

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Band: 87 (1989)

Heft: 1: Lebensraum Bodensee = L'espace vital du lac de Constance

Artikel: Das Klima des Bodenseegebiets

Autor: Rauh, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234010>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.11.2024

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

Partie rédactionnelle

phase an der Sohle des vorrückenden Gletschers aus lehmig-kiesigen Ablagerungen (Grundmoräne) herauspräpariert. Beim Eiszerfall sammelte sich in den Vertiefungen der Drumlinsfelder Wasser zu Seen und Teichen, die entweder von Schmelzwassersedimenten verfüllt wurden oder sich später zu Mooren entwickelten.

Als markantes Eisrandrelikte des Maximalstandes W/Max gilt die sogenannte Äussere Jungendmoräne, die sich in Form langgestreckter Hügelzüge durch ganz Oberschwaben hindurch erstreckt. Es sind beträchtliche Anhäufungen von Sanden und Kiesen und aufgeschobener Grundmoräne, die sich unmittelbar am Eisrand bildeten. Auf der Innenseite meist relativ steil abfallend, gehen die *Wallmoränen* nach aussen mit flacher Neigung in weite Schotterfelder über. Die Schmelzwässer sammelten sich auf sogenannten Sandern und flossen in Oberschwaben über ein verästeltes Netz von Gerinnen der Donau zu. Auf Schweizer Boden finden sich entsprechende morphologische Verhältnisse im Endmoränengebiet des Rafzerfeldes.

Die Reliefformen, die sich während der ersten Abschmelzphase in der Zone zwischen W/Max und W/S entwickelten, unterscheiden sich generell nach den jeweiligen Vorflutverhältnissen. Wo der Abfluss infolge sehr geringen Gefälles prekär blieb, wie etwa in Oberschwaben, kam es bei hohem Sedimentanfall zwischen den zerfallenden Eismassen zu lokalen Anhäufungen von Kiesen und Sanden, den sogenannten Kames. Nach dem Niedertauen bildete sich eine wechselhaft geformte Landschaft mit unzähligen kleinen *Kuppen und Wann*en, letztere auch Toteislöcher genannt.

In den Zungenbecken innerhalb der Endmoränen des Maximalstandes entwickel-

ten sich häufig *Eisrand-Stauseen*, zum Teil grösseren Ausmasses wie etwa bei Winterthur oder bei Diessenhofen. Die Verfüllung dieser Seen erfolgte zumeist weitflächig mit Silten (Bändertonen) und Sanden, vom Gletscherrand her oft noch mit einer Deckschicht aus Kiesen.

Immer wieder gab es aber auch Situationen, in denen die zur Sommerszeit massiv anschwellenden Schmelzwässer neue Abflusswege in eisfrei gewordene Randzonen einzutiefen vermochten. Solche Prozesse entwickelten sich vor allem im westlichen Gletschergebiet, wo zur Vorflut des Rheins hin grosse Gefälle zur Verfügung standen. Als schönes Beispiel gilt das System *randglazialer Schmelzwasserrinnen*, das sich von Flawil her über Rindal – Littenheid – Dussnang – Bichelsee bis zur Töss bei Turbenthal ausbildete. Schmelzwasserüberläufe aus kleinen Randstauseen legten die Wasserscheiden zwischen Bachtälern des Molasseberglandes in kürzester Zeit nieder, wodurch verschiedene einzelne Talabschnitte zu einer tiefen und geräumigen Schmelzwasserrinne zusammengesetzt wurden.

Ein weiteres Reliefelement ist charakteristisch für den Eisrandkomplex Stein am Rhein (W/S). Infolge des gebremsten Rückschmelzens und erneuten Wiederaufbaus des Eiskörpers kam es dem Eisrand entlang über weite Strecken zur Bildung flacher Randstromsysteme, in denen anfänglich Feinsedimente und schliesslich auch Sande und Kiese abgelagert wurden. Viele einst ergiebige Kiesgruben liegen in diesen *Sanderterrassen*, so etwa im Zuge des Siedlungsbandes St. Gallen–Wil–Winterthur oder im Raum Singen–Stockach.

Die intensive Abschmelzphase nach dem Stadial W/S führte wiederum zur Bildung ausgedehnter Wasserflächen. Untersee und Überlingersee blieben bis heute be-

stehen, während die Seen im Thurtal und im Schussental teils ausliefen, teils verfüllt wurden. Als Relikt dieser spätglazialen Seen können die schönen *Deltaterrassen* gelten, die sich im Relief etwa bei Niederbüren oder bei Tettngang abzeichnen. Sie verdanken ihre Entstehung seitlich einmündenden Schmelzwasserströmen, die mit umgelagertem Lockermaterial reichlich belastet waren.

