Zeitschrift: Mitteilungsheft / Heimatkundliche Vereinigung Furttal
Herausgeber: Heimatkundliche Vereinigung Furttal
Band: 6 (1968)

Artikel: Das "Eisloch" an der Lägern : eine lokalklimatische Untersuchung
Autor: Güller, Alfred
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1036644

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: 02.07.2025

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

Heimatkundliche Vereinigung Furttal

Mitteilung Nr. 6

Das «Eisloch» an der Lägern

Eine lokalklimatische Untersuchung

2. Auflage unverändert 2002

Horisberger TPM
TOTAL PRINT MANAGEMENT

Das «Eisloch» an der Lägern

Eine lokalklimatische Untersuchung

Von

ALFRED GÜLLER

Unter den Flurnamen der Gemeinde Otelfingen trifft man unter anderen auf die Bezeichnung «Isloch». Die mit diesem Namen belegte Lokalität befindet sich am bewaldeten Südhang der Lägern, dort, wo die Grenze zwischen den Kantonen Aargau und Zürich sich vom Grat südwärts ins Furttal hinunter zieht. Der Name ist in den älteren geographischen Karten eingetragen, so in der WILDschen Karte, welche um 1850 aufgenommen wurde (Blatt Nr. XIII, Regensberg), wie auch in den alten Auflagen des Siegfried-Atlasses 1 : 25000. Leider wurde der Name von der neuen Landeskarte nicht mehr übernommen.

Obwohl kein Zweifel darüber besteht, dass die Stelle bei der einheimischen Bevölkerung schon lange bekannt war, findet sich der Name in den Akten der Gemeinde Otelfingen erst verhältnismässig spät. Der Grund dafür ist wohl folgenden Umständen zuzuschreiben. Erstens war der Ort nicht sehr leicht zugänglich und daher für die Waldnutzung uninteressant. Zweitens wuchsen hier ohnehin keine besonders wertvollen und schönen Stämme, sondern vorwiegend Gebüsche und Gestrüpp. Die Stelle blieb daher ungenutzt, sich selbst überlassen, so dass nach und nach ein undurchdringliches Dickicht entstand, das früher ausser von Wilderern und Frevlern kaum von jemandem betreten wurde. Dieser Zustand lässt sich aus folgender geschichtlicher Begebenheit ableiten.

Wie das auch an andern Orten gelegentlich vorkam, entstanden um die Mitte des 17. Jahrhunderts Streitigkeiten zwischen den Gemeinden Otelfingen im zürcherischen Gebiet und der Gemeinde Wettingen in der Grafschaft Baden um ihre gemeinsame Grenze an der Lägern. Beide Parteien reichten bei ihren Obrigkeiten Klage ein. Im Jahr 1647 wurde die Angelegenheit vor der Eidgenössischen Tagsatzung in Baden diskutiert. Es wurde vereinbart, an den strittigen Stellen an, ob und unter der Felswand, genannt die «Glatzenfluh», einen obrigkeitlichen Augenschein vornehmen zu lassen. An diesem waren neben den Vertretern der beiden Dörfer die Landvögte von Baden und Regensberg nebst ihren Schreibern anwesend. Die Inspektion verlief aber ergebnislos, da die hohen Herren zufolge des dichten Gestrüppes und der völligen Unübersichtlichkeit wegen überhaupt nichts sehen konnten. Es wurde daher angeordnet, dass beide Parteien in den umstrittenen Gebieten vorerst das Holz abhauen sollen, um dann später, wenn eine bessere Übersicht möglich sei, nochmals

einen Augenschein vornehmen zu können. 1648 konnte dann wirklich eine Regelung dieser Streitigkeit gefunden werden. Im Jahre 1649 wurde der Verlauf der Grenze mitten über die Felswand hinunter durch zusätzliche Grenzsteine für immer und jedermann deutlich gemacht.

Das «Isloch» oder die «Islöcher» — wie die Lokalität richtigerweise auch etwa genannt wird — heisst ein kleines Isoklinaltälchen, das am Südhang der Lägern innerhalb der steil südfallenden Schichten des Weissen Jura liegt. Auf der Südseite wird es begrenzt durch die steil stehenden und teilweise gegeneinander verstellten Schichtköpfe der sogenannten Wettingerschichten. Die Nordseite des Tälchens besteht aus einer zum Teil grobblockigen Geröllhalde, die nach oben an den Fuss der «Glatzenfluh» oder «Kellenfluh» hinauf führt. Auf der Westseite wird das Tälchen durch einen kleinen, ca. 730 m hoch gelegenen Sattel abgeschlossen, über den man weiter westwärts gegen das Burghorn gelangt. Die östliche Begrenzung bildet eine etwas tiefer, auf ca. 708 m gelegene kleine Einsattelung, die den Zugang von Otelfingen her bewerkstelligt. Die tiefsten Punkte des Tälchens liegen um einige Meter tiefer als die die östliche Begrenzung darstellende Einsattelung. Es bildet somit morphologisch eine ringsum geschlossene, wenige Meter tiefe Mulde. Der Boden des Tälchens besteht aus kubikmetergrossen Felsblöcken, die mit Moosen, Farnkräutern und Gebüschen überwachsen sind und zwischen denen tiefe Höhlungen, die eigentlichen «Löcher», in das Innere der Schutthalde führen.

Die Bildung dieses Nackentälchens dürfte schon sehr weit zurückliegen. Es verdankt seine Entstehung einerseits den steil (ca. 60°) südfallenden Jurakalkschichten und ihrem unterschiedlichen Kalkgehalt und anderseits der jahrtausendelangen Arbeit der Verwitterung. Dass bei der Bildung des primären Reliefs bereits die Eismassen des diluvialen Rissgletschers mit beteiligt waren, ist anzunehmen, da die Eisoberfläche zur Zeit der grössten Vergletscherung an der Lägern bis auf ca. 830 Meter hinauf reichte (A. Heim, 1919). Direkte Beweise, wie etwa das Vorhandensein von Moränenmaterial oder einzelnen erratischen Blöcken konnten bisher innerhalb des Tälchens nicht gefunden werden. Dagegen sind die Spuren der nacheiszeitlichen Verwitterung offenkundig. Ihr verdankt das Tälchen seine heutige Gestalt. Die widerstandsfähigeren, massigen Kalksteinschichten der obersten Wettingerschichten vermochten der Erosion stärker zu widerstehen. Durch den häufigen Frostwechsel wurden sie an den Schichtköpfen aufgespalten und allmählich nach aussen getrieben, so dass sie nach und nach senkrecht gestellt und schliesslich in eine überkippte Stellung gebracht wurden. Dieser Vorgang kann an der Lägern heute noch an mehreren Stellen beobachtet werden (sog. «Hackenschlagen»). Die stratigraphisch tieferen, teils von Mergellagen unterteilten Schichtpakete witterten dagegen rascher zurück und erlaubten so die Eintiefung des Tälchens, das ursprünglich gegen Osten offen war. Schliesslich war es auch die Verwitterung, welche die höheren Partien der Kellenfluh auflockerte, in einzelne Plattenstücke auflöste und ins Tälchen stürzen liess, so dass sich am Fusse der Wand eine Blockhalde bilden konnte. Endlich verursachte der Abbruch des östlichen Teiles der Kellenfluh eine derartige Schuttmasse, dass die Sohle des Tälchens an seinem östlichen Ausgang um einige Meter aufgefüllt wurde, wodurch sich die geschlossene Mulde bilden konnte.

