

Zeitschrift:	Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber:	Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band:	21 (1980)
Heft:	1-2
Artikel:	Temperaturhaushalt und Frostgefährdung im Gebiet des Seewener Sees
Autor:	Mosimann, Thomas
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1088877

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: 18.01.2026

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

Temperaturhaushalt und Frostgefährdung im Gebiet des Seewener Sees

THOMAS MOSIMANN

1 Einleitung

Gelände- und Mikroklima sind wichtige geoökologische Standortsfaktoren. Die Elemente Strahlung, Temperatur und Luftumsatz stellen dabei in ihrer wechselseitigen Verknüpfung und ihrer lokalen Differenzierung durch die Lage im Relief und die Beschaffenheit der Oberfläche Hauptbestandteile der atmosphärischen Bedingungen des Wuchsstandortes dar. Das Mikroklima beeinflusst also als Element im physiogeographischen Standortskomplex Genese und Beschaffenheit einzelner Areale und ganzer Geländekammern. In besonderen Fällen übt es auch erheblichen Einfluss auf die Landnutzung aus.

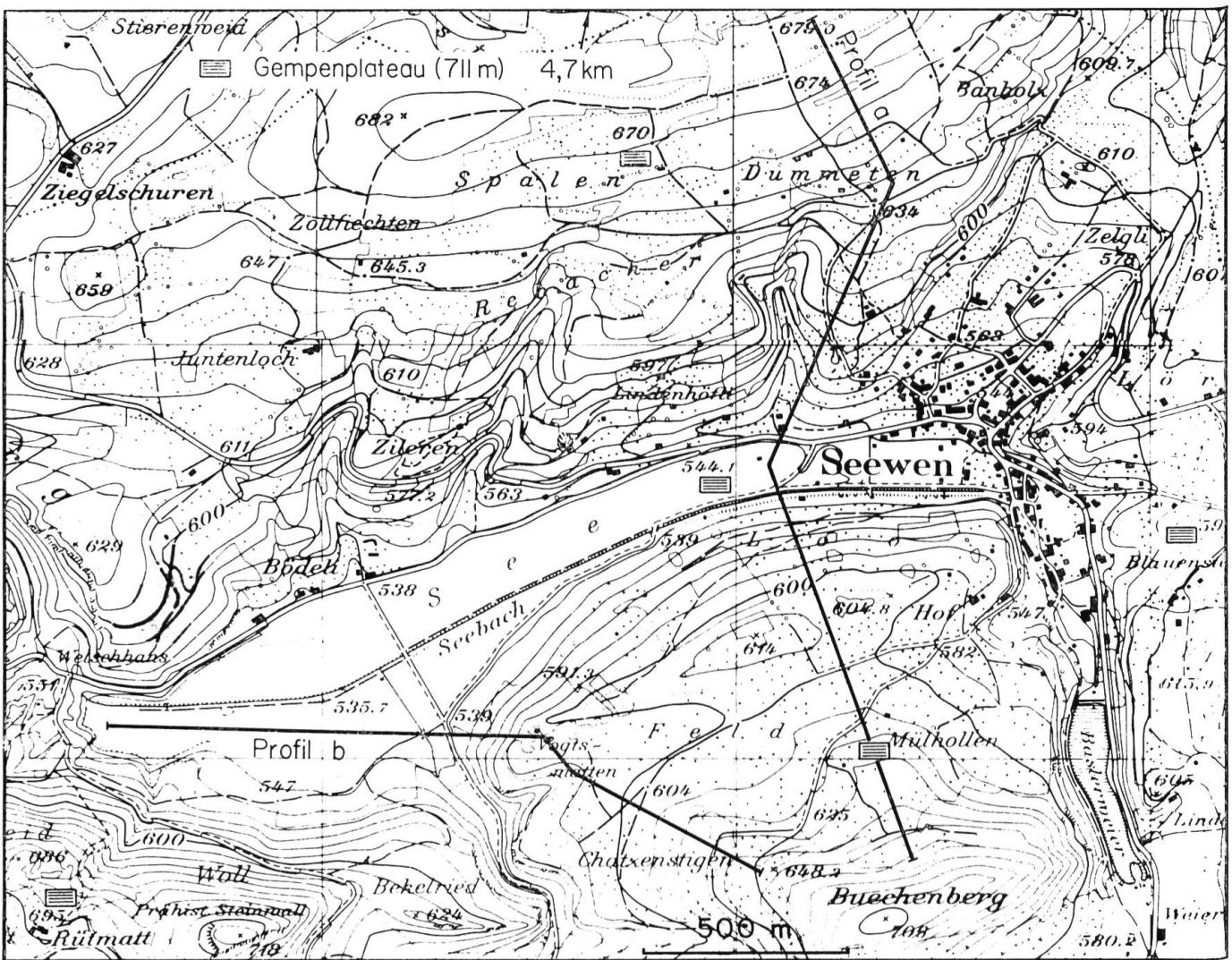
Das Becken des Seewener Sees wurde als Schwerpunktgebiet des physisch-geographischen Forschungsprogrammes in Basel (*H. Leser* 1975) ausgewählt. Eine Diplomarbeit beschäftigte sich im Rahmen der landschaftsökologischen Geofaktorenanalyse mit der Aufnahme der Gelände- und Mikroklimaelemente Temperatur, Besonnung und Luftumsatz, sowie der lokalen Niederschlagsverteilung. Durch flächenhaftes Arbeiten konnte dabei eine Typisierung und eine Ausscheidung von Arealen mit gleichartigen mikroklimatischen Verhältnissen, also eine Raumgliederung nach Klimatopen, vorgenommen werden.

Im folgenden werden einige Ergebnisse zum Temperaturhaushalt dargelegt. Der Faktor «Temperatur» ist im besonderen Fall des Seewener Gebietes das dominierende geländeklimatische Element, weil die ausgeprägte Beckenform einen autonomen Kaltluftaushalt begünstigt, der eine differenzierte Nutzungseignung zur Folge hat. Dies wird mit der aus den Detailuntersuchungen herausgearbeiteten Frostgefährdungskarte illustriert.

2 Die besondere geländeklimatische Situation des Seewener Beckens

Das 14 km südlich von Basel gelegene Seewener Gebiet¹ zeichnet sich durch ausgesprochene naturräumliche Abgeschlossenheit und einheitliches Relief aus. Den Kern des 5,3 km² grossen Beckens bildet der 2 km lange und 150–400 m breite ehemalige Seeboden, der am vorderen Ende durch die 25 m hohe Schwelle des spätglazialen Bergsturzes abgeschlossen wird. Die mässig steilen bis steilen Beckenhänge werden am S- und N-Rand von bewaldeten Kuppen mit ungefähr 700 m Höhe abgeschlossen. Eine Ausnahme bildet lediglich die 600 m hohe Schwelle östlich des Dorfes Seewen. Das Becken ist an der Nahtstelle zwischen Tafel- und Fal-

¹ Gebietsbeschreibungen bei *W. Haeberli* u.a., 1976, *P. Luder* 1978 und *Th. Mosimann* 1975.



