweigstück 2 bis 7 mm, meist 4,5 bis 5 mm lang. *Zapfen* beobachteten Bächler und ich nicht, während die Legföhre im Bestand Zapfen reift. *Bewurzelung* nur in der dünnen Erdschicht; daher geringe Verankerung. *Alter* nach Felber bis etwa 80 Jahre, nach Bächler bis 120 und 150 Jahre (1946, S. 91 und 93).

Die Kümmerfichten unterscheiden sich, wie schon Felber hervorhob, unverwechselbar von den durch Tierfraß hervorgerufenen *Verbißfichten*, den Grotzen, die in jedem Alter halbkugelig bis kegelförmig und bis zu-

Tabelle 1

Höhe und Stammumfang von 12 Kümmerfichten eines etwa mannshohen Bestandes

Nr.	Höhe cm	Umfang		
		unten mm	Mitte mm	
1	62	62	52	
2	100	94	58	
3	100	100	66	tot
4	102	132	92	
5	104	160	108	
6	112	100	78	
7	136	130	114	
8	150	100	81	
9	156	170	119	
10	174	186	136	tot
11	182	230	136	tot
12	200	226	148	

Tabelle 2

Die Kümmerfichten einer Probefläche von 16 m²

«Kl.»	Höhe cm	Anzahl	
		ge- samt	davon tot
1	10–18	16	—
2	20–28	25	3
3	30–38	13	2
4	40–48	7	2
5	50–58	4	—
6	60–68	6	—
7	70–78	5	4
8	80–88	5	2
9	90–98	2	1
10	100–108	2	1
11	110	1	—
15	156	1	—
		87	15

unterst dicht bestet und mit Nadeln von normaler Größe dicht besetzt sind.

Um über die *Dichte* und *Stammhöhen* des Bestandes ein Bild zu bekommen, habe ich auf einer Probefläche von 16 m² die Stückzahl und Stammhöhen festgehalten. Dabei habe ich «Klassen» von Stammhöhen 10 bis 18 cm, 20 bis 28 cm usw. aufgestellt, die in diesem Miniaturwald natürlich nicht den Klassen des klupierenden Försters entsprechen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht der 87 ermittelten Kümmerfichten, deren 15 tot waren. Danach sind also Stammhöhen von 20 bis 28 cm am zahlreichsten vertreten. Eine Kümmerfichte beansprucht in dieser Probefläche eine durchschnittliche Bodenfläche von etwa 20 dm².

Die *Artliste* mit etwa 44 Gefäßpflanzen und mindestens 17 von F. Ochsner bestimmten Moosen überrascht durch die Vertreter sehr verschiedener Pflanzengesellschaften vor allem der subalpinen und alpinen Stufe, worauf Moor und Richard für den Jura nachdrücklich hinweisen. Die Verteilung ist durchaus nicht ausgeglichen, was darauf beruhen mag, daß die Kaltluft in vielen ungleichen Verästelungen über und unter der Vegetationsdecke abfließt.

Die nachfolgende Liste, die annähernd vollständig ist, gliedere ich, so gut dies geht, nach Pflanzengesellschaften, um das buntscheckige Mosaik zum Ausdruck zu bringen. Die Arten zähle ich innerhalb der einzelnen Gruppen in der ungefähren Reihenfolge abnehmender Häufigkeit auf. Angesichts der vielen Überschneidungen in der soziologischen Bewertung wären auch andere Gruppierungen denkbar.

1. Arten der Laub- und Nadelwälder: *Dryopteris dilatata*, *Maianthemum bifolium*, *Dryopteris Phegopteris*, *Pyrola rotundifolia*, *Athyrium Filix-femina*, *Pyrola minor*, *Oxalis Acetosella*.

2. Arten mit vorwiegender Verbreitung in subalpinen Fichtenwäldern: *Picea Abies*, *Vaccinium Myrtillus*, *V. Vitis-idaea*, *Lycopodium annotinum*, *Vaccinium uliginosum*, *Dryopteris disjuncta* (Linnaeana), *Lycopodium Selago*, *Rubus saxatilis*, *Pyrola uniflora*.

