

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 35 (1997)

Artikel: Die Fliessgewässer des Sempachersees : heutiger Zustand, Veränderungen seit 100 Jahren und ökomorphologische Beurteilung
Autor: Fischer, Beat / Blum, Josef
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-523485>

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: 15.01.2025

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

Die Fliessgewässer des Sempachersees

Heutiger Zustand, Veränderungen seit 100 Jahren und ökomorphologische Beurteilung

BEAT FISCHER & JOSEF BLUM

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung vermittelt einen Überblick über den Zustand der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Sempachersees (Kanton Luzern). Die 16 Bäche und verschiedenen Gräben, welche nur zeitweise wasserführend sind, weisen heute eine Gesamtlänge von 141 km auf. Die durchschnittliche Gewässerdichte beträgt 2,3 km/km². In den letzten 100 Jahren verschwand rund ein Drittel aller offenen Fliessgewässerabschnitte. Der grösste Rückgang vollzog sich dabei zwischen 1933 und 1955, als mit der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung vor allem kleinere Bachabschnitte, Seitenarme und stille Gewässer eingedolt und wegrationalisiert wurden. Der Lebensraumverbund ist nur noch lückenhaft vorhanden, da heute rund 40% des zusammenhängenden Gewässersystems eingedolt sind. Die Hälfte aller offenen Fliessgewässerabschnitte befinden sich ökomorphologisch in einem natürlichen, 40% in einem wenig beeinträchtigten und der Rest in einem stark beeinträchtigten Zustand. Zu den Gewässern hin sind Pufferstreifen auszuscheiden, die eine Schutzwirkung gegen Stoffeinträge aus den angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen bilden. Sie sollen eine Mindestbreite von 5 m aufweisen. Die Ergebnisse werden in Kartenform präsentiert.

Résumé

Cette étude donne un aperçu de l'état des ruisseaux qui arosent le lac de Sempach. Les 16 ruisseaux et de nombreux fossés, en partie sans eau, s'étendent sur 141 km. La densité moyenne de l'eau comprend 2,3 km/km². Un tiers des ruisseaux ont disparu les derniers cent ans passés. La plus grande diminution eut lieu entre 1933 et 1955 lors de l'intensification de l'agriculture quand les plus petits lits et affluents ont été recouverts. Du point de vue écomorphologique la moitié des ruisseaux sont en état naturels, 40% sont peu modifiés et le reste est dans un état fort modifié. Il sera donc nécessaire d'établir des zones régulatrices qui formeront un barrage contre les dépositions nutritives des surfaces cultivées du voisinage; ceux-ci doivent avoir une largeur minimale de 5 m. Les résultats sont présentés sous forme cartographique.

Abstract

The present study is overviewing the condition of the tributaries at lake Sempach (canton of Lucerne). 16 tributaries and a lot of ditches, at times without water, have a length of 141 km. The average density of the tributaries is 2.3 km/km². In the last 100 years a third of all open tributaries disappeared. The biggest drop took place between 1933 and 1955, when the agriculture got intensi-

fied and a lot of small tributaries were covered. On an ecomorphological point of view, the half of all tributaries are in a natural, 40% in a less affected and the rest in a strong affected condition. The connection of the tributaries is not well

provided, about 40% of the tributary-system is covered. Bufferzones are necessary along the tributaries to protect them against fertilizers. Their breadth should be at least 5 m. The results are provided with maps.

Einleitung

Der Sempachersee wird seit Jahren mit Nährstoffen überdüngt. Dem Phosphor (P) kommt dabei eine Schlüsselstellung zu, da dieser Nährstoff die Bioproduktion im See steuert (GÄCHTER & STADELMANN 1993). Die Hauptfracht stammt aus der Erosion, der Abschwemmung von landwirtschaftlich genutzten Böden und der Versickerung über Makroporen. Nach HURNI et al. (1992) stellen diese mit total 86% die bedeutendsten Eintragswege für Phosphor in den Sempachersee dar. Somit ist die Landwirtschaft mit einer jährlichen Phosphorfracht von 11–12 t hauptverantwortlich für die Phosphorbelastung des Sees, wobei die tolerierbare Belastung unter 4 t pro Jahr liegt (STADELMANN 1988). Die Nährstoffe werden durch die Fliessgewässer in den See transportiert.

Dieser Umstand gab den Ausschlag für die vorliegende Untersuchung, welche sich mit der Situation der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Sempachersees auseinandersetzt. Dabei wurden die Gewässer nach folgenden Aspekten hin untersucht:

- Aktuelle Länge aller offenen und eingedeckten Fliessgewässer;
- Veränderung des Fliessgewässersystems seit 100 Jahren;
- Ökomorphologische Beurteilung;
- Pufferstreifenausscheidung entlang der Gewässer;
- Beschreibung der angrenzenden Hochstauden- und Heckenvegetation.

Die Untersuchung stellt einerseits die Grundlagen des Gewässerzustandes bereit, damit gezielt Renaturierungen und auch Wiederaufdeckungen von eingedolten Bachabschnitten durchgeführt werden können; andererseits wird mittels der Pufferstreifen- auszonierung versucht, den Phosphorein-

trag in die Gewässer einzudämmen. Die Studie steht im Zusammenhang mit weiteren Massnahmen, welche der Gemeindeverband Sempachersee seit seiner Gründung im Jahre 1983 verfolgt, um die Gesundung des Sees voranzutreiben (AfU & ZÖK 1992, GVS 1993):

- Ursachenbekämpfung im ländlichen Raum: Verhindern von Abwassereinleitungen in Bäche; Erstellen von Sanierungsleitungen und Anschluss der landwirtschaftlichen Abwässer an eine abflusslose Grube.
- Ursachenbekämpfung in der Landwirtschaft: genügend Stapelvolumen und Ausbringfläche für Hofdünger; Begrenzung der Tierbestände bezogen auf die Bodenbelastung, d.h. maximal 3 Düngergrossvieheinheiten (DGVE) pro Hektare.
- Ursachenbekämpfung im Siedlungsgebiet: Abwassersammlung und Abwasserreinigung mit Phosphat-Fällung in den Kläranlagen, die das gereinigte Abwasser in den See leiten.
- See-interne Massnahmen: Sauerstoffeintrag ins Tiefenwasser im Sommer und Zwangszirkulation im Winter.

Mit weiteren Massnahmen in der Landwirtschaft, wie Stilllegungen von Schweinebeständen, Einsatz von phosphorarmem Schweinefutter, Umstellung der Betriebe auf Integrierte Produktion oder Biolandbau, wird eine zusätzliche Reduktion des Phosphoranfalls angestrebt.

Das Einzugsgebiet des Sempachersees

Lage

Das Einzugsgebiet des Sempachersees liegt im luzernischen Mittelland zwischen 505 und



Abb. 1: Sempachersee mit seinem Einzugsgebiet.

818 m ü.M. Mit einer Ausdehnung von 61,9 km² ist es rund 4,3mal grösser als der See. Die Region wird geprägt von einer starken Besiedlung und intensiver landwirtschaftlicher Nutzung (Abb. 1). Die Buche ist der prägende Waldbaum, doch die künstliche Umwandlung der Buchenwälder in standortfremde Fichtenforste ist weitverbreitet.

Klima

Die jährlichen Niederschlagsmittel betragen 1040 bis 1150 mm, und die mittlere Jahrestemperatur liegt zwischen 7 bis 8,5 °C

(EAWAG 1990). Dies entspricht einer Vegetationszeit von 180 bis 210 Tagen (EJPD 1977). Bezüglich der landwirtschaftlichen Klimaeignung wird das Gebiet bis etwa 600 m ü.M. – was etwa zwei Drittel der Fläche des Untersuchungsgebietes entspricht – der Klimazone B4 zugeteilt, das oberhalb der 600-m-Linie liegende Gebiet der Zone C1–4 (EJPD 1977).