Karte 1: Lage der Temperaturregistrerstationen und zweier ausgewählter Temperaturprofile.
(1 : 20 000)

Mit Ausnahme der Klimastation auf dem Seeboden (Aufstellungshöhe 200 cm) betrug die Messhöhe überall 50 cm.

tenjura etwa 250 m tief eingesenkt. Als Einheit liegt hier also eine gut geschützte Geländekammer vor, deren besondere Neigung zur Herausbildung eines autonomen Geländeklimas durch den vorderen Abschluss noch verstärkt wird. Die Temperatur- und Windverhältnisse weichen deshalb im gesamten Becken häufig und im Kernteil auch sehr stark von den Normalklimaverhältnissen auf den Hochflächen des Tafeljurassic ab. Wegen der Lage am Faltenjuruarand sind zudem die hier nicht besprochenen Niederschläge lokal sehr unregelmässig verteilt.

3 Bemerkungen zur Methodik

Die angewandte Methodik schloss im wesentlichen an Vorschläge und Erfahrungen von *R. Geiger 1961, K. Knoch 1963, A. Morgen 1957, M. Schneider 1965* und

H. Scultetus 1969 an. Anlage und Vorgehen bei der Untersuchung wurden bereits früher beschrieben (*Th. Mosimann* 1975).

Begrenzende Faktoren für die Durchführung der Datenerfassung waren die Zeit (vier Monate) und zu einem gewissen Grad auch der zur Verfügung stehende Gerätelpark. Es galt also einen Kompromis zu finden zwischen der Zeitdauer und den Wiederholungen der Messungen an einem Punkt und der Erfassung möglichst vieler Messpunkte für eine sichere Flächenaussage. Daraus erklärt sich die Staffierung des Instrumenteneinsatzes, wie sie z.B. in Tab. 1 erscheint. Es ist selbstverständlich, dass aus diesen Kurzmessreihen keine klimatologischen Mittelwerte gebildet werden können. Dies erscheint in der Meso- und Mikroklimatologie auch weniger wesentlich, da hier vor allem die kurzfristigen, auf kleinem Raum auftretenden Abweichungen interessieren².

4 Allgemeine Charakterisierung der Temperaturverhältnisse

41 Seeboden

Die Basis für den Vergleich der Klimastationen bilden die Tagesminima und -maxima. Diese sind für geländeklimatische Differenzierungen in erster Linie aussagekräftig. Zudem können die Tagesmittel der nicht ständig bedienten Stationen ohnehin nur aus den Extrema berechnet werden. Sie bringen also keine Mehraussage und sind wegen der unterschiedlichen Berechnungsverfahren mit den Werten der Hauptklimastationen zudem nur beschränkt vergleichbar.

Als Basistation für die Beurteilung der geländeklimatischen Abweichungen wurde während des Messzeitraumes die Station Gempenplateau, die schon vorher einige Jahre bedient war³, wieder in Betrieb genommen. Diese windoffene und von Lokaleffekten unbeeinflusste Normalklimastation dient als Bezugspunkt für alle Seewener Messungen. Ein Vergleich der Werte im Seeboden und auf dem Gempenplateau gibt also das Mass der maximalen Abweichung des Temperaturhaushaltes im Untersuchungsgebiet.

Die Mittelwerte der Beobachtungsperiode und der Verlauf der Tagesminima und -maxima sind in Tab. 1 und Fig. 1 zusammengestellt. Darin zeigt sich, dass der Seeboden verstärkte Tagesschwankungen aufweist. Charakteristisch ist dabei die hohe Konstanz der geländeklimatischen Abweichungen. Die Tagesminima liegen auf dem Seeboden in 80% aller Fälle (Fig. 2) tiefer als am Normalklimastandort und die Tagesmaxima erreichen praktisch durchwegs höhere Werte. Die nächtliche Abkühlung ist vielfach, jedoch nicht ausschliesslich, eine Folge der Kaltluftbewegungen bei klarer Ausstrahlungswitterung. Es scheint kennzeichnend für die mesoklimatische Abgeschlossenheit des Seewener Beckens, dass in abgeschwächtem Mass auch bei mässiger Bewölkung und vereinzelt sogar bei Einstrahlungswitterung auf dem Seeboden niedrigere Tagesminima gemessen werden. In einigen dieser Fälle betrug die negative Abweichung 3–4°C.

² *E. Heyer* 1963, S. 332.

³ Abt. für Meteorologie und Lufthygiene Basel-Stadt

Tab. 1 Monatswerte der lokalklimatischen Messreihe vom 1. 4. 75–31. 7. 75 im Becken des Seewener Sees

Station		mittl. Tagesminima in °C				mittl. Tagesmaxima in °C				mittl. Tagesschwankungen in °C			
		April	Mai	Juni	Juli	April	Mai	Juni	Juli	April	Mai	Juni	Juli
Gempenplateau	711 m	3,8	7,3	*	13,6	10,1	15,0	*	20,7	6,4	7,1	*	7,1
Rütmatt	695 m			11,2	13,2			18,0	22,4			7,6	9,3
Spalen	660 m	2,8	6,5	9,0	12,0	10,5	16,4	19,0	23,3	8,3	10,0	9,9	11,2
Mühlholen	620 m			9,3	12,0			17,2	20,8			8,0	8,8
Blauenstein	585 m	1,5	6,0			11,4	16,4			9,9	10,4		
See	539 m	0,1	5,1	8,0	11,4	10,9	15,4	18,0	22,8	10,8	10,2	9,9	11,5

