

Kreislauf des Wassers

Autor(en): **Renner, Felix / Häcki, Alois**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern**

Band (Jahr): **33 (1993)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-523543>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Kreislauf des Wassers

Felix Renner und Alois Häcki

Das Sempacherseegebiet liegt zwischen den Voralpen und dem Jura, in einem Gebiet, wo vor allem West- und Nordwestwinde vorherrschen. Die Lage in dieser Westwindzone und das Relief des Gebietes wirken sich auch auf die Niederschläge aus. Da in dieser Region keine grossen Hügelzüge oder Gebirgsketten vorhanden sind, die den Westwinden entgegenstehen, entfallen die Stauregen (Steigungsregen), wie sie im Jura, in den Voralpen und Alpen üblich sind. Niederschläge fallen im Gebiet des Sempachersees hauptsächlich während Gewittern und beim Durchzug von Tiefdruckgebieten oder Zyklonen. Die grössten Monatsniederschläge sind denn auch in den Monaten mit grosser Gewittertätigkeit zu verzeichnen, nämlich im Juni, Juli und August.

Von allen Niederschlagsmessstationen der Schweizerischen Meteorologischen An-

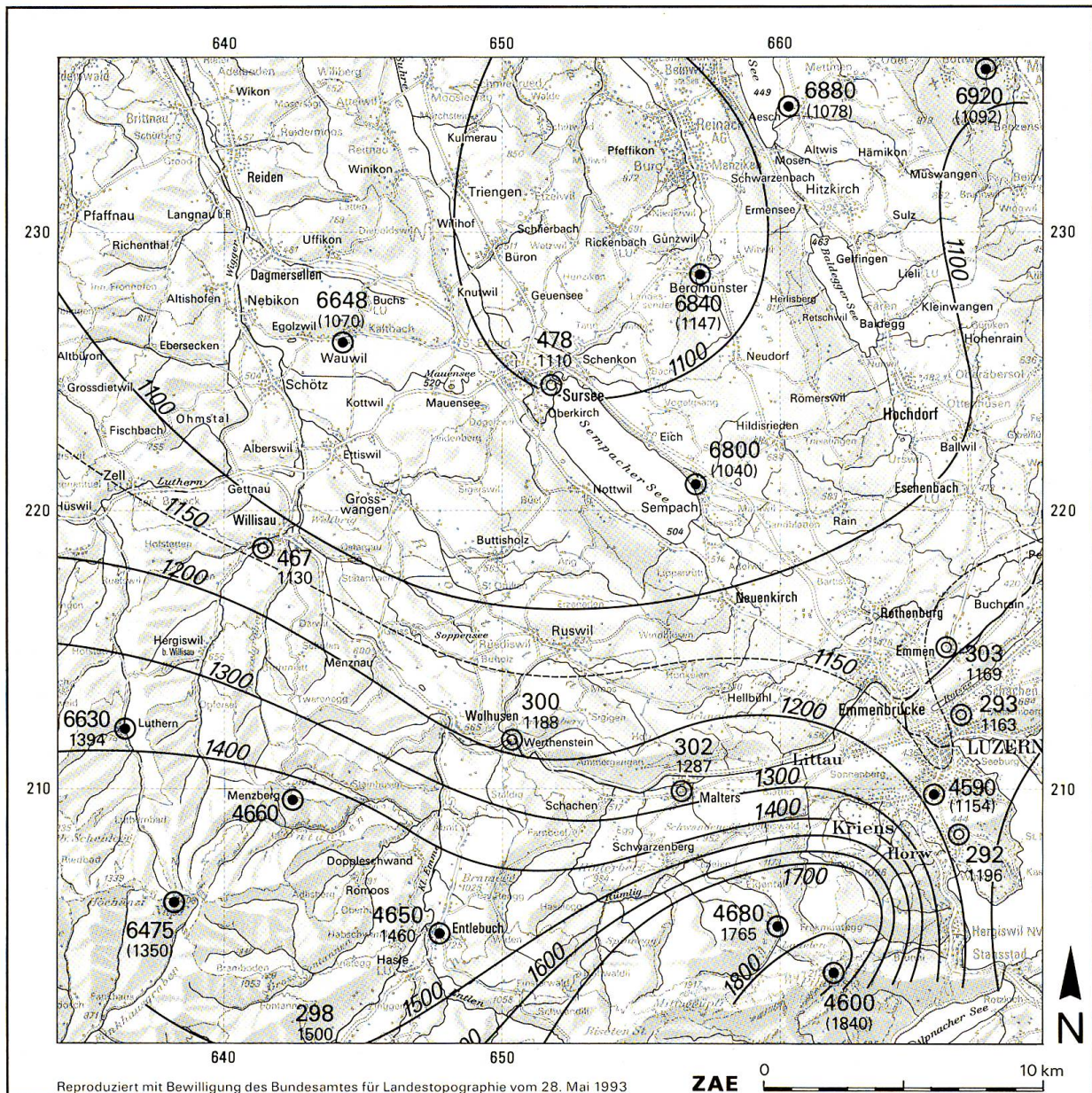
stalt (SMA) im Kanton Luzern hat die Station Sempach die geringsten Werte zu verzeichnen (Abb. 1). Die geringen Jahresmittelwerte von 1040 mm sind vor allem auf die Lage der Messstation in einer Talmulde zurückzuführen. Die etwa 150 m höher gelegene Messstation Beromünster im Norden verzeichnet im Jahresdurchschnitt bereits 100 mm mehr Niederschläge.

Insgesamt weisen die Niederschlagsmengen im Raume Sempachersee eine ähnliche Grössenordnung auf wie im nördlichen und nordöstlichen Kantonsgebiet. Eine markante Niederschlagszunahme ist hingegen südlich einer Linie Emmen – Ruswil – Willisau – Zell zu verzeichnen (Abb. 1). Hier wirken sich die Stauregen im Napf- und Pilatusgebiet mit zunehmender Höhenlage auf die Niederschlagsmengen aus.

Kenndaten der Mittellandseen

	Fläche km ²	Einzugs- gebiet km ² ohne Seefläche	Volumen km ³	Tiefe (m)		Abfluss m ³ /s	Aufenthaltszeit Jahre
				max.	mittl.		
Sempachersee	14,4	61,4	0,639	87	44	1,34	14,9
Zugersee	38,2 ¹	207,8	3,2	198	84	7	14,5
Hallwilersee	10,2 ²	127,8	0,285	48	28	2,47	3,7
Baldeggersee	5,2	67,9	0,173	66	33	1,33	4,1

Tab. 1: Kenndaten der Seen des Mittellandes. Flächenanteile Kanton Luzern: ¹) 2,5 km², ²) 1,4 km².



<u>1100</u>	Isohyete	⊙	Pluviometer in Betrieb
- - - 1150 - - -	mit mittlerer	4680	neue Stationsnummer der SMA
	jährlicher Niederschlagshöhe in mm,	1765	mittlere jährliche Niederschlagshöhe
	Periode 1901–1940	(1367)	in mm, Periode 1901–1940
⊙	Pluviometer aufgehoben		mittlere jährliche Niederschlagshöhe
293	alte Stationsnummer der MZA		in mm, kurze Messperiode
	(Meteorologische Zentralanstalt)		
1163	mittlere jährliche Niederschlagshöhe		
	in mm, Periode 1901–1940		

Abb. 1: Niederschlagskarte des Kantons Luzern mit Standorten der Niederschlagssammler und Isohyeten (aus Bericht Grundwasserforschung im Tal der Kleinen Emme 1990).