3. Arten des Grünerlengebüsches, auch des Hochstauden-Fichtenwaldes: *Salix grandifolia* (*appendiculata*), *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Alnus viridis*.

4. Vertreter des Weidengebüsches im subalpin-alpinen Grenzbereich: *Salix Waldsteiniana*, häufig und üppig blühend.

5. Das Krummholz mit behaarter Alpenrose: *Pinus Mugo*, *Rhododendron hirsutum*.

6. Quellfluren und verwandte Gesellschaften: die drei ziemlich seltenen Arten *Tofieldia calyculata*, *Saxifraga aizoides*, *Pinguicula alpina*.

7. Bezeichnende Arten alpiner Schneeboden- und verwandter Gesellschaften auf Kalk: *Saxifraga androsacea*, *Hutchinsia alpina*, *Ranunculus alpestris*, spärlich, aber gesellig; *Salix retusa* und *S. reticulata* reichlich.

8. Vertreter der alpinen *Sesleria*-, *Elyna*- und *Carex-firma*-Rasen kalkreicher Böden: *Dryas octopetala*, *Carex firma*, *Sesleria coerulea*, *Festuca pumila*, *Carex atrata*, *C. capillaris*, *Saxifraga moschata*.

9. Einziger Vertreter des alpinen Krummseggenrasens und Schneetälchens kalkarmer Böden: *Primula integrifolia*.

10. Subalpin-alpine Gesellschaftsubiquisten: *Poa alpina*, *Polygonum viviparum*, *Homogyne alpina*.

Die Eigenart dieser Begleitflora wirkt besonders eindrucksvoll, wenn wir uns die Flora des Buchenbestandes vor Augen halten, der im SW an den Kümmerfichtenbestand hart angrenzt (Photo 1, rechter Bildrand). Er stockt genau wie die Kümmerfichten auf Hangschutt von gleicher Neigung in NW-Lage. Nur eine Bedingung hat sich geändert: Über dem Hang keilt die überrieselte Felswand aus, und damit fehlt die Kaltluft. Ich greife zehn Begleitpflanzen heraus: *Dryopteris Filix-mas*, *Cystopteris montana*, *Festuca altissima* (*silvatica*), *Paris*, *Aruncus dioecus* (*silvester*), *Mercurialis perennis*, *Sanicula europaea*, *Lamium Galeobdolon*, *Lactuca muralis*, *Prenanthes purpurea* — alles Arten, die unter den Kümmerfichten niemals aufkommen.

In der Charakteristik des Standorts beschränke ich mich auf Ergänzungen zur *Bodentemperatur* und auf die *Sonnenscheindauer*. Bächler hat am 25. Juli 1914, 14 Uhr, 1 m über dem Boden eine Temperatur von 21,3° gemessen, im Moosteppich 15°, im Humus der Pflanzendecke 4,9°, im anstoßenden Schutt 3,8° und in 0,9 m Tiefe im Schutt 0,9°. In 1,5 m Tiefe stieß er auf Eis «in feinen Kügelchen (Krümeleis), ganze Flächen bildend», mit -2,8°. «Aus der künstlich erstellten Grube blies einem ein richtig kalter Wind entgegen, der die Finger frieren machte.» (1946, S. 96.)

