Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

Band: 32 (1960)

Artikel: Über "Windlöcher" und Kälteflora am Lauerzerseee (Schwyz)

Autor: Furrer, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377589

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.07.2025

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

Montelucci, Giuliano: La veget. del Monte Terminillo. – Webbia **8**, 1952 (245–379) u. **9**, 1953 (49–359).
Montelucci, Giuliano: Appunti sulla vegetazione del M. Velino. – Nuovo Giorn.Bot. Ital. **65**, 1958 (237–334).
Ortolani, Mario: Il Massiccio del Gran Sasso d'Italia. – Roma 1942.
Ortolani, M. e Moretti, A.: Il Gran Sasso d'Italia. – Ricerche sulla morfologia carsica. 1950.
Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi, 1921/50; Bacini litorali adriat. Salinello/Fortore. – Ministero dei lavori pubblici, Servizio idrografico. Mit Niederschlagskarte. Roma 1957 (XXVI + 193).
Rivera, Vincenzo: Problemi dello sviluppo del Trifolium thalii in relazione col pascolo. – La Ric.scient.C.N.R. Roma 1955 (1–7).
Rivera, Vincenzo: Sulla degradazione botanica delle zone alte pascolative dell'Abruzzo aquilano. – La Ric.scient. **30**, 1960 (16). (Mit bibliogr. Hinweisen.)
Suter, Karl: Die eiszeitliche Vergletscherung des Zentralapennins. – Vierteljahrsschrift Naturf.Ges.Zürich **84**, 1939, Beibl. 31 (1–140).
Zodda, Gius.: La Flora teramana. – Webbia **10**, 1953 (1–317). Mit 4 Suppl.: Webbia **13**, 1957 (229–270); **14**, 1958 (213–242); **15**, 1960 (433–454); **16**, 1961 (165-193).
Zodda, Gius.: Storia della Botanica Teramana. – Centro Internaz. di Opere Magistr. di Teramo. 1958 (1–23).

ÜBER «WINDLÖCHER» UND KÄLTEFLORA AM LAUERZERSEE (SCHWYZ)

Von Ernst Furrer, Zürich

Inhalt

A. Flora. Liste von 25 montan-subalpinen Arten; Fundstellen; Hinweise auf ihre Verbreitung in der alpinen Stufe und im Vorland

B. Umwelt

I. Überblick. Schattenlage; Kälteseebildung; Kaltluftaustritte
II. Die Kaltluftaustritte. 1. Feststellungen am Lauerzersee. 2. Entdecker und Deuter. 3. Ursachen des Kaltluftstroms. 4. Verbreitung in den Alpen. 5. Gewerbliche Auswertung am Lauerzersee

C. Vegetation und Standorte. Felsen und Mauern. Schutt. Moosrasen. Zwerggesträuch

D. Andere Kaltluftbildungen. Schuttfelder; Klüfte und Höhlen; abgeschlossene Täler und Versickerungstrichter

E. Literatur

A. Flora

Anlässlich meiner Erhebungen über die Edelkastanie in der Innerschweiz stellte ich 1956 am Weinstein, einer freien Anhöhe von 671 m südlich des Lauerzer- oder Lowerzersees, 60 baumförmige Edelkastanien mit 82 Stämmen fest. Sie verteilten sich zwischen 600 und 640 m in S- und SW-Lage über Reussmoränen, mit denen das Kalkgestein dort überkleistert ist. Um so mehr war ich überrascht, nur 1 km weiter östlich in Seenähe, um 460 m, Gefäss-

pflanzen vorzufinden, deren Hauptverbreitung in die montan-subalpine Höhenstufe fällt. (Furrer, 1958, S. 139.) Die Liste der Funde, die sich bei genauerem Absuchen wohl noch erweitern liesse, ergänzte ich seither auf 25 Arten:

Asplenium viride
Lycopodium annotinum
Carex brachystachys
Salix appendiculata
Aconitum lycoctonum
Thalictrum minus s.l.
Arabis alpina
Kernera saxatilis
Saxifraga aizoides
S. aizoon
S. rotundifolia
Alchemilla nitida
Potentilla caulescens
Rosa pendulina
Rubus saxatilis
Rhododendron hirsutum
Vaccinium vitis idaea
Euphrasia salisburgensis
Lonicera nigra
Valeriana tripteris
Campanula cochleariifolia
Phyteuma orbiculare
Adenostyles glabra
Bellidiastrum michelii
Centaurea montana

Bei *Thalictrum minus* s.l. dürfte es sich nach Auffassung von Dr. E. Landolt, soweit das gesammelte Material eine Bestimmung zulässt, um *Th. saxatile* handeln. Für die Schweiz gilt, was Knut Faegri für Norwegen schreibt: «*Th. minus* belongs to a difficult taxon, and its affinities are far from beeing properly understood.» (Maps of distribution of norwegian plants I, 1960 S. 120.) – Die Bestimmung von *Alchemilla nitida* verdanke ich Dr. H. Hess.

Drei Arten dieser Liste gibt bereits J. Rhiner an: *Carex brachystachys (C. tenuis)* (III, S. 173), *Saxifraga aizoides* (I, S. 261) und *Rhododendron hirsutum* (II, S. 221).

Die Fundstellen häufen sich auf kleinem Raum bergseits der Fahrstrasse, wo diese das Südostufer des Sees säumt (Abb. 1). Nur wenige Meter über dem Seespiegel, der bei 447 m liegt, drängen sie sich, durch Steinbrüche und Kunstbauten unterbrochen, auf einer Strecke von rund einem Kilometer zusammen, liegen also um 455 bis 460 m. Die Standorte sind Felsen, Mauern, Schutt, feuchte Moosrasen und lockere Wälder in N- und NW-Lage.

