

Vom Abfluß des Bodensee-Obersees

Hubert Lehn

The annual affluence from the Obersee (47.6 km^3) of the Lake of Constance fluctuated between 6.1 and 14.2 km^3 in the last 40 years. During the stagnation in summer usually the zone of $0-10 \text{ m}$ flows off, in spite of partially violent intern shiftings of the waterbody. In a year with high water the high lons of flowing of the phytoplanton and the reduced production unburden the oxidized substance to $3/4$ of those of a deep-water-year. The mineral materials of the lake were dilated to 6% in a high-water-year and concentrated to 7% in a low-water-year.

Im Rahmen des Flußsystems Rhein ist der Bodensee den Alpen nördlich vorgelagert. Seine Becken Obersee und Untersee sind durch den 5 km langen Seerhein verbunden (Abb. 1). Der Obersee fließt ab über den 2.5 km langen und zu Beginn 60 m tiefen Konstanzer Trichter, kurz Trichter genannt, der sich bis zur Rheinbrücke hin verengt. Etwa 500 m vor der Brücke liegt an der flachen Abflussschwelle, die im Sommer $3-4 \text{ m}$, im Winter etwa 2 m unter dem Seespiegel liegt, der Hafenpegel Konstanz. Seine Wasserstandswerte werden seit dem 1. Januar 1877 im metrischen System angegeben. Über hundert Jahre metrischer Pegelmessung am Bodensee berichtet KIEFER (1978).

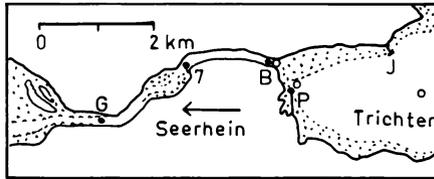


Abb. 1: Konstanzer Trichter und Seerhein
o = Lage der Untersuchungsstationen
J = querab Jakobsteg, P = Pegel Konstanz
B = Rheinbrücke, 7 = Pfahl 7, G = Gottlieben.

Für das Ökosystem Bodensee-Obersee und vor allem für dessen pelagischen Biotop ist weniger die Höhe des Seespiegelstandes, als vielmehr der daraus resultierende Wasserabfluß bedeutsam. Gemäß dem Lutz-Diagramm, veröffentlicht durch KIEFER (1972) ist seit dem 1.1.1937 (Neubau der Konstanzer Rheinbrücke) eine Zuordnung des Abflusses an die Pegelhöhen möglich (Abb. 2). Vorher gab es wiederholt Ausbaggerungen an den Abflüssen des Obersees und des Untersees, um die sommerlichen Schadenshochwässer zu mildern und die Schifffahrtswege bei Niedrigwasser zu verbessern. Die Zuordnung des Abflusses an die Pegelstände muß demnach vor 1937 zu hoch ausfallen, und zwar je älter, desto mehr.

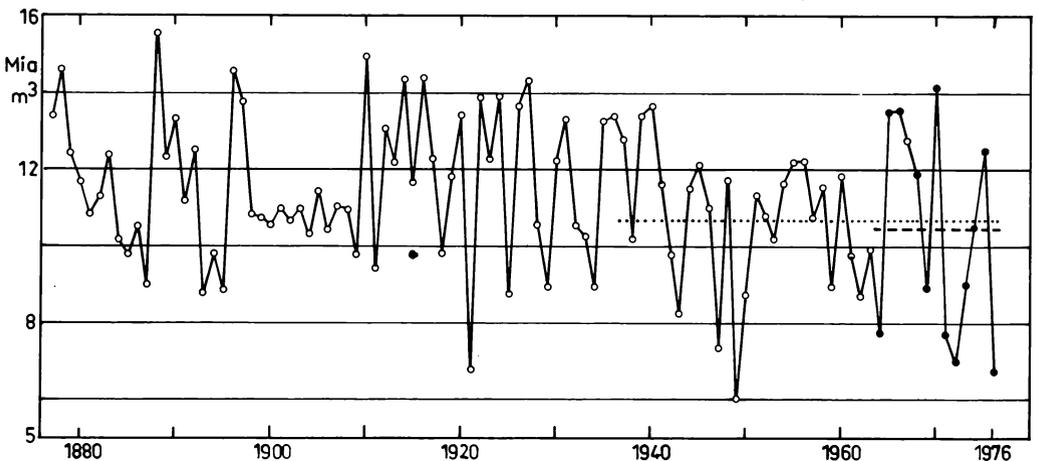


Abb. 2: Jährlicher Wasserabfluß des Bodensee-Obersees
Punktirt = Mittelwert 1937-1976
gestrichelt = Mittelwert 1964-1976
ausgefüllte Kreise = Jahre mit limnologischen Daten.

Die Abflußmenge der letzten 40 Jahre liegt im Mittelwert bei 10.6 km^3 , die der limnologisch untersuchten Jahre 1964 bis 1976 bei 10.5 km^3 . Die jährlichen Unterschiede sind beachtlich: Im Niedrigwasserjahr 1949 flossen nur 6.1 km^3 , im Hochwasserjahr 1970 dagegen 14.2 km^3 aus dem 47.6 km^3 großen Obersee ab.

Der Jahreszyklus des Oberseeabflusses folgt dem alpinen Wasserregime in gedämpfter Form (Abb. 3). So ist der mittlere monatliche Abfluß im Februar mit 0.4 km^3 am geringsten. Danach steigt er rasch an und erreicht im Juli den Höchstwert von 1.6 km^3 , das 4-fache des Februarwertes. Im Herbst geht der Abfluß wieder zurück. In den 7 Monaten der Sommerstagnation, vom April bis Oktober, fließen 76%, in den 5 winterlichen Zirkulationsmonaten 24% der Jahresmenge ab.

