

Aus dem Bundesinstitut für Gewässerforschung und Fischereiwirtschaft in Scharfling:

DR. W. EINSELE

Am 31. März 1963 ging das Eis im Attersee unter!

„Soviel ich weiß“, werden viele sofort sagen, „ist Eis doch leichter als Wasser — wie also kann es untergehen?“

Nicht wenige Seeanwohner aber werden erwidern: „Ich habe oft genug beobachtet, wie das Eis unterging, und Tatsachen, die ich selbst konstatiert habe, lasse ich mir nicht abstreiten.“ —

Die Wissenschaft stellt zur Sache fest:

Eis ist spezifisch leichter als Wasser:

Ein Eiswürfel mit einem Liter Rauminhalt wiegt nicht 1 kg, sondern nur 916 g. Eis schwimmt demnach — es braucht nur an die Eisberge oder, uns näherliegend, an das Treibeis in Flüssen erinnert zu werden.

Von welchen Tatsachen, oder, zutreffender gesagt, Beobachtungen gehen nun die Seeanwohner bei ihrer Behauptung aus? Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir etwas weiter ausholen.¹⁾

Der Eisbruch im Attersee von außen gesehen.

Wochen um Wochen liegen die Seen unter einer festen Eisdecke. Schließlich aber kommt der März heran, die Tage werden schon recht lang und gelegentlich scheint die Sonne sommerlich warm. Das Eis beginnt dunkel zu werden (anzuschmelzen) und seine Tragfähigkeit zu verlieren. Man hat den Eindruck, als sinke es immer mehr in das Wasser ein. Die Eisdecke aber kann auch jetzt noch relativ lange Zeit praktisch geschlossen bleiben. Eines Tages ist es aber dann doch so weit, daß eine größere Fläche des bisher wüstenhaft-toten Sees, wieder lebendig bewegt ist. Und nun macht das Verschwinden der Eisdecke sprung-

hafte Fortschritte. Wenn einmal, sagen wir 20% einer Seefläche eisfrei geworden sind, so folgen die nächsten 60% oft innerhalb eines Tages... Das Eis ist plötzlich nicht mehr da. als ob es versunken, untergegangen wäre: So jedenfalls der optische Eindruck.

Ich hatte heuer einen zusätzlichen, besonderen Grund, mich um diese Erscheinung zu kümmern, hatte ich doch am 3. März, als der Winter unsere Seen noch mit eisernem Griff umklammert hielt, eine Wette abgeschlossen: Es ging um den Eisbruchtermin am Attersee und um einen ganz beachtlichen Geldbetrag. Die Wettbedingungen lauteten präzise: War am 31. März noch mehr als die Hälfte des Attersees eisbedeckt, so hatte ich verloren, war er zu mehr als der Hälfte offen, die Gegenseite. Noch am 25./26. März hielten meine Wettgegnerin und fast alle, die von dieser Wette wußten, ihre Position nicht nur für recht günstig, sondern ihren Sieg für absolut sicher. Man legte mir nahe, einen Vorschuß zu zahlen, damit mir die Erlegung der vollen Summe am 1. 4. nicht gar so schwer fallen möge. Meine Lage war zweifellos nicht unkritisch, nach meinem — aus heimlichen limnologischen Kenntnissen und früheren Beobachtungen gespeisten — Dafürhalten aber durchaus nicht so aussichtslos, wie man allgemein überzeugt war.

Ich lebe nun schon 24 Jahre im Seengebiet. Innerhalb dieser Zeit fror der Attersee viermal zu und noch jedesmal war er bei den früheren Eisbedeckungen Ende März eisfrei gewesen. Der schließliche Eisbruch war, worauf ich besonders zu merken bitte, innerhalb eines oder zweier Tage erfolgt. Wir kommen auf diese Erscheinung (und ihre Ursachen!) weiter unten ausführlich zurück.

Am 26./27. März 1963 nun war der Attersee, abgesehen von einigen Randstellen, zwar noch ganz zu, einige Gebiete von jeweils mehreren 100 ha (insgesamt bedeckt der Attersee eine Fläche von 4800 ha) erschienen