Während der 14 000 Jahre, die seit dem endgültigen Verschwinden des Gletschereises aus dem Bodensee verstrichen, standen die meisten kleineren und mittleren Gewässer rings um den See unter einem erosiven Regime, das in gefällsreichen Abschnitten zur Eintiefung von Schluchten und Tälern führte. Ausser in Hang- und Bachschuttfächern findet die Akkumulation heute fast nur noch in den Flussdeltas im See statt – dort aber massiv.

Literatur:

Keller, O., Krayss, E. 1987: Die hochwürzeitlichen Rückzugsphasen des Rhein-Vorlandgletschers und der erste alpine Eisrandkomplex im Spätglazial. Geogr. Helv. 1987/2: 169–178, Zürich.

Schreiner, A. 1979: Zur Entstehung des Bodenseebeckens. Eiszeitalter und Gegenwart 29: 71–76, Hannover.

Wildi, W. 1984: Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz mit kurzen Erläuterungen. Eclogae geol. Helv. 77/3: 541–551, Basel.

Adresse der Verfasser:

Dr. Oskar Keller
Sonderstrasse 22
CH-9034 Eggersriet

Edgar Krayss
Myrtenstrasse 9
CH-9010 St. Gallen

Das Klima des Bodenseegebietes

P. Rauh

Das Klima im Bodenseegebiet wird einerseits geprägt durch seine Lage im Alpenvorland im Herzen von Mitteleuropa. Andererseits spielen Topographie und Wassermasse im kleinräumigen Massstab eine wichtige Rolle. Einige markante Zusammenhänge werden kurz erläutert.

Le climat de la région du lac de Constance est empreint d'une part par sa situation dans les premiers contreforts des Alpes au cœur de l'Europe Centrale. D'autre part la topographie et la masse d'eau jouent un rôle important à l'échelle régionale. Quelques relations marquantes sont expliquées concisément.

Die Wissenschaft definiert das Klima als den mittleren Verlauf der Witterung während eines ganzen Jahres, dargestellt durch Mittelwerte, Häufigkeiten und Extremwerte verschiedener Klimaelemente, wie zum Beispiel Temperatur, Niederschlag, Sonnenschein, Wind und so weiter. Die Grösse und Veränderlichkeit dieser Elemente werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Zu ihnen gehören Meereshöhe, Entfernung von einer grossen Wasserfläche, Exposition. Anschaulicher als diese Definition ist der Vergleich mit einem Skihang: ausgefahrene Piste und randliche Einzelspuren zusammen formen ein Abbild des Klimas. Es ist also nichts anderes als die Sammlung der Wit-

terungsspuren einer dreissig- oder sechzigjährigen Periode. Einmal verlaufen die Spuren in der ausgefahrenen Mitte, einmal abseits im unberührten Tiefschnee, jede ist einzigartig – zusammen bilden sie ein Ganzes: das Klima.

Ein feuchtgemässiges Klima

Wie ganz Zentraleuropa liegt auch das Bodenseegebiet im Bereich eines gemässigten Klimas mit ausreichender Feuchtigkeit während des ganzen Jahres. Der Jahresniederschlag beträgt etwa 70–120 cm, die Jahresmitteltemperatur rund 8–9 Grad (Januarmittel –1, Julimittel +18 Grad). Am Nordfuss der Alpen gelegen, ist der Bodensee den atlantischen Störungen ausgesetzt, die aus westlichen Richtungen feuchte Meeresluft heranzuführen; der trockenen, aber kalten Bisenströmung mit Kontinentalluft aus Osten sowie dem Föhn von den Alpen her. Wenn wir jedoch genauer hinsehen, erkennen wir innerhalb dieses Rahmens typische Eigenheiten.