Einzelne Jahreszyklen können von diesem Normverlauf ganz erheblich abweichen. So liegen die beiden höchsten Monatsspitzen des Niedrigwasserjahres 1976 im Juni und Oktober. Der Juliabfluß des Hochwasserjahres 1965 ist fast dreimal so groß wie das Junimaximum 1976, und die Abflüsse im September und Dezember 1965 sind jeweils größer als die der Vormonate. Die größten Abflußunterschiede finden sich während der Sommerstagnation.

Neben der Wassermenge interessiert der Tiefenbereich des vom Abfluß erfaßten Oberseewassers. Während der fünf Zirkulationsmonate kann binnen weniger Stunden Wasser aus den verschiedensten Tiefenschichten des Obersees in den Abfluß gelangen. Für diese biologisch wenig aktive Zeitspanne ist eine Tiefenbegrenzung des Oberseeabflusses nicht möglich.

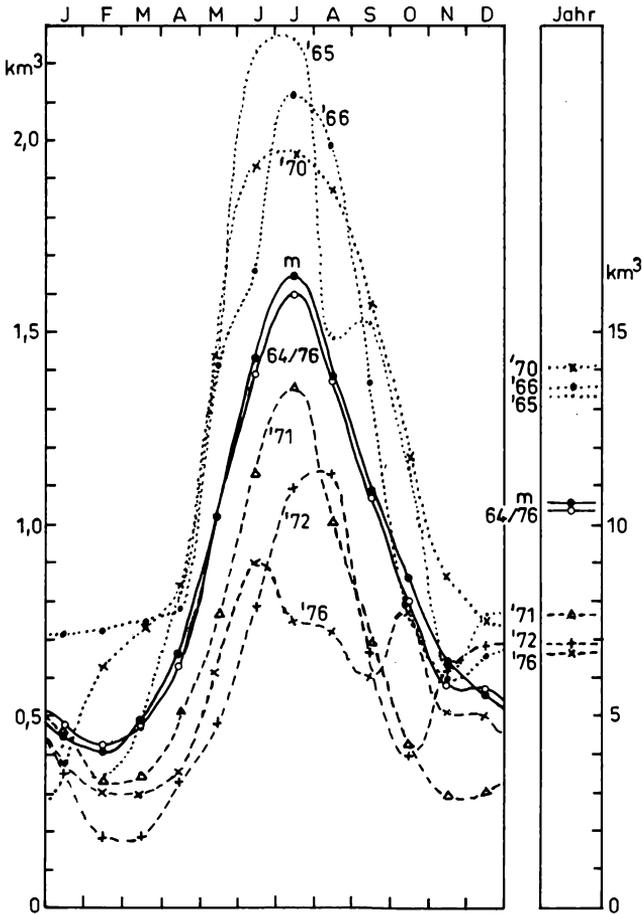


Abb. 3: Mittlere Jahreszyklen 1937-1976 (= m) und 1964-1976 sowie je drei Hochwasser- und Niedrigwasser-Jahreszyklen des monatlichen Wasserabflusses des Obersees (jährlicher Wasserabfluß).

Während der Sommerstagnation jedoch, in die einerseits die Hauptproduktion des Sees, andererseits 3/4 des teilweise sehr unterschiedlichen Jahresabflusses fällt, fließt eine obere Wasserschicht des Sees ab. Schon früher stellten KLEINSCHMIDT (1921), AUERBACH u. SCHMALZ (1931) und AUERBACH (1952) im Seerhein jeweils niedrigere Temperaturen als an der Wasseroberfläche des Trichters fest. Danach ist der Schwerpunkt des Abflusses die 0-4 m-Wasserzone, der gelegentlich auch Wasser aus mehr als 5 m Tiefe beigemischt sein kann. Anders deuten ELSTER u. EINSELE (1937) sowie NÜMANN (1938) die Ergebnisse von Leitfähigkeitsmessungen, wonach das Wasser des Seerheins zeitweise aus 7.5 - 10 m Tiefe des Trichters stammt.

Es galt nun, neuere Untersuchungen aus dem Bereich des Trichters und des Seerheins unter diesem Aspekt auszuwerten. Eine Temperaturmeßreihe wurde 1954 an der Nordseite, in der Mitte und an der Südseite des Seerheins oberhalb der Rheinbrücke durchgeführt (Tab. 1). Die Nordseite hatte jeweils die höchsten, die Mitte die niedersten Temperaturen. Der Unterschied lag im Mittel bei 1.4°C. Der Nordseite ist ein weites Flachwassergebiet vorgelagert. Nur in der Mitte und an der Südseite kann auch kälteres Wasser aus einiger Tiefe in den Abfluß gelangen.

Tab. 1: Oberflächennahe Wassertemperaturen in °C
50 m östlich der Rheinbrücke Konstanz
während der Sommerstagnation 1954.

Datum	Süd	Mitte	Nord
21.4.	4.7	4.6	5.4
12.5.	9.5	9.3	10.9
11.6.	13.0	12.8	14.1
23.7.	12.9	12.6	13.1
17.8	15.9	15.8	16.3
14.9.	16.7	16.3	18.1
12.10.	11.3	11.3	11.7
Mittelwert	16.8	16.5	17.9

Neben diesen Punktmessungen waren seit 1964 Temperatur-Fahrregistrierungen des Oberflächenwassers möglich. In Abb. 4 sind drei Termine des *Niedrigwasserjahres* 1971 dargestellt. Dabei erstreckt sich der Trichter von rechts bis B = Rheinbrücke und der Seerhein nach links bis unterhalb G = Gottlieben.