Die *Sonnenscheindauer* ist trotz der NW- bis NNW-Lage und der über dem Schutthang aufragenden Felswand über Erwarten lang, da die Talfurche gegen NE und vor allem gegen SW und W offensteht. Am 12. und 13. Juli 1965 habe ich die Besonnung in Skizzen und Photos festgehalten und für neun ausgewählte Tageszeiten in Bild 2 wiedergegeben. Der nordöstliche Teil des Fichtenbestandes (im Bild links) fängt die Morgensonne auf, sobald diese über dem Grat des Hohen Kastens aufsteigt. Noch um 7.50 Uhr erstreckt sich die besonnte Fläche über mehr als den halben Bestand, nimmt dann aber hier ständig ab bis zu einem kleinen Rest um 11 Uhr. Inzwischen erreichen bereits um 10.30 Uhr von SW die Sonnenstrahlen den untern südwestlichen Teil (im Bild rechts) und erfassen um 11.30 Uhr etwa die halbe, um 12.30 Uhr beinahe die ganze Bestandesfläche. Nur im obern nordöstlichen Teil zeichnen sich die zackigen Schatten der Bäume ab, die die Felskante der «Platte» säumen. Um 13 Uhr haben sich diese auf das nordöstliche Rasenband zurückgezogen, und nunmehr liegt der ganze Bestand weitere drei Stunden lang in der Nachmittagssonne. Erst um 16 Uhr rücken vom Hangfuß die Schatten aufwärts, bedecken um 16.20 Uhr etwa die untere Hälfte, besonders im SW, während von 16.40 Uhr an nur noch der nordöstliche Teil kurze Zeit in der sinkenden Sonne liegt. Die *Sonnenscheindauer* beläuft sich daher in diesen Tagen, und somit für etwa eineinhalb Monate zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, auf etwa fünf bis sieben Stunden. Immerhin fallen die Strahlen meist ausgesprochen schief ein, was die Wärmewirkung wesentlich herabsetzt.

b) *Nidleren/Unterschächen (Uri), 1080 m; LK 1192 Schächental*

Im Gegensatz zum unbewohnten Brühltofel wird im Schächental die Kaltluft von Anwohnern ausgewertet. 1,3 bis 1,5 km östlich Unterschächen ziehen sich mehrere Milchhüttchen, hier Nidleren genannt, nahe dem Südufer des Vorderschächen entlang (Bild 3). Hart südlich darüber, durch Lawinenzüge und kleine Waldflächen unterbrochen, dehnen sich Kümmerfichtenbestände, die 10 bis um 20 m weit den Hang hinaufreichen (Photo 4). Soweit erkennbar, besteht die Unterlage aus Gehänge-, vielleicht auch aus Bergsturzschutt, außer Flysch anscheinend vorwiegend aus Taveyannaz-Sandstein, einem kalkarmen Eruptivgestein.

Die Kümmerfichten stimmen in ihren Merkmalen auffallend mit denen des Brühltofels überein. Die Artliste weist aber abweichende Züge auf. Mit

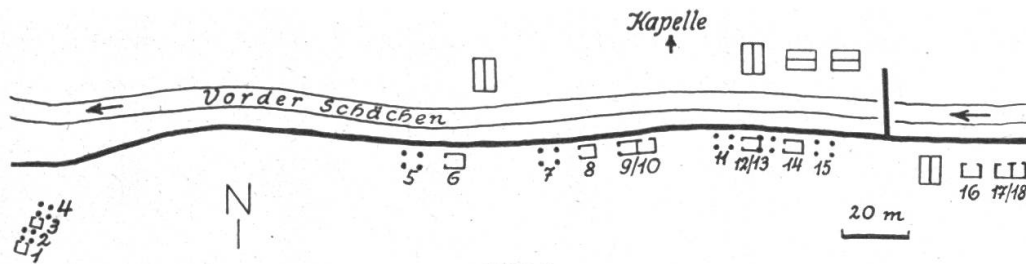


Bild 3

Die Milchhüttchen von Nidleren/Unterschächchen. Die in Gebrauch stehenden Hüttchen sind mit ausgezogenen Linien, die zerfallenen mit vier Tupfen angegeben, das Sträßchen mit fetter Linie. Die Skizze beruht auf Schätzung und ist nicht maßstabgetreu

etwa 30 Gefäßpflanzen und vorläufig 21 Moosen ist sie wesentlich ärmer, und ausgesprochene Kalkpflanzen fehlen; während kalkmeidende hinzukommen, so im Bestand selbst *Rhododendron ferrugineum*, *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa*, *Carex brunescens* und *Astrantia minor*, auf den Dächern der Hüttchen oder auf Gemäuer, offenen Stellen oder deren Nähe *Agrostis rupestris*, *Festuca supina-vivipara* und *Oxyria digyna*. Wie im Brühltofel liegt von einem ansehnlichen Teil des Artbestandes das Schwergewicht der Verbreitung in der subalpinen und alpinen Stufe.