* Instrumentendefekt

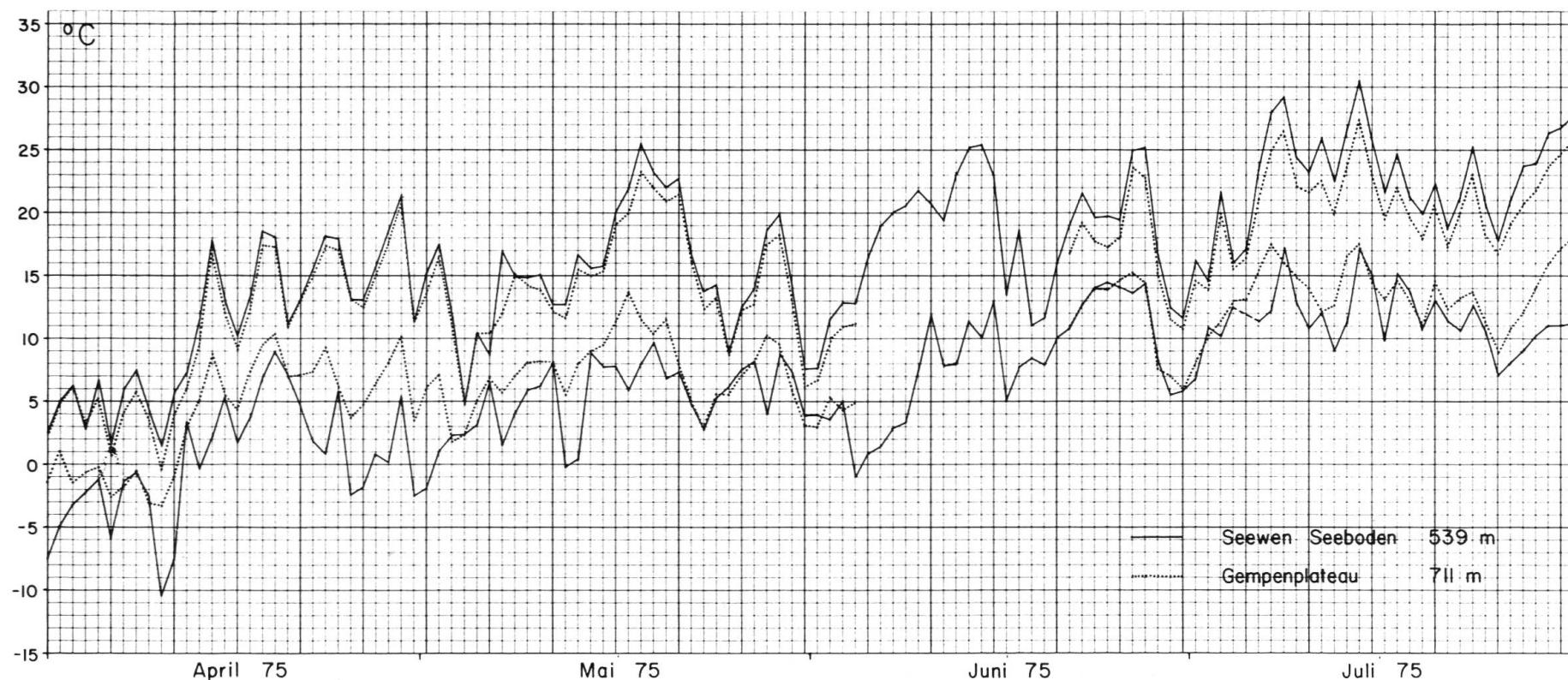


Fig. 1 Vergleich der Tagesminima und -maxima der Temperatur auf dem Seeboden und dem Gempenplateau vom 1. 4. 75–31. 7. 75.
(Ausfall der Station Gempen vom 5.–20. 6. 75 wegen Instrumentendefekts).

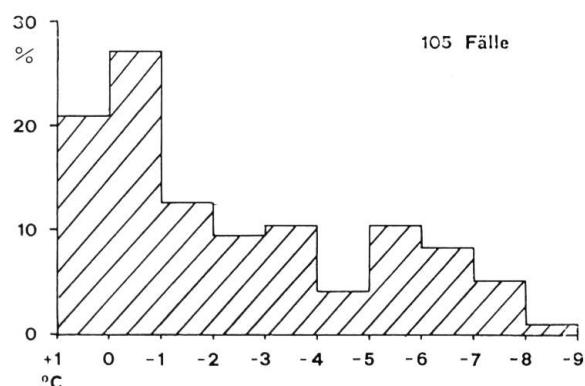


Fig. 2 Häufigkeiten der relativen Abweichungen der Tagesminima auf dem Seeboden im Vergleich zum Gempenplateau für die Zeit vom 1. 4.-4. 6. 75 und 20. 6.-31. 7. 75.

Die Unterschiede der Monatsdurchschnittswerte sind natürlich witterungsabhängig. Die starke negative Abweichung im April 1975 geht auf eine Reihe von Strahlungsnächten im letzten Drittel dieses Monats zurück. Die Monate Mai und Juli wichen in bezug auf die Bewölkung und Anzahl der hellen Tage wenig vom langjährigen Durchschnitt ab (Abt. für Meteorologie). Es kann also vermutet werden, dass sich die mittleren Tagesminima auf dem Seeboden im allgemeinen um mindestens 2°C vom Gempenplateau unterscheiden.

Die geschützte Lage im Seeboden hat auch Bedeutung für die mittägliche Erwärmung. Dieser Effekt zeigt sich besonders im Hochsommer ausgeprägt. Im Juli steigt das Tagesmaximum praktisch immer um 1°C , in einzelnen Fällen bis 3°C höher. Diese Erscheinung hängt nur in geringem Mass mit der Höhenlage (trockenadiabatischer Temperaturkoeffizient) zusammen. Haupteinflussfaktor ist der geringere Luftumsatz (siehe 4.4).

Besondere praktische Bedeutung hat die Verteilung der negativen Abweichungen (Fig. 2). Witterungsmässig lassen sich die Klassen grob zuordnen. Schwach positive Abweichungen – also niedrigere nächtliche Temperaturminima auf dem Gempenplateau – und ausgeglichene Verhältnisse treten im Zusammenhang mit Advektivkälte und windreicher Witterung auf (ungefähr 50% der Fälle). Negative Abweichungen von $1\text{--}4^{\circ}\text{C}$ hängen mit mässiger Bewölkung und wechselnd klaren Nächten zusammen, die noch keine starke Kaltluftbewegungen auslösen, jedoch wegen der geschützten Lage des Seewener Beckens vielfach zu einer schwach ausgeprägten Schichtung führen (30% der Fälle). Die übrigen 20% entfallen auf Strahlungsnächte. Der Sprung im Häufigkeitsdiagramm zeigt dabei, dass bei Ausstrahlung das nächtliche Minimum *mindestens* 5°C tiefer liegt als auf dem Gempenplateau. Im Maximum wurde in 200 cm über dem Boden eine negative Abweichung von $8,9^{\circ}\text{C}$ gegenüber der Normalklimastation gemessen.