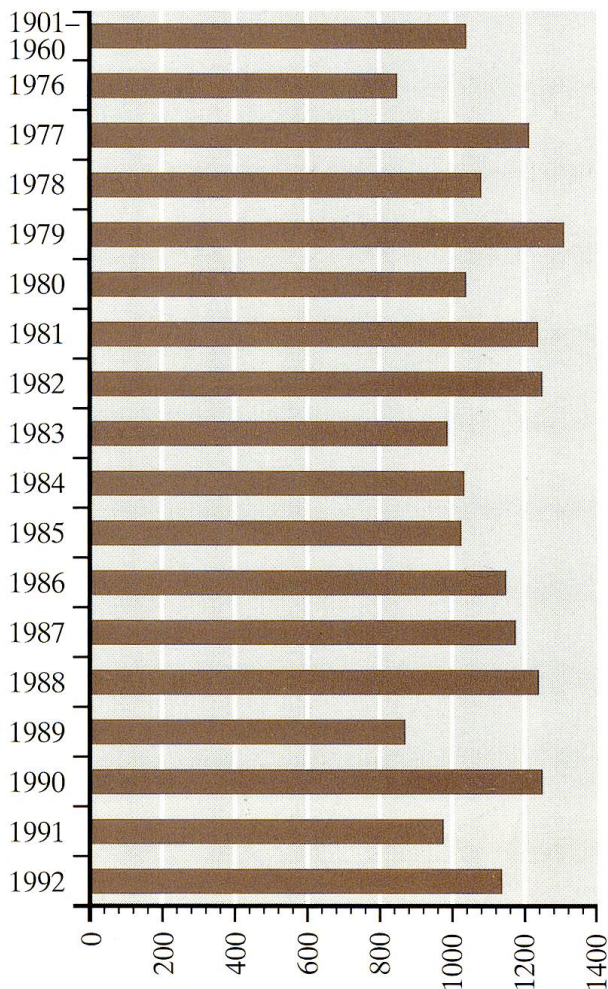


Abb. 2: Niederschlagsdiagramm der Regenmesstation Sempach 1976 bis 1992 (mm).

Beim Vergleich der Jahresniederschläge der letzten 15 Jahre (Abb. 2) fallen hauptsächlich die Jahre 1976, 1989 und 1991 als trockene Jahre auf. 1983 bis 1985 lagen die Niederschlagsmengen knapp unter dem langjährigen Durchschnitt. Die meisten Niederschläge der Vergleichsperiode waren 1979 zu verzeichnen.

Der See und seine Zu- und Abflüsse

Nach dem Zugersee, der nur zu einem geringen Teil auf Luzerner Kantonsgebiet liegt, ist der Sempachersee der grösste Lu-

zerner Mittellandsee (Tab. 1). Auch bezüglich Volumen und Tiefe erreicht er grössere Werte als der Hallwiler- oder Baldeggersee. Der Sempachersee weist aber mit 61,4 km² das kleinste Einzugsgebiet der drei Seen auf; dasjenige des Baldeggersees ist nur geringfügig grösser, das des Hallwilersees doppelt so gross.

Das gesamte Einzugsgebiet liegt zwischen 504 und 837 m ü. M. und wird durch 13 grössere Bäche entwässert (Abb. 3, Tab. 2). Der grösste dieser Zuflüsse ist die Grosse Aa.

Als Folge der grossen Seeoberfläche und des grossen Volumens zu einem vergleichsweise kleinen Einzugsgebiet (Umgebungsfaktor) und entsprechend kleinen Zuflüssen ergibt sich eine sehr lange theoretische Wasseraufenthalts- oder Erneuerungszeit. Sie beträgt für den Sempachersee 14,9 Jahre. Dies entspricht der längsten Füllzeit aller Schweizer Seen. Sie hat zur Folge, dass der See auf Veränderungen nur langsam reagiert. Bei einer Verschlechterung der Wasserqualität seiner Zuflüsse ist dies eher ein Vorteil, aber bei Sanierungsmassnahmen wirkt sich die lange Erneuerungszeit nachteilig aus.

Das Abflussverhalten der Seezuflüsse und der Suhre

Zuflüsse

Die jahreszeitliche Verteilung der Abflüsse und die Wasserführung der einzelnen Bäche sind direkt abhängig von den Niederschlagsereignissen. Im Einzugsgebiet der Zuflüsse fehlt ein nachhaltiger Wasserrückhalt, beispielsweise durch Gletscher, Schnee oder Seen. Da in der Region grosse Niederschlagsmengen zu jeder Jahreszeit fallen können, sind auch Hochwasserspitzen jederzeit möglich. Die abflussreichsten Monate sind jedoch die Monate Mai und Juni.



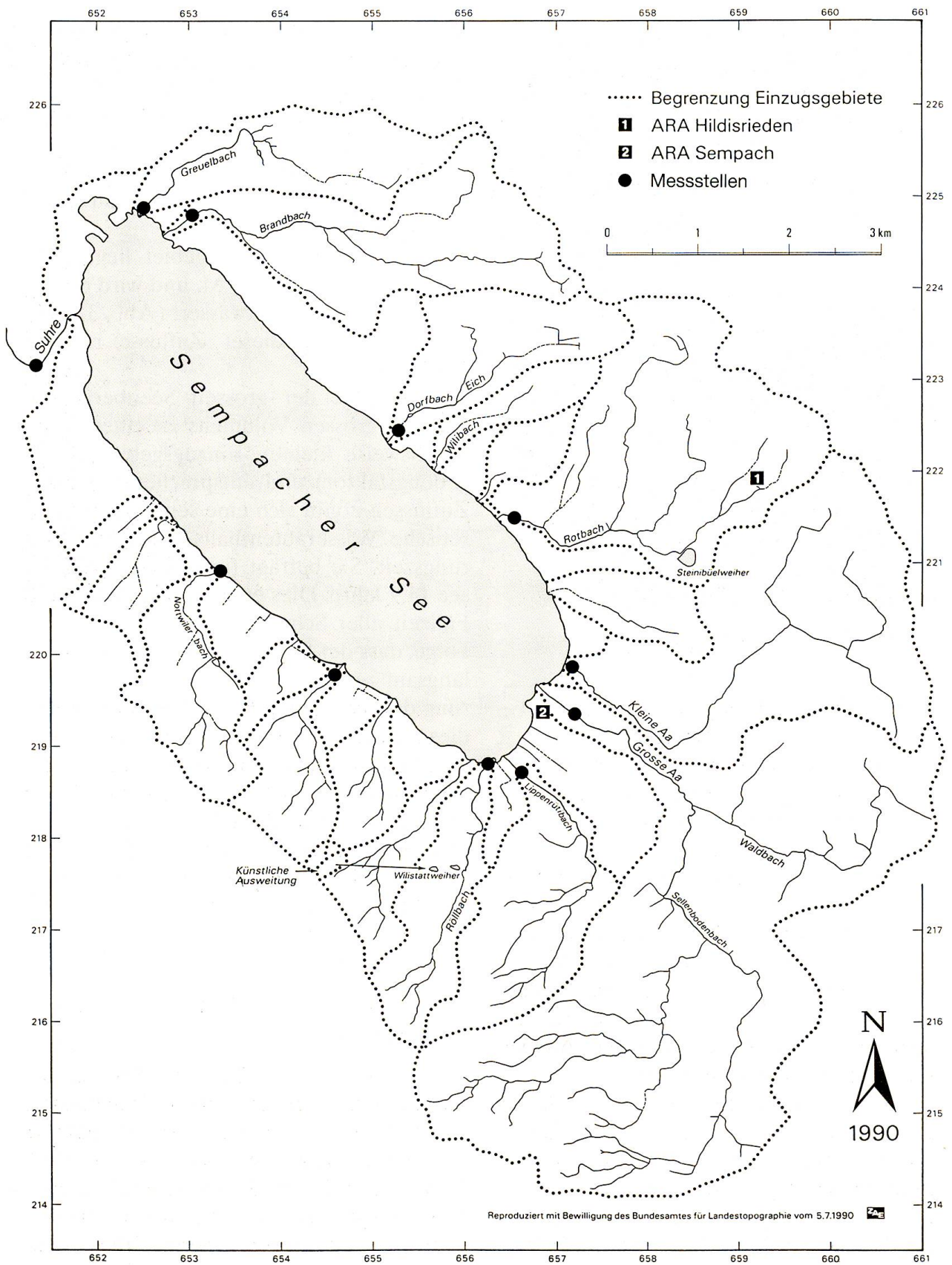


Abb. 3: Einzugsgebiet des Sees; Teileinzugsgebiete mit untersuchten Zuflüssen.