Sechs Arten unserer Liste steigen über 3000 m, nämlich *Arabis alpina*, *Saxifraga aizoon* und *Campanula cochleariifolia* im Wallis (nach Becherer 1955) und in Graubünden (nach Braun-Blanquet und Rübel 1932/36), *Asplenium viride* und *Euphrasia salisburgensis* ausserdem im Wallis und *Vaccinium vitis idaea* in Graubünden. Weitere 7 Arten sind in der alpinen Stufe mehr oder weniger hoch hinauf verbreitet: *Kernera saxatilis*, *Saxifraga aizoides*, *Potentilla caulescens*, *Rhododendron hirsutum*, *Phyteuma orbiculare*, *Adenostyles glabra* und *Bellidiastrum michelii*.

Anderseits geht aus kantonalen und Lokalfloren der Schweiz hervor, dass alle 25 Arten auch unter die Montanstufe herabsteigen, nämlich bis an den

Fuss der Voralpen und in das Vorland hinaus. Dort halten sie sich vorwiegend an feucht-schattige Felsen und Schuttstellen und an Schluchtwälder. Die *Campanula* und *Saxifraga aizoides* schieben sich auch auf Flusskies weit ins Vorland vor. Das Vorkommen all dieser Arten gilt aber im Mittelland im allgemeinen als zerstreut und vereinzelt bis selten. Etwas häufiger sind im Mittelland lediglich *Bellidiastrum*, das auch auf quellige Standorte übergeht, und *Vaccinium*, das in Föhrenwäldern, Heiden und Mooren stellenweise gesellig auftritt. In der Schweiz liegt jedoch das Schwergewicht der Verbreitung für alle 25 Arten in der montanen oder subalpinen Höhenstufe oder in beiden zusammen.

Gelegentlich stossen mehrere dieser Arten zusammen in tiefere Lagen vor, so in der Linthebene bei Schänis, in Tobeln des Zürcher Oberlandes und anderwärts am N- und S-Fuss der Alpenkette. Aber wohl selten häufen sich montan-subalpine Gefässpflanzen in derart hoher Arten- und Individuenzahl auf engem Raum wie hier über dem Südostufer des Lauerzersees.

Unter den begleitenden Moosen, die Dr. Fritz Ochsner (Muri/Aargau) zu bestimmen die Freundlichkeit hatte, befanden sich keine Seltenheiten. Nach ihm kann lediglich *Cratoneuron decipiens* als subalpin angesprochen werden. Seine Mitarbeit sei hiemit bestens verdankt!

B. Umwelt

I. Überblick

Das Vorkommen so vieler montan-subalpiner Arten auf eng begrenztem Raum erklärt sich durch das Zusammenspiel mehrerer Umweltbedingungen: 1. die Schattenlage; 2. die Kälteseebildung im Becken des Lauerzersees; 3. vor allem durch das Ausströmen von Kaltluft am Fuss des Gehängeschutts.

Die Schattenlage ergibt sich nicht allein durch die vorwiegende N-Exposition. Es kommt hinzu, dass im S, E und W Bergketten aufragen. (Siehe Abb. 1: Lageplan.) Im S erhebt sich steil der Grat des Urmiberges, des östlichen Ausläufers der Rigikette. Im E zieht sich die Kette Hochstuckli–Mythen–Rotenflue hin, deren Gipfelhöhen zwischen 1500 und 1900 m liegen und deren Einsattelungen – Haggenegg, Zwischenmythen, Holzegg – nirgends unter 1400 m absinken. Im W springt der Rigi-Kulm mit rund 1800 m kulissenartig nordwärts vor. Selbst im Hochsommer fallen daher die Strahlen der Morgen- und Abendsonne nur kürzere Zeit seitlich ein.

Ein Kältesee bildet sich besonders im Winter im Becken des Lauerzersees, das nur durch einen schmalen Abfluss nach E offen steht, doch auch in Sommernächten, wenn sich die Luft in Berglage abkühlt und den Hängen

entlang zum Talgrund abfliesst. So erklären sich (nach Ab Yberg und Müller, S. 7) «zur Zeit der winterlichen Temperaturumkehr... die vielfach behaupteten gegenüber Schwyz tieferen Wintertemperaturen in Seewen und Ibach». Dieser Stau von Kaltluft und die winterliche Beschattung durch den Urmiberg, aber auch die geringe Seetiefe von höchstens 14 m und durch-

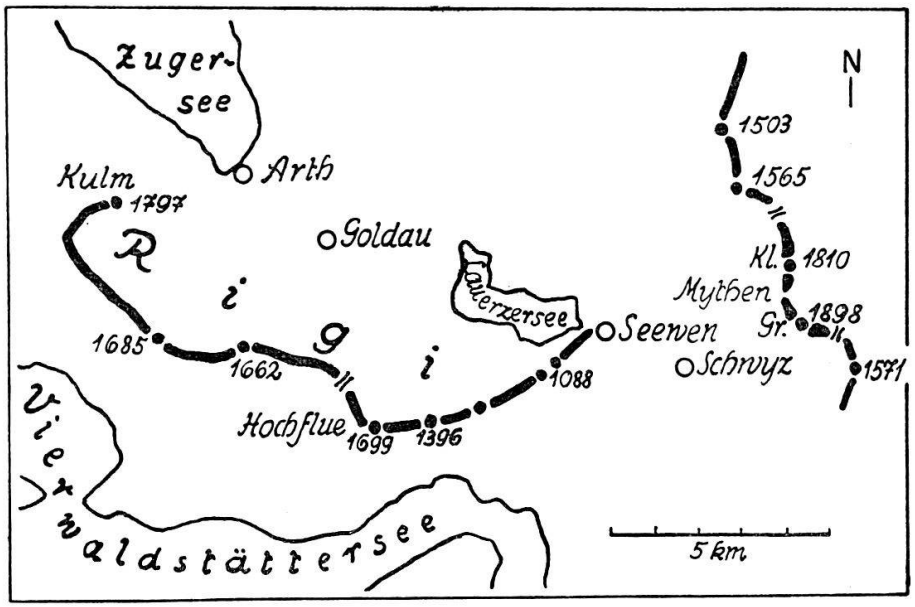

Abb. 1. Lageplan

schnittlich 7 m bewirken, dass der Lauerzersee in der Regel früh zufriert und die Eisdecke meistens lange bewahrt.