Von den ehemals mindestens 18 Milchhüttchen, die sich über eine Strecke von rund 200 m verteilen, stehen heute noch elf in Gebrauch; fünf sind ungleich stark zerfallen, und von zweien ist nur noch eine rechteckige Grube übriggeblieben. Die Mauern bestehen aus locker gefügten Steinen, so daß von der Bergseite die Kaltluft ungehindert zuströmen und auf der Gegenseite abfließen kann. Die Innenräume sind quadratisch oder rechteckig. Soweit feststellbar, messen sie in der Länge 2 bis um 4 m, in der Breite 2 bis 3 m. Die Höhen betragen innen knapp 2 bis um 3 m, wobei das Dach bergwärts in den Hang hinein ansteigt, so daß Schneemassen wo möglich schadlos darüber hinweggleiten. Zur Bedachung wurden bei den Hüttchen ursprünglich grobe Schindeln verwendet, die in der Regel mit einigen Stämmchen und aufgelegten Steinen beschwert sind (Photo 4).

Zur Kühlung von Milch haben die Hüttchen heute ausgedient. Unsere Zeit mit ihren Kühlanlagen benötigt sie nicht mehr. Auch kann die Milch dank besseren Verkehrsmitteln und Verkehrswegen leicht weggeführt werden. Die Hüttchen dienen, wenn überhaupt, am ehesten noch zur Speicherung von Kartoffeln.

c) Klöntalersee S-Ufer, 860 m; LK 1153 Klöntal

Den Klöntalersee, 850 m, säumen an seinem Südufer, über dem der Glärnisch schroff aufragt, einzelne Laubwälder mit Buche, Esche, Grauerle und Bergahorn als Hauptholzarten. Auf einer Begehung fiel mir bei Rüchi, stark 2 km vom obern Ende entfernt, ein kleiner Fichtenbestand auf, der sich über dem Bach der Dunggellauruns dem Hang anlehnt. Der untere Rand liegt etwa 10 m über dem Seespiegel.

Auf einer Fläche von rund 50 m Länge und 3 bis 8 m hangaufwärts

stellte ich einen völlig übermoosten Kalkblockhang fest, der vorwiegend mit Fichten von niedrigem, wenig freudigem Wuchs mäßig dicht bestockt ist. Die Moosdecke, in die man bis übers Knie einbrechen kann, fühlt sich feucht und kalt an.

Die Bestandesaufnahme ergab 27 Gefäßpflanzen, im Vergleich mit dem Brühltobel und Nidleren eine ärmere Flora, was dem kleineren Areal und der erschwerten Einwanderung in diese abseitige Enklave zuzuschreiben sein dürfte. Auf etwa 80 m² stellte ich in sonnenarmer NNW-Lage bei 30° Neigung fest:

Picea Abies 3 bis höchstens 5 m, mehrere niedrigere tot; Deckung nach üblicher Schätzung 70%, genau genommen wegen der lockeren Bestattung und Benadelung erheblich geringer, etwa 40%.

Strauchschicht; Deckung 20%: 1 *Salix grandifolia*, 0,1 bis 2 m, vereinzelt 4 m, bogig aufsteigend; 1 *Lonicera nigra*, etwa 1 m; + *Betula pubescens*, bis 2 m; + *Sorbus aucuparia*, 0,2 m, serbelnd, im Randgebiet 1 Expl. 6 m.

Krautschicht einschließlich niedrige Sträucher; Deckung sehr ungleich, durchschnittlich 30%:

3 <i>Saxifraga rotundifolia</i>	+ <i>Athyrium Filix-femina</i>
3 <i>Oxalis Acetosella</i>	+ <i>Lycopodium Selago</i>
2 <i>Lycopodium annotinum</i>	+ <i>Sesleria coerulea</i>
1 <i>Dryopteris dilatata</i>	+ <i>Maianthemum bifolium</i>
1 <i>Moehringia muscosa</i>	+ <i>Chrysosplenium alternifolium</i>
1 <i>Saxifraga aizoides</i>	+ <i>Rubus saxatilis</i>
1 <i>Vaccinium Myrtillus</i>	+ <i>R. idaeus</i>
1 <i>Campanula cochleariifolia</i>	+ <i>Alchemilla nitida</i>
+ <i>Dryopteris Robertiana</i>	+ <i>Vaccinium Vitis-idaea</i>
+ <i>D. Phegopteris</i>	r <i>Pyrola rotundifolia</i>
+ <i>Cystopteris fragilis</i>	r <i>P. secunda</i>