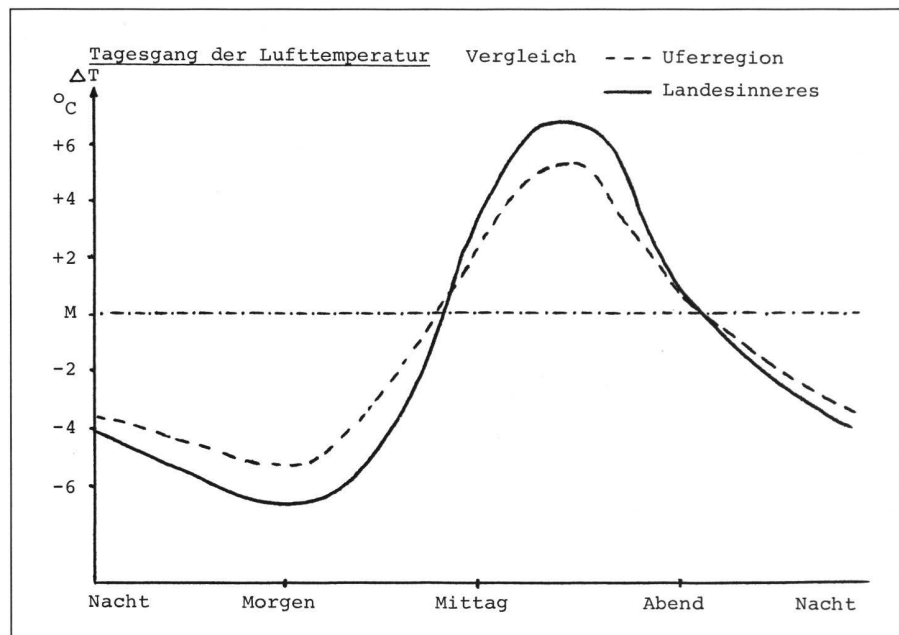
Eine wassergefüllte Wanne im Alpenvorland

So könnte man den Bodensee etwas depektierlich nennen. Doch es stimmt nicht schlecht: viel Wasser, einige Hügel in unmittelbarer Nähe, am Fuss der Voralpen gelegen mit direkter Verbindung zur Hochalpenregion.

Beginnen wir mit dem Wasser. Die Temperatur der Luftschicht, die mit der Wasseroberfläche im Berührung kommt, wird von der Wassertemperatur direkt verändert: erhöht in der kalten Jahreszeit und in der Nacht, verringert im Sommer und während des Tages. Ein grosser Wasserkörper wie der Bodensee ändert seine Temperatur im Gegensatz zu einer festen Landoberfläche nur langsam: die sommerliche Wärme behält er lange, die winterliche Kühle ebenfalls. Zwischen Tag und Nacht ist kaum ein Unterschied festzustellen. Land dagegen reagiert während des Tages fast auf jeden Sonnenstrahl mit einer höheren Oberflächentemperatur, nachts bringt die Abstrahlung die Temperatur zum Sinken. Ein weiterer physikalischer Vorgang ist mit dem Wasser eng verknüpft: von der grossen Fläche verdunstet jeden Tag ein Teil, im Sommer viel mehr als im Winter. Der Feuchtegehalt der Luft in Form von Wasserdampf, einem unsichtbaren Gas, steigt an.

Glättung des Temperaturverlaufs

Es ist klar, dass der Einfluss des Bodensees auf die Lufttemperatur der Uferregionen nicht mit dem eines Ozeans schritthalten mag. Trotzdem dürfte die winterliche Mitteltemperatur der Ufergebiete um einige Zehntelgrade höher liegen als dies



Tagesgang der Lufttemperatur im Vergleich zwischen Uferregion und Landesinnerem: im Laufe eines ungestörten, sonnigen Tages ist die Temperaturabweichung vom Tagesmittelwert (M) an einer Uferstation deutlich kleiner als an einem Ort im Landesinnern. ΔT = Temperaturabweichung.

der Fall wäre, wenn der Bodensee eine feste Oberfläche aufwiese. Dass auch eine kleine Dämpfung der Temperaturamplitude Auswirkungen zeitigen kann, zeigt die Vegetation ganz deutlich. Nicht von ungefähr gedeihen auf der Insel Mainau Pflanzen, die man sonst in unseren Breiten selten antrifft. Auch die landwirtschaftlichen Betriebe rund um den Bodensee profitieren vom ausgleichenden Einfluss des Wasserkörpers auf die Temperatur.

Lokalzirkulation am Bodensee

Bei einer Hochdrucklage oder bei flacher Druckverteilung auf eher tiefem Niveau im Bereich des Bodensees und bei vollem Sonnenschein erwärmt sich also die Landoberfläche im Laufe des Tages deutlich, die Wasseroberfläche jedoch kaum spürbar. Bald ist das Land wärmer als das Wasser, die am Boden aufliegende Luft wird geheizt. Die Luft über dem Wasser bleibt kühl. Erwärmte Luft neben der kühlen Luft ist weniger dicht, also leichter: sie steigt auf. Dadurch sinkt über dem Land der Luftdruck, über dem Wasser bleibt er unverändert: es entsteht ein Druckgefälle vom See zum Land. Nach den physikalischen Gesetzen wird zum Ausgleich dieses Druckunterschieds Luft vom See zum Land hin transportiert. Luftbewegung nennen wir «Wind»; er kommt vom See her, also heisst er «Seewind». Die Luft, die herangeweht wird, ist kühler als die Landluft. Sie ist auch feuchter. Wird sie dann über dem Land ebenfalls erwärmt und in die Höhe gehoben, kühlt sie sich ab, die relative Feuchtigkeit steigt und steigt, bis die Luft