Die winterliche Kälteseebildung dürfte indes die Vegetation nicht wesentlich beeinflussen, zumal sie in die Zeit der Winterruhe der Pflanzen fällt. Sie erreicht auch nicht annähernd die Ausmasse wie etwa in den jurassischen Tälern von La Brévine und Joux oder im Versickerungstrichter der Sèche des Ambournex im Vallée de Joux, deren Klima und Vegetation Aubert (1900) und Pillichody (1921) anschaulich beschreiben. Schon die Föhneinbrüche bewirken zeitweilige Milderungen, und sie verzögern nicht selten die Eisbildung oder räumen mit der Eisdecke vorzeitig auf.

Von entscheidendem Einfluss sind zweifellos die Kaltluftaustritte am Fuss des Gehängeschutts. Diese Erscheinung müssen wir näher betrachten.

II. Kaltluftaustritte

1. Feststellungen am Lauerzersee. Nach der geologischen Karte der Rigihochfluhkette von Buxtorf reicht der Gehängeschutt vom See bis etwa zwischen 150 und 250 m weit hinauf, nämlich bis um 600 und 700 m, und am obern Ende ist er von schroffen Kalkfelswänden überragt. Am Fuss dieser Schutthalden, hart über der Uferstrasse, tritt an vielen Stellen Kaltluft aus. Am 10. August 1960, einem warmen Tag, als die Lufttemperatur

zwischen 15 und 16 Uhr etwa 20° betrug, mass ich beim «Bierkeller» (genau nördlich P. 1088 des Lageplans) an mehreren Stellen die ausströmende Luft und stellte jedesmal 4° fest. Im Vergleich zum Augustmittel innerschweizerischer Stationen bedeutet dies einen Unterschied von etwa 13°. (Siehe Tabelle über Temperaturen innerschweizerischer Stationen in FURRER, 1958, S. 101.) Bei diesen Messungen beschlug sich das Thermometer innert weniger Minuten mit Wassertröpfchen. Die Luft muss also sehr feucht sein. Wenn man die Hand in die Mündung einführt, spürt man ausser der ausströmenden Kaltluft die Feuchtigkeit auf der Haut und an den Wänden. Die darin befindlichen Moose triefen vor Nässe. Nach Austritt aus dem Schutt fliesst die Kaltluft oberflächlich zur Strasse und zum See ab. Man kann sich vergegenwärtigen, dass die vielen kleinen Kaltluftströme, je nach Oberflächengestalt, einzeln oder wohl häufiger in vielfacher Verzweigung gleich einem Adernetz durch die Pflanzendecke hindurchrieseln. Die ungleiche Verteilung und Intensität tragen dann zur Schaffung des Kleinmosaiks der Vegetation bei.

2. Entdecker und Deuter. Kaltluftaustritte am Fuss von Gehängeschutt sind bei der Bergbevölkerung seit Jahrhunderten bekannt und werden von ihr als Kühlräume für Milch, Käse, Wein und andere Lebens- und Genussmittel ausgewertet. Schon Johann Leopold CYSAT (1601–1663), der Luzerner Chronist, erwähnt deren Vorkommen und Bedeutung im Jahr 1661, also vor genau 300 Jahren, in seiner denkwürdigen Schilderung des Vierwaldstättersees und seines Umgeländes. Hören wir seine eigenen bildhaften Worte (S. 241):

«Es habe auff denselbigen Allpen hin unnd wider / besonders auff Niderbawen / Emmetten / unnd dann auff der Beckenrieder Allp Träbern / auff dem Schwalmis unnd anderswo / vil Windlöcher / wie dergleichen an vilen anderen Orthen umb disen See zufinden / unnd gleich wie die Innwohner der Statt Cläven am Comersee ihre Weinkeller / unfehrn von der Statt / mit grossem ihrem Nutzen für solche Windlöcher (welche sie Grotten heissen / bawen (weil sie zuvor wegen der grossen Hitz ihre mastigen Wein nicht hindurch bringen konten / jetzo aber in solchen Kelleren kein Gefahr haben / das Gebürg hat hin unnd wider Klüfften / Athem / unnd Lufftlöcher / uber welche sie schöne Lust- und Sommerhäuser / und wie gemelt / treffenliche Weinkeller bawent / von welchem Bergwind so kalt werden / dass mans darin nicht erleyden mag; also unnd ebner Gstalt / 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.»

An diesem Beispiel erweist es sich wieder einmal, mit welch gesundem Spürsinn der naturverbundene Bauer die Gegebenheiten seines Lebensraumes erfasst und auswertet.

Über Windlöcher berichtet sodann, unabhängig von CYSAT, der vielseitige

Zürcher Gelehrte Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733), der grosse Alpenreisen unternommen und einen überaus regen Briefwechsel mit etwa 800 Gewährsleuten des In- und Auslandes unterhalten hat. So schreibt er in der Aerographia (1723, S. 9/10), gestützt auf Jacobus Picenin, Pfarrer in Soglio, unter anderem, dass in die Weinkeller oder Grotten von Chiavenna (Cleven) kalte Luft aus Bergspalten hereinwehe. Ausführlicher spricht sich Scheuchzer in den «Itinera Alpina» (S. 103) darüber aus und bezieht sich auf das Schreiben seines Gewährsmannes Jacobus Picenin aus dem Jahr 1700 und einer zusätzlichen Mitteilung des Sohnes Antonio Picenin, eines Schülers von Scheuchzer. In den Itinera verweist Scheuchzer auf zwei Quellen: J. J. Wagner (Historia naturalis Helvetiae curiosa, Zürich, 1680), der – wie ich feststelle – (S. 40/41) weitgehend aus Cysat schöpft, und auf Joh. Guler v. Weineck (Raetia, Das ist Aussführliche... Beschreibung der dreyen Loblichen Grawen Bündten, Zürich, 1616), in dessen ausführlicher Schilderung von Cleven (Chiavenna) er (S. 197) auch die Vorzüge der Weingrotten preist; denn darin «kan man sich grad in der höchsten Hitz lieblich erkülen». (Mehrere dieser Hinweise verdanke ich Dr. Rud. Steiger, der das «Verzeichnis des wissenschaftl. Nachlasses von Joh. Jak. Scheuchzer» verfasst hat, erschienen in der Vierteljahrsschrift N.G.Z., 78, 1933; 75 S.)