Boden

Der Gesteinsuntergrund des Einzugsgebietes besteht aus drei verschiedenen Formatio-

nen: Molasse, Moräne sowie Schwemmsedimenten. Bei der Molasse sind die vorherrschenden Gesteine Sandstein und Mergel der oberen Süsswassermolasse. Die Moräne besteht vorwiegend aus würmeiszeitlichen Grund-, End- und Seitenmoränen. Schwemmsedimente enthalten durch Wasser abgelagerte, meist feinkörnige Materialien.

Gemäss den Bodenkarten (FAP 1983, AGBA 1993) ist im südöstlichen Teil des Einzugsgebietes (Gemeinden Neuenkirch und Sempach) ein hoher Anteil der Böden hang- und grundwassergeprägt. Es handelt sich dabei in der Regel um Braunerde-Gleye-, Bunt-Gleye- und Braunerde-Pseudogleye-Böden, die häufig bis zur Oberfläche porengesättigt sind. Viele dieser Böden sind auch drainiert, und bei schlechter Überdeckung und über Makroporen können Nährstoffe in die Vorfluter gelangen. Der Oberflächenabfluss ist auf diesen Böden wegen dem gestörten Wasserhaushalt besonders gross. Die Böden neigen zusätzlich stark zur Verdichtung, und das Risiko für Bodenabtrag durch Wasser ist erhöht. Weiter besteht bei intensiver Nutzung mit starkem Gülleeinsatz ein sehr hohes Risiko für Nährstoffabschwemmungen mit dem Oberflächenwasser oder Versickerung über Makroporen, insbesondere wenn der Hofdüngereinsatz bei wassergesättigtem Boden und vor Niederschlägen erfolgt. Unter diesen natürlichen Voraussetzungen und mit dem Ziel, den Boden nachhaltig zu bewirtschaften, eignen sich diese Böden besonders für den Futterbau (BLUM & FELDER 1993).

Im nördlichen Teil des Einzugsgebietes sind die Bodentypen Braunerde und Kalkbraunerde am häufigsten vertreten. Die Böden sind in der Regel tiefgründig und normal durchlässig. Es besteht kein überdurchschnittliches Risiko für Oberflächenabfluss und Erosion. Die Böden sind landwirtschaftlich vielseitig nutzbar.

Methode

Im Sommer 1993 wurde das ganze Einzugsgebiet des Sempachersees nach offenen,

wasserführenden Bachläufen abgesucht und kartiert. Als Grundeinheit für die Kartierung der Bachabschnitte wurden homogene Abschnitte ausgeschieden, welche ähnliche Struktur- und Vegetationsverhältnisse aufwiesen. Dabei wurden die offenen, wasserführenden Gewässer ökomorphologisch beurteilt, Artenlisten zur Böschungsvegetation erstellt und Pufferstreifen den Gewässern entlang auszoniert. Die Resultate der beiden erstgenannten Punkte werden hier präsentiert, die Ergebnisse der Pufferstreifenabscheidung sind bei FISCHER & BLUM (1995) dokumentiert und mit detaillierten Karten im Massstab 1:2000 dargestellt.

Heutige Situation

Im Einzugsgebiet des Sempachersees finden sich insgesamt 16 Bäche, dazu viele kleine und kurze Gräben, welche nur zeitweise wasserführend sind (Karte im hinteren Buchumschlag). Die Gesamtlänge aller offenen Fliessgewässer beträgt 141 km, die durchschnittliche Gewässerdichte rund 2,3 km/km² (Tab. 1).

Das längste Gewässernetz und grösste Einzugsgebiet weist die Grosse Aa auf. Ihre gesamte Länge und die ihrer Zuflüsse beträgt 47,3 km. Ihr Einzugsgebiet von 15,7 km² bedeckt rund ein Viertel des gesamten See-Einzugsgebietes, und ihre Gewässerdichte liegt mit 3 km/km² deutlich über dem Wert des gesamten See-Einzugsgebietes. Fünf Bäche, nämlich Schenkonerbach, Rotbach, Kleine Aa, Lippenrütibach und Röllbach, weisen eine Gesamtlänge von 7–13 km auf. Ihre Fläche variiert zwischen 2 und 7 km². Beim Lippenrütibach, Schenkonerbach und vor allem beim Röllbach mit 3,6 km/km² finden sich überdurchschnittliche Gewässerdichten. Eine Gesamtlänge zwischen 1 und 5 km weisen sieben Bäche auf: Wartenseetobel, Dorfbach Eich, Greuelbach, Nottwilerbach, Meienbach, Eggerswilbach und Eibach. Ihre Flächengrösse ist entsprechend gering und ihre Gewässerdichte meist durchschnittlich, ausser der deutlich erhöhten beim Meienbach (3,5 km/km²) und vor allem

Tab. 1: Angaben zu den einzelnen Fliessgewässern: Länge, Fläche des Einzugsgebiets, Gewässerdichte, jährliche Phosphorfrachten in den See und Düngergrossvieheinheiten (DGVE/ha)

	Länge km	Fläche km ²	Dichte km/km ²	Phosphorfrachten		DGVE/ha
				kg P gelöst/ha	kg P total/ha	
Grosse Aa	47,34	15,69	3,02	1,45	3,03	3,3
Schenkonerbach	12,64	4,37	2,89	0,65	1,45	–
Rotbach	10,15	5,95	1,71	0,94	2,57	–
Kleine Aa	10,67	6,99	1,53	1,44	2,82	3,1
Lippenrütibach	9,79	3,33	2,94	1,31	3,72	2,9
Röllbach	7,49	2,09	3,59	0,94	–	–
Wartenseetobel	5,08	1,21	4,20	–	–	–
Dorfbach Eich	4,69	2,11	2,22	0,36	0,71	2,2
Greuelbach	4,29	2,58	1,66	0,40	2,11	–
Nottwilerbach	4,44	1,59	2,79	0,55	2,64	2,6
Meienbach	4,11	1,19	3,45	0,38	–	–
Eggerswilbach	2,70	0,95	2,83	–	–	–
Eibach	1,60	1,24	1,28	–	–	–
Wilibach	0,91	0,71	1,28	–	–	–
Äbersmoosbach	0,80	1,13	0,71	–	–	–
Henggelertobelbach	0,55	0,60	0,92	–	–	–
Gräben	13,85	10,15	1,36	–	–	–
Ges'einzugsgebiet	141,10	61,88	2,28	–	2,74	2,5

beim Wartenseetobel, welches mit einem Wert von 4,2 km/km² die grösste Gewässerdichte im See-Einzugsgebiet aufweist. Beim Wilibach, Äbersmoosbach und Henggelertobelbach, den drei kürzesten Bächen, mit einer Gesamtlänge unter einem Kilometer, ist sowohl die Fläche als auch die Gewässerdichte sehr gering. Die vielen Kleinstbäche und Gräben, welche direkt in den See entwässern und nicht einem grösseren Einzugsgebiet zuzuordnen sind, weisen mit fast 14 km eine beachtliche Gesamtlänge und eine über 10 km² umfassende Fläche auf. Trotzdem ist ihre Gewässerdichte sehr gering.

Es fällt auf, dass sich die höchsten Gewässerdichten im Südwesten des See-Einzugsgebietes (Grosse Aa, Lippenrütibach, Röllbach, Wartenseetobel, Eggerswilbach und Meienbach) befinden. Diese hohen Werte sind hauptsächlich auf den schlecht durchlässigen Untergrund und das teilweise steile

Relief zurückzuführen. Demgegenüber weisen die kürzeren Fliessgewässer und Kleinstbäche die geringsten Gewässerdichten auf. Dies liegt daran, dass bei diesen Gewässern wegen ihrer geringen Bachbreite und ihres geringen Wasservolumens am meisten Eindolungen und Zudeckungen durchgeführt wurden.