Die sehr geselligen und blattreichen *Saxifraga rotundifolia* und *Oxalis Acetosella* blühten nicht. Auch *Lycopodium annotinum* war innerhalb der Aufnahmefläche ohne Sporangienähren, trug aber schon wenige Meter höher unter mäßig hochstämmigen Fichten reichlich Ähren. Ausschließlich am Hangfuß häuften sich *Moehringia muscosa* und *Saxifraga aizoides* in üppig blühenden Herden.

Mooschicht: Deckung meist 100%; vorläufig acht Arten.

Hangaufwärts nehmen die Fichten rasch an Größe zu. Vielen Begleitern des Kümmerfichtenbestandes begegnen wir noch bis über 20 m hinauf, darunter zahlreich *Vaccinium Myrtillus* und *Lonicera nigra*. Vereinzelt treten im Übergangsbereich zunächst neu auf: *Rosa pendulina (alpina)*, *Veronica urticifolia*, *Knautia silvatica*, *Prenanthes purpurea*, *Solidago virgaurea* und *Senecio Fuchsii*.

Dagegen bricht der Bestand nach Osten ziemlich unvermittelt ab und wird durch einen hochstämmigen Buchenwald mit bezeichnender Flora

ersetzt, unter anderem mit *Scolopendrium*, *Polygonatum multiflorum*, *Lunaria rediviva*, *Cardamine Kitaibelii* (*Dentaria polyphylla*), *Mercurialis perennis*, *Lamium Galeobdolon*, *Asperula odorata*, *Lactuca muralis*.

3. Aus bisherigen botanischen Forschungen

Über Eislöcher und Eishöhlen ist in Fachschriften und Zeitungen, schon der Merkwürdigkeit wegen, viel geschrieben worden. Weit spärlicher sind Forschungen über die Vegetation bei Eis- und Windlöchern. Einige Hinweise mögen genügen.

In der Schweiz hat erstmals Max Moor (1954, 1957) am Creux du Van die Kümmerfichtenbestände, ihre Begleitflora und Umwelt genau erfaßt. Jean-Louis Richard hat diese Untersuchungen ausgebaut und über den Schweizer und französischen Jura, neuerdings bis Südsavoyen und die Dauphiné ausgedehnt. Aus der Innerschweiz liegt eine Studie vom Südufer des Lauerzersees vor (Furrer, 1961).

In den Ostalpen hat Pfaff die Eislöcher von Eppan in Überetsch bei Bozen während Jahren auf Vegetation, Temperatur und Luftströmung eingehend erforscht. Die vielseitigen Ergebnisse (1932) hat Morton 1959 durch mikroklimatische Messungen und Vegetationsaufnahmen ergänzt. Ausführlich beschrieb Schaeftlein 1962 ein Hochmoor mit Kaltluft in den Schladminger Tauern, einem Abschnitt der Niederen Tauern, und erörterte, unter Hinweis auch auf ältere Schriften, alle wichtigeren Fragen über Vegetation und Umwelt. Einen kurzen Hinweis auf einen «Eiskeller» in den Gailtaler Alpen gab 1958 C. H. Weiss. Aus den Ostkarawanken wurde durch den Geologen Canaval 1893 der «unterirdische Gletscher» von Gotschuchen bekannt, und über Vegetation und Umwelt sind Studien im Gang. Ein auffälliges Vorkommen von Alpenpflanzen bei 355 bis 375 m in den Bergamasker Voralpen meldete 1962 Fenaroli, der auch Temperaturmessungen anstellte.

Daß auch im deutschen Mittelgebirge, im Basaltschutt des Westerwaldes und der Eifel, auf 350 und 530 m, Eisbildung und Eiserhaltung im Sommer möglich ist, belegt Steinbach mit gründlichen Beobachtungen und Messungen.