Abb. 4: Mündung der Kleinen Aa.

Die Wasserführung der wichtigsten Zuflüsse zum Sempachersee wird seit Mai 1984 im Auftrage des Amtes für Umweltschutz und des Gemeindeverbandes Sempachersee dauernd gemessen (Abb. 3). Von durchschnittlich 1100 mm Niederschlag pro Jahr fließen etwa 650 mm – das sind rund 40 Millionen m³ Wasser – in den Sempachersee. Der restliche Niederschlagsanteil von 450 mm verdunstet.

Stellvertretend für die übrigen Zuflüsse kann das Abflussregime der Zuflüsse anhand des Beispiels der Grossen Aa wie folgt beschrieben werden (Abb. 5, 6):

Die Wasserführung der Grossen Aa ist an mehr als 300 Tagen pro Jahr sehr gering (Abfluss kleiner als 500 l/s) und fällt an rund 20 Tagen pro Jahr sogar unter 60 l/s. Die durchschnittliche Jahresabflussmenge beträgt etwa 300 l/s. Bei Niederschlagsereignissen werden die Perioden niedriger Abflüsse durch kurze Hochwasserspitzen

mit Abflussmengen bis zu 5 m³/s unterbrochen. Nach Niederschlagsereignissen klingt das Hochwasser rasch ab, weil kein Wasserspeicher vorhanden ist, der das Wasser kontinuierlich abgibt. Die Abflussganglinie der Grossen Aa zeigt deutlich, dass grosse Wasserabflüsse nicht nur in den Sommermonaten, sondern auch im Herbst und Winter auftreten.

Ausgleichende Wirkung des Sees auf das Abflussregime

Der Seeabfluss wird seit 1976 von der Landeshydrologie und -geologie gemessen (Abb. 5, 6). Der mittlere Abfluss beträgt 1,30 m³/s. Für die Periode 1976 bis 1991 beträgt das Q_{347} 0,42 m³/s, d.h. diese Abflussmenge wird während 347 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten. Die grösste bisher gemessene Abflussmenge von 4,1 m³/s wurde im Mai 1977 ermittelt,

Zu- und Abflüsse des Sempachersees				
	<i>Einzugsgebiet in km²</i>	<i>Anteil an Gesamteinzugs- gebiet in %</i>	<i>Durchschnittliche Jahresabfluss- menge in m³/s</i>	<i>Anteil des Niederschlags am Abfluss in %</i>
Grosse Aa	15,354	25,0	0,30	54
Kleine Aa	6,924	11,3	0,12	47
Rotbach/Sempach	6,273	10,2	0,14	59
Dorfbach/Eich	2,240	3,6	0,05	58
Brandbach/Schenkon	4,280	7,0	0,10	60
Greuelbach/Schenkon	2,606	4,2	0,07	69
Nottwilerbach	1,989	3,2	0,04	61
Röllbach	2,014	3,3	0,05	74
Lippenrütibach/Neuenkirch	3,310	5,4	0,07	59
Total	44,991	73,2	0,92	
nicht erfasstes Einzugsgebiet	16,449	26,8	0,39	60
gesamtes Einzugsgebiet des Sempachersees (ohne Seeoberfläche)	61,440	100,0	1,31	57
Seeoberfläche	14,400			
Abfluss Suhre-Oberkirch (Mittel 1976 bis 1991)	76,6		1,28	—

Tab. 2: Wasserführung der Zu- und Abflüsse sowie deren Einzugsgebiet im Sempacherseegebiet.

das kleinste Tagesmittel von 0,13 m³/s im Oktober 1986.

Das Abflussverhalten der Suhre wird sehr stark durch die ausgleichende Wirkung des Sempachersees beeinflusst. Der See dient als grosses Ausgleichsbecken, das bei Niederschlagsereignissen die grossen Wasserzuflüsse aufzunehmen und zu speichern vermag. Da beim Seeausfluss nicht beliebig viel Wasser abfliessen kann, steigt der Seespiegel an, bis das Abflussvermögen der Suhre wieder grösser ist als die Zuflussmenge aus dem Gesamteinzugsgebiet.

Die Abflüsse der Grossen Aa und der Suhre reagieren mit unterschiedlicher Zeitverzögerung auf ein Niederschlagsereignis (Abb. 5). Während die Grosse Aa rasch und intensiv auf die Niederschläge ab dem 27. Mai 1986 reagierte, wirkte sich dies auf den Suhreabfluss nur langsam aus. Das Abflussmaximum der Suhre wurde drei Tage nach demjenigen der Grossen Aa erreicht.

Das Suhre-Hochwasser klang aber viel langsamer ab als das der Grossen Aa. Abgesehen von einem etwas flacheren Verlauf verhielt sich der Seespiegel ähnlich wie der Abfluss der Suhre. Nach einem Anstieg während 10 Tagen von der Kote 503,91 m ü. M. am 27. Mai 1986 bis 504,21 m ü. M. am 6. Juni 1986 sank der Seewasserstand nur langsam wieder ab.

■ Seespiegelschwankungen

Historische Entwicklung

Der erste massive Eingriff in das Regime des Sempachersees erfolgte bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts. In der Mediationszeit nach der Französischen Revolution wurde der Sempachersee 1806 bis 1814 um 1,7 m tiefer gelegt. Das dadurch gewonnene Land wurde an die Seeanstösler verkauft. Die Tieferlegung erfolgte