Von diesen Löchern wird nun erzählt, dass die darin enthaltene Luft sehr kalt

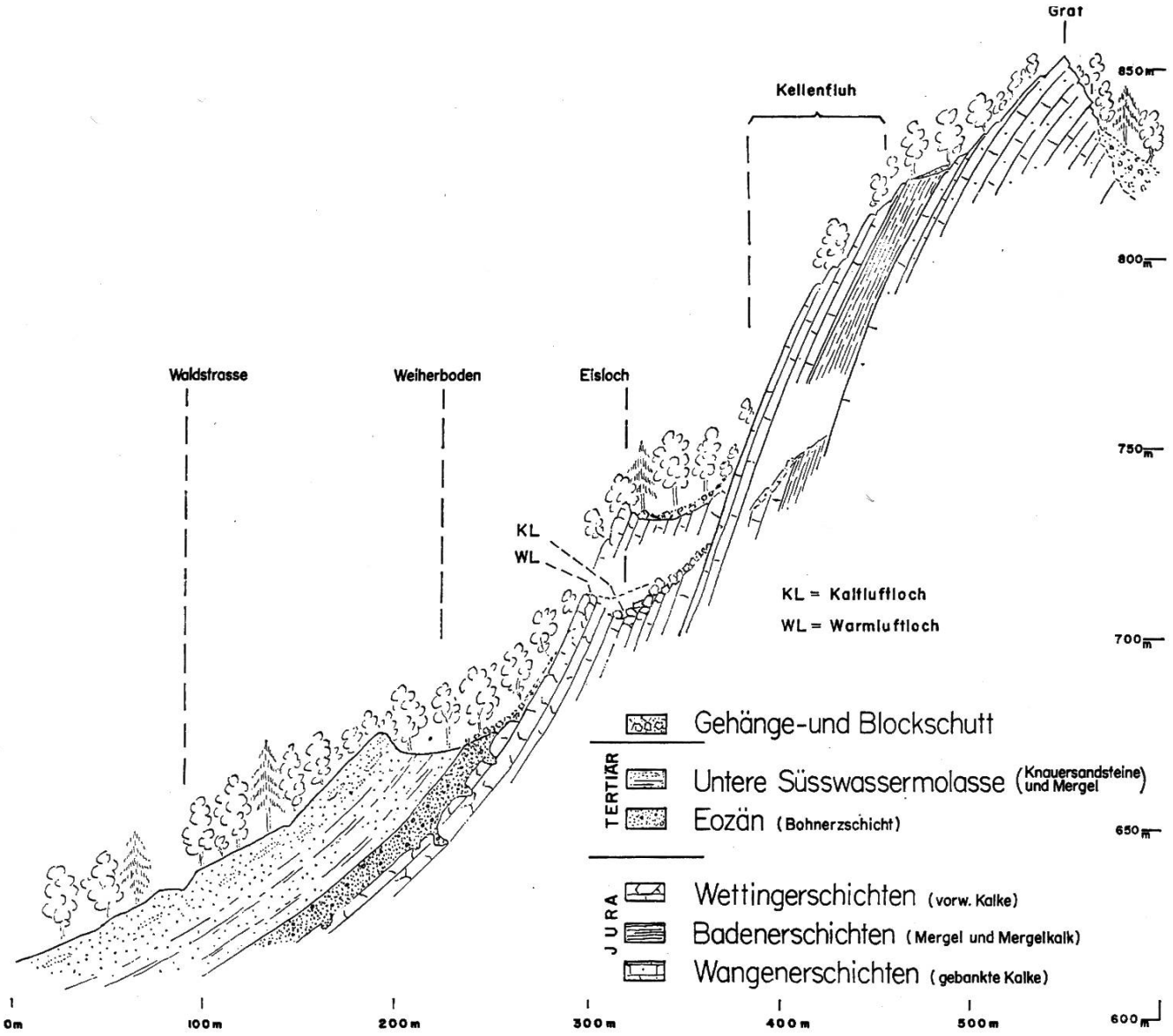

Fig. 1. Geologisches Profil durch die Lägern-Südflanke längs der Kantonsgrenze Aargau-Zürich. Überhöhung zirka 1 : 2.

sei und dass hier selbst im Sommer, wenn die Bauern ihr Heu einbrächten, noch Eis vorhanden sei, weshalb sich der Name «Eislöcher» einbürgerte.

Der Verfasser erinnert sich, als Knabe bei gelegentlichen Streifzügen am Lägernhang in einzelnen dieser Löcher blankes Eis gesehen zu haben. Seit einigen Jahren wurden solche Beobachtungen auch notiert. Stets waren es aber zusammenhanglose Einzelbeobachtungen, die die Vorgänge der Eisbildung und den zeitlichen Ablauf nicht befriedigend erkennen liessen. Obwohl es sich hier offensichtlich um eine Form des in zahlreichen Varianten vorkommenden Phänomens der Windröhren und Kaltluftseen handeln musste, war es doch reizvoll, der Sache einmal systematisch nachzugehen.

Für die Untersuchung wurden vorerst 3 Stellen ausgesucht, an denen über eine längere Zeit periodische Temperaturmessungen und gleichzeitig auch Beobachtungen über die Schnee- und Eisverhältnisse und die Vegetation vorgenommen werden sollten. Die Stellen wurden wie folgt plaziert:

Messstelle 1: In einem «Loch» in der ersten, östlichsten Mulde im Boden des Tälchens. Dieses Loch führt zuerst ca. 1 m senkrecht, dann weitere 1,5 m schief absteigend und sich verengend unter einen Felsblock. Das Thermometer wurde jeweils mittelst einer 2 Meter langen Rute an die Messstelle gebracht.

Messstelle 2: An einem Bäumchen ca. 1 m über dem Muldenboden, 10 m westlich von Messstelle 1.

Messstelle 3: An einer Buche am östlichen Eingang des Eislochtälchens oder 55 m östlich von Messstelle 1, in gleicher Höhe wie der Muldenboden, aber ausserhalb des Tälchens. Die Temperaturen an dieser Stelle sollen somit denjenigen entsprechen, die im normal abfallenden Gelände an irgend einem Punkt des Lägernsüdhanges auf dieser Höhe gemessen würden.

Nachdem festgestellt worden war, dass die westlichste und zugleich tiefste Mulde (ca. 1 m tiefer als diejenige der Messstelle 1) noch merklich tiefere Temperaturen aufwies, wurde ab Juli 1967 auch dort noch eine Messstelle (Nr. 4) festgelegt und in die Beobachtungen einbezogen.

An den Messstellen 1 und 2 wurden Stationsthermometer mit Zentelseinteilung verwendet, während an den Messstellen 3 und 4 gew. Quecksilber-Tourenthermometer mit normaler Gradeinteilung benützt wurden. Bei den letzteren sind die Zehntelsgrade somit geschätzt.

Um einen Vergleich der am Lägernhang herrschenden Temperaturen mit denjenigen auf dem Talboden zu erhalten, wurden jeweils gleichzeitig mit den Messungen im Eisloch auch auf der Wetterbeobachtungsstation Oberglatt des Flughafens Zürich-Kloten die Temperaturen abgelesen. Diese Station liegt mit 435 m/M. ungefähr gleich hoch wie der Boden des Furttales südlich der Lägern, nur 11 km entfernt und zudem in ähnlicher Lage, in einem nach Westen und Osten offenen Tal. Die Temperaturen von Oberglatt dürfen somit ohne grossen Fehler auch als Wert für die Temperaturen am Fusse der Lägern bewertet werden, was sich auch aus Vergleichsmessungen ergeben hatte.

Ferner wurden auch die Temperaturwerte der seit Dezember 1965 auf dem Lägerngrat installierten automatischen Wetterstation herangezogen, die auf dem Flughafen Kloten fernregistriert werden. Da diese Werte aber nur eine Schätzung auf zirka 0,5 Grad genau gestatten, wurden sie nicht direkt in die Messungen mit einbezogen.