Phosphorfrachten

Da vor allem die gelösten Phosphorverbindungen ($P_{\text{gelöst}}$) das Algenwachstum im See beeinflussen, sind diese von besonderem Interesse. Nach GÄCHTER & STADELMANN (1993) darf der Austrag von gelöstem Phosphor 0,5 bis 0,9 kg/ha und Jahr nicht übersteigen, wenn der See gesunden soll. Während der Untersuchungsperiode von 1986 bis 1988 unterschritten drei Bäche diesen Toleranzbereich: der Dorfbach Eich mit 0,36 kg/ha, der Meienbach in Nottwil mit

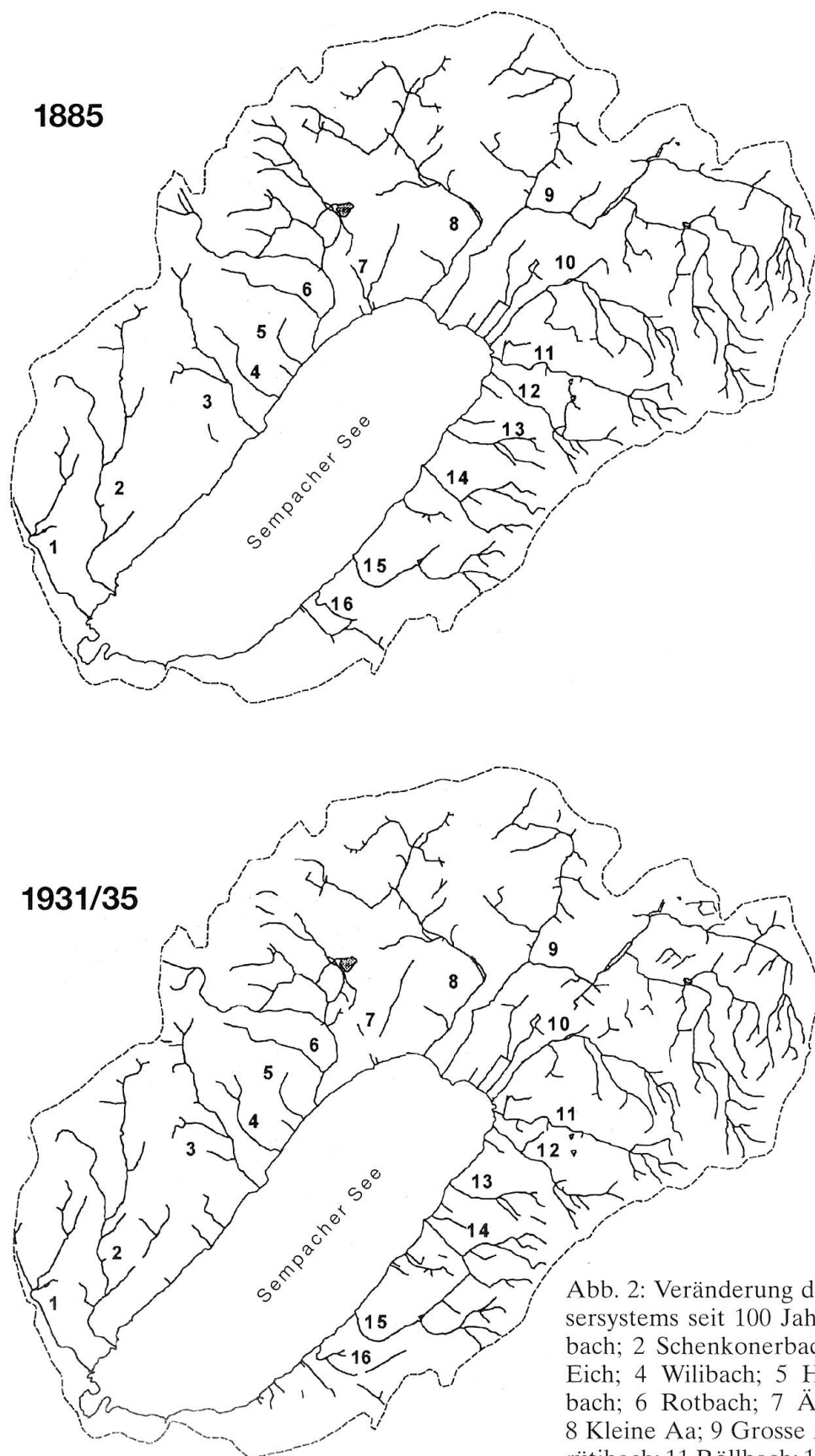
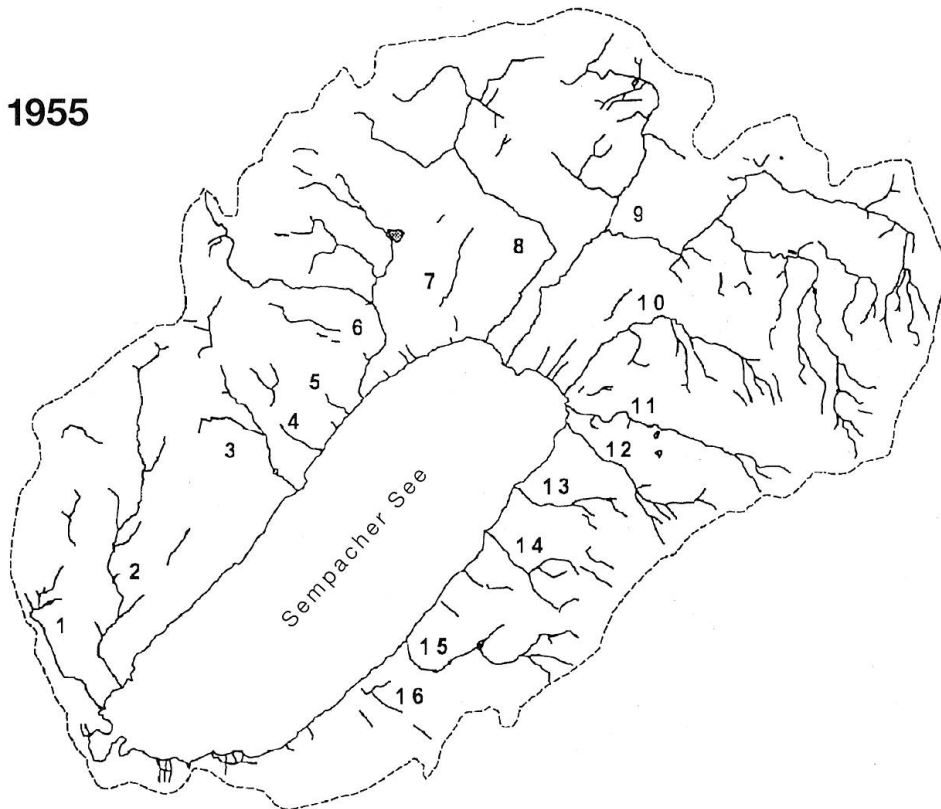
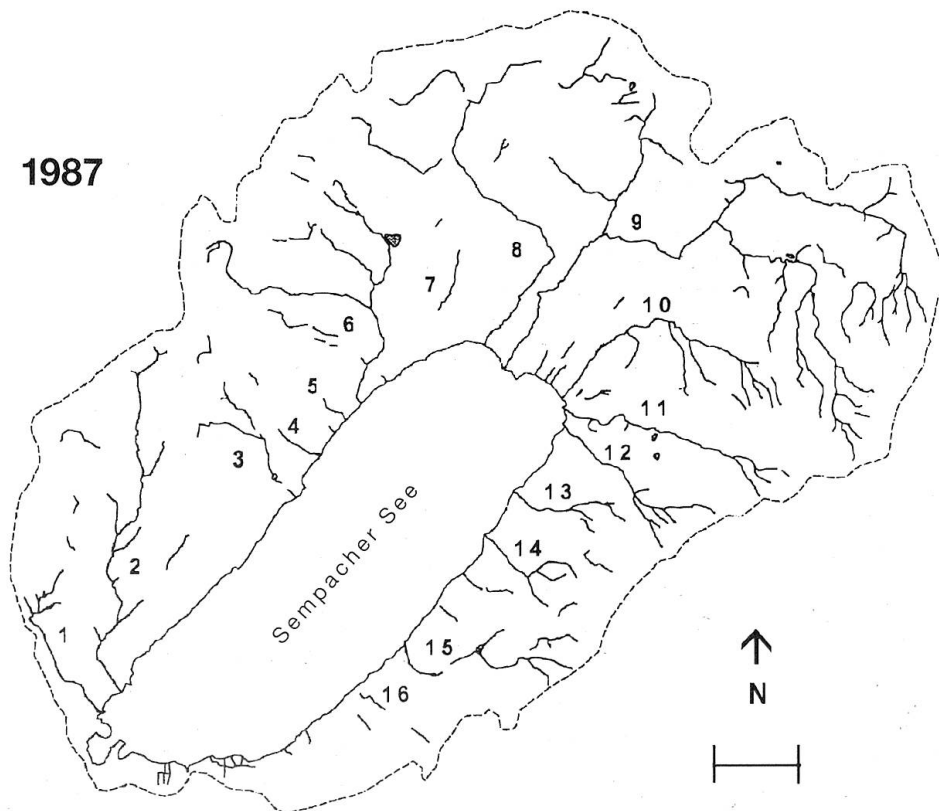