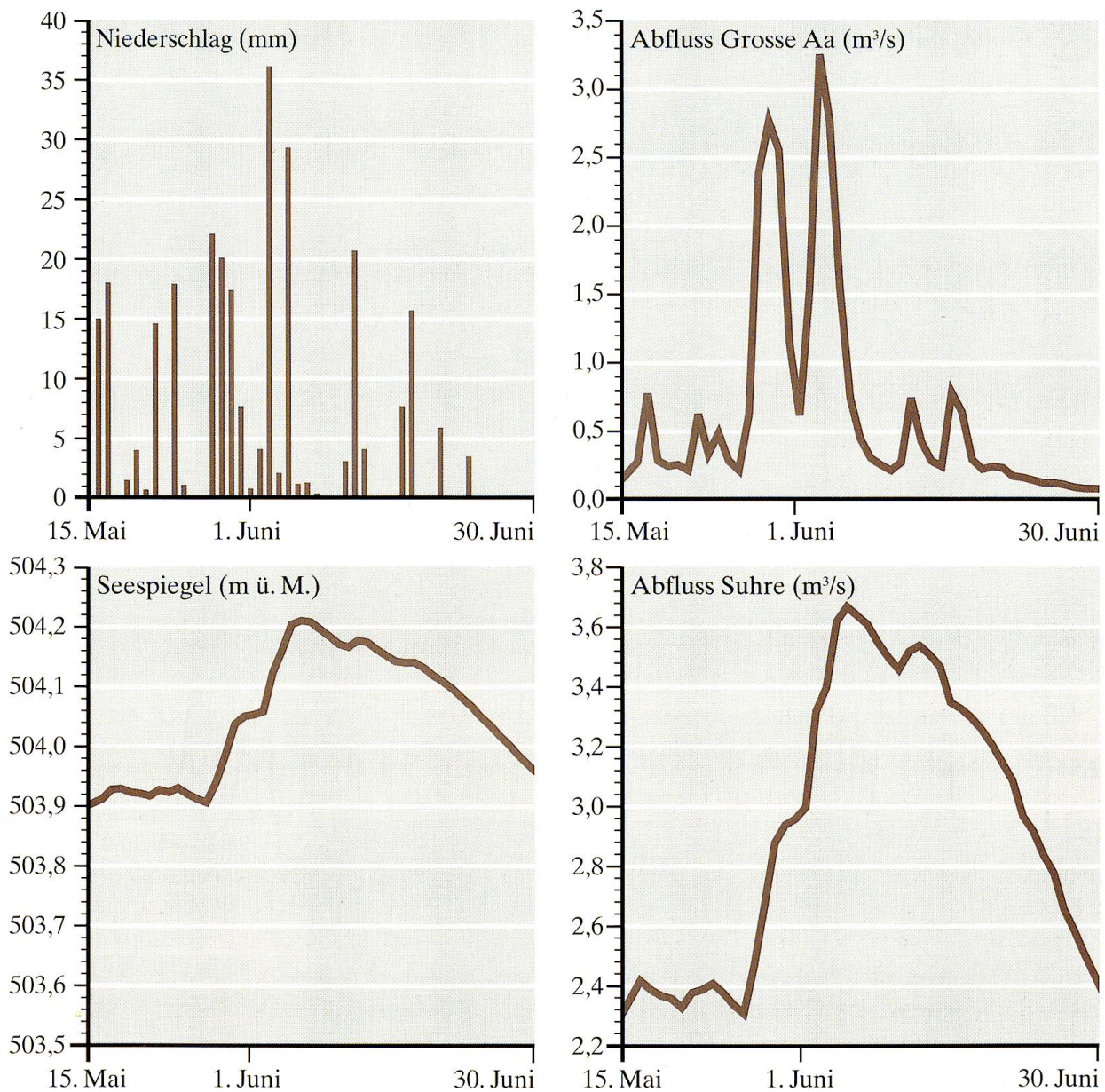


Abb. 5: Der Einfluss des Sees auf das Abflussverhalten der Suhre.

durch die Beseitigung der Wasserkraftstufe der Mühle Oberkirch und den Ausbau des Suhre-Bachbettes bis zum Wasserwerk der damaligen Münigensäge.

Die Absenkung des Seespiegels hatte verschiedene Uferereinbrüche bei Büzwil und Eich zur Folge. Daraufhin legten der damalige Schultheiss und der «Tägliche Rat der Stadt und Republik Luzern» am 2. Dezember 1814 die «zukünftige Normal-lage des Wasserspiegels im Sempachersee»

mittels Verordnung fest. Die damals festge- legte Normallage von 507,05 entspricht nach der heutigen Vermessung einer Höhe von 503,81 m ü. M. In der gleichen Verord- nung von 1814 wurde den Müllern von Sur- see und Münigen die Erstellung einer Schleuse beim Seeauslauf gestattet, und der Betrieb der Schleuse wurde reglemen- tarisch festgelegt.

Nach verschiedenen Streitigkeiten und Klagen wegen zu hohem Seestand in den

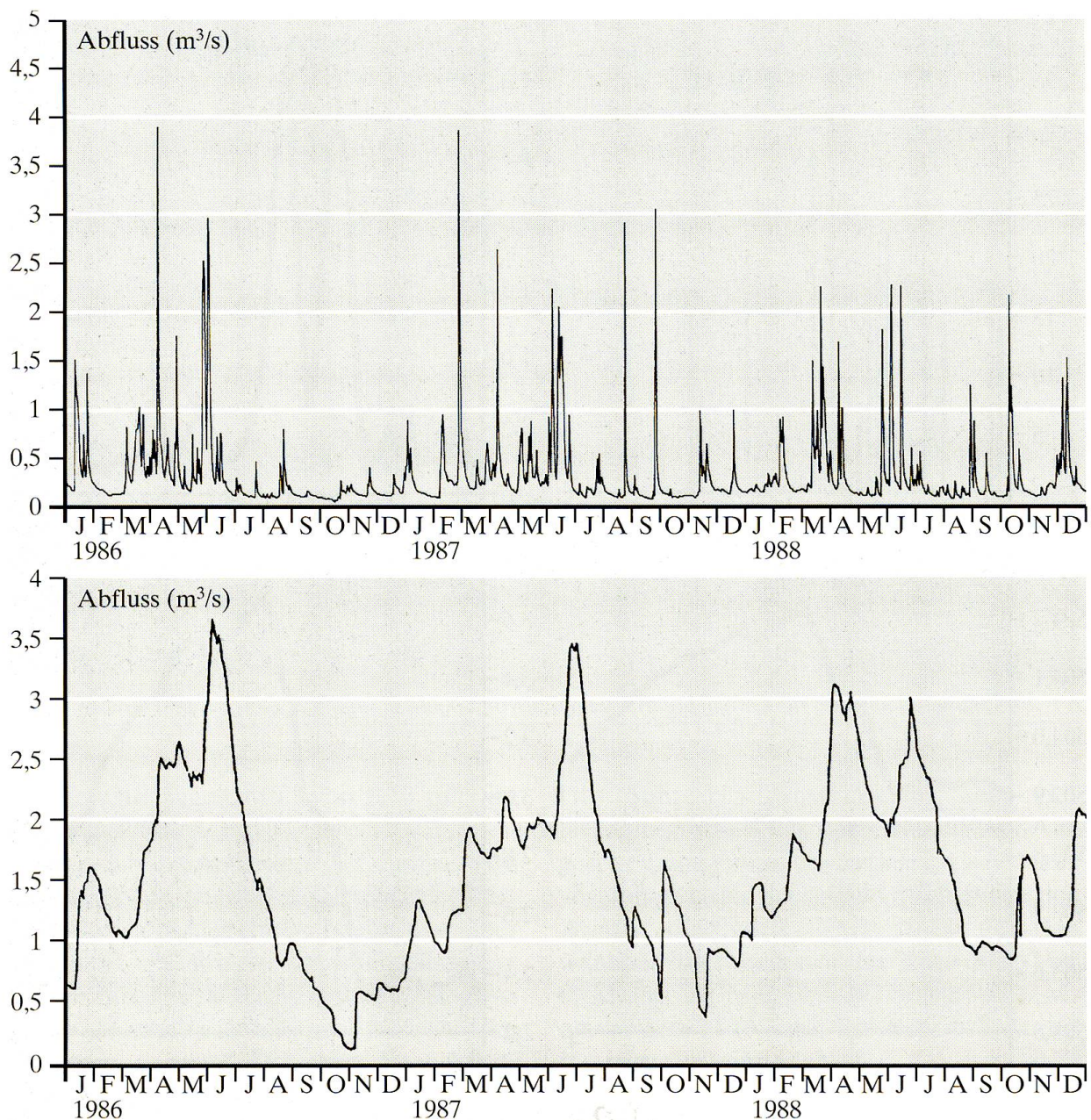


Abb. 6: Vergleich der Abflussganglinien Grosse Aa (oben) und Suhre (unten).

anschliessenden Jahrzehnten wurde die Schwelle beim Seeauslauf neu gebaut (Abb. 7), und der Regierungsrat erliess 1888 ein neues Reglement über die Pegelbeobachtung und Regulierung des Wasserstandes. Das Recht zur Bedienung des Wehres wurde den Wasserwerkbesitzern entzogen und die Regulierung einem vom Baudepartement gewählten Pegelwart übertragen.