4. Allgemeine Gesichtspunkte

a) *Soziologische Stellung und Benennung.* Am nächsten steht unserem Kümmerfichtenbestand der Blockfichtenwald, der seit 1930 für Jura und Alpen wiederholt beschrieben und von Kuoch 1954 als *Asplenio-Piceetum* bezeichnet wurde. (Kuoch, S. 225; Moor, 1954, S. 544; Richard, 1961, S. 80.) Ihm fehlen aber die auffälligen alpinen Arten, und die Fichten sind hochstämmig.

Die auf Kälteinseln beschränkte Assoziation des Creux du Van, wo die Fichte «strauchig» bleibt und «wo ständig Kaltluft austritt und kaltes

Bodenwasser zirkuliert», hat Moor 1954 (Seite 547) provisorisch als *Tofieldio-Piceetum* beschrieben. In seinem Einvernehmen hat Richard 1961 (S. 87) die jurassischen Kümmerfichtenbestände in der Assoziation *Lycopodio-Mugetum* zusammengefaßt und zwei Subassoziationen unterschieden. Ob die Bestände vom Brühltofel, dem Schächental und dem Klöntal hier untergebracht werden können, halte ich noch für eine offene Frage. Jedenfalls weichen die Begleitfloren der alpinen Bestände in bezeichnenden Zügen unter sich und von den jurassischen ab. Gemeinsam sind ihnen der Kümmerwuchs der Fichte und die von Ort zu Ort wechselnden alpinen Arten. Allenfalls wäre als Oberbegriff die Benennung *Nanopiceo-Mugetum* angezeigt, und es könnte den abweichenden Begleitfloren durch Aufstellung von Subassoziationen Rechnung getragen werden. Dabei wären für Kalkböden Arten wie Zwergweiden, *Dryas* oder *Carex firma*, für kalkarme Böden die für Unterschächen erwähnten Arten heranzuziehen. Die Benennung könnte auch auf die reiche Moosflora abgestimmt werden, worüber soziologisch geschulte Bryologen zu befinden hätten. Eine Abklärung wird sich ergeben, sobald eine größere Zahl Kümmerfichtenbestände der Alpen erfaßt sind.

Als Schönheitsfehler mag der Benennung *Mugetum* der Umstand anhaften, daß *Pinus Mugo* im Schächental und im Klöntal den Beständen fehlt. Die Flyschböden des Schächentals haben nach Oechslin (1931, S. 107) keine Legföhrenbestände im Gegensatz zum benachbarten urnerischen Gebiet. Hier wie im Klöntal mag das Fehlen dahin gedeutet werden, daß die Versamung nach diesen kleinen, abseitigen Enklaven erschwert und bis jetzt mehr zufällig noch nicht gelungen ist.

b) *Höhenstufen*. Örtliche Kaltluft bewirkt, daß innerhalb verschiedener Höhenstufen eine Vegetation höherer Stufen inselartig auftritt, in der unteren Laubwaldstufe zum Beispiel Fichten von schütterem Wuchs mit montan-subalpinen Begleitarten, in der mittleren und oberen Laubwaldstufe zwerghafte Kümmerfichten mit subalpinen und alpinen Arten, in der unteren und mittleren Fichtenstufe Legföhren. Die Begleitpflanzen entsprechen aber nicht einheitlich einer um mehrere hundert Meter herabgedrückten Vegetation. Vielmehr fallen sie dadurch auf, daß sich unter ihnen Vertreter verschiedener Assoziationen höherer Lagen zu einem fremdartig anmutenden Mosaik auf kleinem Raum vereinen.

c) *Eisbildung*. Aus den noch ungenügend geklärten Fragen sei das Vorkommen von Sommereis herausgegriffen, sein Ursprung, seine Erhaltung und Neubildung. Die Annahme von Gletscherresten aus der Eiszeit scheidet schon deshalb aus, weil das Eis unter nacheiszeitlichem Bergsturz- und Gehängeschutt liegt, für die Chartreuse auch wegen der geringen eiszeitlichen Vergletscherung. Dagegen nimmt Gidon für die Chartreuse an, nach einem schneereichen Winter seien vor Jahrhunderten die Schneemassen durch einen Bergsturz zugedeckt worden und hätten sich seither unter der Wirkung kalter Luftströmungen erhalten. Für das Sommereis, das sich in