Die Resultate dieser Messungen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Zu den Beobachtungsterminen ist zu bemerken, dass diese nicht in regelmässigen Zeitabständen und vor allem nicht zur gleichen Tageszeit durchgeführt werden konnten, wie das wünschenswert gewesen wäre. Einige derselben fallen in den Vormittag, die andern in den Nachmittag. Da die Wetterlagen und die Windrichtungen besonders bei einem Vergleich mit den Temperaturen im Talboden von grossem Einfluss sind, wurden diese in der Kolonne «Wetter» stichwortartig angegeben.

Bemerkungen zu einzelnen Terminen und Diskussion der Beobachtungen: Vergleicht man die Werte der Messung vom 8. November 1966, so stellt man fest, dass die Temperatur im Talboden 8,5 Grad tiefer war als am 270 m höher gelegenen Eingang zum Eislochtälchen. Das rührt davon her, dass an diesem Tag über dem schweizerischen Mittelland eine kräftige Temperaturinversion bestand, d. h. dass infolge der starken nächtlichen Ausstrahlung sich in den Niederungen Kaltluftseen

Temperatur-Messungen im Eisloch an der Lägern. August 1966 bis Dezember 1967

Datum	Zeit	Messst. 1	Messst. 2	Messst. 3	Messst. 4	Oberglatt	Wetter
29. Aug.	18.00	8,0	17,0	—	—	20,0	bewölkt
11. Sept.	10.15	8,5	17,2	20,0	—	21,0	wolkenlos
13. Okt.	11.15	9,3	15,0	15,2	—	17,0	Hochnebel in Aufl.
8. Nov.	15.30	1,2	8,7	12,5	—	4,0	bewölkt, W-Wind
8. Dez.	16.30	−1,8	−2,8	−2,8	—	−0,6	Hochnebel
26. Dez.	11.45	−1,2	−2,0	−1,5	—	−0,5	bewölkt, lt. E-Wind
8. Jan.	12.45	−7,6	−8,5	−8,0	—	−7,0	leichter Schneefall
22. Jan.	16.00	−1,0	0,2	1,0	—	2,7	leichter Schneefall
5. Febr.	16.15	0,2	2,6	4,0	—	5,5	bewölkt, Bise
24. Febr.	17.15	0,0	3,0	4,5	—	6,7	leicht bewölkt
8. März	16.45	0,2	7,9	14,0	—	14,4	bewölkt, föhnig
23. März	16.45	0,2	4,8	5,5	—	7,7	stark bewölkt
8. April	10.45	0,2	4,6	5,4	—	5,8	lt. bewölkt, Bise
23. April	16.45	0,3	3,4	3,8	—	6,6	bedeckt, lt. Regen
7. Mai	10.45	0,3	11,3	13,0	—	15,2	leicht bewölkt
24. Mai	16.45	0,6	10,2	12,4	—	15,5	bewölkt — bedeckt
9. Juni	17.15	2,2	6,9	7,2	—	9,1	bedeckt
24. Juni	16.45	2,5	18,0	25,0	—	31,1	heiter, Spuren Ci
8. Juli	16.45	5,0	15,4	16,5	—	19,6	st. bewölkt, Schauer
23. Juli	15.45	6,2	16,4	18,5	4,0	26,5	bewölkt, gewitterh.
8. Aug.	15.45	7,6	16,7	18,5	5,0	22,1	bewölkt, gewitterh.
21. Aug.	16.45	7,8	15,5	18,1	5,5	20,1	lt. bewölkt, Bise
9. Sept.	10.15	8,5	8,5	8,8	7,5	10,3	Regen, Nebel
24. Sept.	15.45	8,3	13,8	18,5	6,5	23,9	lt. bewölkt
5. Okt.*	11.15	8,3	9,1	9,5	7,2	12,0	bewölkt
10. Okt.	15.45	8,1	13,2	16,5	6,5	21,4	wolkenlos
19. Okt.*	15.45	6,3	8,6	11,1	5,5	13,5	wolkenlos
29. Okt.	16.15	5,4	4,2	4,5	4,5	6,4	bewölkt, Schauer
11. Nov.	11.15	2,8	3,2	3,0	2,5	2,7	bedeckt
20. Nov.	16.15	1,4	0,7	1,0	1,3	2,5	Hochnebel
1. Dez.*	16.45	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	bedeckt m. Hochnebel
9. Dez.	10.45	−6,3	−7,8	−6,4	−7,2	−12,0	wolkenlos
16. Dez.*	15.15	−2,3	−2,0	−1,9	−2,0	0,9	leichter Schneefall
23. Dez.	11.15	−1,8	3,4	6,2	−2,0	8,0	Tauwetter, Regen
30. Dez.*	16.45	−1,6	−2,6	−2,5	−2,0	−0,6	stark bewölkt

* Zwischenbeobachtungen.

gebildet hatten, während die Höhenlagen relativ milde Temperaturen auswiesen. Ähnlich waren die Verhältnisse am 9. Dezember 1967.

Die tiefsten Temperaturen wurden am 8. Januar und am 9. Dezember 1967 gemessen. Das erstere Datum fällt in die Kälteperiode der ersten Januardekade, in der bei uns das Quecksilber im Thermometer bis unter minus 10 Grad fiel. Das zweite Datum fixiert den scharfen Kälteeinbruch, der die vorweihnachtliche Kälteperiode einleitete, in der in den Niederungen der Alpennordseite Temperaturen bis minus 15 Grad registriert wurden.

Die höchsten Temperaturen wurden, von der Messstelle 1 abgesehen, am 24. Juni

registriert. Es war dies ein hochsommerlicher Schönwettertag, bei dem in den Niederungen Höchstwerte verzeichnet wurden (Oberglatt 32 Grad). Es zeigt diese Messung auch die grössten Differenzen zwischen den einzelnen Messstellen.

Errechnet man aus den Beobachtungen des Jahres 1967 (jedoch ohne die mit Z bezeichneten Zwischenbeobachtungen), die so verteilt sind, dass je eine auf die erste, die andere auf die zweite Monatshälfte fällt, die Mittelwerte aus, so ergibt sich für

Messstelle 1	(Loch der östlichen Mulde)	2,1°
Messstelle 2	(1 m über Muldenboden)	6,9°
Messstelle 3	(Eingang zum Eislochtälchen)	8,8°
Oberglatt	(Instrumentenhütte)	11,0°

Die Differenzen zwischen den einzelnen Messstellen ergeben

zwischen	1 und 2	2 und 3	3 und Oberglatt
im Mittel	4,8	1,9	2,2
Höchstwert (24. Juni)	15,5	7,0	6,1

Die obgenannten Mittelwerte dürfen aber nicht als absolute Jahresmittel betrachtet werden. Das ergibt sich schon aus dem Wert von Kloten, dessen mehrjähriges Mittel (1956—1965) 8,4 Grad beträgt. Auch der Wert von Messstelle 3 dürfte, bezogen auf ihre Höhe, gegenüber dem langjährigen Durchschnitt um rund 2 Grad zu hoch sein. (Vergleich: Jahresmittel von Langenbruck, 704 m, am Obern Hauenstein = 6,7 Grad.) Diese positiven Abweichungen der aus unseren Messungen gewonnenen Mittel lassen sich, abgesehen von der geringen Zahl der Messungen, dadurch erklären, dass sie stets nur am Tag, meistens sogar am Nachmittag, also zur Zeit der Tagesmaxima ausgeführt wurden.