Abb. 2: Veränderung des Fließgewässersystems seit 100 Jahren (1 Greuelbach; 2 Schenkonerbach; 3 Dorfbach Eich; 4 Wilibach; 5 Henggelertobelbach; 6 Rotbach; 7 Äbersmoosbach; 8 Kleine Aa; 9 Grosse Aa; 10 Lippenrütibach; 11 Röllibach; 12 Wartenseetobel; 13 Eggerswilbach; 14 Meienbach; 15 Nottwilerbach; 16 Eibach).

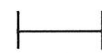
1955



1987



↑
N



1km

0,38 kg/ha und der Greuelbach in Schenkon mit 0,4 kg/ha. Diese drei Bacheinzugsgebiete gelten somit bezüglich der Phosphorfrachten als saniert (Tab. 1). Der Nottwilerbach und der Schenkonerbach wiesen Werte im tolerierbaren Bereich auf. Demgegenüber lagen die im südöstlichen See-Einzugsgebiet entwässernden Bäche Lippenrütibach mit 1,31 kg/ha, Kleine Aa mit 1,44 kg/ha und Grosse Aa mit 1,45 kg/ha deutlich über der tolerierbaren Phosphorabschwemmung von 0,9 kg/ha. Diese hohen Phosphorabschwemmungen werden durch die Düngung der Böden verursacht, sind doch die Tierintensitäten in diesen drei Einzugsgebieten eindeutig zu hoch. Mit 3,3 Düngergrossvieheinheiten (DGVE/ha) weist das Einzugsgebiet der Grossen Aa die höchste Tierintensität auf, gefolgt von der Kleinen Aa mit 3,1 und dem Lippenrütibach mit 2,9, welche weit über dem Durchschnitt des gesamten See-Einzugsgebietes von 2,5 DGVE/ha liegen (GVS 1993).

Für die Jahre 1986–88 betrug diese Fracht im Gesamteinzugsgebiet durchschnittlich 2,74 kg P_{total} /ha. Auch die flächenspezifischen Phosphorfrachten (kg P_{total} /ha) lagen in den drei südöstlich gelegenen Einzugsgebieten deutlich über dem Durchschnittswert des See-Einzugsgebietes. Bei den übrigen erfassten Bächen waren diese Phosphorfrachten tiefer. Bemerkenswert ist die Situation beim Dorfbach Eich, welcher mit 0,71 kg P_{total} /ha die weitaus geringste Phosphorfracht in den See transportierte.

Veränderung der Seezuflüsse

Als Folge baulicher Massnahmen wie Strassenbau, Siedlungsbau und Melioration sowie intensiver landwirtschaftlicher Nutzung sind in den letzten 100 Jahren unzählige Lebensräume für die einheimische Fauna und Flora verschwunden. Um den Rückgang offener Gewässerläufe im Einzugsgebiet des Sempachersees aufzuzeigen, wurden vier verschiedene Kartenblätter aus den Jahren

1885, 1931/35, 1955 und 1987 im Massstab 1:25 000 der Landestopographie ausgewertet. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass die erste verfügbare Karte von 1885 im Bezug auf die Gewässer noch unvollständig war, da wegen den damaligen technischen Möglichkeiten kleinere Bachabschnitte noch nicht eingezeichnet wurden. Durch verbesserte Kartentechnik ist daher das Kartenblatt von 1931/35 ausführlicher. Diesem Umstand wurde bei den folgenden Analysen Rechnung getragen, indem für die einzelnen Gewässer jeweils die längere Bachlänge berücksichtigt wurde. Trotz verbesserter Kartentechnik sind auch heute noch kleinere Bachabschnitte und Gräben nur teilweise dargestellt und ergeben Abweichungen zu den effektiven Längen.

Die Karten (Abb. 2) veranschaulichen die Veränderung des Gewässersystems im Laufe der letzten 100 Jahre. Sie dokumentieren, dass in den Jahren 1885 und 1931/35 die Gewässer noch stark verzweigt waren, ein zusammenhängendes Verbundsystem darstellten und auf weite Strecken mäandrierten, somit also weitgehend einen natürlichen Zustand aufwiesen.

Zwischen 1931/35 und 1955 änderte sich dieses Bild deutlich, und die Zerstückelung des Gewässernetzes fand ihren Anfang. Viele kleinere Abschnitte verschwanden, kleinere Bachzuflüsse wurden eingedolt, und Begradigungen fanden statt. Besonders krass zeigt sich diese Situation bei der Kleinen Aa (Abb. 2: Nr. 8), bei der die meisten Nebenarme eliminiert wurden, und sich der Bach fast nur noch auf seinen Hauptarm reduziert.

Die Entwicklung bis 1987 zeigt, dass der Trend zu Eindolungen und Zerstückelungen anhielt, jedoch nicht in so grossem Ausmass wie zuvor. Auf der Karte von 1987 ist ersichtlich, dass die Hauptarme der einzelnen Bäche intakt sind, aber die weniger wasserführenden Nebenarme und Zuflüsse durch Eindolungen unterbrochen, begradigt oder vollständig eingedolt wurden. Zudem verschwanden in den jeweiligen Quellgebieten unzählige kleine, deltaartige Bächleinab-

Tab. 2: Statistische Angaben über Fliessgewässerstrecken und deren Veränderungen im Einzugsgebiet des Sempachersees zwischen 1885 und 1987