4.2 Hanglagen

Vier Geländepunkte in Mittel- und Oberhanglage wurden während der Spezialmessungen zwei bis vier Monate mit Kleinklimahütten ausgerüstet. Diese registrierenden Messstellen dienten in erster Linie als Fixpunkte für den Einsatz der Minimumthermometermessnetze. Daneben geben aber die errechneten Monats-

mittel auch noch einige Hinweise auf durchschnittliche Abweichungen verschiedener Beckenlagen.

Die Abweichungen der mittleren Tagesminima entsprechen der Abfolge der Höhenlage der Stationen. Klar zeigt sich, dass auch der Messpunkt Spalen in 600 m Höhe noch im mesoklimatischen Einzugsbereich des Beckens liegt. Die Schichtung der verschiedenen nächtlichen Inversionen wirkte sich jedoch nicht in allen Monaten gleichmässig auf die mittleren Temperaturminima aus. In den Frühjahrsmonaten April und Mai war die Schichtung im unteren Teil des Beckens wegen der relativ stärkeren Abkühlung ausgeprägter, was sich darin äussert, dass die Station Spalen wesentlich stärker von den Werten am Seeboden abweicht als von der Normalklimastation. Im Juli dagegen ist die Differenz zwischen Beckenoberhang und Gempenplateau im Schnitt grösser als die Temperaturunterschiede innerhalb des Beckens. Die Grenze zwischen Normal- und Mesoklimabereich liegt in jedem Fall in der Höhenlage zwischen 660–690 m. Alle Hanglagen weisen deshalb in mehr oder weniger grossem Mass negative Temperaturabweichungen im Vergleich zum Normalklima auf.

Die geringeren Unterschiede bei den mittleren Tagesmaxima sind vorsichtig zu interpretieren, weil wenig Parallelmessungen vorliegen. Immerhin kann festgestellt werden, dass sich die mittägliche Erwärmung der südexponierten Oberhänge nur wenig von den Verhältnissen am Seeboden unterscheidet (vergl. Station Spalen). Dies erklärt sich aus der besonders geschützten Lage des Seebodens. Der geringere Luftaustausch beeinflusst die Mittagstemperaturen in gleichem Mass wie die etwas höhere Einstrahlung des Areals Spalen. Dass der günstigere Strahlungsgenuss eine Ursache für die höheren Mittagstemperaturen an den südorientierten Oberhängen ist, zeigt der Vergleich des Messpunktes Spalen mit der Station Mülhollen. Die Windmessungen an diesen beiden Punkten ergaben nämlich weitgehend identische Werte (siehe Kap. 44). Der Unterschied von 2–2,5°C in den mittleren Tagesmaxima hängt also zum Teil mit der Exposition zusammen. Lokaleffekte (v.a. Vegetationsbedeckung), die hier aber ebenfalls mitspielen können, sind aufgrund der kurzen Messreihe nicht zu beurteilen.

43 Ausmass der Besonnungsunterschiede

Durch die WSW-ENE-Erstreckung des Seebodens und Neigungen der Unterhänge von 15–20° und Oberhänge von 7–15° kommt es im Seewener Gebiet zu sehr differenzierten Bestrahlungsverhältnissen. Eine Kartierung nach der Methode *Kaempfert/Morgen*⁴ ergibt für die ungünstigsten N-Hänge Werte von 80–90 Kcal/Jahr und für die Südhänge beim Lindenhöfli über 150 Kcal/Jahr (maximal mögliche Strahlungssummen bei mittlerer Trübung, die durch die Witterung stark reduziert werden und deshalb lediglich einem Relativvergleich dienen). Der geringere Unterschied zwischen den Mittel- und Oberhängen im N- und S-Teil des Beckens beträgt etwa 30% der maximalen Jahresstrahlungssumme.

Nach der Skala von *K. Knoch* (1963, S. 55) müssen alle südexponierten Hänge des Beckens bis etwa 620 m Höhe als strahlungsgünstig eingestuft werden. Hier und

⁴ *K. Knoch* 1963, S. 17 und S. 55

auf den oberhalb anschliessenden, etwas weniger geneigten Flächen (siehe Station Spalen) bildet sich eine mittägliche warme Hangzone heraus, die teilweise noch durch den Windschutz infolge starker Wald-Feld-Gliederung begünstigt wird.

44 Der Einfluss der Windverhältnisse

Um über die bodennahen Windverhältnisse und den Windschutz einzelner Geländelagen des Beckens Aufschluss zu erhalten, wurden mit Hilfe eines Windwegmessers 20 Messpunkte mit der Normalklimastation auf dem Gempenplateau verglichen. Die Messhöhe betrug 150 cm (*M. Knoch*, 1963) und die Messdauer jeweils sieben Tage für einen Geländepunkt. Die Beurteilung des Punktes erfolgt anhand des relativen Prozentwertes. Damit kann der Einfluss des Geländes übersichtsmässig abgeschätzt werden. Besondere Witterungseinflüsse sind jedoch wegen der kurzen Messperiode noch nicht sichtbar. Die vorliegenden Zahlen (Tab. 2) geben also lediglich Richtwerte.

Tab. 2 Bodennaher Luftumsatz in 150 cm Höhe

	Anzahl Messpunkte	Windweg in % der Messungen an der freiexponierten Normalklimastation in 6 m Höhe (Wochensummen)
Seeboden vorne	1	20 %
Seeboden Mitte (Pt. 544)	1	45 %
(13 Wiederholungen)		
Seewen (Pt. 547)	1	24 %
Unterhänge am Seebodenrand	5	33 %
Juntenloch/Rebacker	3	36 %
Oberhänge bei Spalen/Dummeten	3	57 %
Vogtsmatten/Feld	2	32 %
Mühlhollen/Buechenberg	1	56 %
Muldentälchen bei Seewen (Blauenstein/Zelgli)	2	38 %
Übergang bei Lör	1	64 %

Die Prozentangaben in Tab. 2 beziehen sich auf ungestörte Messungen in 6 m Höhe. Für den Vergleich der Messpunkte im Seewener Becken mit dem windoffenen Gempenplateau muss deshalb noch folgende Reduzierung beachtet werden: Nach *R. Geiger*⁵ verhalten sich die Windgeschwindigkeiten in verschiedener Höhe ungefähr wie die 4. Wurzel aus der Höhe. Deshalb entspricht ein Windweg von 70% des Basiswertes in 6 m Höhe etwa dem Luftumsatz auf dem Gempenplateau in 150 cm Höhe. Auf dem Übergang Richtung Büren (Lör) herrschen demzufolge Windverhältnisse, die weitgehend dem Normalklima entsprechen.