Am 21.5.1971 liegen die Temperaturen bei der Abwärtsfahrt merklich niedriger als 1-2 Stunden später flüßaufwärts. Im Seerhein selbst schwanken die Werte jeweils um etwa 3°C. In kurzer Zeit gelangt unterschiedlich temperiertes Wasser in den Abfluß, wobei die Wasserwärme aus dem Trichter am höchsten ist. So auch am 27.6.1971, da bei geringeren Schwankungen als zuvor ein 2°C-Temperatursprung im Trichter besonders auffällt. Im Laufe von 2 Stunden ist dieser ausgeilende Warmwasserkörper um fast 1 km in Richtung zum Abfluß verschoben.

Ganz anders ist die Temperaturlage am 11.7.1971. Sie bleibt im ganzen Meßbereich bei der Abwärts- und Aufwärtsfahrt etwa gleich. Mit stabiler werdender thermischer Schichtung ist die innere Unruhe des Sees, die Limnokinematik, geringer, und der Abfluß aus dem Obersee bleibt zunehmend auf die obere Wasserzone beschränkt.

Fahrregistrierungen aus dem *Hochwasserjahr* 1965 zeigt Abb. 5. Am 30.6.1965 lag morgens bei der Abwärtsfahrt der Temperaturunterschied zwischen Trichter und Seerhein bei 7°C. Wenige Stunden zuvor mußte wohl 13°C-Wasser zum Abfluß gekommen sein, während nun 16-20°C-Wasser abfließt. Neun Stunden später, bei der Aufwärtsfahrt, wurde im unteren Seerhein ein 18-19°C warmer Wasserkörper registriert. Im oberen Seerhein steigt die Temperatur plötzlich um rund 3°C an. Nun kommen Wassermassen von 21-22°C zum Abfluß, die 9°C wärmer sind als diejenigen vom Morgen.

Eine mögliche Tageserwärmung scheidet am 6.7.1965 aus. Während im Trichter um 9 Uhr noch 15-16°C registriert werden, sinkt die Temperatur im Seerhein auf 13°C ab. Bei der Aufwärtsfahrt um 18 Uhr ist die Wasserwärme im unteren Seerhein auf 10.5°C, im oberen Seerhein auf 9.5°C zurückgegangen. Im Trichter steigt die Temperatur in 2 Stufen an, zunächst auf 12°C und dann auf 15°C. Der Warmwasserkörper, der sich morgens im obersten Teil des Seerheins befand, ist nun 2 km oberhalb der Brücke, am Eingang des Trichters zum Obersee zu finden. Am Abend dieses sommerlichen Sonnentages kam mittelkaltes Tiefenwasser zum Abfluß, wodurch schlaglichtartig die Unruhe hypolimnischer Wassermassen im geschichteten See erkennbar wird, über die schon früher berichtet wurde (LEHN 1965, 1968).

An beiden Tagen wurden am Eingang des Trichters über 60 m Tiefe sowie im Flachwasserbereich vor der Rheinbrücke Temperatur-Vertikalprofile gemessen (Abb. 6). Danach kam am 30.6.1965 mit 10-12°C ein 2-13 m und am 6.7.1965 mit 11-16.5°C ein 0-9 m mächtiger Wasserkörper zum Ausfluß. Werden diesen Momentaufnahmen die zuvor gezeigten Fahrregistrierungen, die eine mehrstündige Information über den Abfluß enthalten, in Form einer Punktierung dem Temperaturprofil zugeordnet, dann erweitert sich der Abflußbereich am 10.6.1965 um die 0-5 m Zone auf 0-13 m und am 6.7.1965 um die 5-27 m Zone auf 0-27 m.

Auch aus dem Niedrigwasserjahr können die Temperatur-Vertikalprofile durch Punktierung des Temperaturbereiches der Fahrregistrierungen ergänzt werden, auch wenn sie nicht am gleichen Tage gemessen sind. Am 24.5.1971 ist die 0-7 m Zone, am 21.6.1971 die 3-10 m Zone als Abflußbereich anzusehen. Temperaturmessungen oberhalb der Brücke fehlen.

Neben diesen gibt es auch weniger auffallende Fahrregistrierungen. Daher wurden die 10 Abwärts- und Aufwärtsfahrpaare der Niedrigwasserjahre 1971 und 1972 sowie die 19 Fahrpaare der Hochwasserjahre 1965 und 1966 in Tab. 2 zusammengestellt. Die Temperaturdifferenz ist insgesamt geringer als in den gezeigten Beispielen, jedoch in den Hochwasserjahren größer als in den Niedrigwasserjahren. Die Abflußzone reicht im Hochwasserjahr zeitweise tiefer hinab als sonst.

Auch Phytoplanktonvergleiche im Oberseeabfluß und in der Trichterstation der Jahre 1974-1976 eignen sich, die Tiefe des Abflusses einzuzugrenzen. Aus der gemittelten 0-10 m-Zone der Trichterstation kamen 91% der Algen in den Seerhein. Auch wenn die Algenzahl stärkeren Streuungen unterliegt, spricht dieser Befund für den Abfluß des Obersees aus einem Tiefenbereich von mindestens 0-10 m.