	1885	1931/35		1955		1987		Grösste Veränderung zwischen 1885–1987	
	Länge km	Länge/Veränderung km	%	Länge/Veränderung km	%	Länge/Veränderung km	%	km	%
Grosse Aa	40,2	43,8	+9	37,8	-14	32,4	-14	-11,4	-26
Rotbach*	17,4	16,1	-7	13,0	-20	10,9	-16	-6,5	-37
Kleine Aa	14,7	14,9	+2	10,3	-31	9,1	-12	-5,8	-39
Lippenrütibach*	11,6	10,7	-7	8,3	-23	7,8	-6	-3,8	-32
Schenkonerbach	8,9	11,2	+25	9,0	-20	9,0	0	-2,2	-20
Röllbach	5,9	6,2	+4	4,6	-25	4,6	-2	-1,6	-26
Greuelbach	5,0	5,6	+11	4,0	-28	3,5	-12	-2,0	-37
Nottwilerbach	5,0	5,0	0	4,7	-7	4,4	-6	-0,6	-13
Meienbach	4,8	5,6	+15	4,0	-28	3,4	-15	-2,2	-39
Dorfbach Eich	4,5	5,6	+24	4,3	-24	3,2	-24	-2,4	-42
Wartenseetobel	4,4	4,9	+11	4,8	-4	4,2	-12	-0,8	-15
Eggerswilerbach*	3,1	2,9	-6	2,4	-16	2,4	0	-0,7	-21
Äbersmoosbach*	2,0	1,6	-22	1,2	-28	0,9	-23	-1,2	-56
Wilibach	1,6	2,0	+24	1,7	-14	0,9	-50	-1,1	-57
Eibach	1,6	2,7	+70	1,2	-54	0,7	-40	-1,9	-72
Henggelertobelbach	0,9	0,9	0	0,4	-51	0,4	0	-0,5	-51
Kleinstbäche, Gräben	14,8	16,6	+12	11,2	-32	9,6	-14	-7,0	-42
Gesamteinzugsgebiet	146,5	156,2	+7	122,9	-21	107,5	-13	-48,8	-31

* Bäche mit grösstem Rückgang seit 1885.

schnitte, ausser bei der Grossen Aa (Abb. 2: Nr. 9), wo diese feinen Verästelungen von Kleinstzuflüssen noch anzutreffen sind. Diese befinden sich in sehr steilen, unzugänglichen und bewaldeten Gebieten, wo nur ein minimaler Druck seitens Landwirtschaft oder Siedlungen vorhanden ist.

In Tabelle 2 sind die Veränderungen der Fliessgewässer, wie sie sich aus der Kartenauswertung ergeben haben, dargestellt. Dabei wies das Fliessgewässersystem des gesamten Einzugsgebiets 1987 eine Gesamtlänge von 107,5 km auf. Damit verschwanden vom einstigen 156 km langen Gewässernetz (1931/35) fast 50 km, also rund ein Drittel aller offenen Fliessgewässer. Der grösste Rückgang vollzog sich, wie schon in Abbildung 2 ersichtlich, zwischen 1931/35 und 1955 als 33 km oder 21 % der offenen Fliessgewässer eingedolt wurden. Dieser

Umstand lässt sich damit erklären, dass mit der nachkriegzeitlichen Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung vor allem kleinere Bachabschnitte, Seitenarme und stille Gewässer überdeckt, eingedolt und eliminiert wurden. Die rund 15 km oder 13 % der offenen Bachabschnitte, welche zwischen 1955 und 1987 im Gesamteinzugsgebiet verschwanden, sind zwar geringer als zuvor, aber dennoch zu beachten, da damit der Trend zur Unterbrechung von zusammenhängenden Bachsystemen anhält.

Ein Vergleich mit dem Landschaftswandel in der Schweiz bestätigt diesen Trend und zeigt, dass im Zeitraum zwischen 1978 und 1989 im Mittel jährlich rund 91,5 km Bachläufe eingedeckt, 5,1 km verbaut und begründet, aber auch 20 km neu geöffnet wurden (GLATTHARD 1995). Parallel dazu wuchs die Fläche der Siedlungsinfrastruktur pro Jahr

im Durchschnitt um 2400 Hektaren. Davon entfallen 70% auf neue Siedlungen, Bauten und Anlagen, der Rest auf neue Strassen und Wege (GLATTHARD 1995).

Bei Betrachtung der einzelnen Gewässer am Sempachersee ist auffallend, dass die Grosse Aa den grössten Rückgang an offenen Abschnitten zu verzeichnen hat. Rund 11 km oder ein Viertel ihrer gesamten Länge verschwand in den letzten 100 Jahren. Der Rückgang fand stetig statt, was mit einer prozentualen Abnahme von je 14% zwischen 1931/35 und 1955 und zwischen 1955 und 1987 dokumentiert wird. Demgegenüber sind die grössten prozentualen Rückgänge bei den vier kleinsten Gewässern zu verzeichnen. Obwohl der Äbersmoosbach, Wilibach, Eibach und Henggelertobelbach nicht einmal mehr eine Länge von einem Kilometer aufweisen, verschwand über die Hälfte oder noch mehr ihrer einstigen Ausdehnung. Dieser Umstand ist damit zu erklären, dass die kleineren und schmälere Gewässer viel eher eingedolt worden sind als grössere. Der Dorfbach Eich, der Meienbach, die Kleine Aa, der Rotbach und der Greuelbach weisen einen prozentualen Rückgang zwischen 37 und 42% auf und liegen deutlich über dem durchschnittlichen Wert. Ihre grössten Rückgänge fanden jeweils zwischen 1931/35 und 1955 statt. Die gesamthaft geringsten prozentualen Rückgänge sind beim Nottwilerbach mit 13% und beim Wartenseetobel mit 15% zu beobachten. Bei beiden liegen die Eindolungen seit 100 Jahren unter einem Kilometer. Der Lippenrütibach, Schenkonerbach, Röllbach und Eggerswilbach weisen durchschnittliche prozentuale Rückgänge ihrer offenen Abschnitte auf. Auch diese erfolgten vor allem zwischen 1931/35 und 1955.

Es gilt zu beachten, dass die Längenangabe der einzelnen Gewässer nur abstrakte Grössen darstellen. Deren qualitativen Eigenschaften wie Vernetzung, Durchgängigkeit für Tiere, Lebensraumverbund und vorhandene Barrieren, welche einzelne Gewässerabschnitte in isolierte Biotope verwandeln können, werden nicht berücksichtigt.

Ökomorphologie der Fliessgewässer

Methoden

Die ökomorphologische Beurteilung der Fliessgewässer gab Auskunft über ihre Gestalt und Struktur im Hinblick auf die Qualität als Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Sie erfolgte nach der Methode WERTH (1987), welche eine Zustandskartierung der offenen, wasserführenden Gewässer auf morphologisch-struktureller Basis zulässt. Gräben und andere Bachabschnitte, welche nur zeitweise wasserführend sind, wurden dabei nicht berücksichtigt. Bei der Beurteilung wurden homogene Gewässerabschnitte auf folgende fünf Parameter hin untersucht und kategorisiert: Linienführung des Gewässers, Struktur der Gewässersohle, Verzahnung Wasser-Land, Böschungsbeschaffenheit und Gehölzbestand der Böschung. Die erhaltenen Werte wurden gemittelt und liessen sich als Resultat einer Zustandsklasse zuordnen. Die vier Zustandsklassen bedeuten:

1. Gewässer weist einen natürlichen Zustand auf;
2. Gewässer ist ökomorphologisch wenig beeinträchtigt;
3. Gewässer ist ökomorphologisch stark beeinträchtigt;
4. Gewässer weist einen naturfremden Zustand auf.

Bei den Feldbegehungen wurden zudem Eindolungen und Eindeckungen eruiert und kartiert. Diese Angaben verdeutlichen, wo genau Bachöffnungen durchzuführen sind, um den Lebensraumverbund wieder herzustellen. Weiter dienten die Ergebnisse der ökomorphologischen Zustandsbewertung dazu, gezielte Renaturierungs-Massnahmen bei den offenen Gewässerabschnitten durchzuführen.