Die ursächlichen Zusammenhänge hat als erster der Genfer Horace Bénédict de Saussure (1740–1799), der Begründer der physischen Geographie und Geologie der Alpen, geklärt. «Ce phénomène», schreibt er (S. 209), «a constamment piqué ma curiosité; je n'ai négligé aucune occasion de l'étudier, ... et je finirai par dire ce que je pense de sa cause.» Er hat in Italien Höhlen und Grotten besucht, machte 1771 und 1777 seine Beobachtungen und Messungen in Caprino bei Lugano, 1777 in Chiavenna, 1783 auch im nidwaldnischen Hergiswil und legte die Ergebnisse in Band 3 (S. 209–230) seiner «Voyages dans les Alpes» nieder. Marc Auguste Pictet (1752–1825) stützt sich 1822 (u.a. S. 280) auf de Saussures Forschungen.

Ebenfalls auf Grund eigener Anschauung behandelt 1839 Ferdinand Keller (1800–1881), der Zürcher Altertumsforscher, die «Wetterlöcher» der Innerschweiz. Er schildert sie sehr anschaulich und deutet den Luftstrom in Anlehnung an de Saussure, auf den er sich beruft. Die Darstellung de Saussures haben auch Verfasser von Alpenbüchern übernommen, so Joh. Gottfr. Ebel und später Friedrich v. Tschudi in seinem «Thierleben der Alpenwelt» (in der 2. Aufl., 1854, S. 31/33).

Von neueren Bearbeitern nenne ich Wilhelm Pfaff (1859–1933), der im Südtirol jahrelang die Eislöcher und Kaltluftaustritte botanisch und meteorologisch erforscht und die bestehenden Theorien erörtert hat. Er bezieht sich vorwiegend auf österreichische Schriften. Die früheren Erkenntnisse schwei-

zerischer Forscher scheinen ihm, abgesehen von Albert Heims kurzen Hinweisen im «Kosmos», entgangen zu sein.

3. Ursachen des Kaltluftstroms. Der absteigende Luftstrom im Gehängeschutt kommt dadurch zustande, dass oben Luft eindringt, sich im Innern abkühlt und vermöge der Schwere durch die vielen Lufträume absinkt. Die nachdrängende Kaltluft bedingt den unten austretenden Luftstrom. Die Schutthalde wirkt also wie eine Windröhre und erzeugt ein Gebläse. Ferd. Keller vergleicht die Luftbewegung im Schuttkegel mit der eines Bergwerks (Abb. 2.). Genau so wie im Schuttkegel die Luft etwa zwischen d und e in den Schutt hinein- und bei f als Kaltluft ausströmt, so sinkt sie im Bergwerk durch den Schacht von a bis c und weht bei b aus dem Stollen heraus. In Seelisberg hat er die Bauern eingehend darüber befragt und die Milchhäuschen oder Milchkeller aufgesucht, die dort bei den Kaltluftaustritten in den Berg hineingebaut sind. Die Bauern wussten darüber genau Bescheid. Nach ihren Auskünften tritt die Kaltluft nur während der warmen Jahreszeit aus. An trockenen, warmen Sommertagen sei der Blas am kräftigsten, bei Regenwetter schwächer; er zeige also das Wetter an, was zur Bezeichnung «Wetterlöcher» Anlass gegeben hat. Die Milchhäuschen sind auf der Bergseite nicht zugemauert, so dass die Kaltluft frei zuströmen kann. Ferd. Keller hat an einem sonnigen Sommertag die Temperaturen 18–20 °R für die Aussenluft und 4–6° für die Kaltluft festgestellt, und aus den Löchern hat er Eis herausgestochert. Im Winter – so erzählten die Bauern – spüre man keinen Blas, und es sei warm in den Hüttchen. Auch nach Pfaff kann im Winter die Strömung zum Stillstand kommen, zumal bei Schneebedeckung, oder dann setzt sie in umgekehrter Richtung ein. Die Feuchtigkeit der Kaltluft führt Pfaff darauf zurück, dass der Grund des Gehängeschutts vorwiegend feinkörnig ist und grosse Mengen Wasser speichert, das von oben

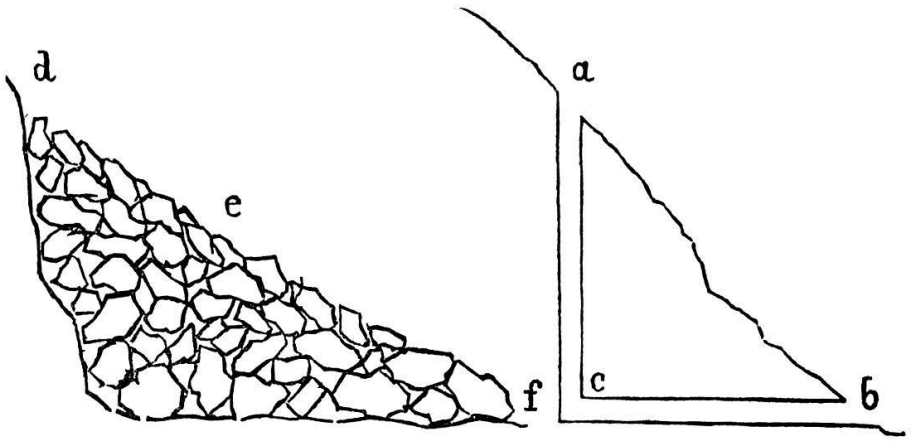

Abb. 2. Links: Schutthang; rechts: Schacht und Stollen eines Bergwerks; schematische Profile. Erläuterung im Text. Aus Ferd. Keller, 1839

her als Niederschlagswasser, zu Zeiten auch als Schmelzwasser einsickert. Wenn die austretende Kaltluft oft mehrere Grade unter dem Jahresdurchschnitt der Aussentemperatur liegt, so ist dieser Unterschied auf die Verdunstungskälte zurückzuführen.