Mit Regierungsratsbeschluss vom 15. Januar 1919 wurden die Koten gemäss Landesnivellement definitiv festgelegt (Tab. 3). Ebenfalls 1919 forderte der Regierungsrat die sieben Wasserwerkbesitzer an der Suhre auf, eine Genossenschaft zu bilden. In den Statuten wurden die Zuleitung des Wassers aus dem Sempachersee, die Regulierung des Ablaufs und die Instandhaltung der Schleusen geregelt. Die



Abb. 7: Das Abflussvermögen der Suhre bestimmt den Wasserspiegel des Sempachersees. Für die Seeregulierung mit dem Wehr gelten heute noch die Bestimmungen von 1919.

Abb. 8: Abflussmessstation im Rotbach bei Sempach mit Schwimmer und automatischem Pegelschreiber (links) und Probenehmer bei Hochwasser (rechts).



Reglement zur Regulierung des Wasserstandes	
<i>Höhe des Landesnivellement</i>	
Maximaler, durch die Schützen gestauter Wasserspiegel	503,810 m ü. M.
Grundschwellehöhe	503,200 m ü. M.
Schützenhöhe	0,475 m
Lichte Weite der Schützen	8,100 m
Regulierungsvorschriften	
bei ansteigendem Seespiegel:	
Pegelstand 503,75:	öffnen der ersten Schleuse
Pegelstand 503,80:	öffnen der zweiten Schleuse (vollständige Öffnung des Wehrs)
bei absinkendem Seespiegel:	
Pegelstand 503,75:	schliessen der Schleuse

Tab. 3: Umgerechnet auf das heutige Landesnivellement wurden 1919 die heute noch geltenden Höhen und Regulierungsvorschriften festgelegt.

Auflösung dieser Genossenschaft ist nur mit Zustimmung sämtlicher Mitglieder und im Einverständnis mit dem Regierungsrat möglich.

1943, zur Zeit der Anbauschlacht, gelangten die Gemeinden Oberkirch, Nottwil, Neuenkirch, Schenkon und Eich mit einer Kollektiveingabe an den Regierungsrat, das Wehrrglement ausser Kraft zu setzen und den Niederwasserstand 30 cm abzusenken. Diese Melioration, mit der etwa 90 ha Kulturland hätten gewonnen werden können, wurde durch den Regierungsrat abgelehnt. Drei Gründe sprachen damals gegen eine Absenkung: Erstens die hohen Kosten, denn das Tiefhalten des Wasserspiegels hätte einen teuren Ausbau der Suhre erfordert. Zweitens befürchtete man Uferabsenkungen, vor allem entlang der SBB-Linie. Drittens war man sich bewusst, dass ein Ausbau der Suhre das Retentionsvermögen des Sees vermindert hätte. Man befürchtete grössere Hochwasserspitzen in der Suhre, und in Trockenperioden hätte der Fluss zu wenig Wasser geführt, «eine Folge, die für die Fischereiwirtschaft, die Wasserwerke und die Verarbeitung der Abwässer der Stadt Sursee nachteilig ist» (Regierungsrats-Entscheid vom 23. November 1943).

In der Zwischenzeit wurden die Wasserwerke an der Suhre stillgelegt. Die Anlagen sind zum Teil abgebrochen, oder die Benützung der Wasserrechte kann wegen Änderungen des Suhrelaufes nicht mehr ausgeübt werden. Es sind deshalb Bestrebungen im Gange, die Genossenschaft der Wasserwerkbesitzer aufzulösen.

Wasserstandsmessungen 1923 bis heute

Die Wasserstände des Sempachersees werden seit 1923 regelmässig gemessen. Die dauernde und automatische Aufzeichnung mittels Limnigraphen erfolgt seit 1928. Das Verhalten des Seespiegels kann anhand der in Abbildung 9 ausgewerteten Daten erläutert werden.

Die mittlere Höhe des Seespiegels beträgt 503,77 m ü. M. Die Analyse der Monatsmittel der ganzen Messperiode zeigt, dass in den Monaten September bis Dezember sowie im Januar allgemein Wasserstände zu erwarten sind, die unterhalb des mittleren Seespiegels liegen. Von Februar bis Juli ist eine ansteigende Tendenz der mittleren Monatswasserstände zu verzeichnen. Die erreichten Werte sind zudem in dieser Jahreszeit höher als das langjährige Mittel.

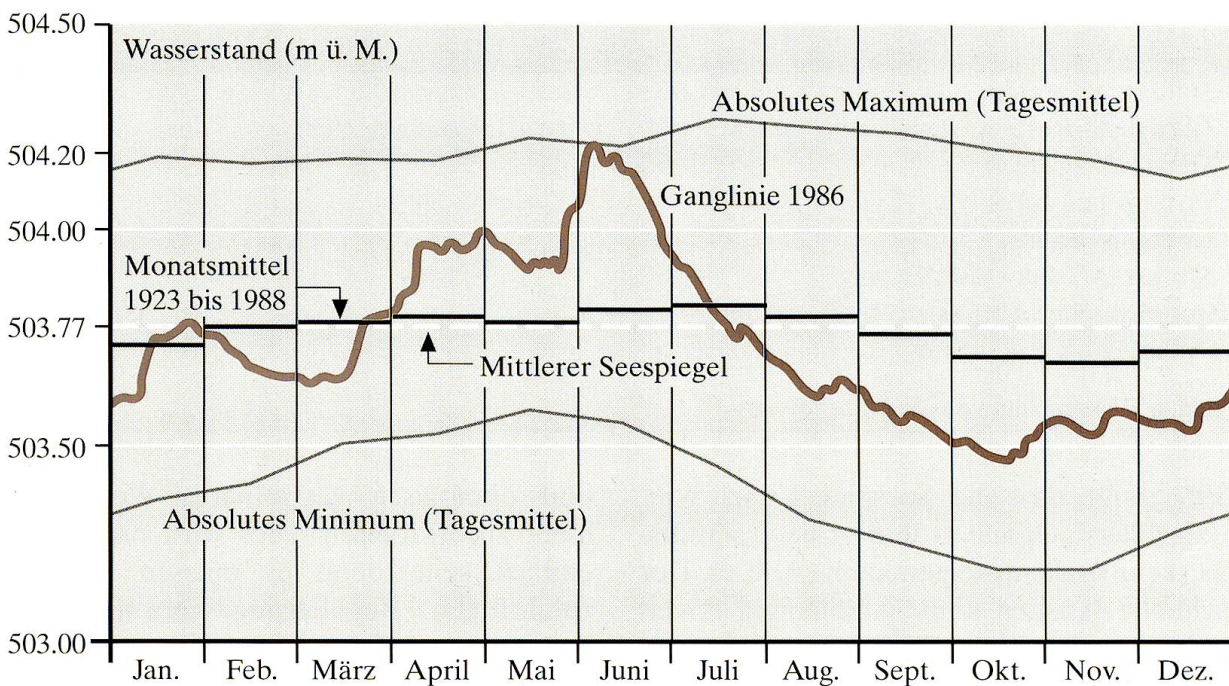


Abb. 9: Wasserstände des Sempachersees 1923 bis 1988.

Aufschlussreich sind auch die Kurven der absoluten Maxima und Minima (Tagesmittel). Sie zeigen die höchsten und die tiefsten Seespiegel auf, die in der Zeitspanne seit 1923 in den einzelnen Monaten erreicht wurden. Bezogen auf die Minima war im Mai der höchste Wert zu verzeichnen. In diesem Monat sank der Seespiegel bisher nie tiefer als 503,57 m ü. M. Dieser für den Mai tiefste Wert wurde 1960 erreicht. Die bisher tiefsten Tageswerte von 503,18 wurden im Oktober und im November 1947 verzeichnet. Es ist anzunehmen, dass das Bachbett der Suhre damals für längere Zeit trocken lag.