Mit Ausnahme des Areals Lör ist der bodennahe Luftumsatz im gesamten Untersuchungsgebiet mesoklimatisch beeinflusst. Es lassen sich dabei vier Arealtypen

⁵ 1961, S. 122–123

ausscheiden. Die Oberhänge im N- und S-Teil sind bereits etwas in den Windschutz der Beckenlage einbezogen, weisen jedoch erst eine geringe Verminderung des Luftumsatzes auf, so dass hier Temperaturwerte und -schichtung nicht beeinflusst werden. Alle Hänge und Flächen unterhalb etwa 620 m bis an den Rand des Seebodens zeigen sehr einheitliche Werte zwischen 30–40%. Der Luftumsatz ist also effektiv gegenüber dem Normalklimastandort um etwa die Hälfte reduziert. Hier wird die Entstehung mesoklimatischer Temperaturabweichungen generell begünstigt.

Der Seeboden gliedert sich in zwei unterschiedliche Areale. Der Mittelteil um die Klimastation liegt mässig windgeschützt. Die etwas höheren Belüftungswerte als an den Randhängen sind auf den freieren Durchzug der Luftströmungen (keine Gliederung durch vielfach versetzte Waldränder) und auch auf einen schwachen Kanalisierungseffekt zurückzuführen. Der Windschutz ist jedoch bereits ausreichend, um sich auf höhere Maxima der Temperatur auszuwirken (Kap. 41). Es muss deshalb angenommen werden, dass die mittägliche Erwärmung im besonders geschützten vorderen Seeboden und südlich Seewen noch ausgeprägter erscheint.

5 Kaltlufthaushalt bei nächtlicher Ausstrahlung

51 Allgemeines

Das Becken des Seewener Sees verfügt aufgrund seiner Oberflächengestaltung alle Voraussetzungen für die Herausbildung eines differenzierten Kaltlufthaushaltes, der sich in mesoklimatischem Ausmass manifestiert. Die ganze Geländekammer wirkt in gewissem Mass als Kaltluftsammler (siehe Kap. 41 und 42) und ist durch einen internen Kaltlufthaushalt geprägt: Eine differenzierte Schichtung des Kaltluftsees und lokale Kaltluftansammlungen⁶ bilden sich heraus.

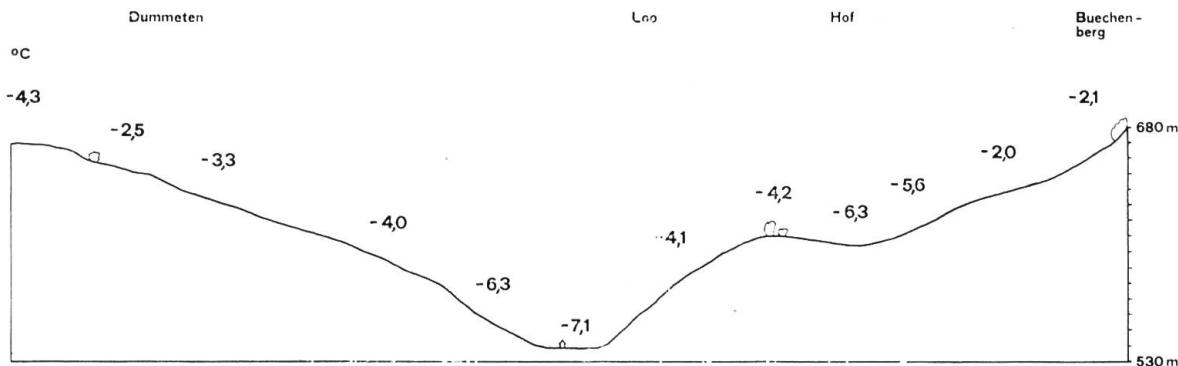
Zur Untersuchung dieser Zusammenhänge wurden insgesamt 119 Geländepunkte erfasst. Elf Punkte waren während des gesamten Messzeitraumes besetzt, die übrigen wurden arealweise durch ein bewegliches Netz von 25 Minimumthermometern gestaffelt abgedeckt. Eine Montage aller Messungen ergibt somit relative Werte der Abweichungen der Temperatur von der Basisstation auf dem Gempenplateau (Fig. 3). Im folgenden werden die wichtigsten Zusammenhänge aus den Detailergebnissen herausgearbeitet. Sie bilden die Grundlage für die Ableitung der Frostgefährdungskarte.

52 Die Lage von Grenzschichten und die Schichtung des Kaltluftsees

Wie in Kap. 41 und 42 erklärt wurde, steht grundsätzlich das gesamte Seewener Becken unter Kaltlufteinfluss, wenn auch die Oberhänge erst wenig von den Minimumtemperaturen an der Normalklimastation abweichen (ungefähr 2°C). Es fehlt im Untersuchungsgebiet also eine eigentliche Temperaturumkehrung, deshalb darf der Begriff «Inversion» richtigerweise auch nicht gebraucht werden.