mehreren Gebieten in etwa 1 bis 3 m Tiefe vorfindet, dürfte jedoch feststehen, daß es sich während des Sommers vorweg neu bildet. Schuttüberdeckte Schneemassen brauchen daher als erste Ursache nicht herangezogen zu werden. Erinnerung sei an die Höhle von Baume bei Besançon, wo 1727 alles Eis ausgeräumt wurde und sich bis 1743 wieder eine dicke Eisschicht gebildet hatte. Von den überraschend vielen Höhlen der Schweiz, über die Paul Egli berichtet, nennt Alb. Heim mehrere jurassische, «in denen sich Eis bildet und ausgebeutetes Eis auch im Sommer regeneriert» (Geol. d. Schweiz I, 1919, S. 691). Inwieweit die Tatsache der Neubildung auch für Schuttmassen mit Windlöchern verallgemeinert werden darf, bleibt von Fall zu Fall zu untersuchen, wobei Messungen und Beobachtungen wie diejenigen von Pfaff, Steinbach und Richard wichtige Anhaltspunkte liefern. Jedenfalls hängt die Neubildung und Erhaltung von Sommereis von verschiedenen Bedingungen und ihrem Zusammenspiel ab: der Meereshöhe und damit vom Jahresmittel der Temperatur, der Sonnenlage, der Größe und dem Höhenunterschied der Schuttmasse, der Größe und Tiefe ihrer Hohlräume und immer von der Wasserzufuhr ins Innere des Schuttes.

d) *Ausblicke*. Die Kümmerfichtenbestände sind forstlich so gut wie bedeutungslos. Schon Felber verglich den Holzvorrat des Bestandes im Brühltofel mit einer fünf- bis achtjährigen Kultur mittlerer Bonität. Nützlichkeitsfanatiker könnten auf den Einfall geraten, die Wasserzufuhr ins Innere des Schuttes und damit den Kaltluftstrom zu unterbinden. Es wäre dann zu erwarten, daß sich im Lauf der Jahrzehnte allmählich eine der Höhenstufe entsprechende Waldvegetation einstellt, im Brühltofel zum Beispiel ein Buchenwald vom Aufbau des südwestlich benachbarten. Abgesehen von den Schwierigkeiten und hohen Kosten der Ableitung des Wassers wäre es höchst bedauerlich, wenn diese wenigen, kleinräumigen Bestände aus unserer Landschaft verschwänden, da sie zum Bild der heimischen Natur gehören und in ihrer seltsamen Eigenart auch der Wissenschaft erhalten bleiben sollten. Als sprechende Beispiele mögen sie den Förster darauf aufmerksam machen, daß der wenig freudige Wuchs von Waldbäumen, sofern diese auf Hängen mit unverkittetem Schutt stocken, durch kalte Bodenluft verursacht sein kann.

Über den hier angeschnittenen Wissensstoff und seine Probleme bleibt noch manches zu ergänzen und abzuklären. Für Mitteilungen jeder Art bin ich dankbar.

Résumé

L'auteur décrit des exemples de peuplements d'épicéa nain et rabrougri des Alpes d'Appenzell, de Glaris et d'Uri, dus à une circulation d'air froid dans des éboulis; il discute leurs conditions écologiques, leur flore étrange, leur sociologie, leur répartition dans les divers étages et le phénomène de la glace estivale. La bibliographie englobe une vingtaine de titres.