Die Kurve der absoluten Maxima zeigt, dass die Kote von 504,20 m ü. M. theoretisch jeden Monat annähernd erreicht oder überschritten werden kann. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil diese Kote ungefähr der Schadengrenze entspricht, d. h., dass ein Anstieg des Wasserstandes über 504,20 m an Gebäuden und in landwirtschaftlichen Kulturen Schäden verursachen kann. In den letzten 67 Jahren waren aber nur zehn solche Fälle zu verzeichnen.

Im Juli 1926 wurde bei der Kote von 504,28 der höchste Tagesmittelwert gemessen. Der Vergleich mit dem absoluten Minimum von 503,18 m ü. M. im Jahre 1947 ergibt einen Schwankungsbereich von 1,10 m.

Mit Hilfe von Trendanalysen und Regressionsrechnungen wurde festgestellt, dass die Jahresmittel der Seewasserspiegel eine abnehmende Tendenz aufweisen. Eine ähnliche Entwicklung ist bei den Monatsmitteln der Sommer- und Herbstmonate feststellbar. Genaue Aussagen über die Ursachen dieser Tendenz sind zurzeit nicht möglich. Als natürliche Gründe könnten klimatische Veränderungen angeführt werden (trockeneres und wärmeres Klima in den letzten 15 Jahren). Auch eine Änderung in der Wehrbedienung könnte das langfristige Verhalten des Seespiegels beeinflussen haben. Es wird Aufgabe der «Arbeitsgruppe Seeregulierung» sein, die Ursachen genauer abzuklären.

Neben Aussagen über das langfristige Verhalten lässt sich das kurzfristige Verhalten aufgrund der Daten von 1986 wie folgt charakterisieren: Die Jahresganglinie von

Faktoren	Mio. m ³ /Jahr
Zuflüsse gemessen	+ 30 (73 % des Einzugsgebietes)
Zufluss aus Resteinzugsgebiet	+ 10 (27 % des Einzugsgebietes)
Niederschlag auf See	+ 15
Verdunstung auf See	- 9
Seeabfluss Suhre	- 41
Abwasser-/Trinkwasser-Export	- 0,3
Unterirdischer Abfluss	- 1
Differenz/Ungenauigkeit	(- 3)

Tab. 4: Wasserbilanz des Sempachersees

1986 zeigt, dass der Seespiegel nach Niederschlagsereignissen und grossen Zuflüssen sehr rasch ansteigen kann (Abb. 5). Der schnelle Anstieg kann unabhängig davon erfolgen, ob sich der Seespiegel auf hohem oder tiefem Niveau befindet. In der Vergangenheit sind mindestens zwei Beispiele bekannt, bei denen der Seespiegel innerhalb eines Tages um mehr als 20 cm angestiegen ist. Dies entspricht einem Wasserstandsanstieg von etwa einem cm/Stunde.

Wie bereits früher erwähnt, senkt sich der Seespiegel nach solchen Ereignissen nur langsam wieder, weil die Abflusskapazität der Suhre beschränkt ist.

Zukünftige Seeregulierung

Im Zusammenhang mit der Aufgabe der Wasserwerke an der Suhre und der Auflösung der Genossenschaft der Wasserwerkbesitzer ist auch die Frage der heutigen und zukünftigen Seeregulierung neu aufgeworfen worden. Es gilt heute immer noch das Reglement von 1919. Das Wehr wird im Auftrage des Baudepartements durch eine Privatperson bedient. Ob die Wehrbedienung immer noch streng gemäss Reglement gehandhabt wird, ist zurzeit nicht ganz klar.

Um die Fragen der zukünftigen Wasserstandsregulierung zu klären, setzte der Regierungsrat 1991 eine Arbeitsgruppe ein. Ihre Aufgabe wird sein, ein zweckmässiges

und ökologisch vertretbares Wehrrglement zu erarbeiten. Dies wird nicht ganz einfach sein, denn es müssen bei der zukünftigen Regulierung verschiedenste Nutzungsansprüche (Naturschutz, Fischerei, Landwirtschaft, Trinkwassernutzung, Wasserkraftnutzung, Naherholung usw.) berücksichtigt werden. Zudem sind auch die Aspekte des Hochwasserschutzes und des Niederwasserabflusses in der Suhre bei Trockenperioden zu beachten. Aus Gründen des Naturschutzes und der Fischerei sind vor allem im Frühling etwas höhere Seestände erwünscht.

Wasserbilanz des Sempachersees

Für die Wasserbilanz des Sees muss nebst den Zuflüssen auch der Niederschlag und die Verdunstung auf der Seeoberfläche berücksichtigt werden.

Über die Verdunstung gibt es für den Sempachersee keine Messwerte. In einem Bericht der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) wurde 1978 für den Zürichsee eine mittlere Verdunstung von 610 mm im Jahr angegeben. Für den Sempachersee kann dementsprechend ebenfalls eine Verdunstung von etwa 600 mm angenommen werden (Tab. 4).

Der Seeabfluss beträgt durchschnittlich 1,30 m³/s. Aus dem Gebiet des Greuelbaches in Schenkön versickert Niederschlags-