An beiden Stellen wurden dazu die Temperaturen, die Transparenz und die Leitfähigkeit gemessen. Beim Vergleich kommt in etwa einem Drittel der Messungen, zumeist im Juli/August, Wasser aus der 0-5 m-Zone, in einem weiteren Drittel aus der 0-10 m-Zone und im restlichen Drittel, vor allem im April/Mai und Oktober, Wasser aus dem 0-15 m-Bereich mit gelegentlichen Überschreitungen bis zu mehr als 20 m in den Abfluß. Auch hier scheint in den Hochwasserjahren der Tiefenbereich von mehr als 10 m häufiger zu sein als in den Niedrigwasserjahren.

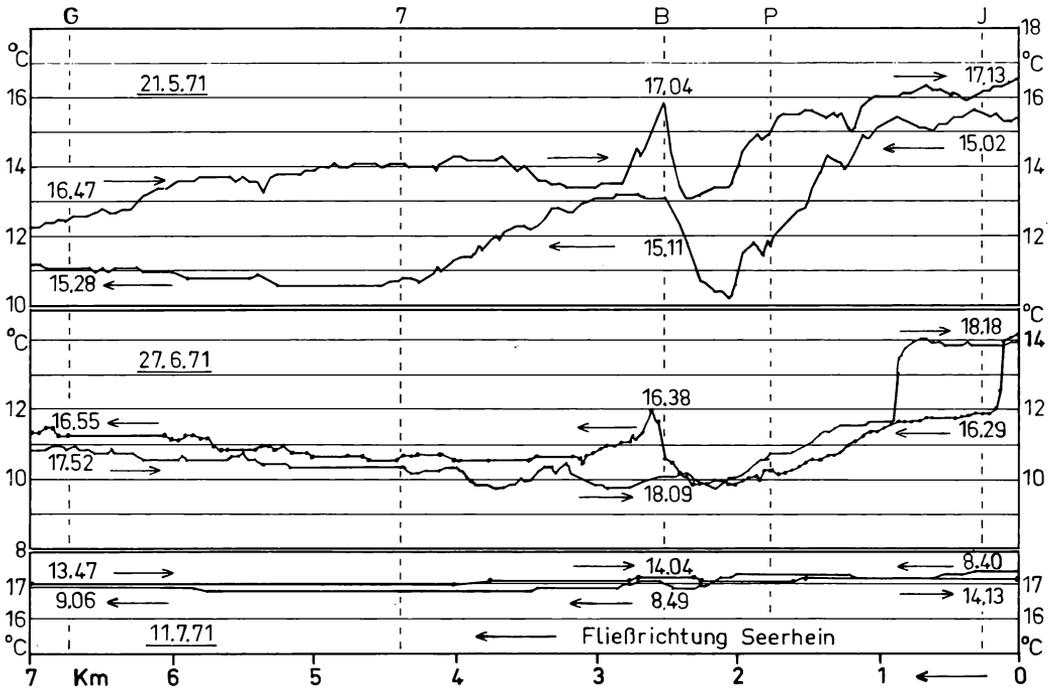


Abb. 4: Temperatur-Fahrregistrierungen nahe der Wasseroberfläche am 21.5., 27.6. und 11.7.1971 (Niedrigwasserjahr) im Konstanzer Trichter (rechts) und Seerhein (links), abwärts und aufwärts mit Zeitangaben (sonst wie Abb. 1).

Hierin liegt wohl der Meinungsdissonanz zwischen AUERBACH, der vor allem im Niedrigwasserjahr 1950, und NÜMANN, der im Hochwasserjahr 1936 gemessen hatte und einen Schub vom tiefer eingeschichteten Alpenrheinwasser her vermutete.

Tab. 2: Gemittelte Fahrregistrierungen in 3 Streckenabschnitten von Hoch- und Niedrigwasser-Jahren sowie Differenz Abwärts- zu Aufwärtsfahrt in °C.

	Trichter 2 km	Vor Brücke 0.5 km	Seerhein 4.5 km
Hochwasserjahre 1965, 1966 (19 Fahrpaare)	14.9	14.1	13.4
Differenz Abw. - Aufw.	0.9	1.1	1.3
Niedrigwasserjahre 1971, 1972 (10 Fahrpaare)	15.7	14.1	13.9
Differenz Abw. - Aufw.	0.7	0.8	0.5