¹⁾ Der vorliegende Aufsatz ist absichtlich in gemeinverständlich-erzählendem Ton gehalten, obwohl er auch Anspruch auf einige wissenschaftliche Bedeutung erhebt. Wäre er für eine wissenschaftliche Zeitschrift geschrieben worden, so hätte ihm etwa der Titel gegeben werden können:
„Zur Limnologie des Eisbruches in Seen.“

jedoch verdächtig dunkel, d. h. sie waren bereits recht „wässrig“. Am Donnerstag, den 29., war die erste größere zusammenhängende Fläche, und zwar am Nordende des Sees, offen. Schätzungsweise handelte es sich um 500 ha. (Schon am Montag, den 25. 3., hatte sich dort eine etwa 2 km lange offene Furche gezeigt). Am Samstag (30. 3.) spielte der Wind auch am Südennde auf einer ähnlich großen Fläche wieder mit dem offenen Wasser. Am Sonntag, den 31. März, dem „großen“ Stichtag, fuhr ich am späten Nachmittag, um die Verhältnisse genauer anzuschauen, insbesondere aber um Temperaturmessungen vorzunehmen, rings um den Attersee. Innerhalb der letzten etwa 10 Stunden waren 60% des Eises verschwunden und da in den beiden vorausgegangenen Tagen rund 20% (bezogen auf die ganze Seefläche) eisfrei geworden waren, so waren es nun insgesamt vier Fünftel. Das restliche Eis war größtenteils in mehr oder minder große Platten zerteilt und driftete nach Süd-Westen: Mein Wettgegner war somit im letzten Augenblick unterlegen.

Temperaturen und spezifische Gewichtsschichtung des Wassers von Seen.

Um den beschriebenen, katastrophenartig-plötzlichen Vorgang des Eisbruches zu verstehen, muß man etwas von den Temperaturen in Seen und von der Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes des Wassers von der Temperatur wissen. Bekanntlich ist Wasser bei 4 Grad spezifisch am schwersten. Dies hat zur Folge, daß in allen Seen die Schichten unterhalb etwa 20–30 m ganzjährig 4 Grad haben. Das sich gegen den Sommer hin von oben her mehr und mehr erwärmende Wasser ist spezifisch leichter als das Tiefenwasser und schwimmt auf diesem. Auch starke Stürme vermögen dann das erwärmte Oberflächenwasser nicht mit dem Tiefenwasser zu durchmischen. 1 m³ Wasser von 21 Grad z. B., wiegt um rund 2 kg weniger als 1 m³ von 4 Grad. Bei einer Schichtdicke von 10 m und einer Fläche von 1 ha macht dies bereits 200.000 kg aus.

Auch wenn das Wasser sich unter 4 Grad abkühlt, wird es spezifisch leichter. Im Temperaturbereich zwischen 0 und 4 Grad sind die

Unterschiede allerdings unbedeutend. 1 m³ Wasser von 0 Grad wiegt nämlich nur rund 10 g weniger als 1 m³ Wasser von 4 Grad. Bei starkem Wind werden deshalb winterliche Schichtungen immer wieder aufgehoben, indem das oberflächlich abgekühlte Wasser in die Gesamtmasse hineingemischt wird. Es kann so ohne weiteres geschehen, daß man bei ruhigem Frostwetter oberflächliche Temperaturen von 1 Grad oder weniger mißt, und, obwohl die Lufttemperatur gefallen sein mag, nach windigem Wetter wieder Temperaturen von über 3 Grad festgestellt. — Die Gefahr, daß Seen zufrieren (wenn sie einmal ausgekühlt sind) ist, wie auf der Hand liegt, besonders groß in windstillen, klaren Frostnächten. —

Temperaturen von stehenden Gewässern unter Eis.

Mißt man die Temperaturen eines größeren Sees unter Eis, so stellt man in den obersten Metern Temperaturen zwischen 0 und 1 Grad fest. Sie steigen nach der Tiefe zu, langsam an; bei etwa 50 m werden meist 4 Grad erreicht und so bleibt die Temperatur bis in die größten Tiefen. Es kann auch vorkommen, wenn es — nachdem ein See auf 4 Grad ausgekühlt ist — anhaltend frostkalt und windig ist, die Abkühlung der gesamten Wassermasse weitergeht, indem das oberflächlich stark abgekühlte Wasser immer wieder in die Gesamtwassermasse eingemischt wird. Bei tiefen Seen ist es indessen selten, daß aus solchen Ursachen auch das Tiefenwasser unter 4 Grad abgekühlt wird: Je flacher ein See ist, umso eher kann man damit rechnen. So z. B. tritt in den flacheren Becken des Bodensee-Unter-sees eine Abkühlung bis in die Schichten über Grund auf etwa 2 Grad des öfteren auf. — Im vergangenen Winter kühlte auch der maximal immerhin 68 m tiefe Mondsee, überall bis auf 2,8 Grad ab, bevor er Mitte Jänner zufror. Mit dieser Erscheinung ist, wie schon gesagt, umso sicherer zu rechnen, je flacher ein stehendes Gewässer ist. Bei Karpfenteichen (oder dem seichten Neusiedlersee!) kommt es fast allwinterlich dazu, daß die gesamte Wassermasse sich auf 0 oder nahezu 0 Grad abkühlt, bevor das Zufrieren erfolgt. — Im

Winter 1939/40, der ebenfalls recht streng war (wenn auch nicht so lang andauernd wie der Winter 1962 auf 1963), waren, wie im vergangenen, alle Salzkammergutseen zugefroren. Im Attersee nahm ich am 6. 2. 1940 in der Nähe des Ufers (bei 27 m Wassertiefe) Temperaturmessungen unter Eis vor und am 23. 2. über einer Seetiefe von 164 m. Die Ergebnisse dieser Messungen folgen in der nachstehenden Tabelle.