gesättigt ist. Wolken entstehen, gelegentlich sogar ein Regenschauer. Dieser Effekt wird durch die Abhänge der umliegenden Hügel verstärkt. Sie weisen im Mittel eine etwas höhere jährliche Regenmenge auf als die unmittelbaren Uferregionen (etwa 20–50 mm Unterschied pro Jahr).

Während der Nacht stellt sich durch die rasche Abkühlung der Landoberfläche und der Hügelabhänge eine umgekehrte Luftzirkulation ein: leichte ablandige Winde gegen die Seemitte zu, wo die Luft mild bleibt und leichter ist als die kalte Landluft. Spürbar für die Anwohner und Besucher ist vor allem jedoch der Seewind während des Tages: er wirkt beim Sonnenbad kühlend. Segler und Surfer machen sich diese Windströmung zunutze, auch wenn sie selten grössere Stärken erreicht als etwa eine 2 auf der Beaufortskala (6–12 km/h).

Das Niederschlagsregime

Niederschläge im Bodenseegebiet fallen, wenn die atlantischen Störungen nach Osten ziehen, wenn sich feuchte Luft an der Nordabachung der Alpen staut oder wenn sich im Sommer durch die Einstrahlung Gewitterherde bilden. Im Vergleich mit dem übrigen Alpenvorland weist der Bodensee eher etwas weniger Niederschlag auf. Er liegt bei westlichen Windströmungen mindestens zum Teil im Regenschatten des Schwarzwaldes (Untersee und Überlingersee). Einen leicht abschirmenden Einfluss üben wohl auch die Hügelzüge des Seerückens aus. Je näher wir an die Alpen herankommen, also Rich-

tung Altenrhein, umso grösser werden die jährlichen Regenmengen. Das hängt nicht nur mit der Leewirkung des Schwarzwaldes im unteren Teil des Sees zusammen, sondern vor allem auch damit, dass die Stauniederschläge umso länger anhalten, je näher wir uns an den Alpen befinden. Ein grosser Teil des Unterschieds zwischen Untersee (70–80 cm pro Jahr) und dem Rheindelta (110–120 cm pro Jahr) geht auf das Konto dieser Stauniederschläge. Bei Störungen und Staulagen spielt die zusätzliche Zufuhr von Feuchtigkeit aus dem See kaum eine Rolle. Eine Luftmasse muss recht lange über eine Wasseroberfläche streichen, um viel Feuchtigkeit aufzunehmen. Bei deutlichen Windströmungen ist der Bodensee rasch überquert. Hingegen kann bei schwachen Winden – also bei flacher Druckverteilung – die Luft längere Zeit über dem Wasser stagnieren. In diesem Fall steigt der Feuchtigkeitsgehalt messbar an. Wird diese feuchtere Luft dann zum Aufsteigen gezwungen, so setzt die Kondensation früher ein als bei nicht angefeuchteter Luft; es bilden sich früher Wolken, grössere und entsprechend auch niederschlagsträchtiger. Auf einer Niederschlagskarte mit Jahresmittelwerten kommt dieser Effekt aber nicht zum Ausdruck.

Eine Rennbahn für Winde

Bei der Diskussion des Einflusses von Wasser auf die Lufttemperatur haben wir schon früher gesehen, dass lokale Windzirkulationen entstehen. Für die grossräumigen Windströmungen, sei es nun Bise, Westwind oder Föhn, bildet die glatte Oberfläche des Bodensees eine eigentliche Rennbahn. Man schätzt, dass auf dem Land ein Wind um rund ein Viertel seiner Geschwindigkeit gebremst wird. Die Reibung an einer See- oder Meeresoberfläche ist kleiner, also wirkt die Kraft des Druckgradienten auf die Luft fast ungehindert. Erst wenn grosse Wellen auftreten, wirkt die Bremse wieder; aber haus- oder baumhohe Wellen gibt es am Bodensee ja kaum. Auf die Auswirkung des Windes auf die Wassertemperatur gehen wir unter dem Titel «Seegrörni» ein. Zuvor wollen wir uns noch dem Alpenwind zuwenden.