⁶ verschiedene Typen bei R. Marr 1970, S. 93, beschrieben

Profil a



Profil b

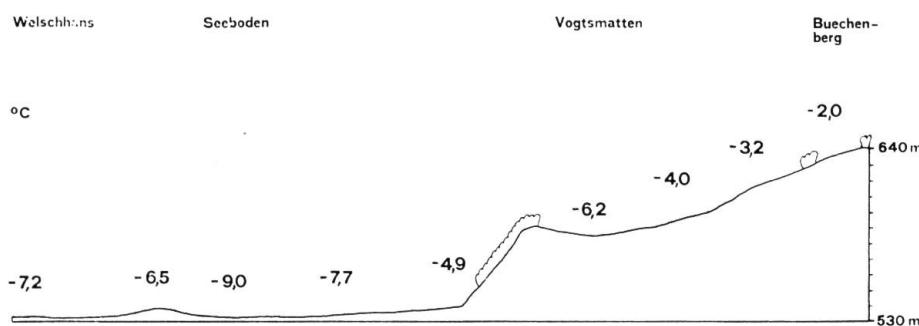


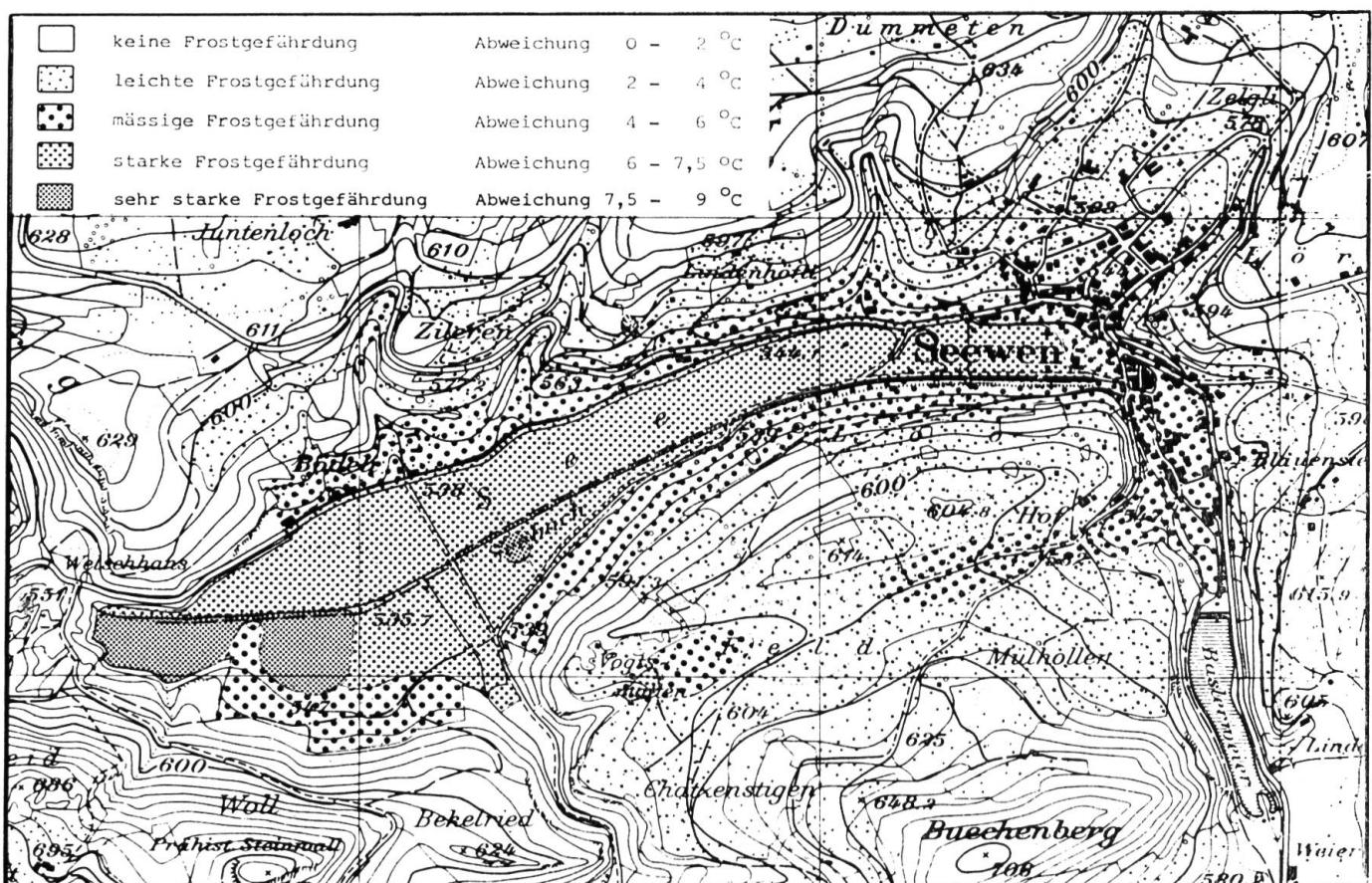
Fig. 3 Temperaturprofile der nächtlichen Minima bei Ausstrahlungswitterung im Becken des Seewener Sees.

Die Profile sind aus mehreren Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten montiert. Die angegebenen Temperaturwerte stellen relative Abweichungen zur Basisstation auf dem Gempenplateau (711 m) dar.

An seiner Stelle beschränkt sich der Begriff «Grenzschicht» auf die Bezeichnung einer Höhenlage mit sprungartiger Änderung der nächtlichen Temperaturminima. Aus demselben Grund tritt in Seewen auch keine warme Hangzone im klassischen Sinne auf⁷. Ihre Funktion übernimmt in diesem Fall die Höhenlage, innerhalb derer die Temperaturwerte noch nicht nennenswert absinken, was in Fig. 3 gut zum Ausdruck kommt.

Die beiden dargestellten Temperaturprofile zeigen die Zusammenhänge der Schichtung einschliesslich einiger Lokaleffekte. Aus dem Vergleich von Profil a und b ergibt sich auch deren wichtigster Unterschied: Im oberen Teil des Seebodens liegt im Gegensatz zum unteren Teil keine ausgeprägte kalte Bodenschicht, so dass nur im zweiten Fall von mehreren Grenzschichten gesprochen werden muss. Die obere Grenzschicht, also der Beginn stärkerer Temperaturabnahme, liegt bei 600–620 m Höhe. Darunter weichen die nächtlichen Temperaturminima bei Ausstrahlung immer um mindestens 4°C vom Normalstandort ab. Der Temperatur-

⁷ siehe W. Böer, 1964, S. 126.



Karte 2: Gefährdung durch Früh- und Spätfröste. (1 : 20 000)

sprung ist naturgemäß nicht überall gleich stark ausgeprägt, was mit schwer einzuschätzenden Lokaleffekten zusammenhängt. Am deutlichsten erscheint er im Gebiet Mülhollen. Hier wurden in zweifacher Wiederholung auf 100 m Distanz mit 20 m Höhendifferenz über 3°C Temperaturabnahme festgestellt. Im allgemeinen (auch im hier nicht dargestellten Profil Bödeli) beträgt die sprunghafte Abnahme $2\text{--}2,5^{\circ}\text{C}$. Darunter nimmt die Temperatur bis etwa 570 m Höhe nur wenig ab und fällt erst innerhalb der letzten 25–35 m Höhendifferenz nochmals um rund 3°C . Die Gesamtmaßigkeit des Kaltluftsees beträgt also 50–60 m, wobei die untere Hälfte des Luftpaketes um mindestens 5°C von der Temperatur am Normalstandort abweicht.

Die kalte Bodenschicht im vorderen Teil des Seebodens hängt nicht mit Kaltluftbewegungen in Fliessrichtung des Baches zusammen. Die Neigung in der Längsachse des Seebodens reicht nicht aus für stärkere Bewegungen der zäh fliessenden Kaltluft⁸. Dazu kommt, dass die aufgedämmte Verbindungsstrasse zwischen Punkt 538 und Punkt 539 bodennahe Bewegungen unterbindet. Die kalte Bodenschicht auf dem südwestlichen vorderen Seeboden ist vielmehr lokaler Entstehung und hängt mit der Muldenform dieses Areals zusammen. Hier kann sich die Schichtung der Kaltluft ausgeprägter als auf dem sonst im allgemeinen flachen

⁸ siehe J. v. Eimern, 1971, S. 155

Seeboden differenzieren. Die dabei entstehenden Temperaturabweichungen sind deutlich (Fig. 3), so dass hier eine zweite, untere Grenzschicht vorliegt und von einem sekundären Kaltluftsee gesprochen werden muss, dessen vertikale Mächtigkeit jedoch nur 3–5 m beträgt.