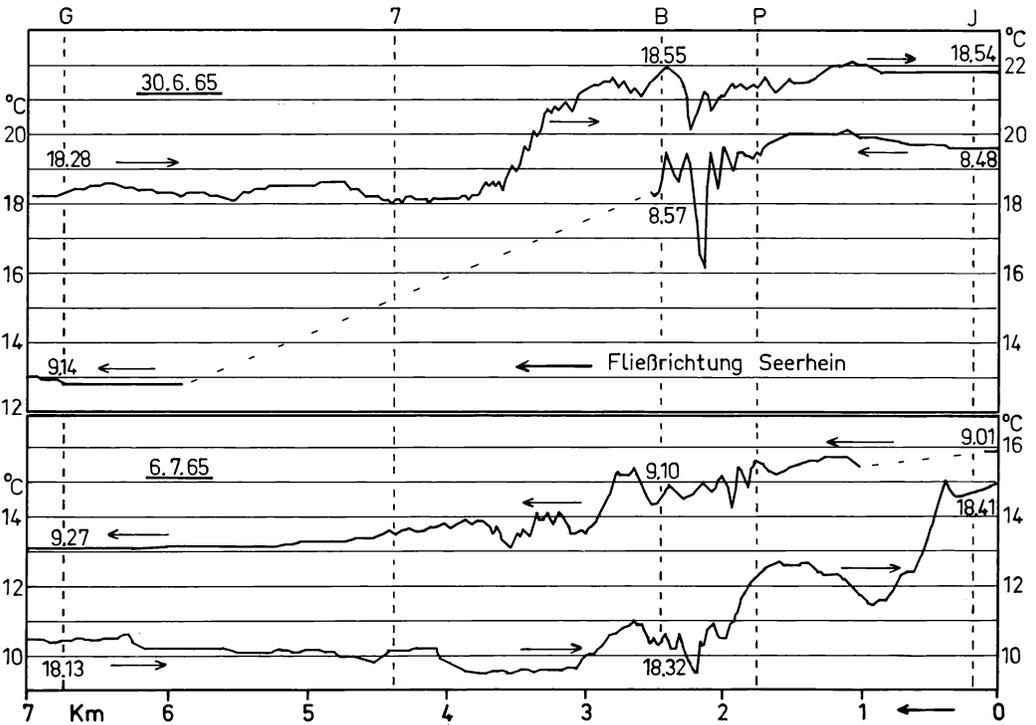


Abb. 5: Temperatur-Fahrregistrierungen am 30.6. und 6.7.1965 (Hochwasserjahr) Verbindungsstriche = fehlende Registrierungen, sonst wie Abb. 4.

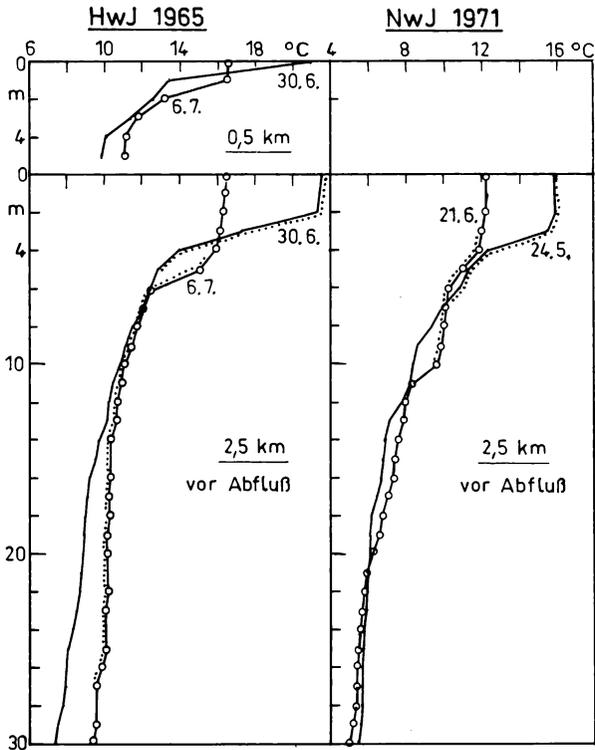


Abb. 6: Temperatur-Vertikalprofile
Eingang Konstanzer Trichter (über 60 m Tiefe)
und bei Pegel Konstanz im Hochwasserjahr 1965
und im Niedrigwasserjahr 1971.
Punktiert = Temperaturbereich der Om-Fahrregistrierungen
im Seerhein.

Die Einschichtungstiefe des Alpenrheins im Bodensee verändert sich im Jahreszyklus (Abb. 7). Im Winter, vom Dezember bis Februar, ist bei geringer Wasserführung des Alpenrheins der Anteil an gelösten Stoffen größer als im Bodensee. Das dichtere Alpenrheinwasser schichtet sich in großer Tiefe in der Nähe des Seebodens ein (NÜMANN 1938). Eine oberflächennahe Einschichtung oberhalb der Thermokline findet sich im März und April, wenn das Alpenrheinwasser schon wärmer ist als der noch kühle Bodensee. Ab Mai fließen große Wassermengen, die nun kälter sind als die inzwischen erwärmte Seeoberfläche, zu und schichten sich von nun an immer unterhalb der Thermokline, im unteren Metalimnion und oberen Hypolimnion ein. Insbesondere in Hochwasserjahren wird der Wasserkörper unterhalb der Thermokline sehr vergrößert und drängt sich vermehrt zum Abfluß.

Insgesamt kann gesagt werden: Im Mittelwert der Sommerstagnation ist die 0-10 m-Zone als Abflußbereich des Obersees anzusehen. Sie dürfte in den Monaten Juli und August kleiner, in den Monaten April/Mai und Oktober größer sein. Rechnerisch soll vorerst auch für das Hochwasserjahr diese Zone gelten, wenngleich die Annahme eines 0-11 m-Abflußbereiches besser wäre. Zu genauen Feststellungen der monatlichen Abflußzonen und deren Schwankungsbereichen sowie der prozentualen Abflußanteile der einzelnen Meter-schichten wären weit mehr Messungen und vor allem Dauerregistrierungen im Seerhein notwendig.