Wirkungsbereich des Föhns

Schon in der Einleitung haben wir auf den direkten Anschluss an das Hochalpine Talnetz hingewiesen. Mit dem Tal des Alpenrheins von Altenrhein bis Chur besteht eine fast hindernisfreie Rinne zwischen dem Obersee und den Alpen. Bei thermisch bedingten Lokalwinden (See- und Landwind) wirken Tal- und Bergwindssysteme in die gleiche Richtung, verstärken sich also im Bereich des Rheindeltas ein wenig. Wichtiger als diese eher lokale Unterstützung ist jedoch die Wirkung des Fallwindes von Alpenkamm her – des Föhns. Er wird durch das St. Galler Rheintal wie durch einen Kanal auf den oberen Teil des Bodensees hinausgeführt und fächert dann aus. Von der Anordnung von Tal und See her ist es offensichtlich, dass das österreichisch-deutsche Ufer bis etwa Friedrichshafen stärker vom Rheintalföhn betroffen ist als die Schweizer Seite. Dort trifft man dafür zeitweise den «Appenzelerföhn» an, der meistens nicht über den ganzen See bis zum deutschen Ufer reicht. Im jahreszeitlichen Verlauf zeigt sich im März/April das Maximum der Föhnhäufigkeit und im November eine nur wenig niedrigere Spitze. In den Sommermonaten finden wir das Minimum. Vergleichen wir mit der Beobachtungsstation in Bad Ragaz, so stellen wir fest, dass nur rund 10% der Rheintalföhne den Bodensee bei Altenrhein erreichen und nur 1% bis nach Friedrichshafen vorstossen. Nicht selten wird ein über dem unteren Teil des St. Galler Rheintals und dem Obersee liegender Keil von kalter Luft nicht ausgeräumt, so dass auf der Seeoberfläche und am Ufer der Föhn nicht registriert wird, wenige hundert Meter über der Oberfläche jedoch ungehindert dahinströmt.

Die Seegrörni

Schon an anderer Stelle haben wir erwähnt, dass die Temperatur der Wasseroberfläche direkt auf die Temperatur derjenigen Luftschicht wirkt, die mit dem Wasser in Kontakt kommt. Wenn die Seeoberfläche eine kalte Luftmasse heizt, so wird dem Wasser aber auch Wärme entzogen – das Wasser wird also gleichzeitig abge-

kühlt. Die gegenseitige Beeinflussung Wasser–Luft spielt besonders gut, wenn der Temperaturunterschied gross ist und wenn der Wind mithilft. Eine winterliche Bisenlage, die anhaltend kalte Festlandluft über den See streichen lässt, kühlt die Wasseroberfläche ab und bringt auch das Wasser in Bewegung. Einerseits sinkt abgekühltes Oberflächenwasser, weil es dichter geworden ist, nach unten und zwingt wärmeres Wasser zum Aufsteigen, das dann wiederum abgekühlt wird. Andererseits hilft der Wind bei dieser Zirkulation noch mit. Dieses System spielt, bis das gesamte Wasser bis auf +4°C abgekühlt ist. Wird das Oberflächenwasser noch kälter, sinkt es nicht mehr ab, denn seine Dichte nimmt nicht mehr zu. Es bleibt an der Oberfläche weiter der Kühlung ausgesetzt. Somit kann es bei günstiger Witterung vorkommen, dass die Oberflächentemperatur unter den Gefrierpunkt sinkt – es bildet sich eine Eisfläche. In dieser Phase darf allerdings kein Wind mehr wehen, da eine bewegte Wasseroberfläche kaum gefrieren kann. Das letzte Mal gefror der Bodensee 1963 zu. Bei zugefrorenem See haben wir es mit einer Situation zu tun, die mit einem Gletscher vergleichbar ist. Luft, die mit der Eisoberfläche in Kontakt tritt, wird gekühlt, sofern sie wärmer ist. Normalerweise ist dann auch das Land um den zugefrorenen See schneebedeckt und übt die selbe Wirkung aus. Es kommt weder zu Temperaturunterschieden noch zu einem Druckgefälle. Anders sähe es in der warmen Jahreszeit aus. Dann beobachtet man zwischen einem Gletscher und dem schneefreien, meist felsigen Umfeld noch stärkere Temperaturdifferenzen als zwischen Wasser und Land. Tagsüber bildet sich ein empfindlich kühler Gletscherwind aus. Diese Lokalzirkulation muss im eisbedeckten Bodenseegebiet während den letzten Eiszeiten gespielt haben. Selbstverständlich lag damals das gesamte Temperaturniveau weit unter dem heutigen.

Adresse des Verfassers:

Peter Rau
Schweizerische Meteorologische Anstalt
CH-8044 Zürich