4. Verbreitung. Windhöhlen, Windlöcher oder Wetterlöcher – wie Ferd. Keller sie nennt –, gekennzeichnet durch sommerlichen Kaltluftaustritt, sind in den Alpen sehr verbreitet. Von Seelisberg erwähnt Ferd. Keller «unzählige», davon eine Stelle mit 11 Milchhäuschen, eine andere ebenfalls mit mehreren Hüttchen. Auf der «Alpe Emmetten» seien 10 Milchkeller errichtet. Weitere Windlöcher, mit und ohne Milchhäuschen, zählt er u.a. auf für das Isental und Schächental, wo sie Nidleren heissen, für Obwalden, für Hergiswil mit 10 Milchhäuschen und für den Stanserberg in Nidwalden, für das Klöntal, für Quarten am Walensee. Beim Bau der Walenseestrasse musste in Unterterzen, wo sie durch eine Bergsturzablagerung führte, ein Kaltluftkeller erneuert werden, und die damit verbundenen Messungen und Beobachtungen seitens Ing. Thommen (1939/41) ergaben das seit de Saussure bekannte Bild. Vom Nordhang des Bürgenstocks berichtet ein ungenannter deutscher Feriengast im «Kosmos» (1923), dass er am Weg von der Schiffstation Kehrsiten nach Matt einen Kaltluftstrom wahrnahm, der aus einem Spalt wehte und noch in über 2 Meter Entfernung fühlbar war. Bei der Hitze des Juninachmittags schien er «eiskalt» zu sein. Er erweckte seine Aufmerksamkeit, weil «sich die vor ihm stehenden Pflanzen in steter zitternder und schwankender Bewegung befanden». In den Spalt hineingeworfene trockene Blätter wurden sofort wieder herausgewirbelt. Die Schriftleitung des «Kosmos» hat auf diesen Bericht hin Albert Heim um Aufklärung gebeten, woraufhin Heim die Eigenart und den Hergang dieser Erscheinung im Sinn von de Saussure und Ferd. Keller erläuterte.

Auch auf der Südseite der Alpen sind Kaltluftaustritte häufig. Die Bewohner werten sie vor allem als Weinkeller aus. Ein Beispiel für subalpine Pflanzen, die sich bei einem Grotto im Puschlav auf 730 m Höhe fanden, führt Becherer an. Ferner weist Ellenberg (1960, S. 113) auf einen «Eiskeller» im Hangschutt hin, den Canaval (1893) und Weiss (1958) aus dem Gailtal in den Kärntner Alpen beschrieben haben.

5. Gewerbliche Auswertung am Lauerzersee. Am Lauerzersee ist die Kaltluft in Verbindung mit Eisgewinnung gewerblich ausgewertet worden. Johann Bättig (1825–1881), gebürtig aus Ufhusen im luzernischen Napfgebiet, liess sich in Seewen nieder und gründete 1852 eine Bierbrauerei, deren Betrieb von seinem Sohn 1894 eingestellt wurde, und er errichtete am Südufer des Lauerzersees, wo Kaltluft aus dem Schutt tritt, einen Bierkeller, der auf den Siegfriedblättern und auf der Landeskarte (Blatt 1151, «Rigi», 1 : 25000)

noch mit diesem Namen bezeichnet ist, obwohl er längst nicht mehr der Lagerung von Bier dient, jedoch noch als Eiskeller benützt wird. Dieser erstreckt sich 18 m tief in den Berg hinein und ist je etwa 5 m breit und hoch. Ein kalter Luftzug vom Berg her ist darin deutlich spürbar. Fast jeden Winter wird Eis in Platten von 60/60 cm eingelagert, insgesamt etwa 1500 q. Es hält sich darin bis in den Herbst hinein und schwindet nur etwa um einen Drittel. Verwendung findet es im eigenen Bierdepot Seewen und wird auch an Betriebe benachbarter Ortschaften abgegeben.

Noch um die letzte Jahrhundertwende und darüber hinaus bis zum Ersten Weltkrieg befassten sich mehrere Unternehmer mit Eisgewinnung. Besonders die grossen Hotels in Brunnen und Metzgereien wurden damals mit Eis beliefert, und Eis wurde sogar bis nach Paris versandt. Mit der Einrichtung von Kühlanlagen gingen diese Unternehmungen allmählich ein, und seit Jahren wird nur noch von Karl Bättig, dem Enkel des Gründers der Brauerei, Eis ausgebeutet. Ihm verdanke ich die vorerwähnten Auskünfte.

C. Standorte und Vegetation

Ich beschränke mich auf einige Hinweise, da ich nur gelegentliche Aufzeichnungen und Beobachtungen gemacht habe. Auch sind die Pflanzengesellschaften nicht leicht erfassbar; denn infolge der rasch wechselnden und eng umgrenzten Standorte sind sie in Kleinmosaike und Fragmente aufgesplittert und zudem durch Strassenbauten, verlassene und neu erschlossene Steinbrüche und andere Eingriffe stark gestört.

Die Felsen bergseits der Uferstrasse liegen nicht unmittelbar im Bereich der Kaltluft, die dem Gehängeschutt entströmt. Massgebend für das Vorkommen montan-subalpiner Arten ist die Schattenlage. Immerhin dürfte die Ansammlung ausströmender Kaltluft das örtliche Klima beeinflussen.