Die vorgeführten relativen Unterschiede der Temperaturminima sollen noch durch zwei Beispiele, die die Bedeutung der mesoklimatischen Temperaturdifferenzierung vor Augen führen, ergänzt werden:

10. 4. 75	Gempenplateau Seeboden	(711 m) (538 m)	- 3,1°C -13,6°C
12. 7. 75	Rütmatt Seeboden	(695 m) (537 m)	12,5°C 0,5°C

53 Lokale Kaltluftvorkommen

Lokale Kaltluftvorkommen treten im Seewener Becken in Mulden, Muldentälchen und auf sehr flachen Oberhängen bzw. Rücken auf (siehe Frostgefährdungskarte). Ihre quantitative Bedeutung ist ebenfalls aus Fig. 3 ersichtlich. Die Abweichungen der Temperaturminima dieser Lokalstandorte liegen mit Ausnahme des Kerns der Mulde bei Vogtsmatten im Bereich von 2°C. Sie sind also nicht bedeutend und ohne wesentlichen Einfluss auf die Nutzung.

Der Kaltluftstau im Areal Vogtsmatten hat seine Ursache im Zusammenwirken der lokalen Reliefform mit dem Waldrandverlauf. Abgegrenzt durch eine Geländestufe von 1–2 m Höhe, liegt der untere Teil der Mulde etwas eingetieft und wird am vorderen Rand durch den Wald abgeschlossen. Letzterer staut die in der Muldenlängsrichtung abfliessende Kaltluft. Auf diese Weise entsteht am tiefsten Punkt der Mulde ein kleines Areal mit starker lokaler Frostgefährdung.

6 Frostgefährdung

Die Frostgefährdung durch die geländeabhängige Kaltluftverteilung bei Ausstrahlungswitterung gehört zu den wichtigsten Umweltfaktoren, die die landwirtschaftliche Nutzung beeinflussen. Während eine richtige lokale Standortwahl für den besonders frostempfindlichen Obst- und Weinbau absolut entscheidend ist, so spielt sie auch beim Anbau von Kartoffeln und Mais in abgeschwächtem Mass eine Rolle. Hier wirken Spät- und Frühfröste zwar nicht in katastrophalem Ausmass, haben aber doch eine mehr oder weniger grosse Ertragsminderung zur Folge. Wegen dieser grossen praktischen Bedeutung des Problems existieren eine ganze Reihe von Arbeiten, so dass das Literaturverzeichnis am Schluss nur eine kleine Auswahl repräsentieren kann. Die Methodik der verschiedenen Arbeiten hängt stark mit dem Aufnahmemassstab zusammen. Mit Hilfe von regionalen Untersuchungen wurden durch eine Kombination von Messungen und Geländebegehungen übertragbare Punktebewertungsverfahren erarbeitet⁹. Vergleichbare Daten

⁹ W. Schüepp, 1948, S. Uhlig, 1954.

für grössere Räume basieren ausschliesslich auf phänologischen Aufnahmen¹⁰. Detailuntersuchungen der vorliegenden Art sind wegen ihres modellhaften Charakters nötig. Sie zeigen den starken Einfluss der Feinheiten in der Geländegestaltung und machen deutlich, dass eine Klassifizierung des Seewener Beckens in den Bereich starker Frostgefährdung vor Ort noch wenig Aussagekraft besitzt.

Der Einfluss von Spät- und Frühfrösten auf die Kulturen wird stark vom Entwicklungszustand, der Resistenz (u.a. düngeabhängig), der Froststärke und -wiederholung sowie dem weiteren Verlauf der Vegetationsperiode beeinflusst. Die Festlegung von Grenzwerten ist deshalb nicht einfach. Am besten eignen sich kritische Temperaturen, die experimentell überprüfbar sind. Die folgende Zusammenstellung basiert auf Angaben von W. Hirt (1974, S. 17), W. Schüepp (1948, S. 10) und J. v. Eimern (1971, S. 198).

Kritische Temperaturen:

	Knospe geschlossen	Vollblüte	kleine Frucht
Apfel	-4 °C	-2°C	-1,5°C
Birne	-4 °C	-2°C	-1,5°C
Kirsche	-4,5°C (-2°C)*	-2°C	-1 °C
Kartoffel	alle Triebe erfroren, starke Ertragminderung meiste Blätter und Sprossspitzen erfroren, mässige Ertragminderung einzelne Blätter erfroren, normaler Ertrag		-4,5 --6°C -3,5°C -2 °C

*unterschiedliche Angaben

Die Frostresistenz variiert also je nach Kulturart und Zustand in weitem Bereich. Obige Schadengrenzen erstrecken sich über ein Band von etwa 6°C, was annähernd den Temperaturunterschieden innerhalb des Seewener Beckens entspricht. Dies zeigt, dass in bezug auf die Beeinflussung der Kulturen ein differenziertes Kaltluftgefüge vorliegt. Die Einteilung der Frostgefährdungsskala sollte diese Feinheiten berücksichtigen, jedoch auch in praktisch brauchbaren Grössenordnungen bleiben. Eine Stufung von 2°C bzw. 1,5°C im Bereich starker Frostgefährdung (Tab. 3) dürfte die feinste Gliederung sein, die sich in Schadenausmass und -häufigkeit noch feststellen lässt.

In der Karte der Frostgefährdung wurden die in Kap. 5 erläuterten Zusammenhänge flächendeckend interpretiert. Mit einer Ausnahme sind die eingezeichneten Grenzen deutliche und stabile Trennlinien ohne wesentliche Veränderung bei Einzelereignissen. Als Interpolation muss die Grenze zwischen dem Areal der leichten und mässigen Frostgefährdung an den Beckenunterhängen verstanden werden. Hier nimmt die Temperatur jeweils allmählich ab und der festgelegte Grenzwert erscheint nicht immer in gleicher Höhe. Die Trennlinie wurde auf die höchsten Geländepunkte, die den Grenzwert von 6°C Abweichung erreicht haben, gesetzt.

¹⁰ z.B. F. Jeanneret, 1974.