Die mittlere Differenz zwischen der Messstelle 3 und Oberglatt entspricht der Temperaturabnahme mit der Höhe. Es ergibt sich daraus eine Temperaturabnahme von 0,8 Grad für 100 m Höhe. Für den Jura gibt MAURER (Tabelle in M. SCHUEPP, 1950) einen jährlichen Mittelwert von 0,46 Grad. Auch so betrachtet ergibt also Messstelle 3 einen zu hohen Wert, was wohl auf die südexponierte und gegen die Nordwinde geschützte Lage des Lägernsüdhanges zurückzuführen ist.

Einem absoluten jährlichen Mittelwert am nächsten dürfte derjenige von Messstelle 1 mit 2,1 Grad kommen, da die Tagesschwankungen hier nahezu ausgeglichen und die jahreszeitlichen Schwankungen nur relativ gering sind. Das Temperatur-Jahresmittel an Messstelle 1 entspricht somit demjenigen eines Ortes, der in unseren Breiten auf 1800 bis 1900 m Höhe gelegen ist (Jahresmittel von Rigi-Kulm = +2,3 Grad).

Verfolgt man die Entstehung und die Dauer des in den Löchern festgestellten Eises, so ergibt sich folgendes (vgl. Fig. 2, S. 113):

Am 8. November 1966 wurde in den Löchern des Eisloches erstmals ca. 5 cm Schnee festgestellt. Dieser stammte vom Kälteeinbruch des 4./5. Novembers, bei dem erstmals in diesem Herbst Schnee bis in die Niederungen gefallen war, jedoch, ausgenommen in unsern Löchern, sogleich wieder wegschmolz. Am 8. Dezember betrug die Schneeschicht im Messloch bereits ca. 30 cm, während sie auf dem Boden

des Tälchens neben dem Messloch 18 cm betrug. Am 26. Dezember wurden auf dem Boden 14 cm, im Loch 41 cm notiert. Am 8. Januar war die Schneehöhe 20 cm auf dem Boden und ca. 50 cm im Loch*, wobei hier die untersten Partien bereits hart gefroren waren. Am 22. Januar wurde bei leichtem Regen notiert: Talboden schneefrei, Lägernhänge gebietsweise restliche Schneeflecken von 3—5 cm Dicke, am Boden des Tälchens 10 cm Nassschnee, im Loch 15 cm Nassschnee auf 20 cm gefrorenem Altschnee aufliegend. Gleichzeitig hatten die Felsblöcke der Umgebung auf der Unterseite einen 1 cm dicken Überzug von blättchenförmigen Raureifkristallen. Die Luft und das Gestein auf der Unterseite der Felsblöcke wiesen also eine negative Temperatur auf, während sie auf der Oberseite über Null war (Regen auf Nassschnee).

Die maximale Schneehöhe in den Löchern war also Ende Januar 1967 bereits überschritten. Von nun an begann der Winterschnee abzunehmen, wobei er sich mehr und mehr in reines Eis verwandelte. Am 23. Februar brachte eine vorüberziehende Störung nochmals einige Zentimeter Neuschnee, welcher am 24. die Eiskuchen in den Löchern und die tiefsten Stellen des Tälchens überzuckerte, während er sonst überall bereits wieder weggeschmolzen war. Dasselbe war der Fall nach dem Schneefall vom Palmsonntag, den 19. März. Am 8. März war der Eiskuchen im Messloch noch 20 cm, am 23. April noch 15 cm dick. Am 7. Mai, als die Buchen in der Umgebung ihr zartgrünes Laub bereits entfaltet hatten, fanden sich in den Löchern noch Reste des am 3. Mai gefallenen Neuschnees, während das winterliche Eis unter einer feuchten Laub- und Reisigdecke von diesem getrennt gefunden wurde. Auch am 24. Mai, als alle Bäume bereits ihr Laubkleid trugen, war unter der genannten Reisigdecke noch klares Eis vorhanden. Endlich am 9. Juni konnte solches im Messloch nicht mehr gefunden werden.

Aus obigen Beobachtungen geht deutlich hervor, dass es sich bei diesem Eis nicht in erster Linie um Wassereis, sondern vorwiegend um verfirnten und in Eis umgewandelten Winterschnee handelte. Die Bildung von Wassereis ist einzig auf die Regentage beschränkt, an denen die Temperatur in den Löchern noch unter dem Gefrierpunkt liegt und das von aussen eindringende Wasser im Innern sogleich gefriert (Bildung von Eiszapfen an den Seiten und Unterflächen der Blöcke), wie das beispielsweise am 23. Dezember 1967 der Fall war.

Auch die Regeneration der Kaltluft, beziehungsweise die herbstliche Abkühlung in den Löchern, liess sich bei gleichzeitiger Beobachtung der atmosphärischen Vorgänge in der Umgebung deutlich verfolgen. Das Maximum der Temperatur in den Löchern war im September erreicht und blieb bis anfangs Oktober nahezu konstant, bis zu einer Zeit also, da die mittlere Aussentemperatur bereits wieder stark zurückging. Der 19. Oktober brachte den ersten Frost und eine fühlbare Abkühlung in den unteren Luftschichten. In den Eislöchern verursachte diese Abkühlung einen Temperaturrückgang von 8,1 auf 6,4 Grad. Am 29. Oktober erfolgte der erste Kaltlufteinbruch, welcher die Nullgradgrenze von 3000 m auf 1500 m hinunterdrückte und in den Bergen Schneefall bis ca. 1000 m brachte. Das Minimum auf der Lägern lag um +2 Grad, während die Temperatur in den Löchern auf 5,4 Grad zurückging. Gleichzeitig betrugen die entsprechenden Werte im Tälchen (Messstelle 2) 4,2 Grad,

---

* 1968 betrug die Schneehöhe am 13. Januar auf dem Boden des Tälchens 70 cm, im Loch 114 cm.

am Eingang des Eislochtälchens 4,5 Grad. Die Temperatur in den Löchern war somit höher als diejenige der Aussenluft.

Die Messung vom 20. November 1967 zeigt den Vorgang der Abkühlung deutlich. Auf der Lägern (Registrierinstrument) fiel die Temperatur in der Nacht zum 20. November erstmals auf knapp minus 1 Grad. Nach dem thermischen Temperaturgradienten von 0,4 Grad/100 m im November (nach MAURER, Tabelle in M. SCHUEPP, 1950) beträgt die Differenz Grat/Eisloch 0,7 Grad. Die Temperatur in der Umgebung des Eisloches muss demnach zu dieser Zeit nahe dem Gefrierpunkt gelegen sein. Am Nachmittag, als die Messung vorgenommen wurde, war die Temperatur auf dem Grat auf ca. 0 Grad angestiegen, während sie am Eingang zum Tälchen wiederum +1 Grad, in der Mulde jedoch erst 0,7 Grad, im Loch aber noch 1,4 Grad betrug.

Daraus ergibt sich der Vorgang der Abkühlung wie folgt: Bei Temperaturrückgang der Luft an den Hängen der Lägern wird die Mulde des Eislochtälchens mit Kaltluft angefüllt. Bei Wiedererwärmung der Aussenluft folgt der Temperaturanstieg jedoch nur langsam, da die Luft in der Mulde liegen bleibt und nur an ihrem Grunde und in den Löchern durch die in den Felsblöcken immer noch gespeicherte Wärme aufgeheizt wird. Daraus ergeben sich die höheren Temperaturen in den Löchern zur Zeit des herbstlichen Temperaturrückganges. Dieser erfolgt hier also nicht in dem Masse wie die Aussenluft, sondern wird durch die allmähliche Wärmeabgabe der Felsblöcke verzögert und ausgeglichen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass es sich beim Eisloch an der Lägern um eines der schon von zahlreichen Stellen der Alpen und des Juras beschriebenen Kaltluftphänomene handelt. Beim Studium der neueren Literatur über diese Erscheinungen findet man zunächst keine Parallele zu unseren Eislöchern, weder in der Morphologie der Lokalität noch in den äussern Auswirkungen der kalten Luft. In mehreren Beschreibungen ist die Rede von «Kaltluftströmen», die sich deutlich spürbar aus den Öffnungen im Erdboden ergiessen. An manchen Stellen ist diese Strömung so stark, dass für die Erscheinung von einem Gebläse gesprochen wird (E. FURRER, 1961, W. PFAFF, 1933).