Auf einem Felsen mit vielen Ritzen und kleinen Nischen neben dem neuen Steinbruch am E-Ende des Lauerzersees stellte ich fest:

Etwa 80° N; Deckung ohne Moose 60%; 8 m²

Dryopteris robertiana	+	*Thalictrum minus* s.l.	+
Scolopendrium vulgare	+	*Geranium robertianum*	+
Asplenium trichomanes	+	*Veronica urticifolia*	+
Selaginella helvetica	2	*Galium asperum*	+
Sesleria coerulea	3	*Valeriana tripteris*	+
Stipa calamagrostis	+	*Scabiosa columbaria*	1
Carex brachystachys	1	*Knautia silvatica*	+
Carex digitata	1	und vereinzelt *Ligustrum vulgare*	

Ausserdem Moose, gesamt mit Häufigkeit 3: *Ctenidium molluscum*, *Lophozia muelleri* und *Solenostoma triste*.

An einer benachbarten Stelle mit ähnlichen Bedingungen, jedoch geringerer Deckung, notierte ich:

Dryopteris robertiana
Selaginella helvetica
Sesleria coerulea
Tofieldia calyculata
Anthericum ramosum
Saxifraga aizoides
Potentilla caulescens
Lathyrus vernus
Laserpitium siler
Vincetoxicum officinale
Valeriana tripteris
Campanula rotundifolia
Campanula cochleariifolia
Phyteuma orbiculare
Adenostyles glabra
Hieracium murorum

und als Strauch *Coronilla emerus.*

Mauern verhalten sich ähnlich wie Felsen, sind aber standörtlich ungleich und eignen sich kaum für soziologische Aufnahmen. An der Mauer des Eiskellers wuchern massenhaft *Cystopteris fragilis*, *Arabis alpina*, *Saxifraga rotundifolia* und *Campanula cochleariifolia.* Nahe der Westecke des Gebäudes überziehen die 3 Blütenpflanzen mit gleicher Üppigkeit grössere Gesteinsbrocken.

Über der östlich anschliessenden Stützmauer gedeihen auf rund 1 m² mit 100prozentiger Deckung:

Cystopteris fragilis	1	*Parnassia palustris*	+
Deschampsia flexuosa	1	*Veronica urticifolia*	+
Arabis alpina	+	*Valeriana tripteris*	+
Salix appendiculata	+	*Campanula cochleariifolia*	2
Saxifraga rotundifolia	2	*Bellidiastrum michelii*	+

dazu in der Moosschicht, mit gesamthafter Häufigkeit 4: *Erythrophyllum recurvirostrum*, *Bryum* spec., *Cratoneuron filicinum*, *C. decipiens*, *Preissia quadrata.*

Offener Gehängeschutt ist sehr spärlich und kleinräumig. Da und dort häuft er sich in wenigen Quadratmetern am Fuss von Felsen und Klüften, die bergseits die Strasse säumen, und er wird anscheinend von Kräutern und Sträuchern rasch besiedelt. Nächst dem Steinbruch stellte ich auf 2 solchen Flächen von je rund 3 m² die 3 bis 6 m hohen Holzpflanzen *Corylus avellana*, *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* fest, dazu auf vorwiegend offenem Boden jedesmal *Aconitum lycoctonum*, auf einer benachbarten Schuttstelle ferner *Adenostyles glabra.*

Diese 3 Gehölze sind als zufällig zu betrachten. Auf einer nahen Schuttfläche fand ich als mehrere Meter hohe Gehölze *Fraxinus excelsior* und *Salix appendiculata*, dazu *Coronilla emerus*, und als Unterwuchs:

Sesleria coerulea	3	*Angelica silvestris*	+
Deschampsia caespitosa	+	*Laserpitium Siler*	+
Carex brachystachys	+	*Valeriana tripteris*	+
Anthericum ramosum	+	*Campanula cochleariifolia*	+
Thalictrum minus s.l.	+	*Buphthalmum salicifolium*	r

Moosrasen oberhalb «Bierkeller», stellenweise stark durchfeuchtet, weil hart darüber an einzelnen Stellen feuchte Kaltluft dem Schutt entströmt; 20° N, 460 m; 20 m².

Moose: Häufigkeit gesamthaft 5:

Hylocomium splendens
Dicranum scoparium
Ctenidium molluscum
Scleropodium purum
Dicranodontium denudatum
Thuidium tamaricinum
Erythrophyllum recurvirostrum
Plagiothecium
Pohlia cruda
Encalypta streptocarpa
Georgia pellucida

Kräuter:

Cystopteris fragilis	+	*Saxifraga aizoides*	2.2
Dryopteris linnaeana	+.2	*Saxifraga rotundifolia*	1.2
Dryopteris filix femina	+.2	*Rubus saxatilis*	r
Calamagrostis varia	+	*Oxalis acetosella*	1.3
Poa nemoralis	+	*Pyrola secunda*	2.2
Luzula silvatica	+	*Veronica urticifolia*	+
Moehringia muscosa	+.2	*Valeriana tripteris*	+.2
Arabis alpina	+	*Knautia silvatica*	+
Chrysosplenium alternifolium	+	*Campanula cochleariifolia*	2.3
Parnassia palustris	+	*Centaurea montana*	+

Strauchschicht:

Picea abies	+	*Salix appendiculata*	1

Beide Arten je ½–1 m, *Salix* vereinzelt bis 3 m; *Picea* serbelnd oder tot.

Das Zwerggesträuch von *Rhododendron hirsutum* und *Vaccinium myrtillus* beobachtete ich wiederholt unweit des Bierkellers. Ich fasse in der nachstehenden Übersicht zwei Flächen von unregelmässigem Umriss zusammen, je rund 20 m², etwa 300 bis 350 m vom Bierkeller entfernt Richtung Seewen, 460 m, 25–30° NNW.

Baumschicht locker; Deckung 30–50%; *Picea* und *Abies*, besonders *Picea* von schütterem Wuchs, bis um 12 m hoch.

Strauchschicht, ½–4 m; Sträucher (besonders *Salix*) oft hangabwärts geneigt; Deckung 20–50%; *Picea* serbelnd oder tot.