Ergebnisse

Die prozentualen Verhältnisse des ökomorphologischen Zustands der einzelnen Gewässer im Einzugsgebiet sind in Tabelle 3 aufgezeigt. Die Ökomorphologie der Fliess-

Tab. 3: Ökomorphologische Bewertung der Fliessgewässer mit Angaben zur beurteilten Länge und den eingedolten Abschnitten der einzelnen Gewässer

	Ökomorphologische Zustandsklassen (%)				Länge	eingedolt	
	natürlich	wenig beeinträchtigt	stark beeinträchtigt	naturfremd		km	%
	1	2	3	4	km		
Grosse Aa	42	50	7	1	35,72	14,71	41
Schenkonerbach	72	20	8	0	11,43	2,18	19
Rotbach	45	41	14	0	10,00	5,62	56
Kleine Aa	15	58	27	0	8,70	2,48	29
Lippenrütibach	76	24	0	0	8,49	0,46	5
Röllbach	84	16	0	0	6,61	1,25	19
Wartenseetobel	79	17	4	0	4,50	0,72	16
Eichbach	52	26	22	0	4,39	1,93	44
Greuelbach	58	34	8	0	4,29	1,22	28
Nottwilerbach	36	58	6	0	4,13	0,78	19
Meienbach	65	31	4	0	3,98	0,83	21
Eggerswilerbach	90	5	5	0	2,58	0,71	28
Eibach	0	65	35	0	1,60	0,49	30
Wilibach	78	22	0	0	0,90	1,19	133
Äbersmoosbach	0	100	0	0	0,67	1,10	163
Henggelertobelbach	37	53	10	0	0,55	0,52	95
Gesamteinzugsgebiet	50	40	9	<1	108,52	41,80	39

* Nicht beurteilt wurden Gräben und nur zeitweise wasserführende Bachabschnitte mit einer Gesamtlänge von 32,55 km.

gewässer wird in Kartenform präsentiert (hinterer Buchumschlag).

Die Hälfte der offenen Gewässerabschnitte im Einzugsgebiet des Sempachersees weisen einen ökomorphologisch natürlichen und weitere 40% einen wenig beeinträchtigten Zustand auf (Tab. 3). Nur gerade 9% sind stark beeinträchtigt und knapp 1% der Gewässer werden als naturfremd beurteilt. Damit befinden sich die offenen Gewässer rund um den Sempachersee ökomorphologisch in einem guten Zustand, da 90% nicht oder nur wenig beeinträchtigt sind. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass bei einer beurteilten Gesamtlänge von 108,5 km rund weitere 42 km oder 39% der Fliessgewässer eingedolt sind. Als wichtigste Renaturierungsmassnahme ist daher das Öffnen von eingedolten Gewässerabschnitten vorzunehmen.

Die Grosse Aa, das längste Gewässer im See-Einzugsgebiet, weist eine ähnliche ökomorphologische Situation wie die übrigen Bäche im Einzugsgebiet auf. Rund 90% der Abschnitte befinden sich in einem natürlichen Zustand oder sind wenig beeinträchtigt. Nur in diesem Einzugsgebiet finden sich Gewässerabschnitte in einem naturfremden Zustand (Abb. 3). Diese Abschnitte sind in Betonschalen eingelegt, und der Kontakt des Wassers mit dem natürlichen Untergrund ist unterbunden. Bei der Grossen Aa sind 14,7 km eingedolt. Dies entspricht rund einem Drittel des Gewässernetzes; dieser Anteil ist damit hoch.

Im Einzugsgebiet der Grossen Aa sollte als prioritäre Renaturierungsmassnahme das Wiederaufdecken von eingedolten Abschnitten realisiert werden. Erst sekundär



Abb. 3: Naturfremder Zustand der Grossen Aa beim Frohheim.

sind Renaturierungen an offenen Gewässerstrecken durchzuführen (siehe Karte).

Hingegen sind die ökomorphologischen Verhältnisse der im Südwesten des See-Einzugsgebietes gelegenen Gewässer als sehr gut zu bezeichnen. So weisen Lippenrütibach, Röllbach, Wartenseetobel, Eggerswilbach und Meienbach nicht nur einen überdurchschnittlichen Anteil an natürlichen Abschnitten auf (65–90%), der Anteil an Eindolungen liegt auch weit unter dem Gesamtdurchschnitt. Es finden sich zudem weit weniger Abschnitte in einem stark beeinträchtigten Zustand. Die Gründe für die

Natürlichkeit der Gewässer liegen einerseits im steilen Relief und dem schlecht durchlässigen Untergrund, welche eine intensive landwirtschaftliche Nutzung erschweren, und andererseits bei der geringeren Besiedlung dieser Seeseite.

Als einziges Gewässer der rechten Seeseite befindet sich der Schenkonerbach in einem sehr guten Zustand. Mit 72% weist dieser hier den höchsten Wert an natürlichen Abschnitten auf. Dies liegt daran, dass weite Strecken des Schenkonerbaches durch bewaldetes Gebiet fließen und somit relativ natürliche Voraussetzungen anzutreffen sind.



Abb. 4: Natürlicher Zustand des Greuelbachs im Rohrholz.

Demgegenüber verlaufen die anderen Bäche der rechten Seeseite grösstenteils im offenen Agrarland oder Siedlungsgebiet. Entsprechend ist ihr ökomorphologischer Zustand viel schlechter. So weist die Kleine Aa den geringsten Anteil an natürlichen Abschnitten auf (15%). Zudem ist ein Viertel ihrer Gesamtlänge ökomorphologisch stark beeinträchtigt und rund ein Drittel des Gewässersystems ist eingedolt.

Beim Eichbach ist ebenfalls fast ein Viertel der offenen Abschnitte stark beeinträchtigt. Obwohl rund die Hälfte der Abschnitte einen natürlichen Zustand aufweisen und

weitere 26% wenig beeinträchtigt sind, ist sein Zustand als unbefriedigend zu bezeichnen, da fast die Hälfte des noch 4,4 km langen Gewässersystems eingedolt ist.

Dagegen sind die ökomorphologischen Werte des Greuelbaches (Abb. 4) und des Rotbaches durchschnittlich. Beide weisen um die 90% natürliche und wenig beeinträchtigte Abschnitte auf. Trotzdem ist der Rotbach nicht als ein gutes und intaktes Gewässer zu bezeichnen, da 5,6 km des 10 km langen Baches eingedolt sind. Dies entspricht einem prozentualen Eindolungsgrad von 56% und somit dem höchsten Wert aller

grösseren Gewässer. Die kürzeren Gewässer der rechten Seeseite fallen durch ihre extrem hohen Anteile an eingedolten Abschnitten auf, womit der Lebensraumverbund nicht gewährleistet ist. Dagegen sind die ökomorphologischen Verhältnisse der offenen Abschnitte gut.

Pufferstreifen

Pufferstreifen bieten in erster Linie eine Schutzwirkung gegen Stoffeinträge aus angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. Solche wichtige Uferstreifen weisen eine Breite von mehreren Metern auf, werden nicht gedüngt und verringern somit den Eintrag von Nähr- und Schwebstoffen aus den angrenzenden Flächen. Weitere Funktionen sind: Zulassen eines Gehölzesaumes mit Sicherung der Gewässerböschung; Abrücken intensiver Nutzungen von den Ufern, um Störungen auf die Gewässer zu vermindern; Verbesserung des Kleinklimas und des Gewässerbiotops durch Beschattung; Verringerung des Gewässerunterhaltes und die Schaffung von Lebensraum für Tier- und Pflanzengemeinschaften (DVWK 1990).

Einen Einfluss auf das Abflussverhalten und den Stofftransport der Gewässer hat insbesondere die landwirtschaftliche Nutzung. Massnahmen zur Reduktion des Stoffeintrages in die Gewässer haben zunächst an den Entstehungsorten, also auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen im gesamten Einzugsgebiet zu erfolgen. Stoffverlagerungen mit dem Oberflächenabfluss, dem Sickerwasser und über Drainagen lassen sich aber nie ganz verhindern.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, sind Abschwemmungen, Versickerung und Bodenerosion die bedeutendsten Eintragswege für Phosphor in den Sempachersee (WELTE 1990, HURNI et al. 1992). Mit Hilfe von Pufferstreifen kann der Eintrag des Phosphors in Bäche vermindert werden, und somit verringert sich auch die Gesamt-Phosphorfracht in den Sempachersee.