Bei den Beobachtungen an den Eislöchern der Lägern wurde daher auch der Luftzirkulation alle Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei zeigte es sich, dass die Luftbewegungen in Bodennähe im Tälchen (1—2 Meter über den Muldenboden) auch bei Wetterlagen mit kräftigen Winden sehr schwach sind. Lagen, bei denen sowohl im Talboden des Furttales wie auf dem Lägerngrat ein kräftiger West- oder Südwestwind herrscht, bewirken im Eislochtälchen nur einen kaum spürbaren Luftzug. Die Westströmung wird ausser durch den Wald besonders durch die südliche und westliche Umgrenzung des Tälchens fast völlig abgeschirmt. Bei Bisenlagen, wo die allgemeine Windrichtung in den untern Schichten der Atmosphäre eine nordöstliche ist, herrschen am Südhang der Lägern, also im Lee des Berges, oft ganz andere Windrichtungen, je nach deren Stärke eine Strömung vom Grat gegen das Tal, also ein Nordwind, oder in umgekehrter Richtung eine hangaufwärts fliessende Strömung, ein Südwind. Die kalte Luft in den Mulden des Tälchens bleibt also von den Strömungen in einigen Metern Höhe weitgehend unberührt, die Aussenluft streicht über sie hinweg. Dennoch lassen die Temperaturwerte der Messstelle 2 deutlich erkennen, dass hier schon eine weitgehende Angleichung an die Aussentemperatur (Messstelle 3)

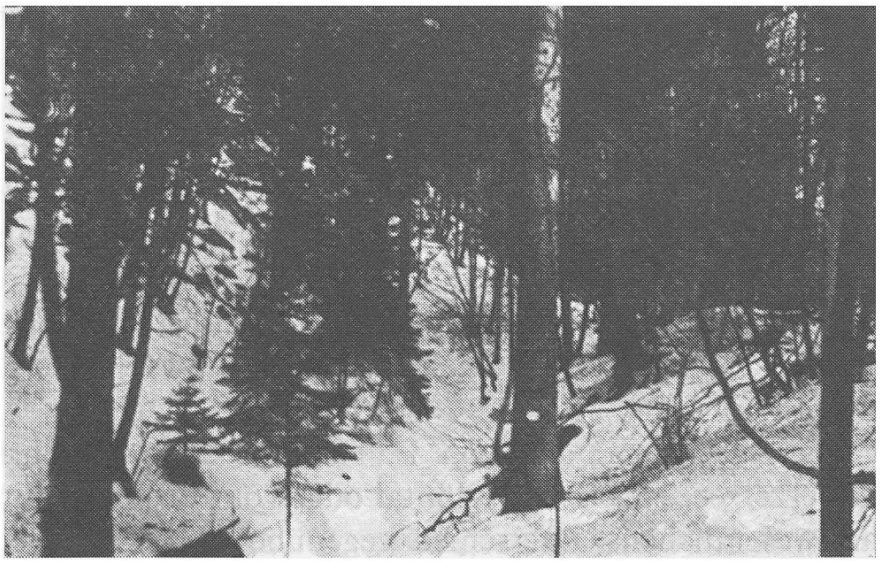

Abb. 1. Blick von West nach Ost (zürcherischer Teil) am 1. März 1968; Schneehöhe ca. 45 cm.

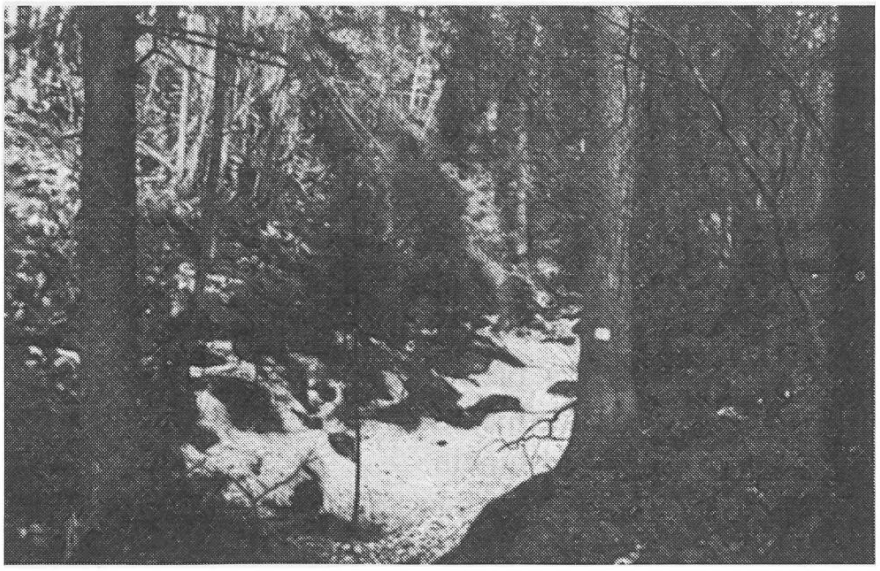

Abb. 2. Blick von West nach Ost am 31. März 1968; Schneehöhen in den Mulden noch 5—18 cm.

Abb. 3. Blick von Ost nach West am 11. April 1968; Mulde 2 (vorn) und Mulde 3 (Mitte) mit den letzten Schneeresten.

stattfindet. Es erfolgt in den Mulden also auch bei kaum feststellbaren Luftzirkulationen ein Austausch der Aussenluft mit derjenigen am Boden des Tälchens.

Aber auch in den Löchern, den Spalten und Hohlräumen zwischen den Felsblöcken am Grunde des Tälchens lassen sich eigentliche Strömungen weder hangein- noch auswärts feststellen. Versuche mit Rauch, welche an verschiedenen Stellen gemacht wurden, ergaben, dass dieser im Sommer laminar aufsteigt und langsam dem Ausgang des Loches zuschwebt. Aber auch im Winter, bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, liess sich keine eindeutige Strömungsrichtung feststellen. Nur an einigen Löchern scheint zeitweise eine schwache bergeinwärts gerichtete Komponente vorhanden zu sein.

Vergleicht man die von E. FURRER (1966) beschriebenen Kaltluftströme vom Lauerzersee, von Rüchi-Klöntal oder vom Brühltobel im Säntisgebiet, so findet man als wesentlichen Unterschied gegenüber den Eislöchern an der Lägern, dass sich jene Kaltluftaustritte stets an einem Hang befinden, der sich unterhalb der Austrittstelle noch weiter fortsetzt. Das trifft auch zu für die von J. L. RICHARD (1961) beschriebene Stelle im Felskessel des Creux du Van im Neuenburger Jura.

An allen diesen Stellen kann die austretende Kaltluft ungehindert abfliessen wie das Wasser einer Quelle. Anders an der Lägern. Der Boden des Eislochtälchens bildet eine Wanne, die bereits mit kälterer Luft angefüllt ist. Die Löcher, aus denen ein fühlbarer Kaltluftstrom zu erwarten wäre, liegen aber am Grunde dieser Wanne. Die Kaltluft im Innern der Blockhalde kann deshalb nicht mehr ungehindert austreten; sie mündet unterhalb des Spiegels der Kaltluft gleichsam in ein «stehendes Gewässer». Der Kaltluftstrom ist daher an diesen Stellen wohl vorhanden, aber so stark abgeschwächt, dass er nicht mehr unmittelbar nachgewiesen werden kann. Die Luft in den Löchern bleibt nahezu stationär und nachstossende Kaltluft aus dem Innern der Blockhalde fliesst, auf viele Austritte verteilt, ganz langsam und unmerklich in das Kaltluftbecken hinein.