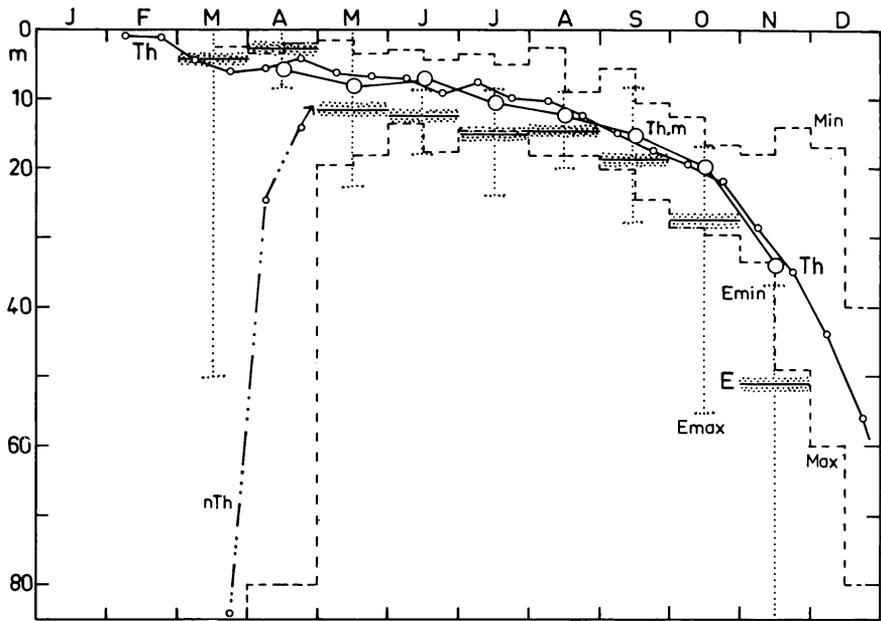


Abb. 7: Tiefenlage der Thermokline und Einschichtungstiefe des Alpenrheins im Bodensee-Obersee.

Th = halbmönatliche Thermokline, gewonnen aus je 15 Tiefenlagen der Jahre 1963-1977, aus gemittelten Tiefenlagen 1963-1977 sowie aus gemittelten Tiefenlagen 1965-1968; Min, Max = höchste, tiefste Thermokline aus 1963-1977.

Th.m = monatliche Thermokline aus je 140 Temperaturprofilen der Jahre 1960-1965 sowie aus je 4 Tiefenlagen der Jahre 1974-1977 vor Wasserburg;

E = Einschichtungstiefe des Alpenrheins, ermittelt aus täglichen Alpenrhein-Temperaturmessungen 1965-1968 im Vergleich zu Seetemperaturprofilen sowie aus monatlichen Trübungs- und Leitfähigkeitswerten der Jahre vor Wasserburg;

E_{min}, E_{max} = geringste größte Einschichtungstiefen des Alpenrheins im Bodensee.

Die Wassererneuerung ist im zirkulierenden oder geschichteten Obersee sehr verschieden. Aus den limnologisch untersuchten Jahren 1964-1976 wurden je 5 Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserjahre zusammengefaßt. Abb. 8 enthält die Hochwasserjahre 1965, 1966, 1970 und 1975, die Mittelwasserjahre 1968, 1969, 1973 und 1974 sowie die Niedrigwasserjahre 1964, 1971, 1972 und 1976. Im gemittelten Hochwasserjahr fließen 13.4 km³, im gemittelten Niedrigwasserjahr 7.3 km³ ab. Dabei ist der Unterschied während der Sommerstagnation mit 10.4 km³ und 5.3 km³ größer als während der Winterzirkulation mit 3.0 km³ und 2.0 km³.

Die 43.3 km³ Wassermassen unterhalb der 10 m-Tiefe werden während der Winterzirkulation mit einem 9/10 Anteil des gesamten Wasserkörpers erneuert: Im Hochwasserjahr 6.3% (oder 16 Jahre), im Niedrigwasserjahr 4.2% (oder 24 Jahre). Für größere, nicht jedes Jahr von der Zirkulation erfaßte Tiefen sowie für abgelegene Buchten gelten längere, für geringere Tiefen und nahe der Hauptströmung liegende Areale entsprechend kürzere Zeiträume.

Während der Sommerstagnation fließt nur das 4.3 km³ umfassende 0-10 m-Epilimnion ab, das im Niedrigwasserjahr zu 123% oder 1.2 mal, im Hochwasserjahr zu 242% oder 2.4 mal erneuert wird. Auch hier gibt es Seebereiche, deren Werte darüber oder darunter liegen. Gegenüber dem Hypolimnion ist der jährliche Wasseraustausch 20-60 mal schneller.

Starke Unterschiede zwischen den Hoch- und Niedrigwasserjahren können in der primärproduktiven Zone des Ökosystems nicht ohne Folgen bleiben. Wie groß sind z.B. die Abflußverluste an Phytoplanktern, wodurch der Tiefensauerstoff des Obersees entlastet wird? Dazu wurden die monatlichen Algenzahlen festgestellt (Abb. 9). Wie die oberen Enden der Monatssäulen zeigen, gibt das Mittelwasserjahr noch klarer als das Mittelwertsjahr 1964 bis 1976 den Jahreszyklus mit den 3 Produktionsspitzen im Mai, Juli und Oktober wieder.