Ausscheidungskriterien

Zur Verhinderung des Direkteintrages und der Abschwemmung von wassergefährdenden Stoffen und Nährstoffen aus ufernahen Flächen in die Wasserläufe ist ein möglichst dichter, beidseitiger Pflanzenbestand nötig. Die erforderliche Breite der Pufferstreifen ergibt sich aus einer ganzen Reihe von Faktoren wie der Hangneigung, der Bodenstruktur, der Nutzungsform und der Geländesituation.

Mit der Verordnung über umweltgefährdende Stoffe bestehen ausreichende Rechtsgrundlagen zum Schutz der verschiedenen Biotope vor unerwünschten Düngereinträgen (Stoffverordnung 1992). So dürfen Dünger und diesem gleichgestellte Erzeugnisse nicht in einem Streifen von 3 m Breite entlang von Hecken, Feldgehölzen und oberirdischen Gewässern verwendet werden.

Doch wie HIRMER et al. (1990) und JEDICKE (1990) aufzeigen, muss ein Pufferstreifen eine Mindestbreite von 5 m aufweisen, um seine Schutzfunktion vor Abschwemmungen erfüllen zu können. Einige Autoren schlagen eine Mindestbreite von 10 m vor (BÖTTGER 1990, KARL & PORZELT 1990). Auch KNAUER & MANDER (1990) zeigen, dass ein 10 m breiter Erlenbestand nahezu den gesamten Phosphor und 50% des ausgebrachten Stickstoffs zurückhält. Die vorhandenen Literaturangaben zur Pufferzonen-Ausscheidung (BfÖ 1986, HEEB & MOSIMANN 1991, STAMM 1992, BUWAL 1994) vermitteln zwar einen guten Eindruck, konnten aber konkret nicht angewandt werden, da nach einem praktischen, einfach durchzuführenden System gesucht wurde.

Es wird davon ausgegangen, dass ein Gewässer mit geringer angrenzender Geländeneigung einen Pufferstreifen ab Böschungsoberkante von mindestens 5 m Breite aufzuweisen hat. Ist das Gelände stärker geneigt oder finden sich vernässte Böden, die einen periodisch oder dauernden Wasserüberschuss aufweisen (Gley-, Moorböden), so verbreitert sich der Pufferstreifen auf eine Mindestbreite von 10 m. Bei Gräben oder

nur periodisch wasserführenden Abschnitten ist der gesetzliche Mindestabstand von 3 m einzuhalten. Zudem werden die Pufferstreifen der vorgefundenen Geländesituation angepasst (z. B. Strassen, Siedlungen).

Gestaltung, Pflege und Ertragsausfallentschädigung

Die auf Karten ausgeschiedenen Pufferstreifen unterliegen heute meist noch einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung. Die durchzuführende Extensivierung dieser Flächen beinhaltet vor allem, dass keine Düngung mehr stattfindet und dem Gewässer somit keine zusätzlichen Nährstoffe mehr zugeführt werden. Dabei bestehen je nach Situation mehrere Möglichkeiten für die Umgestaltung und den Unterhalt dieser Pufferstreifen:

- Extensives Wiesland: Jährlich 1–2 Schnitte, keine Düngung;
- Hochstauden: Abschnittsweiser Schnitt alle 2–3 Jahre im Herbst und Abtransport des Mähgutes;
- Gehölze: Neuanpflanzung, Verbreiterung, Pflege.

In Abschnitten mit schmalen Gehölzbeständen und Bestandeslücken sind Neuanpflanzungen oder Verbreiterungen der bestehenden Bestockung durchzuführen. In überalterten Beständen sollten durch Auslichten bessere Aufwuchsmöglichkeiten für junge Pflanzen und Neuanpflanzungen geschaffen werden. Bäume und Sträucher müssen nach einer bestimmten Zeit je nach Art zurückgeschnitten oder auf den Stock gesetzt werden. Bei Weiden sind diese Massnahmen etwa alle 5 bis 10 Jahre erforderlich, bei anderen Gehölzen, z. B. Erlen, kann der Turnus grösser sein. Sinnvoll ist es, die Gehölze immer nur abschnittsweise auf den Stock zu setzen und damit die Pflegearbeiten auf mehrere Jahre zu verteilen. Zu beachten ist auch der Zeitpunkt der Unterhalts- und Pflegearbeiten, damit die Schon- und Ruheansprüche der Tierwelt im und am Gewässer eingehalten werden können (LANGE & LECHER 1986).

Die ausgeschiedenen Pufferstreifen haben einen Ertragsausfall für den Bewirtschafter zur Folge. Für den Flächenanteil, der zusätzlich zu dem 5 m breiten Pufferstreifen extensiv bewirtschaftet wird, wird eine Entschädigung ausgerichtet. Die eigentlichen Pufferstreifen können als ökologische Ausgleichsflächen bei der integrierten Produktion und beim Biolandbau geltend gemacht werden.

Pflanzensoziologie

Bei der Begehung der Gewässer wurde die Böschungsvegetation der Bachabschnitte mittels einer Artenliste der vorhandenen Pflanzen notiert. Diese Pflanzenaufnahmen lassen sich verschiedenen Pflanzengemeinschaften zuordnen und vermitteln einen Eindruck über die Vegetationsverhältnisse an den Gewässern im See-Einzugsgebiet.

Die Hochstaudensäume, welche durch Brennessel (*Urtica dioica*) und Mädesüss (*Filipendula ulmaria*) geprägt sind, lassen sich zwei verschiedenen Klassen zuordnen: Artemisietea vulgaris und Molinio-Arrhenatheretea. Die Gesellschaften der erstgenannten Klasse zeichnen sich vor allem aufgrund des hochsteten Auftretens von *Urtica dioica* aus. Diese Klassencharakterart widerspiegelt die wesentlichen ökologischen Faktoren für die Gesellschaften, nämlich einen gewissen Frische- und Nährstoffreichtum. Für eine weitere Zuordnung drängen sich zwei verschiedene Ordnungen auf: Die Convolvuletalia sepium umfasst die nitrophytischen Uferstauden- und Saumgesellschaften der Spülsäume und Überschwemmungsbereiche von Gewässern und sonstigen Nassstellen. Im Gegensatz dazu umfasst die Ordnung der Glechometalia hederaceae natürliche oder zumindest naturnahe nitrophytische Saum- und Verlichtungsgesellschaften auf frischen bis feuchten Standorten, vor allem im Bereich der Auenwälder und Waldränder (OBERDORFER 1983).

In der Klasse der Molinio-Arrhenatheretea ist der Verband des Filipendulion ulmariae mit der Mädesüss-Flur (Valeriano-Fili-

penduletum) den vorhandenen Hochstauden-Säumen floristisch und ökologisch sehr ähnlich. *Filipendula ulmaria* ist eine Verbandscharakterart mit einem steten Vorkommen und einer hohen Deckung. Diese hochwüchsigen Staudenfluren besiedeln Gräben, Bäche und Flussufer auf Gley- und Niedermoorböden. Das grosse Nährstoffbedürfnis wird meist durch gelegentliche Überflutungen und der damit verbundenen natürlichen Düngung gedeckt. Nach SCHWABE (1987) ist der Standort der Mädesüss-Flur immer grundwassernah. Eine Nährstoffzufuhr erfolgt fast immer durch Auswaschen des randlich angrenzenden, zumeist Gülle gedüngten Wirtschaftsgrünlandes.

Die Gehölzvegetation im Untersuchungsgebiet unterliegt einer stark anthropogenen Beeinflussung. Die Hecken und Gebüsche lassen sich der *Prunetalia spinosae*, einer Ordnung in der Klasse der *Querco-Fagetea*, zuordnen. Diese beinhalten die menschlich bedingten Gebüsche an Waldrändern und Wegen. Es sind licht- und wärmeliebende Strauchgesellschaften, die sich nur durch Schnitt oder Viehfrass halten können und so an einer Weiterentwicklung zu einem rotbuchenreichen Wald gehindert werden.