Diese Auffassung wird bestätigt durch das Verhältnis zwischen der Dauer der Eisvorkommen und dem jahreszeitlichen Verlauf der Temperatur in den Löchern. Aus der graphischen Darstellung Fig. 2 ist ersichtlich, dass, solange Eis in den Löchern vorhanden ist, die Temperatur der Luft knapp über dem Nullpunkt liegt. Die Schmelzwärme für das Eis wird demnach der umgebenden Luft entzogen und, da diese zufolge ihrer Schwere nicht entweichen kann, sinkt ihre Temperatur bis knapp über den Gefrierpunkt. Erst nach dem vollständigen Wegschmelzen des Eises, was je nach den im vorangegangenen Winter gefallenen Schneemengen im Mai oder Juni zutrifft, beginnt sich die Luft durch die von oben einwirkende Erwärmung der Felsblöcke ebenfalls zu erwärmen. Dies kann aber nur der Fall sein, wenn die Luft in den Hohlräumen praktisch unbewegt liegen bleibt. Umgekehrt findet im Herbst, wenn die Mittelwerte der Luft ausserhalb des Tälchens wieder stark zurückgehen, in den Löchern immer noch eine Erwärmung statt. Die Felsblöcke geben nun ihre im Laufe des Sommers aufgenommene Wärme langsam an die Luft in den Hohlräumen ab. Die höchsten Temperaturen in den Eislöchern treten daher im September und Oktober auf. Erfolgen dann Ende Oktober oder im November die ersten Kaltlufteinbrüche, bei denen die Aussentemperatur kräftig unter diejenige in den Löchern sinkt, so wird die Luft in diesen durch die kältere Aussenluft verdrängt und ersetzt.

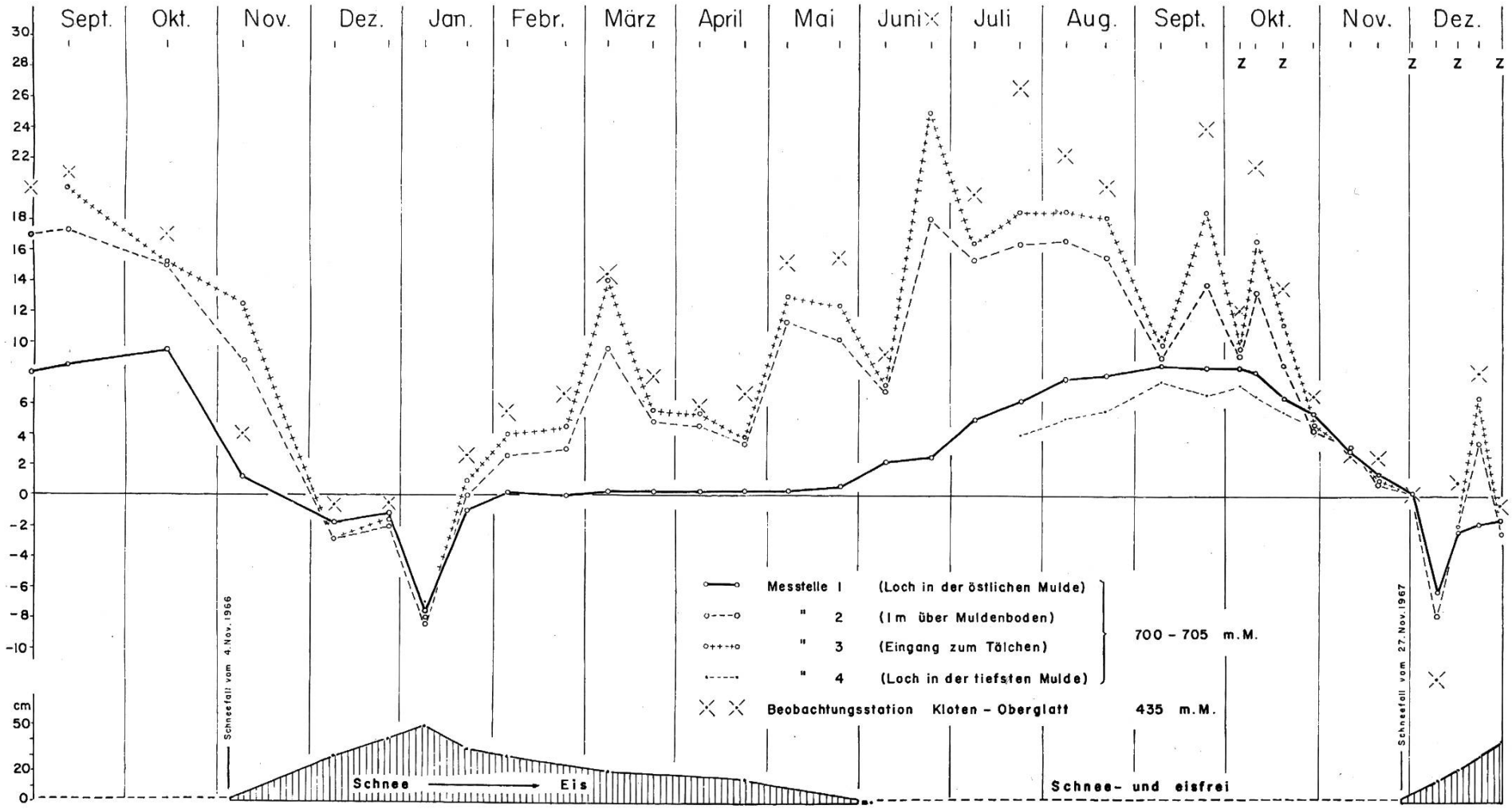

Fig. 2. Temperaturen und Schnee- beziehungsweise Eishöhen im Eisloch an der Lägern vom September 1966 bis Dezember 1967.
Z = Zwischenbeobachtungen.

Die Temperatur bleibt aber immer noch höher als diejenige der Aussenluft, solange die Felsblöcke in den Mulden noch Wärme abgeben können. Gleichzeitig beginnen sich aber auch die umgebenden Felsblöcke rascher abzukühlen, da nun die Kälte von oben und unten wirkt. Erfolgt dann der erste Schneefall bis in die Niederungen, so ist die Luft in den Löchern wieder derart abgekühlt, dass die bescheidenen Schneemengen, welche in diese hineingelangen, bereits liegen bleiben.

Noch unbeantwortet ist die Frage, ob nicht ausserhalb der beobachtbaren Eisvorkommen im Innern der Blockhalde noch länger, vielleicht das ganze Jahr hindurch, Eis vorhanden sei. Direkt beobachten lässt sich dies nicht, da die Löcher hier zu eng sind, um irgendwo tiefer in die Schutthalde gelangen zu können. Es ist aber von verschiedenen Orten bekannt, dass an ähnlich gestalteten Stellen Eis das ganze Jahr hindurch angetroffen werden kann.

In der Eishöhle am Hasliberg oberhalb Meiringen, ca. 940 m/M., stellte der Verfasser am 11. August 1967 dezimeterdicke Eisüberzüge an den Wänden und am Boden fest. Diese Höhle gehört aber zu einem grossräumigen Spaltensystem, dessen Gänge zweifellos über Hunderte von Metern in das Innere des Berges reichen. Bei jenem Eis handelt es sich denn auch nicht um verfirnten Winterschnee, sondern um gefrorenes Tropf- und Sickerwasser, das von der Oberfläche eingedrungen ist. Wohl eher vergleichbar mit den unserigen Verhältnissen ist in dieser Hinsicht die Blockhalde im Britterenwald am Kerenzerberg, wo man nach O. HEER (zitiert in E. FURRER, 1966) beim Bau der Kerenzerbergstrasse im Sommer auf Eis gestossen sei. Jene Stelle deckt sich höhenmässig (650—750 m/M.) mit der unserigen sehr gut, ist aber gegen NW exponiert.