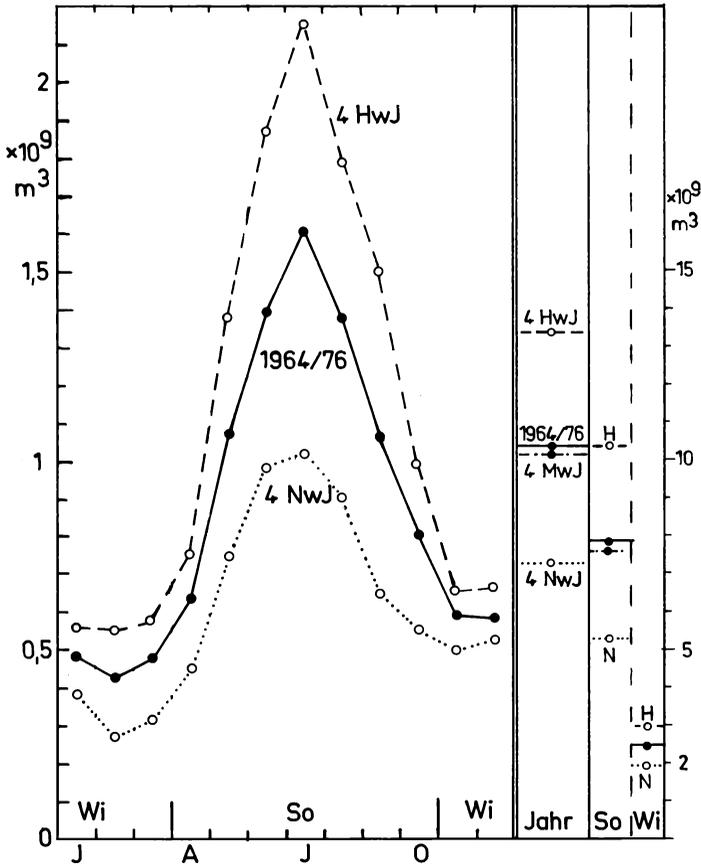


Abb. 8: Mittlere Jahreszyklen von je vier Hoch- (HwJ), Mittel- (MwJ) und Niedrigwasserjahren (NwJ); Mittelwerte des Jahres sowie der Sommerstagnation (= So: Apr. - Okt.) und der Winterzirkulation (= Wi).

Vom Normaljahr weicht das Hochwasserjahr durch mehr Regen und Wind, das Niedrigwasserjahr durch mehr Sonne und Trockenheit ab. So ist im Hochwasserjahr bei später einsetzender thermischer Schichtung die Frühjahrsproduktion gehemmt und kaum größer als die Sommerspitze, die in den August verschoben ist und die Herbstspitze unterdrückt.

Dagegen ist im Niedrigwasserjahr bei schnellem Schichtungsbeginn die Frühjahrsproduktion im April und Mai am stärksten ausgebildet. Die Sommerspitze ist ebenfalls verzögert und kaum größer als die des Oktobers, eine Folge der sommerlichen Nährstoffverarmung des Epilimnions bei zu starker stabiler Schichtung.

Werden alle Monatswerte der Sommerstagnation zusammengefaßt und gemittelt (Abb. 10), dann ist die Algendichte des Mittelwertjahres größer als die des Hoch- oder des Niedrigwasserjahres. Das heißt: Die vorhandene Phytoplanktonbiozönose ist ganz offensichtlich an das Normaljahr am besten angepaßt.

Die monatlichen Algenverluste sind durch die oberen Abschnitte der Balken in Abb. 9 und Abb. 10 gekennzeichnet. Sie betragen während der Sommerstagnation im Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserjahr 36%, 25% und 16% des Bestandes. Bei unterschiedlichen Ausgangszahlen verbleiben dem See rein rechnerisch im Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserjahr monatlich rund 8.1×10^{18} , 11.1×10^{18} und 11.3×10^{18} Zellen. Die mittleren monatlichen Restbestände des ganzen Jahres lauten entsprechend 5.4×10^{18} , 7.0×10^{18} und 7.5×10^{18} Zellen.

Der Obersee des Hochwasserjahres hat nur 72% der Algenbestände des Niedrigwasserjahres unter Sauerstoffverbrauch abzubauen. Auch wenn der Abfluß im Hochwasserjahr, gemäß der obigen Anmerkung, vertikal auf 11 m vergrößert wird, wobei bis zu ein Zehntel weniger an Algenzellen abfließen, beträgt der Restbestand immer noch 75% von dem des Niedrigwasserjahres.