Temperaturen im Attersee unter Eis am 6. und 23. Februar 1940.

Tiefe: m	Temperatur: 6. Febr.	Temperatur: 23. Febr.
0	0,5 ⁰	0,8 ⁰
2	0,5 ⁰	—
5	0,5 ⁰	—
10	0,7 ⁰	1,0 ⁰
20	2,6 ⁰	2,2 ⁰
30	—	2,9 ⁰
50	—	3,6 ⁰
164	—	4,0 ⁰

Die Messungen zeigen klar (ähnliches wurde heuer im Mondsee durch Dr. Schultz festgestellt), daß in eisbedeckten Seen die etwa obersten 10 m eine Temperatur zwischen 0,5⁰ und 1⁰ haben. —

Warum der Eisbruch katastrophenhaft schnell erfolgt.

Als ich am 31. März 1963 um den Attersee fuhr, bestimmte ich alle paar km die Wassertemperatur: In Eisnähe fand ich Temperaturen zwischen 0 und 1⁰, überall dort hingegen, wo sich auf weitere Distanz kein Eis mehr befand, lagen die Temperaturen zwischen 2,5 und 3⁰. Das Oberflächen-Wasser hatte sich also innerhalb ganz kurzer Zeit wesentlich erwärmt. Die Ursache dieser Erwärmung ist natürlich nicht in einer echten, von außen kommenden Erwärmung (durch die Sonne) zu suchen; sie beruht vielmehr darauf, daß infolge des Windes, der zwischen dem 29.—31. herrschte, die offenen Seebezirke ihr stark abgekühltes Oberzonen-Wasser in das Wasser der Unterzone einmischten, wobei 4 Grad

„warmes“ Wasser von unten nach oben stieg.

Es ist nun nicht mehr schwer, aus dem Gesagten die letzten Folgerungen zu ziehen und zu erklären, warum das Eis so plötzlich verschwindet. Eine strömungsphysikalische Vorbemerkung ist notwendig. In bereits eisfrei gewordenen Bezirken eines Sees kommt es nicht nur zu einem vertikalen Austausch und der damit verbundenen Erwärmung des oberflächennahen Wassers, sondern auch zu horizontalen Strömungen. Diese werden durch den Wind verursacht; ihre Richtung ist an der Oberfläche die gleiche wie die Windrichtung. (Vergleiche dazu den Aufsatz über den Mondsee, Heft 3 1963, in Österreichs Fischerei, vor allem Seite 4). Die Strömungen werden in den Seen sichtbar an den treibenden Eisschollen. Die Eisschollen selbst mögen sich dabei mit Geschwindigkeiten von 1—2 km in der Stunde bewegen. So schnell sind die Strömungen selbst nicht; die Schollen ragen ja etwas aus dem Wasser heraus, so daß der Wind auch eine unmittelbar schiebende Wirkung ausüben kann. Aber auch Wasserströmungen können Geschwindigkeiten von 10 cm/sec. erreichen, d. h. innerhalb von zehn Stunden leicht einige km zurücklegen. Solange die Eisdecke eines Sees geschlossen ist, können solche Strömungen aber nicht auftreten, da ja der Wind nicht angreifen kann und solange kann auch der Eisdecke von unten her nichts geschehen. Ist jedoch erst ein Teil eines Sees offen, so liegen die Dinge ganz anders. In den offenen Bezirken steigt, wie wir sahen, die Temperatur rasch auf etwa 3 Grad. Die windverursachten Horizontalströmungen nun unterfließen die Eisdecke mit wärmerem Wasser. Vor allem im Bereich des Kontaktes der offenen Bezirke mit den noch geschlossenen, wird so das Eis von unten her geschmolzen. Die an der Unterseite zugeführte und beim Schmelzen verbrauchte Wärme wird durch die fortdrängende Strömung laufend erneuert. So kommt es vor allem bei stärkerem Wind zu einem raschen Schmelzen des ohnehin bereits „angetauten“ Eises und innerhalb eines Tages können weite Areale einfach verschwinden. — Mit anderen Worten: Wenn der Eisbruch einmal eingesetzt hat, so treten Verhältnisse auf, die dem restlichen Eis einen raschen Untergang bereiten. Freilich darf man den Begriff Untergang nicht wörtlich nehmen



Die Ager (Atterseeabfluß). Unten von der Agerbrücke bei Seewalchen in Richtung Attersee; oben Ager-abwärts.

Photo: Dr. Einsele

— er bedeutet nicht ein wirkliches in die Tiefe versinken, sondern eine katastrophenartig plötzliche Auflösung.