Sowohl in der Morphologie wie in den Temperaturverhältnissen am ähnlichsten sind unsere Eislöcher denjenigen von der Eppaner Gand in Überetsch (W. PFAFF, 1933). Auch dort münden die Eislöcher in einen allseitig geschlossenen Kessel, in welchem die Kaltluft aufgefangen und gespeichert wird. Wenn dort trotz der tieferen Lage (515 m/M.) im Hintergrund der grossen Löcher gelegentlich auch im Sommer noch Eis vorhanden ist, so handelt es sich vermutlich auch dort um Wassereis, das sich dank der grösseren Dimensionen sowohl der Blockschutthalde wie der einzelnen Blöcke und der dazwischenliegenden Hohlräume den ganzen Sommer über halten konnte. Das Phänomen ist aber hier wie dort genau das gleiche, eine Verbindung von langsam zirkulierender Kaltluft im Innern der Blockhalde mit einer Aufspeicherung derselben in einer allseits geschlossenen Mulde am Fusse der Halde.

Anlässlich des Kontrollganges vom 9. Dezember 1967 wurde eine unerwartete Beobachtung gemacht, welche neue Gesichtspunkte zum Problem der unterirdischen Luftzirkulation am Lägernhang zu liefern vermag. Während der Temperaturmessung bei den Messstellen 1 und 2 beobachtete ich auf dem das Tälchen südlich begrenzenden Rücken, ca. 15 Meter südlich der ersteren, eine Stelle, von welcher starke Nebelschwaden aufstiegen und sich in 2—3 Meter Höhe auflösten. Durch die tiefstehende Sonne beleuchtet, zeichneten sich die Schwaden auf den entfernteren dunklen Tannen deutlich ab. An Ort und Stelle ergab sich, dass die Nebel an mehreren Stellen durch kleine Öffnungen unter einem Felsblock hervor kamen und in der klaren, windstillen Luft über diesem aufstiegen. Der Block war, wie alle umliegenden, verschneit und das Moos an den Seiten mit Raureif und kleinen Eiszapfen behangen. Bis zu einer

Höhe von ca. 30 cm über dem Boden war das Moos aber nicht gefroren, sondern nass und tropfend. Um den Felsblock herum war der Schnee ca. 20 cm breit weggeschmolzen.

In drei der genannten Öffnungen schob ich Thermometer ein und las um 11.15 Uhr folgende Werte ab. +7,1, +7,2 und +7,8. Zur gleichen Zeit zeigten die Thermometer an den Messstellen 2 und 3 (Mulde und Eingang des Tälchens) —8,0 Grad. Die Differenz zwischen den wenige Meter voneinander entfernten Punkten betrug somit 15,1 bis 15,8 Grad.

Es handelt sich hier um ein sogenanntes «Warmluftloch», wie es von STREIFF-BECKER (1942 und 1945) beschrieben wurde, eine «Windröhre», welche unter dem Felsblock ausmündet und in einem fühlbaren Strom warme Luft aus dem Innern des Berges an die Oberfläche führt.

Dass das Phänomen nicht schon anlässlich der Messung vom 8. Januar beobachtet worden war, wo ähnlich tiefe Temperaturen herrschten, mag damit zusammenhängen, dass es damals schneite und die Sicht zufolge der grauen Wolkendecke stark vermindert war.

Aus der Temperaturdifferenz zwischen der austretenden und der Aussenluft muss geschlossen werden, dass die warme Luft aus einer beträchtlichen Tiefe des Berginnern stammt. Wo aber mögen diese Hohlräume, Spaltensysteme oder Klüfte sein, in denen die Erwärmung der austretenden Luft erfolgt und wo mögen die Öffnungen liegen, in denen die kompensierende Aussenluft einströmt? Trotz der unmittelbaren Nachbarschaft mit den das ganze Jahr von Kaltluft erfüllten Löchern des Eislochtälchens scheint ein direkter Zusammenhang der beiden Phänomene unwahrscheinlich. Das Zirkulationssystem, welchem das Warmluftloch angehört, kann nicht in der Schutthalde am Fusse der Kellenfluh liegen, sondern ist viel eher von jenem System getrennt im Komplex der klüftigen und stellenweise zerrütteten Wettingerkalke in den Hängen unterhalb des Eislochtälchens zu suchen. Vielleicht werden künftige Beobachtungen dazu führen, dieses Rätsel einer Lösung näher zu bringen.

Viele der oben erwähnten «Windlöcher» und Kaltluftströme verdanken ihre Entdeckung den besonderen, durch ihre Existenz hervorgerufenen Vegetationsverhältnissen. Einerseits verursachen die tiefen Temperaturen des Erdbodens und die erhöhte Luft-Feuchtigkeit in der Umgebung der Kaltluftaustritte eine Wachstumsbehinderung bestimmter Pflanzen, so besonders der Fichten, so dass eigentliche Kümmerbestände auftreten können. Anderseits ermöglichen sie aber auch das Gedeihen von Pflanzen, deren Verbreitungsgebiete normalerweise auf viel höhere Lagen beschränkt sind. So finden sich an solchen Stellen, meist auf eng begrenztem Gebiet, gelegentlich Alpenpflanzen, deren normale Standorte in den Bergen 1000 bis 1500 m höher liegen.

Es war daher naheliegend, anlässlich der Kontrollgänge und Messungen die Aufmerksamkeit auch auf die Vegetation der Eislöcher und deren Umgebung zu richten. Die diesbezüglichen Beobachtungen lassen sich hier kurz wie folgt zusammenfassen:

Sowohl die Nord- wie die Südseite des Eislochtälchens zeigen hinsichtlich der Bestokkung mit hochstämmigen Baumarten keine besonderen Abweichungen vom üblichen Bestand auf gleicher Höhe des Lägernhanges. Vorherrschend sind die Laubbäume mit

Fagus silvatica	(Buche)
Tilia	(Linde)
Fraxinus exelsior	(Esche)
Acer pseudoplatanus	(Bergahorn)
A. platanoides	(Spitzahorn)
Ulmus	(Ulme)

Diese Bäume bilden im Sommer ein geschlossenes Laubdach, das die Flanken und besonders den Grund des Tälchens vollständig überschattet. Sie wurzeln auf oder zwischen den Blöcken der Schutthalde und zeigen an den Stämmen oft schadhafte, vernarbte Stellen, welche von Steinschlag herrühren. Bisweilen liegen auch abgestorbene, halb vermoderte und verfaulte Stämme am Boden und bilden zusammen mit dem Unterholz ein beinahe undurchdringliches Dickicht.

Die Rottanne *(Picea excelsa)* tritt im Tälchen häufiger auf als ausserhalb desselben. Dies ist wohl auf die grössere Feuchtigkeit zurückzuführen, welche hier herrscht. Meist sind es kräftige, hochstämmige Exemplare. Wenn auf dem tiefsten Grunde auch einige kleine oder halbwüchsige Tannen vorhanden sind, die an Kümmerformen analog dem Brühltobel oder der bereits erwähnten Stelle am Creux du Van erinnern, so können diese auch den ungünstigen Wachstumsverhältnissen infolge Lichtmangels zugeschrieben werden. Anderseits wären die Ausmasse des Kaltluftbeckens im Tälchen flächenmässig zu gering, um einen eigentlichen Kümmerfichtenbestand bilden zu können.