Picea abies	2	*Sorbus aucuparia*	1
Abies alba	2	*Rosa pendulina*	+
Salix appendiculata	2	*Rubus idaeus*	r
Corylus avellana	r	*Fraxinus excelsior*	1
Alnus incana	+	*Lonicera nigra*	1
Betula pendula	+	*L. xylosteum*	r

Kraut- und niedere Strauchschicht (bis ½ m); Deckung 95%.

Athyrium filix femina	+	*Calamagrostis varia*	1
Dryopteris dilatata	+	*Poa nemoralis*	1
D. Linnaeana	+	*Sesleria coerulea*	+
D. phegopteris	r	*Luzula silvatica*	1
Lycopodium annotinum	+	*Majanthemum bifolium*	+

Goodyera repens	+	*Vaccinium myrtillus*	4
Arabis alpina	+	*V. vitis idaea*	1
Saxifraga rotundifolia	+	*Calluna vulgaris*	+
Potentilla erecta	+	*Erica carnea*	+
Rubus saxatilis	+	*Veronica urticifolia*	+
Oxalis acetosella	2	*Galium pumilum*	+
Daphne mezereum	r	*Valeriana tripteris*	1
Epilobium montanum	+	*Knautia silvatica*	1
Angelica silvestris	+	*Campanula rotundifolia*	+
Pyrola minor	+	*Solidago virgaurea*	+
P. secunda	r	*Centaurea montana*	+
Rhododendron hirsutum	2	*Prenanthes purpurea*	+

Ausser diesen Arten ziemlich zahlreiche Jungpflanzen der Strauch- und Baumschicht sowie vereinzelte zufällige Arten.

Moosschicht sehr gut entwickelt; Deckung 100%. Die häufigste Art ist *Hylocomium splendens*. Häufig ist ferner *Rhytidiadelphus triquetrus*. Ferner sammelte ich: *Polytrichum formosum, Eurhynchium striatum, Mnium undulatum, M. affine, Pohlia cruda* und *Plagiochila asplenioides*.

D. Andere Kaltluftbildungen

Nur mit ein paar Hinweisen sei einiger weiterer Vorkommen von Kaltluft in Schutt, Felsklüften, Höhlen, Mulden und Trichtern gedacht. Kaltluft sammelt sich auch in Schuttfeldern, die meist von Bergstürzen herrühren. Doch sind hier der Stau und die Speicherung von Kaltluft bezeichnender als die Strömung. Pfaff hat diese Erscheinung in Überetsch untersucht. Bergsturzschutt kann auch am Fuss von Gehängeschutt abgelagert sein, so dass sich die beiden Typen mit strömender und gestauter Kaltluft einander örtlich anschliessen. Die Kaltluftwirkung kann sich dann im Bergsturzfeld verstärken. Dieser Fall liegt in Überetsch vor, desgleichen im Creux du Van im Neuenburger Jura, wo sich unterhalb des Gehängeschutts in etwa 1200 m eine Bergsturzmasse ausbreitet und sich Eis bis in den Sommer hinein hält. Ortsklima und Vegetation haben Moor (1954, 1957), Schwarz (1955, 1957) und neuerdings eingehend J.-L. Richard (1961, S. 99–110) beschrieben.

Wiederum andersartig ist die Eisbildung in Höhlen und Klüften, wie sie zum Beispiel vom Schafloch am Sigriswilergrat, 1780 m, seit Jahrhunderten bekannt ist. G. H. Dufour, der nachmalige General, beschreibt sie bereits 1822, und von Konrad Melchior Hirzel, zürcherischem Regierungsrat, gibt Ferd. Keller eine anziehende Schilderung wieder. Von späteren Darstellungen sei auf Körber und auf Jaeger verwiesen. Über vereiste Höhlen und Klüfte im Jura hat als erster der Genfer M. A. Pictet genaue Untersuchungen angestellt. Die Ergebnisse hat er 1822 an der Tagung der Schweizer Naturforscher in Bern vorgelegt.

Schliesslich sei nochmals an die abgeschlossenen Juratäler und seine Versickerungstrichter erinnert, auf deren Grund sich Kaltluft in Form eines

Kältesees ansammelt. Eine Hohlform mit der wohl auffälligsten Temperatur- und Höhenstufenumkehr in den Alpen ist die Gstättneralm, eine Doline in 1270 m bei Lunz in den niederösterreichischen Kalkalpen, zusammenfassend beschrieben von Gams und Wagner. Hinweise auf Insekten und Wintertemperaturen finden sich im Beitrag von W. Kühnelt des Exkursionsführers zum XI. Internat. Entomologenkongress Wien 1960, S. 77 und 78. (Verlag Naturhist. Mus. Wien.) Der Förster kennt die Frost- und Kältelöcher wegen der gefürchteten Frostwirkung auch aus Waldlichtungen, die rings von Hochwald umschlossen sind.

Ausser den bereits genannten Herren verdanke ich verschiedene Hinweise Dr. Alfred Becherer (Lugano), Staatsarchivar Dr. Willy Keller (Schwyz) und dem Meteorologen Walter Kuhn (Zürich).

E. Literatur

Ab Yberg, A. u. Müller, Aug.: Ortsplanung Schwyz 1947. – Vervielfältigung.

Aubert, Sam.: La flore de la Vallée de Joux. – Bull.Soc.vaud.sc.nat. **36** (No. 138), 1900, S. 327–741.

Becherer, Alfred: Eine Kälteflora im Bereich der Brusasker Grotti (Puschlav). – Ber.Schweiz.Bot.Ges. **62**, 1952, S. 664.

Buxtorf, A.: Erläuterung zur geol. Karte der Rigihochfluhkette, 1916. Hiezu: Buxtorf, A.: Geol. Karte d. Pilatus-Bürgenstock-Rigihochfluhkette; Blatt III: Rigihochfluhkette, 1 : 25000. Spezialkarte 29a. 1913.