Tab. 3 Frostgefährdungsstufen

Frostgefährdungsgrad	Abweichung von der Normaltemperatur bei Ausstrahlung
keine Frostgefährdung	2°C
leicht	4°C
mässig	6°C
stark	7,5°C
sehr stark	9°C

Anzahl der Spätfröste in der Periode von 20. 4.–31. 5. 75
(näherungsweise interpoliert)

	unter -6°C	unter -4°C	unter -2°C	unter 0°C
keine Frostgefährdung				
leicht				1
mässig		1		2
stark	1	2		3
sehr stark	3	3		3

Die Bedeutung der Frostgefährdungsareale muss vor allem auch an der Häufigkeit des Auftretens von Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gemessen werden. In Tab. 3 sind für die wichtigste Zeitspanne vom 20.4.–31.5.75 die Werte zusammengestellt. Diese Zeitspanne wichen im Jahr 1975 nicht wesentlich vom durchschnittlichen Witterungsverlauf ab. Die hergeleiteten Frosthäufigkeiten dürften also mindestens einen allgemeinen Richtwert darstellen. Tab. 3 macht die unterschiedliche Bedeutung der Arealgrenzen zwischen mässiger und starker bzw. starker und sehr starker Frostgefährdung klar. Im ersten Fall nimmt eher die Frostanzahl an und für sich zu, während im zweiten Fall vor allem die Häufigkeit der sehr starken Fröste ansteigt. In bezug auf die Ertragsminderung tritt also die zweite Grenze stärker in Erscheinung. Auf dem Areal mässiger Frostgefährdung sind die negativen Temperaturabweichungen bereits zu gering, um regelmäßig zu starken Frösten mit Temperaturen unter -4°C zu führen. Es ist hier nur unter besonderen Umständen, also bei Katastrophenereignissen, mit stärkeren Schäden an Obstbäumen zu rechnen. Gesamthaft lassen sich die Frostgefährdungsareale für die Nutzungseignung wie folgt einstufen:

Frostgefährdung	Obstkulturen	Kartoffeln
leicht	geeignet	geeignet
mässig	mässig geeignet (periodische Schäden in mehrjährigem Abstand)	geeignet
stark	ungeeignet	mässig geeignet (regelmässige Mindererträge)
sehr stark	ungeeignet	ungeeignet (starke Mindererträge)

7 Zusammenfassung

Die Arbeit basiert auf Ergebnissen einer geländeklimatischen Untersuchung im Jahre 1975. Sie fasst die wichtigsten Daten zum Temperaturhaushalt zusammen und stellt die Folgerungen für die Nutzung in einer Karte der Frostgefährdung dar.

Nach einer kurzen Erläuterung der geländeklimatisch besonderen Lage des Seewener Beckens werden viermonatige Temperaturregistrierungen auf dem See- boden mit der 170 m höher gelegenen Normalklimastation verglichen. Sie zeigen ein stark autonomes Geländeklima mit erhöhten Tagesschwankungen und starken bis sehr starken Abweichungen der nächtlichen Minima (bis 9°C). Anhand verschiedener Registrierungen in Hanglagen wird zudem vorgeführt, dass das Seewener Becken bis an seine oberen Waldränder unter mesoklimatischem Einfluss steht. Nach einer kurzen Diskussion des Einflusses der Besonnung und des ebenfalls untersuchten Windfeldes auf die Temperaturmaxima werden anhand zweier Profile Grenzschichten und Temperaturabfolgen des Hauptkaltluftsees und die Bedeutung lokaler Vorkommen diskutiert. Die mit Temperaturunterschieden zwischen 7–9°C differenzierte Schichtung und Verteilung ergibt vier Frostgefährdungsareale. Eine Klassifizierung der Nutzungseignung erfolgt mit Hilfe von Angaben über kritische Temperaturgrenzen.

LITERATUR

- Abteilung für Meteorologie und Lufthygiene, Observatorium Binningen: Monatliches Wetterbulletin, April 1975–Juli 1975, je 5 S.
- Böer, W. (1964): Technische Meteorologie. Leipzig, 232 S.
- Eimern, J. v. (1971): Wetter- und Klimakunde für Landwirtschaft, Garten- und Weinbau. Stuttgart, 239 S.
- Geiger, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftsicht. Die Wissenschaft, Bd. 78, Braunschweig, 646 S.
- Hirt, W. (1974): Das Frostproblem in der Schweiz. In: Inf. u. Beitr. z. Klimaforsch. Nr. 12, Bern, S. 15–19
- Jeanneret, F. (1974): Die Verteilung der Spätfrostschäden in der Schweiz im Frühling 1974 (m. Kartenbeilage). Inf. u. Beitr. z. Klimaforsch. Nr. 13, Bern, 14 S.
- Knoch, K. (1963): Die Landesklimaaufnahme. Wesen und Methodik. Ber. d. Dt. Wetterdienstes, 12, Nr. 85, 64 S.
- Leser, H. (1975): Das physisch-geographische Forschungsprogramm des Geographischen Instituts der Universität Basel in der Regio Basiliensis. In: Regio Basiliensis, 16 S. 55–78
- Luder, P. (1978): Hydrogeographische Untersuchungen im Gebiet des Seewener Sees. In: Regio Basiliensis, 19, S. 35–44
- Marr, R. L. (1970): Geländeklimatische Untersuchung im Raum südlich von Basel. Basler Beitr. z. Geogr., H. 12, 155 S.
- Mosimann, Th. (1975): Mikroklimatische Untersuchungen im Gebiet des Seewener Sees. In: Regio Basiliensis, 16, S. 86–89
- Mosimann, Th. (1975): Klimatepe im Becken des Seewener Sees. Dipl. Arb. Geogr. Inst. d. Univ., Basel, 92 S. (Manuskr.)
- Schneider, M. (1965): Zur praktischen Durchführung geländeklimatologischer Arbeiten. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes, Nr. 34, 32 S.
- Schnelle, F. (1972): Lokalklimatische Studien im Odenwald. Ber. d. Dt. Wetterdienst Nr. 128 (Bd. 17), Offenbach, 38 S.
- Schüepp, W. (1948): Frostverteilung und Kartoffelanbau in den Alpen auf Grund von Untersuchungen in der Landschaft Davos. In: Schweiz. Landwirtsch. Monatsh. Nr. 2, Bern, S. 37–59
- Scultetus, H. R. (1969): Klimatologie. Das Geogr. Seminar, Prakt. Arbeitsweisen, Braunschweig, 163 S.
- Uhlig, S. (1954): Beispiel einer kleinklimatologischen Geländeuntersuchung. In: Z. f. Met., 8, S. 66–74