Literatur

- Bächler, Emil*: Der verwünschte oder verhexte Wald im Brüeltobel. Clubnachrichten der Sektion St. Gallen des SAC 18, 1946, Nr. 8, S. 91–96 (erweiterter Abdruck aus «Appenzeller Kalender» 1930). — Über *Bächlers* Vortrag vom Dezember 1914 in der St.-Gall. Naturwiss. Ges. siehe St.-Galler Tagblatt Nr. 295 v. 15. ds. und im St.-Galler Stadtanzeiger Nr. 295 v. 16. ds.
- Bartoli, Ch.*, und *Richard, J.-L.*, über associations forestières der Grande Chartreuse und Vergleiche mit dem Jura in: Annales de l'Ecole Nat. des Eaux et Forêts, etc. 19, 1962, S. 327–383
- Egli, Paul*: Beitrag zur Kenntnis der Höhlen in der Schweiz. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich 49, 1904, S. 286–369
- Felber, Th.*: Ein Zwergwald im Kanton Appenzell I.-Rh. Jahrbuch SAC 19 (1883/84), 1884, S. 574–577
- Fenaroli, Luigi*: Una stazione di piante microtermiche in Val Cavallina (Prealpi Bergamasche). Edizioni insubriche, Bergamo, 1962, 24 S.
- Furrer, Ernst*: Über «Windlöcher» und Kälteflora am Lauerzersee (Schwyz). Berichte des Geobot. Instituts d. ETH, Stiftung Rübel, Heft 32 (für 1960), 1961
- Gidon, Paul*: Glace fossile en Chartreuse. Travaux du Lab. de Géol. Grenoble. 36, 1960, S. 47–50
- Heer, Oswald*, und *Blumer-Heer, J. J.*: Der Kanton Glarus. Bd. 7 der «Gemälde der Schweiz». 1846. 665 S. (S. 21/22: *Heer, Oswald*: Wind- oder Wetterlöcher)
- Kasthofer, Karl*: (Zweite) Alpenreise über den Brünig, Prugel usw. Bern 1825
- Keller, Ferd.*: Bemerkungen über die Wetterlöcher und natürlichen Eisgrotten in den Schweizer Alpen. Neujaarsbl. d. Naturf. Ges. in Zürich. 1939, 10 S.
- Kuoch, Rolf*: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 30, 1954, S. 133–260
- Moor, Max*: Fichtenwälder im Schweizer Jura. Vegetatio 5/6, 1954, S. 542–552
- Moor, Max*, und *Schwarz, Urs*: Die kartographische Darstellung des Creux du Van-Gebietes. Beitr. Geobot. Landesaufn. d. Schweiz 37, 1957, 114 S.
- Morton, Friedr.*: Mikroklimatische Untersuchungen am *Rhododendron ferrugineum* L. im Bergsturzgebiete der Eppaner Gand. Der Schlern 33, 1959, S. 339–342 und 424–426. Bozen
- Richard, Jean-Louis*: Les forêts acidophiles du Jura. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse. 38, 1961, 164 S.
- de Saussure, Hor.-Bén.*: Voyages dans les Alpes 3, 1796
- Schaeftlein, Hans*: Ein eigenartiges Hochmoor in den Schladminger Tauern. Mitt. d. Naturwiss. Vereins für Steiermark 92, Graz 1962, S. 104–119. — (Ferner in: Natur und Land 49, 1963, Heft 5, S. 114–118.)
- Schröter, Carl*: Über die Vielgestaltigkeit der Fichte. Vierteljahrsschrift Naturf. Ges. Zürich 43, 1898. Sonderdruck 130 S.
- Schwalbe, B.*: Über Eishöhlen und Eislöcher usw. Festschrift des Dorotheenstädt. Realgymn. Berlin und Sep. 1886, 57 S.
- Steinbach, Albrecht*: Beobachtungen und Messungen an Eishöhlen im Westerwald und in der Eifel. Jahrb. d. Nassauischen Ver. f. Naturkunde 91, 1954, S. 8–36
- Steinmüller, Joh. Rud.*: Beschreibung der schweizerischen Alpen- und Landwirtschaft. Bd. I: Kanton Glarus, XII + 276 S.; Bd. II: Appenzell und St.-Galler Rheintal, X + 486 S. 1802 und 1804
- Streiff-Becker, Rudolf*: Die Windlöcher bei Ennetbühls. Mitteil. d. Naturf. Ges. Kt. Glarus 7, 1945, S. 247–255
- Walser, Gabriel*: Neue Appenzeller-Chronick. 1740
- Weiss, E. H.*: Eine Eis führende Schutthalde in den Gailtaler Alpen. Carinthia II, 68 (148), 1958, S. 62–63
- Auf weitere Schriften wird unter anderem verwiesen in *Bartoli, Furrer, Pfaff, Richard, Schaeftlein* und *Steinbach*.