Cysat, Joh. Leop.: Beschreibung dess Berühmbten Lucerner- oder 4-Waldstättensees usw. – 1661. 256 S. + Register usw.

Dufour, Guillaume-Henri: Notice sur la caverne et glacière naturelle du Rothorn dite Schafloch. – Bibliothèque universelle (Genève) **21**, 1822, S. 113–118.

Ellenberg, Heinz: Ökologische Pflanzengeographie. – Fortschr.d.Botanik **22**, 1960, S. 112–130.

Furrer, Ernst: Die Edelkastanie in der Innerschweiz. – Mitt.schweiz.Anst.forstl. Versuchsw. **34**, 1958, S. 89–182.

Gams, Helmut u. Wagner, Heinr.: «Nordalpen.» – In Exk.führer für die 11. IPE durch die Ostalpen 1956, S. 110. Angew.Pfl.soziol. **16**, Wien 1956. – Über die Gstättneralm ferner die hier erwähnten Arbeiten von Aigner 1952, Gams 1935 u. Schmidt 1930 sowie Sauberer u. Dirmhirn in Arch.f.Met.Geophys.Biokl.Ser. B 5, 1954 u. in Wetter u. Leben **8**, 1956. (Nach freundl. Mitteilung v. Prof. Heinr. Wagner, Wien.)

Heim, Albert in Kn. [Kellen, Toni] u. Anonym: Gebläse aus den Gebirgen. Kosmos **20**, 1923, S. 68–70.

Jaeger, Fritz: Eine wenig bekannte Eishöhle im Sigriswilergrat. – Jahrb. S.A.C. **41**, 1905/06, S. 231–237.

Keller, Ferd.: Bemerkungen über die Wetterlöcher und natürlichen Eisgrotten in den Schweizeralpen. – Neujahrsbl.d.Naturf.Ges. in Zürich auf das Jahr 1839, 41. Stück, 10 S.

Körber, H.: Das Schafloch. – Jahrb. S.A.C. **20**, 1884/85, S. 316–343.

Moor, Max: Fichtenwälder im Schweizer Jura. – Vegetatio **5/6** (Festband Braun-Blanquet), 1954, S. 542–552.

Moor, Max u. Schwarz, Urs: Karte der Pflanzengesellschaften des Creux du Van-Gebietes. Beitr.Geobot.Landesaufn.d.Schweiz **37**, 1957, 114 S.

Pfaff, Wilhelm: Die Eislöcher in Überetsch usw. – Schlern-Schriften **24**, Innsbruck 1933, 72 S.

Pictet, Marc Auguste: Mémoire sur les glacières naturelles qu'on trouve dans quelques grottes du Jura et des Alpes; lu à la SHSN, session à Berne, juillet 1922. – Bibliothèque universelle (Genève), **20**, S. 261–284.
Pillichody, A.: Von Früh- u. Spätfrösten u. über Frostlöcher. – Schweiz.Ztschr.f. Forstwesen **72**, 1921, S. 33–40.
Rhiner, Jos.: Die Gefässpfl. der Urkantone u. von Zug. – Jahrb.St.-Gall.Naturw.Ges. 1891/92, 1892/93, 1893/94.
Richard, Jean-Louis: Les forêts acidophiles du Jura. – Beitr.z.geobot.Landesaufn.d. Schweiz **38**, 1961, 164 S.
de Saussure, Horace Bénédicte: Voyages dans les Alpes. – Bd. 3, 1796.
Scheuchzer, Joh. Jak.: Aerographia Helvetica. – Pars I. Tiguri, Officina Gesneriana, 1723.
Scheuchzer, Joh. Jak.: Itinera alpina, ed. 1723.
Schwarz, Urs: Die natürl. Fichtenwälder des Juras. – Beitr.z.geobot.Landesaufn.d. Schweiz **35**, 1955, 143 S.
Thommen, E.: Natürl. Luftströmungen in Felsklüften, Höhlen, Tunnel usw. Dez. 1939, 24 S., mit Nachtrag v. Jan. 1941, 2. S. (Vervielfältigungen.) – Vermittelt durch A. v. Moos, Geologe, Zürich.

ERFASSUNG UND DARSTELLUNG MEHRDIMENSIONALER VERWANDTSCHAFTS-BEZIEHUNGEN VON SIPPEN UND LEBENSGEMEINSCHAFTEN

Von Helmut Gams, Innsbruck

(Erweiterte Wiedergabe eines im Geobotanischen Institut am 11. November 1960 gehaltenen Kolloquiumvortrags)

Mit dieser Erörterung wird eine Diskussion fortgeführt, an der sich der Verf. schon vor 44 Jahren im alten Rübel-Institut im Herbst 1917 durch ein Kolloquiumreferat über Cajanders Waldtypen beteiligt hat, aus dem dann seine ursprünglich nur als theoretische Einleitung zu seiner Walliser Vegetationsmonographie geplante Dissertation «Prinzipienfragen der Vegetationsforschung» hervorgegangen ist. Der erst 1927 in den Beitr. z. geobot. Landesaufnahme erschienene Hauptteil der Monographie ist zur Habilitationsschrift geworden, auf die noch zahlreiche, meist kleinere Beiträge zum gleichen Fragenkomplex gefolgt sind.

Diese Fragen nach der Erfassung und Darstellung der verwandtschaftlichen Beziehungen von Arten und Lebensgemeinschaften verschiedensten Ranges sind trotz der grossen Zahl der seither darüber erschienenen Arbeiten und mancher eingetretenen Klärung noch immer fast ebenso aktuell wie zur Zeit der Gründung des Geobotanischen Instituts. So widme ich diesen neuen Beitrag dem Andenken an seine Gründer und ersten Kuratoren, meine Lehrer Schröter, Rübel und Brockmann.

I. Phylogenetische oder Sippenverwandtschaft und ökologische oder biozönotische Verwandtschaft

Die Einheiten der Vegetation sind bis in die neueste Zeit oft mit den Sippen oder Taxa des phylogenetischen Systems verglichen und gleich diesen