Ist es nun auch aus elementaren physikalischen Gründen absolut ausgeschlossen, daß Eis im Wasser versinkt, so findet, wie nach allem, was wir ausführten, auf der Hand liegt, ein Einsinken aber tatsächlich statt. Freilich kann dieses nie weiter gehen, als knapp an den Punkt, bei welchem das freie Wasser und noch vorhandenes Eis in die gleiche Horizontalebene zu liegen kommen: Eine noch trockene Kerneisscholle bildet — da sie ja spezifisch um 10 Prozent leichter als Wasser ist — gegen das Wasser eine „Stufe“. Je wässriger nun das Eis wird, umso mehr nähert sich sein spezifisches Gewicht dem des Wassers und umso flacher wird die Stufe. Die Stufe verflacht sich aber auch infolge des Dünnerwerdens der von unten abschmelzenden Platte. Beide Ursachen zusammen also bringen die Erscheinung hervor, daß Wasser und Eis schließlich eine gemeinsame Ebene bilden. Ist es aber einmal so weit, so steht das Eis ohnehin vor seiner Auflösung und seinem völligen Verschwinden.

Der Eisbruch im Mondsee und im Grundlsee bekräftigt die hier aufgestellte Theorie.

Der Mondsee froh 1963 um 2 Wochen früher zu als der Attersee, der 300 m höher gelegene Grundlsee um fünf. (Der Attersee war am 1. Februar 1963 ganz zugefroren.) Demzufolge waren die Eisdecken im Mondsee und im Grundlsee dicker als im Attersee und der Eisbruch erfolgte später. In beiden Seen ereignete er sich in höchst bemerkenswerter Weise. Am Mondsee konnte ich die täglichen Veränderungen der Eisdecke laufend beobachten. Am 3. April war bereits ein beträchtliches Areal — etwa 20% — im Nordwesten des Mondsees eisfrei. Der ganze zentrale und östliche Teil des Eises war jedoch noch geschlossen eisbedeckt. Freilich machte das Eis bereits einen recht wässrigen Eindruck, überall zeigten sich Sprünge und wasserglänzende Furchen. Am Nachmittag des 5. nun, auch am Abend noch, hatte sich bezüglich der uns

interessierenden Areale wenig geändert. Am 6. morgens (6 Uhr früh) hingegen bot sich mir ein Bild, auf das alle Seeanwohner mit Sehnsucht gewartet hatten. Das Eis war verschwunden, leichte Wellen schlugen wieder an unsere Ufermauer!

Hochbemerkenswert an diesem Vorgang war nun das folgende: In der kritischen Nacht sank das Thermometer auf einige Grade unter Null. Auch die vorausgegangenen Nächte hatte leichter Frost geherrscht. Noch in den ersten Apriltagen bildeten sich deshalb auf den kleinen offenen Stellen um unser Bootshaus und am Einfluß des kleinen Baches, der neben dem Institut in den See mündet, dünne Eisdecken, die im Laufe des Tages jeweils wieder wegschmolzen. Gerade in der kritischen Nacht nun sanken die Temperaturen um 1 bis 2 Grad tiefer als die Nächte vorher und doch schmolz die Eisdecke in der Nacht weg. Die Wärmequelle kann in diesem Fall keine andere gewesen sein, als das Seewasser selbst! Nach dem Eisbruch hatte der See überall rund 3 Grad. Unter Eis waren die Temperaturen ähnlich gewesen, wie die im Jahre 1940 im Attersee gemessenen.

Was schließlich den relativ hoch gelegenen Grundlsee anlangt, so verdient auch er in unserem Zusammenhang erwähnt zu werden, einmal deshalb, weil soweit Messung und Erinnerung zurückreichen, nie eine so dicke Eisdecke wie heuer gemessen worden war, nämlich 40–65 cm, zum anderen wegen des dort heuer beobachteten Modus des Eisauflaufs.

Ich besuchte den Grundlsee am 7. April 1963. Die Eisdecke war noch fast ganz geschlossen, wenn sich auch, vor allem am Ostufer, kleine offene Stellen und Spalten zeigten (siehe das Titelbild). Herr Oberförster Schmied berichtete mir dann am 11. April, daß das Eis zwar bereits einen recht brüchigen Eindruck mache, daß aber noch etwa 80% des Sees eisbedeckt seien. Am Morgen des 12. hingegen, war dann praktisch der ganze See eisfrei. Das Eis war also auch in diesem Fall auf recht paradoxe Manier, nämlich über Nacht, verschwunden und, uns nun verständlicherweise, glauben unbefangene Beobachter — das Eis in Seen gehe zum Schluß unter!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Einsele Wilhelm

Artikel/Article: [Am 31. März 1963 ging das Eis im Attersee unter! 68-72](#)