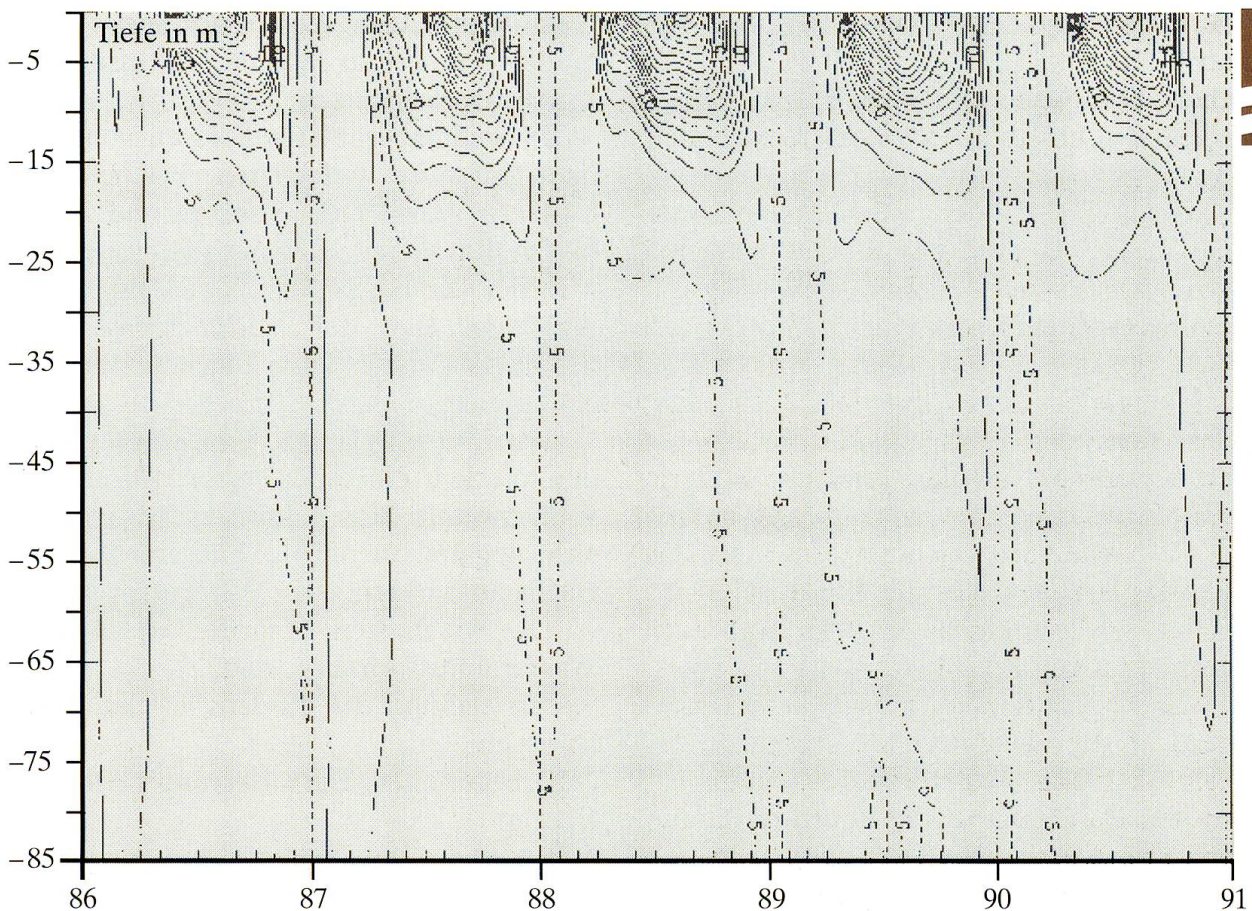


Abb. 10: Temperaturprofile des Sempachersee von 1986 bis 1991 (Angaben in °C).

wasser und fließt als Grundwasser unterirdisch aus dem See-Einzugsgebiet. Diese Wassermenge ist nur grob abzuschätzen und dürfte etwa 1 Mio. m³ nicht übersteigen. Der unterirdische Seeabfluss ist sehr gering, weil aufgrund der geologischen Verhältnisse das Seebett schlecht durchlässig ist. Etwa 0,3 Mio. m³ werden als Trinkwasser und Abwasser aus dem Einzugsgebiet des Sempachersees exportiert.

■ Physikalische und chemische Merkmale

Wassertemperaturen

Die Temperaturen des Sempachersees (Abb. 10) werden monatlich im Rahmen

der Zustandsüberwachung durch die EAWAG gemessen. Sie schwanken an der Seeoberfläche zwischen 1 und 25 °C, in 10 m Tiefe zwischen 3 und 12 °C und auf dem Seegrund in 85 m Tiefe noch zwischen 4 und 5 °C.

Zwischen 1986 und 1991 ist die zunehmende Erwärmung des Seewassers auffallend. Dies ist eine Folge der überdurchschnittlich hohen Lufttemperaturen, die im Jahresmittel zwischen 0,5 °C (1986/87) und 1,7 °C (1990) über dem langjährigen Mittel lagen.

Wasserchemie

Ein aussagekräftiges Merkmal der Gewässer ist die Wasserhärte. Die Gewässer werden beim Durchfließen des Bodens mit

verschiedenen Salzen in gelöster Form, auch Erdalkali-Ionen genannt, angereichert. Das Niederschlagswasser, die Fließgewässer und das Seewasser enthalten wenig solcher Salze und sind deshalb «weich». Die Böden im Mittelland sind kalkhaltig, so dass das Quellwasser und Grundwasser mit Calcium- und Magnesiumhydrogenkarbonat angereichert wird; man bezeichnet es als «hart». Hartes Wasser hat die eher unangenehme Eigenschaft, dass sich beim Erhitzen Calciumcarbonat als Kesselstein an den Pfannen, Boilern, Kaffeemaschinen absetzt; für das Waschen von Wäsche muss es enthärtet werden. Da Kesselstein ein schlechter Wärmeleiter ist, steigt der Energiebedarf beim Gebrauch verkalkter Geräte.

In der Schweiz sind französische Härtegrade die gebräuchliche Messgrösse, insbesondere bei der Waschmittel-Dosierung. 5° frz. Härte entsprechen 1 Millival Karbonathärte pro Liter (mval/l). Die Karbonathärte wird durch Erdalkali-Ionen gebildet und ist die Summe der Karbonat- und Bikarbonat-Ionen, mit der chemischen Bezeichnung $\{2(\text{CO}_3^{2-}) + (\text{HCO}_3^-)\}$. Das Wasser des Sempachersees ist mit weniger als 15° frz. Härte «weich». Das Quell- und Grundwasser im Einzugsgebiet hingegen ist mit über 25° bis 35° frz. Härte als «hart» zu bezeichnen. Dies bedeutet beim Textilwaschen, dass mit Wasser aus dem Sempachersee weniger Enthärtungsmittel verwendet werden müssen, als beim Quell- und Grundwasser.

■ Menschliche Eingriffe in den Wasserkreislauf

Aus Wiesland und bewaldeten Gebieten fließen etwa 60 % (650 mm) des Niederschlags von 1100 mm in den Sempachersee. Der Rest verdunstet, und ein kleiner Teil versickert. Verschiedene Mass-

nahmen im Einzugsgebiet des Sees führen heute vermehrt zu raschen Abflüssen und zu Hochwasserspitzen.

In Siedlungsgebieten fließen von ganz oder teilweise befestigten Flächen wie Dächern, Vorplätzen, Strassen und Rasen bis zu 100% des Niederschlags rasch ab. Mit der Zunahme der Siedlungsgebiete und dem Bau der Nationalstrasse N2 haben diese befestigten Flächen stark zugenommen.

Aber auch in ländlichen Gebieten wurden mit dem Ziel einer besseren Bodenbewirtschaftung Massnahmen getroffen, die sich negativ auf das Abflussregime der Bäche auswirkten.

Die wichtigsten Eingriffe, welche den Wasserabfluss fördern, sind:

- Versiegelung des Bodens in den Siedlungsgebieten;
- Meliorationen, Entwässerung vernässter Böden;
- Eindolung von Seitenbächen und Gräben;
- Entwässerung abflussloser Mulden über Schächte und Drainagen;
- direktes Ableiten von Platz- und Dachwasser bei Bauernhöfen;
- Entwässerung des weitverzweigten Strassennetzes (inkl. der Erschliessungsstrassen) über Einlaufschächte und Drainagen;
- Asphaltierung der Wege und Hofplätze;
- Auffüllen von Mulden und Senken, die früher bei Hochwasser überflutet wurden oder in denen sich das Niederschlagswasser aufstaute;
- Zunehmende Verdichtung des Bodens durch das Befahren mit landwirtschaftlichen Maschinen und Zugfahrzeugen.

Das raschere Abfließen des Niederschlagswassers führt zu grösseren Hochwasserspitzen in den Bächen. Gemäss bisheriger Praxis bei wasserbaulichen Massnahmen wurde auf die zunehmenden Wassermengen und Hochwasserspitzen mit



Abb. 11: Der Lippenrütibach schwemmt bei Hochwasser grosse Nährstofffrachten in den See (Hochwasser vom 22. 7. 1992).

Ausbauten von Bächen und Flüssen reagiert. Damit wird das Problem ständig flussabwärts verlagert, und die Hochwasserspitzen im Unterlauf nehmen zu.

Das rasche Ableiten des Niederschlagswassers hat auch Auswirkungen auf die Trockenperioden. Da kein natürlicher Wasserspeicher mehr vorhanden ist, der Wasser kontinuierlich abgeben könnte, sind in den Bächen vermehrt und über längere Zeit geringe Abflüsse zu verzeichnen, oder einzelne Bäche (z. B. Lippenrütibach) trocknen zu gewissen Zeiten sogar aus.

Das Problem der zunehmenden Hochwasserspitzen ist zwar von den Fachleuten erkannt, entsprechende Gegenmassnahmen wurden aber bisher kaum getroffen.