Ein weiterer Verband in der gleichen Klasse ist das *Alno-Ulmion*. Zu diesem gehören die meisten Auenwälder im Strombereich von Flüssen und Bächen, soweit sie periodisch oder zumindest episodisch vom Hochwasser überflutet werden. Einzelne Gehölzformationen im Untersuchungsgebiet können als Fragmente diesem Verband zugeordnet werden. Als mögliche Assoziationen sind das *Alnetum incanae*, der Grauerlen-Auwald, und das *Pruno-Fraxinetum*, der Schwarzerlen-Eschen-Auwald, zu nennen (OBERDORFER 1983).

Zukunftsperspektiven

Mit dieser Untersuchung werden zwei Ziele angestrebt: Einerseits sollen die Gewässer im Einzugsgebiet des Sempachersees einen

durchgehenden Lebensraumverbund bilden und andererseits soll der See selber wieder in ein nährstoffarmes Gewässer zurückgeführt werden. Um dies zu erreichen, werden Massnahmen vorgeschlagen, die in Zukunft verfolgt werden sollen:

- Eingedolte Bachabschnitte: Öffnung.
- Verbaute und kanalisierte Bachabschnitte: Renaturierung, Zurückführung in einen natürlichen Zustand; Förderung des Kontaktes zwischen Bachwasser und Untergrund.
- Bachabschnitte ohne Gehölze: Neuanpflanzung von standortgerechten Bäumen und Sträuchern (vor allem mit Dornsträuchern, da diese im Untersuchungsgebiet nur schwach vertreten sind).
- Bachabschnitte mit schmalen Hecken- und Hochstaudensäumen: Verbreiterung mit Hecken oder Hochstaudensäumen.
- Pufferstreifen: entlang der Gewässer ausscheiden.
- Fichtenforste: Änderung der Waldwirtschaft, Fichten entfernen und aufforsten mit standortgerechten Laubböhlern.
- Schaffung von ökologisch wertvollen Lebensräumen, wo grosse Flächen extensiviert werden können, besonders in intensiv drainierten Gebieten.

Dank

Verschiedene Personen trugen zum Entstehen dieser Untersuchung bei, und wir möchten uns bei ihnen recht herzlich bedanken: Alexander Anderhub, Anderhub AG, Eschenbach, für die digitale Kartographie; Bruno Muff, Symplan Map AG, Luzern, für die Bereitstellung der Daten zur Veränderung des Fliessgewässersystems; Jürg Brechbühl, Bern, für die Hilfe bei der Umsetzung der Felddaten in den Projektbericht; sowie Dr. Stefan Eggenberg, Dr. Cathrin Kost und Dr. Klaus Zimmermann vom Geobotanischen Institut der Universität Bern für ihre Mithilfe.

LITERATURVERZEICHNIS

- AfU & ZÖK 1992. Bericht zur Sanierung des Sempachersees. – Kant. Amt für Umweltschutz & Kant. Zentralstelle für Ökologie in der Landwirtschaft, Luzern & Sempach.
- AgbA 1993. Übersichts-Bodenkarte des Sempacherseeinzugsgebietes. – Arbeitsgemeinschaft beratender Agronomen, Ebikon.
- BfÖ 1986. Pufferzonen-Schlüssel. – Bürogemeinschaft für angewandte Ökologie, Amt für Raumplanung Kanton Zürich, Zürich.
- BIRRER, S. & MARCHAL, C. 1993. Lebensräume in der Landschaft von heute. – Mitt. Naturf. Ges. Luzern 33: 415–424.
- BLUM, J. & FELDER, B. 1993. Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Sees. – Mitt. Naturf. Ges. Luzern 33: 251–268.
- BÖTTGER, K. 1990. Ufergehölze – Funktionen für den Bach und Konsequenzen ihrer Beseitigung, Ziele eines Fliessgewässer-Schutzes. – Natur und Landschaft 65(2): 57–62.
- BUWAL 1994. Pufferzonen-Schlüssel. – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- DVWK 1990. Uferstreifen an Fliessgewässern. – Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau 90; Parey Verlag, Hamburg.
- EAWAG 1990. Bericht zur Sanierung des Sempachersees. Auswertung der Zuflussuntersuchungen Messperiode Januar 1986 bis Dezember 1988. – Auftrag Nr. 4691, Dübendorf.
- EJPD 1977. Wärmegliederungskarte der Schweiz 1:200000. – Eidg. Justizdepartement, Bern.
- EJPD 1977. Klimaeignungskarte der Schweiz 1:200000. – Eidg. Justizdepartement, Bern.
- FAP 1983. Bodenkarte Hochdorf mit Erläuterungen. – Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz.
- FISCHER, B. & BLUM, J. 1995. Pufferstreifen-Ausscheidung und Ökomorphologische Beurteilung der Fliessgewässer im Einzugsgebiet des Sempachersees. – Berichte I – V, Sempach.
- GÄCHTER, R. & STADELMANN, P. 1993. Gewässerschutz und Seeforschung. – Mitt. Naturf. Ges. Luzern 33: 343–378.
- GLATTHARD, T. 1995. Wird das Mittelland zum Manhattan? – Artikel im Tages-Anzeiger vom 23.11.95, Zürich.
- GVS 1993. Interner Bericht neuer Kostenverteiler. – Gemeindeverband Sempachersee, Gunzwil.
- HEEB, J. & MOSIMANN, T. 1991. Ausscheidung von Pufferräumen für Schutzgebiete unter stoffhaushaltlichem Aspekt. – Verh. Ges. f. Ökologie 20: 465–475.
- HIRMER, KAULE & SCHREINER 1990. In: Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Uferstreifen an Fliessgewässern, 90; Parey Verlag, Hamburg.
- HURNI, P., BRAUN, M. & SCHÄRER, F. 1992. Abschätzung der Phosphoreinträge in den Sempachersee aus diffusen Quellen und Maßnahmen zu deren Reduktion. – Mitt. der EAWAG 34D: 33–36, Dübendorf.
- JEDICKE, E. 1990. Biotopverbund. – Ulmer Verlag, Stuttgart.
- KARL & PORZELT 1990. In: Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Uferstreifen an Fliessgewässern, 90; Parey Verlag, Hamburg.
- KNAUER, N. & MANDER, H. 1990. Ufergehölze – Funktionen für den Bach und Konsequenzen ihrer Beseitigung, Ziele eines Fliessgewässerschutzes. – In: BÖTTGER, K.: Natur und Landschaft 65 (2), 57–62.
- LANGE, G. & LECHER, K. 1986. Gewässerregelung, Gewässerpflege. – Parey Verlag, Hamburg.
- OBERDORFER, E. 1983. Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – Teil III. Fischer Verlag, Stuttgart.
- SCHWABE, A. 1987. Fluss- und bachbegleitende Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe im Schwarzwald. – Cramer, Berlin.
- STADELMANN, P. 1988. Der Zustand des Sempachersees. – Wasser-Energie-Luft 3/4.
- STAMM, C. 1992. Überprüfung von Verfahren zur Ausscheidung von Pufferzonen gegen Stoffeintrag. – Schattweid.
- Stoffverordnung 1992. Anhang 4.5., Ziff. 33, in der Fassung vom 16.9.1992. – EDMZ, Bern.
- WERTH, W. 1987. Ökomorphologische Gewässerbewertung in Oberösterreich. – Österreichische Wasserwirtschaft 39, 5/6.
- WELTE, 1990. In: Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau: Uferstreifen an Fliessgewässern, 90; Parey Verlag, Hamburg.

Beat Fischer
Biologe
Depotstrasse 28
CH-3012 Bern

Dr. Josef Blum
Kantonale Zentralstelle für Ökologie
in der Landwirtschaft
Allmend
CH-6204 Sempach