An Sträuchern, die sowohl den Grund des Tälchens wie die untern Partien der Blockhalde bewohnen, sind zu nennen:

Sambucus racemosa	(Roter Holunder)
Lonicera nigra	(Geissblatt)
Rhamnus cathartica	(Kreuzdorn)
Corylus avellana	(Haselnuss)
Sorbus Aria	(Mehlbeerbaum)
S. aucuparia	(Vogelbeerbaum)
Rubus idaeus	(Himbeere)

Am Grunde des Tälchens oder nur 2 bis 3 Meter über dessen Sohle beobachtet man folgende Kräuter und Gräser:

Chrysosplenium alternifolium	(Wechselblätteriges Milzkraut) blüht bereits anfangs April am Boden der tiefsten Mulde, wenige Meter von den Eisresten entfernt.
Oxalis acetosella	(Sauerklee)
Epilobium montanum	(Berg-Weidenröschen)
Veronica officinalis	(Gebr. Ehrenpreis)
Pyrola secunda	(Einseitsweniges Wintergrün)
Anemone vernalis	(Buschwindröschen) vereinzelt
Paris quadrifolia	(Einbeere)
Asperula taurina	(Turiner Waldmeister)
Lamium Galeobdolon	(Goldnessel)
Hieracium murorum	(Wald-Habichtskraut)
Stachys silvatica	(Wald-Ziest) häufig, blüht aber nicht
Adenostyles glabra	(Kahler Alpendost)
Geranium Robertianum	(Rupprechts Storchenschnabel)
Impatiens Noli tangere	(Wilde Balsamine)
Urtica dioeca	(Brennessel)

Luzula silvatica	(Wald-Simse)
Carex digitata	(Gefingerte Segge)
Poa nemoralis	(Hain-Rispengras)

Bemerkenswert ist, dass mehrere Pflanzen, die sonst auf den Schutthalden des Lägernsüdhanges in unmittelbarer Nähe massenhaft auftreten, im Eislochtälchen nicht beobachtet wurden, so

Bellis perennis	(Bingelkraut)
Allium ursinum	(Bärlauch)
Convallaria majalis	(Maiglöckchen)

Die erstere findet sich in den obersten Partien der Schutthalde am Fusse der Kellenfluh-Felswand, die letztere zwischen den Felsköpfen auf dem das Tälchen südseits begrenzenden Rücken.

Ausserordentlich zahlreich vertreten sind im Eislochtälchen sodann die Farne. Bisweilen findet man 3 oder 4 Arten an ein und demselben Felsblock nebeneinander.

Dryopteris Filix mas	(Wurmfarn)
Athyrium Filix femina	(Gemeiner Mittelfarn)
Dryopteris austriaca ssp. *dilatata*	(Österreichischer Schildfarn)
Asplenium Trichomanes	(Haar-Streifenfarn)
A. viride	(Grüner Streifenfarn)
Polypodium vulgare	(Engelsüss)
Cystopteris Filix fragilis	(Zerbrechlicher Blasenfarn)
Dryopteris Linnaeana	(Eichenfarn)
D. lobata	(Gelappter Schildfarn)
D. Lonchitis	(Lanzen-Schildfarn)
Asplenium Ruta muraria	(Mauerraute)

Der letztgenannte Farn findet sich zwar nicht in der Mulde des Tälchens selber, jedoch wenige Meter höher an Blöcken der Schutthalde.

Alle diese Pflanzen sind aus den Florenlisten der Lägern (M. RICKLI, 1907) längst bekannt, wenn auch einige derselben vorwiegend auf der feuchteren und schattenreicheren Nordflanke heimisch sind, wie *Adenostyles glabra*, *Dryopteris lobata* oder *Cystopteris Filix fragilis*. Eine Ausnahme bildet *Dryopteris Lonchitis*, eine Pflanze, die in den Alpen bis 2600 m ansteigt, unseres Wissens aber von der Lägern noch nie erwähnt wurde.

Endlich zeichnet sich die Vegetation der Eislöcher und ihrer Umgebung auch durch das Auftreten von zahlreichen niederen Pflanzen, besonders von Moosen aus, welche die Felsblöcke oft in geschlossenen Polstern überziehen. Selbst die Eingänge zu den eigentlichen Löchern sind von ihnen überzogen und an diesen Stellen stets völlig wasserdurchtränkt. Die auffälligsten dieser Moose gehören folgenden Gattungen an:

Hylocomium
Ctenidium
Polytrichum
Mnium

In der gleichen Gesellschaft sind ferner das Brunnenlebermoos *(Marchantia)* und die schwarze Hundsflechte *(Peltigera)* zu nennen, welche beide an feuchten Stellen bisweilen ganze Teppiche bilden.

* * *

Das Eisloch an der Lägern bildet somit durch seine Morphologie, durch sein lokal ausgeprägtes Kälteklima und die dadurch bedingte Vegetation eine Lokalität, die in ihrem Charakter von demjenigen des Lägernsüdhanges für jeden aufmerksamen Beobachter in auffälliger Weise abweicht. Es ist zu hoffen, dass dieses kleine Areal, das einen durchaus alpinen Anklang aufweist und zudem in forstlicher Hinsicht einen geringen Ertrag abwirft, in seiner Eigenart erhalten werden kann. Ein Anfang in dieser Richtung wurde bereits gemacht, indem die Gemeinde Otelfingen im Jahre 1932 jede Ausbeutung von Steinen aus dem Tälchen durch Gemeindebeschluss untersagte. Es wäre wünschenswert, wenn ein solcher Beschluss auch durch die Gemeinde Wettingen für den aargauischen Teil desselben ausgesprochen werden könnte. Ausser einem Schutz vor der Ausbeutung durch Entfernung der Blöcke sollte aber auch die Vegetation und Flora unter totalen Schutz gestellt werden. Nur auf solche Weise kann verhindert werden, dass immer wieder ganze Moosteppiche von den Felsblöcken gerissen oder die prachtvollen Farnwedel zu Geschäfts- und Dekorationszwecken abgeschnitten und weggeführt werden.

Literatur

1. Furrer, E.: Über «Windlöcher» und Kälteflora am Lauerzersee (Schwyz). Berichte des Geobot. Instituts d. ETH, Stiftung Rübel, Heft 32 (für 1960), 1961.
2. Furrer, E.: Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen Nr. 10, Oktober 1966.
3. Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Auflage. Braunschweig 1961.
4. Heim, Alb.: Geologie der Schweiz. I. Bd. Leipzig 1919.
5. Mrose, H.: Eine seltsame Höhlenvereisung. Zeitschr. f. angew. Meteorologie, 56. Jahrg. Leipzig 1939.
6. Pfaff, W.: Die Eislöcher in Überetsch, ihre Vegetationsverhältnisse und ihre Flora. Schlern-Schriften, Bd. 24, Innsbruck 1933.
7. Richard, J. L.: Les forêts acidophiles du Jura. Thêse Université de Neuchâtel, 1961.
8. Rickli, M.: Das Lägerngebiet. Phytogeographische Studie mit Ausblicken auf die Bewirtschaftungsgeschichte. Berichte d. schweiz. botan. Gesellschaft, Heft XVII, 1907.
9. Roschkott, A.: Über Temperaturverhältnisse in Höhlen. Meteorolog. Zeitschr. Bd. 38, Heft 2. Braunschweig 1921.
10. Schuepp, M.: Wolken, Wind und Wetter. Zürich 1950.
11. Streiff-Becker, R.: Windlöcher. Die Alpen. Monatsschrift des Schweiz. Alpenclub 1942, Bd. XVIII, Nr. 7, Varia S. 207ff.
12. Streiff-Becker, R.: Die Windlöcher bei Ennetsbühls. Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. d. Kt. Glarus, Bd. 7, 1945.