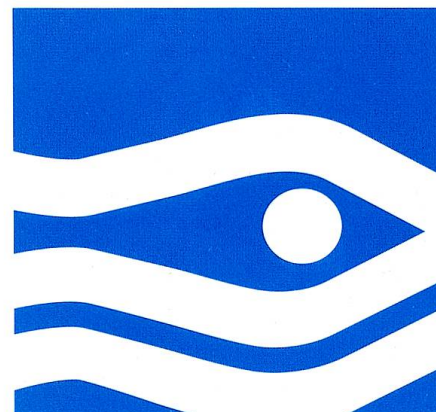
Die wichtigsten Forderungen für die Zukunft müssen deshalb sein:

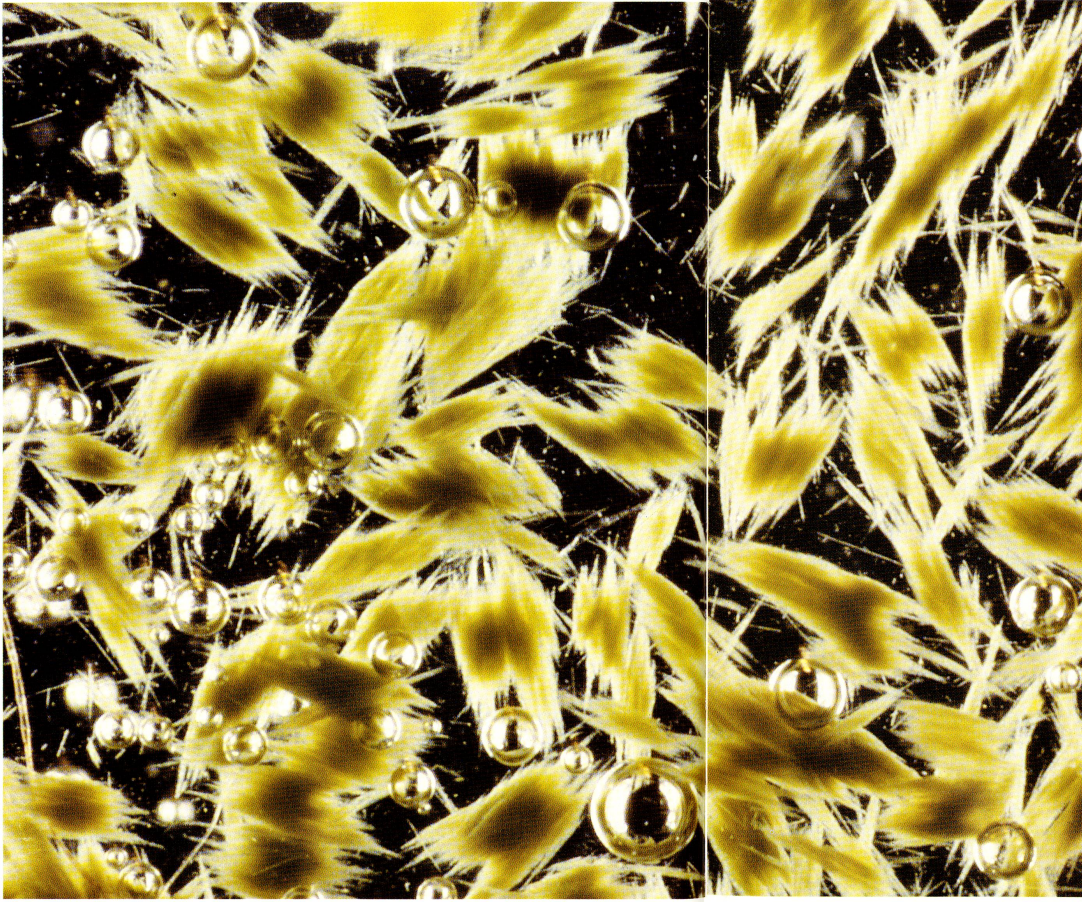
- Ursachenbekämpfung statt kurative Massnahmen.
- Wasserbau in Gesamtschau betrachten und alle Möglichkeiten des Wasserrückhaltes in wasserbauliche Massnahmen integrieren.
- Der Wasserrückhalt muss als Wasserbaumassnahme anerkannt und im Wasserbaugesetz verankert werden, damit diese Massnahme durch Bund und Kanton subventioniert werden kann.

Lösungsansätze sind vorhanden und können wie folgt umschrieben werden: Zukünftig muss das Niederschlagswasser von befestigten Flächen vermehrt an Ort

und Stelle versickert oder mit Retentionsmassnahmen zurückgehalten werden. Zu diesem Zweck muss die Generelle Entwässerungsplanung (GEP) in den Gemeinden möglichst rasch realisiert werden. Weiter sind im ländlichen Raum Rückhaltmassnahmen verschiedenster Art zu untersuchen, damit der Abfluss gepuffert werden kann. Es müssen auch wieder Gebiete ausgeschieden werden, die bei einem Hochwasser überflutet werden dürfen. Diese Gebiete könnten als «ökologische Ausgleichsflächen» nach dem kantonalen Natur- und Landschaftsschutzgesetz gelten. Dadurch würde dem Bewirtschafter für den Nutzungsausfall eine Entschädigung zustehen.

Die Lösung der Entwässerungsprobleme erfordert die enge Zusammenarbeit verschiedenster Instanzen auf kommunaler und kantonaler Ebene. Neuste Untersuchungen zeigen zudem auf, dass gleichzeitig mit den quantitativen Auswirkungen auch qualitative Probleme in den Gewässern entstehen. Eine relativ neue Erkenntnis ist, dass mit den mittleren und hohen Abflüssen grosse Nährstoff-Frachten in die Bäche und den See eingetragen werden. Dies ist ein zusätzlicher Grund, sich vehement für Rückhaltmassnahmen im Rahmen von wasserbaulichen Projekten einzusetzen. Das heisst aber nicht, dass man auf Hochwasser-Schutzmassnahmen in Baugebieten künftig verzichten kann.





Tier- und Pflanzenwelt



Vertraut und doch unbekannt sind uns Flora und Fauna der Seelandschaft. Vertraut, weil wir häufigen, weitverbreiteten Tier- und Pflanzenarten begegnen. Die Zahl der spektakulären Seltenheiten ist gering. Die Vielfalt der Lebewesen des Gebiets hingegen ist unbekannt. Die Artenzahl der bisher registrierten Insekten der Ufer wird mit 1030 angegeben, was der Hälfte der zu erwartenden Zahl entspricht. Im Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz von 1982 sind für die vier Kartierflächen im Einzugsgebiet des Sempachersees zwischen 610 und 704 Arten angegeben. Eher bescheiden sind dagegen die Listen der bekannten Wasserpflanzen, Fische (je 21 Arten), Wasservögel (27 Arten) und Amphibien (13 Arten).

Viele Pilze, Moose, Flechten, Algen, Würmer, Schnecken, Spinnen, Reptilien, Fledermäuse, Mäuse usw. beobachten wir zwar im Seegebiet; Angaben über Häufigkeit und Vielfalt sind aber lückenhaft. Hinzu kommen die bizarren Lebewesen des Planktons, die in Milliarden von Individuen in einem Kubikmeter Wasser leben.

Obwohl die natürliche Vielfalt weitgehend unbekannt ist, sind viele Wissenschaftler und Politiker zur Einsicht gelangt: es gilt, die Biodiversität, also die Artenvielfalt, zu erhalten, soll unser Lebensraum im Gleichgewicht bleiben. Ein Artengefüge im Ungleichgewicht führt zu massiven Verlusten; dies zeigte 1984 das Überhandnehmen der Blaualge *Aphanizomenon* mit dem gleichzeitigen Fischsterben. Trotzdem – ob Kormoran oder Blaualge: «kein Lebewesen ist unwichtig, oder entbehrlich im Kreise der Natur. Schaden wir ihm, so schaden wir letztlich uns selber» (Frederic Vester). Intakte Ökosysteme müssen also erhalten werden, auch ohne detaillierte Kenntnisse der genauen Wechselwirkungen.