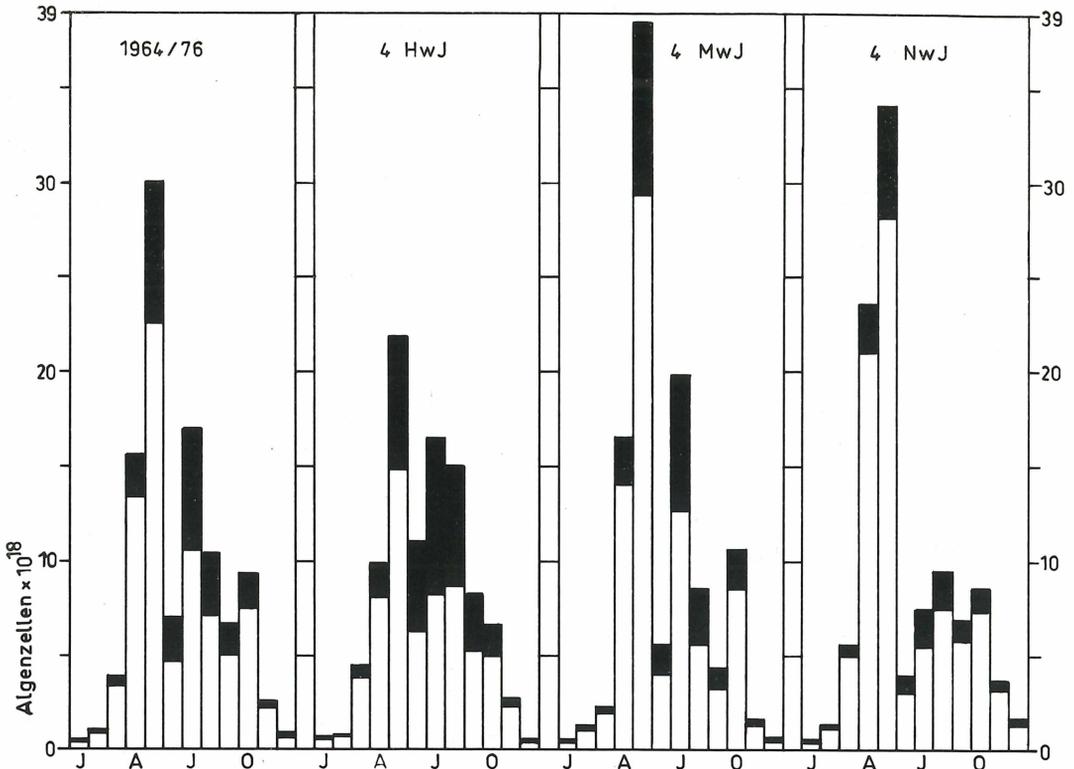


Abb. 9: Mittlere monatliche Phytoplanktonzahlen des 0-10 m-Epilimnions sowie deren errechnete Abflußverluste (= schwarz) und Restbestände im See (= weiß) von je vier Hoch- (HwJ), Mittel- (MwJ) und Niedrigwasserjahren (NwJ) sowie vom Zeitraum 1964-1976.

Der vergleichsweise festgestellte Sauerstoffrückgang in 250 m Tiefe lag im Hochwasserjahr mit 3.4 mg/l bei 65% des Niedrigwasserjahres (5.2 mg/l). Dieser Prozentsatz ist zu gering gegenüber den 75% Abbaubelastung des Algenbestandes. Somit muß im Hochwasserjahr schon während der Sommerstagnation der vertikale Transport sauerstoffreicherer Wassers in die Tiefe deutlich größer sein als im Niedrigwasserjahr. Die Probleme des vertikalen Stoffaustausches sowie der sich überlagernden biogenen und physikalischen Sauerstoffbilanzen eines Sees sind damit angeschnitten (WEISS et al. 1977).

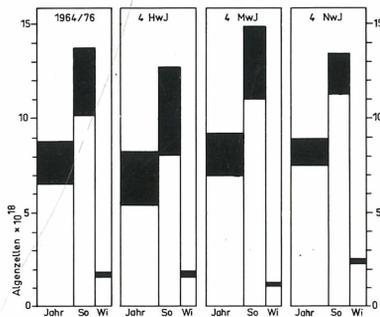


Abb. 10: Mittlere Phytoplanktonzahlen des Jahres sowie der Sommerstagnation (= So) und der Winterzirkulation (= Wi); sonst wie Abb. 9.

Eine weitere Folge des unterschiedlichen Abflusses, der weitgehend vom Zufluß abhängt, ist die Änderung der Stoffkonzentrationen im Obersee. Bei insgesamt gleichgroßem Stoffeintrag tritt im Hochwasserjahr bei einem um ein Drittel höheren Wasserdurchfluß ein Verdünnungseffekt von 6% ein. Im Niedrigwasserjahr findet bei einem um ein Drittel geringeren Wasserdurchfluß eine Konzentrierung von 7% statt. Die tatsächlichen Änderungen können auch geringer sein, da vom verdünnten oder konzentrierten Wasserkörper ein Teil schnell in den Abfluß gelangen kann. Immerhin wurde im Obersee nach dem Hochwasser 1975 ein Rückgang des Orthophosphates um 5% und nach dem Niedrigwasserjahr 1976 eine Zunahme um 4% festgestellt. Der Phosphatgehalt des Bodensees steigt im Grunde derzeit nicht mehr an. Die festgestellten Veränderungen beruhen auf meteorologischen Gegebenheiten, die Trophieänderungen nur vortäuschen.

Die wenigen Beispiele zeigen, wie unterschiedliche Wasserabflüsse auf das Ökosystem Bodensee-Obersee einwirken können.

Literatur

- AUERBACH M., 1952: Der Wasserabfluß aus der Konstanzer Bucht. Beitr. naturkundl. Forsch. SW-Deutschld. 11: 54-58.
- , SCHMALZ J., 1931: Die Oberflächen- und Tiefenströme des Bodensees II. - Die konstanten Ströme des Untersees, des Seerheins und der Konstanzer Bucht. Arch. Hydrobiol. 23: 231-249.
- ELSTER H.-J., EINSELE W., 1937: Beiträge zur Kenntnis der Hydrographie des Untersees (Bodensee). Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 36: 241-284.
- KIEFER F., 1972: Naturkunde des Bodensees. Sigmaringen (Thorbecke).
- , 1978: Hundert Jahre Pegelmessungen am Bodensee. Schriftenr. VG Bodensee 96: im Druck.
- KLEINSCHMIDT E., 1921: Beiträge zur Limnologie des Bodensees. Schriftenr. VG Bodensee 49: 34-69.
- LEHN H., 1965: Isothermenschwankungen im Bodensee. Umschau 20: 644-648.
- , 1968: Wasserbewegungen im Bodensee. GWF - Wasser/Abwasser 109: 89-94.
- NÜMANN W., 1938: Die Verbreitung des Rheinwassers im Bodensee. Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 36: 501-530.
- WEISS W., FISCHER K.H., KROMER B., ROETHER W., LEHN H., CLARKE W.B., TOP Z., 1978: Gas exchange with the atmosphere and internal mixing of Lake Constance (Obersee). Verh. Ges. f. Ökologie (Kiel 1977): im Druck.

Adresse

Dr. Hubert Lehn
Institut f. Seenforschung u. Fischereiwesen
Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Württemberg
Schiffstr. 56

D-7750 Konstanz-Staad

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Lehn Hubert

Artikel/Article: [Vom Abfluß des Bodensee-Obersees 163-172](#)