

**Zeitschrift:** Jahrbuch Oberaargau : Menschen, Orte, Geschichten im Berner Mittelland  
**Herausgeber:** Jahrbuch Oberaargau  
**Band:** 36 (1993)

**Artikel:** Zum Wasser- und Stoffhaushalt im Erlimoos  
**Autor:** Leibundgut, Ch. / Wernli, H.R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1071417>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.04.2026

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

## ZUM WASSER- UND STOFFHAUSHALT IM ERLIMOOS

CH. LEIBUNDGUT UND H. R. WERNLI

### *1. Das Erlimoos – ein Weiher mit Problemen*

Alle stehenden Gewässer unterliegen einer relativ schnellen Alterung, die als Verlandung sichtbar wird. Erdgeschichtlich betrachtet gehören sie so zu den ephemeren Erscheinungen. Handelt es sich zusätzlich um kleine, abflusslose Gewässer in Muldenlage, so kann die Alterung wegen zu hohem Nährstoffzufluss und der daraus folgenden hohen Produktion an Biomasse (Eutrophierung) stark beschleunigt werden.

Das Erlimoos liegt als oberirdisch abflussloses Becken südlich von Oberbipp muldenförmig inmitten eines intensiv genutzten landwirtschaftlichen Kulturlandes. Der Weiher besitzt auch keinen oberirdischen Zufluss. Die Wassereinträge erfolgen direkt über den Niederschlag und entsprechend der topographischen Lage durch Oberflächenzufluss, der direkt oder über Drainagen in das Becken gelangt. Ungeklärt hingegen ist eine Speisung durch das Grundwasser. Die Zuflüsse bringen auch Nährstoffe in den Weiher. Das Erlimoos leidet denn auch seit einigen Jahren an Überdüngung.

Sind solche Gebiete unter Naturschutz gestellt, geniessen sie zwar den Schutz vor direkten Eingriffen. Der Alterungsprozess, sichtbar als schnelle Verlandung, wird aber damit noch nicht gestoppt. Dies kann nur mit gezielten Pflegemassnahmen erreicht werden, und die Schutzziele müssen entsprechend formuliert werden. Das Fortbestehen des Erlimoos konnte in der Melioration Oberbipp, die im Zuge des Nationalstrassenbaues N1 erfolgte, gesichert werden. Am 4. September 1969 hat der Regierungsrat des Kantons Bern das Erlimoos mit der Ausscheidung als Naturschutzgebiet endgültig gesichert (*Schmalz*, 1969). Hinsichtlich der vorliegenden Fragestellung (Ursache der Wasserstandschwankungen und der Eutrophierung), sagen die Schutzbestimmungen folgendes aus:

«Die innere Zone (Weiher) bildet das eigentliche Naturschutzgebiet, das in seiner Eigenart erhalten bleiben und vor allen künstlichen Eingriffen

bewahrt werden soll.» (Art. 5), und (Art. 6): «Die äussere Zone gilt als Grüngürtel, der einzig landwirtschaftlich genutzt werden darf.» (*Kanton Bern*, 1969; *Schmalz*, 1969.)

Um Wasserzufuhr und Nährstoffeintrag allenfalls sinnvoll steuern zu können, ist die Kenntnis des Wasserhaushaltsregimes und des damit verbundenen Nährstoffregimes unerlässlich. Eine vollständige Erfassung aller Einflussgrössen war allerdings technisch und finanziell nicht realisierbar. Die direkten Oberflächenzuflüsse und die mögliche hydraulische Verbindung mit dem Grundwasser sind nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand erfassbar. Es wurde daher versucht, die wichtigsten Einflussgrössen zu ermitteln und zu quantifizieren, um Grundlagen für eine eventuelle Neuumschreibung des bestehenden Schutzbeschlusses ausarbeiten zu können, der dem angestrebten Schutzziel bessere Dienste leistet.

Der vorliegende Beitrag basiert auf der Grundlage einer Untersuchung, welche in den Jahren 1980 bis 1982 im Auftrage des Naturschutzinspektorates des Kantons Bern im Erlimoos durchgeführt wurde (*Wernli & Leibundgut*, 1983).

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Das Erlimoos liegt in einer Mulde im Gebiet der Endmoränenwälle der Würm-Vereisung südlich von Oberbipp (Abb. 1). Der Felsuntergrund in diesem Gebiet besteht aus unterer Süsswassermolasse. Darüber liegen Dogger- und Malmgesteine der Wiedlisbacher Sackung, die in einer Rückzugsphase des Rissgletschers von der Weissenstein-Antiklinale abgeglitten sind. Auf ihnen liegt möglicherweise etwas Material aus der Riss-Eiszeit, vorwiegend jedoch Würmmoräne. In den Senken zwischen den Moränenwällen findet sich lokal verschwemmtes, feinkörniges Material (WEA, 1981).

Im Gebiet von Wiedlisbach beginnt ein grosser, bis gegen Olten reichender Grundwasserstrom. Das den Grundwasserleiter bildende Moränenmaterial ist vorwiegend feinkörnig, mit eingestreuten, meist kantigen, groben Blöcken. Im Grundwasserleiter ist mit wechselnden Durchlässigkeiten zu rechnen. Erst die östlich an die Endmoränen anschliessenden Niederterrassenschotter des Bipperfeldes weisen allgemein hohe Durchlässigkeiten auf.

Über die Mächtigkeiten des Grundwasserleiters und der Grundwasserflurabstände im Untersuchungsgebiet Erlimoos liegen keine Angaben vor.



Abb. 1: Das Erlimoos in Muldenlage im Gebiet der Endmoräne der Würm-Vereisung südlich von Oberbipp. Aufnahme: Chr. Leibundgut jun., Roggwil.

Bei Niederbipp liegt der Grundwasserspiegel auf etwa 430 m ü.M. Das Gefälle des Wasserspiegels bei Niederbipp ist gering. Dieses Gefälle darf wegen der sich ändernden geologischen Verhältnisse nicht einfach gleichbleibend bis zum Erlimoos angenommen werden. Die Höhe des Grundwasserspiegels unter dem Weiher ist also unbekannt. Bestünde aber ein Grundwasserzufluss zum Weiher, so müsste das Grundwasser bis an die Erdoberfläche reichen. Dafür gibt es jedoch keinerlei Anzeichen.

Abbildung 2 zeigt die Lage des Erlimoos zwischen Oberbipp und Autobahn mit den für die Fragestellung wesentlichsten Elementen des Drainagesystems (Wasserzufuhr) sowie dem Dorfbach.

### *3. Messnetz und Datenerhebung*

Zur Erfassung des Wasserhaushaltes und des Nährstoffregimes mussten Wasserspiegel und Nährstoffgehalt im Weiher, Drainagen-Zuflussmengen, Nährstoffzufuhr über Drainagen, Niederschlagsmengen sowie Niederschlag und Verdunstung bestimmt werden. Die Speisung des Weihers aus dem

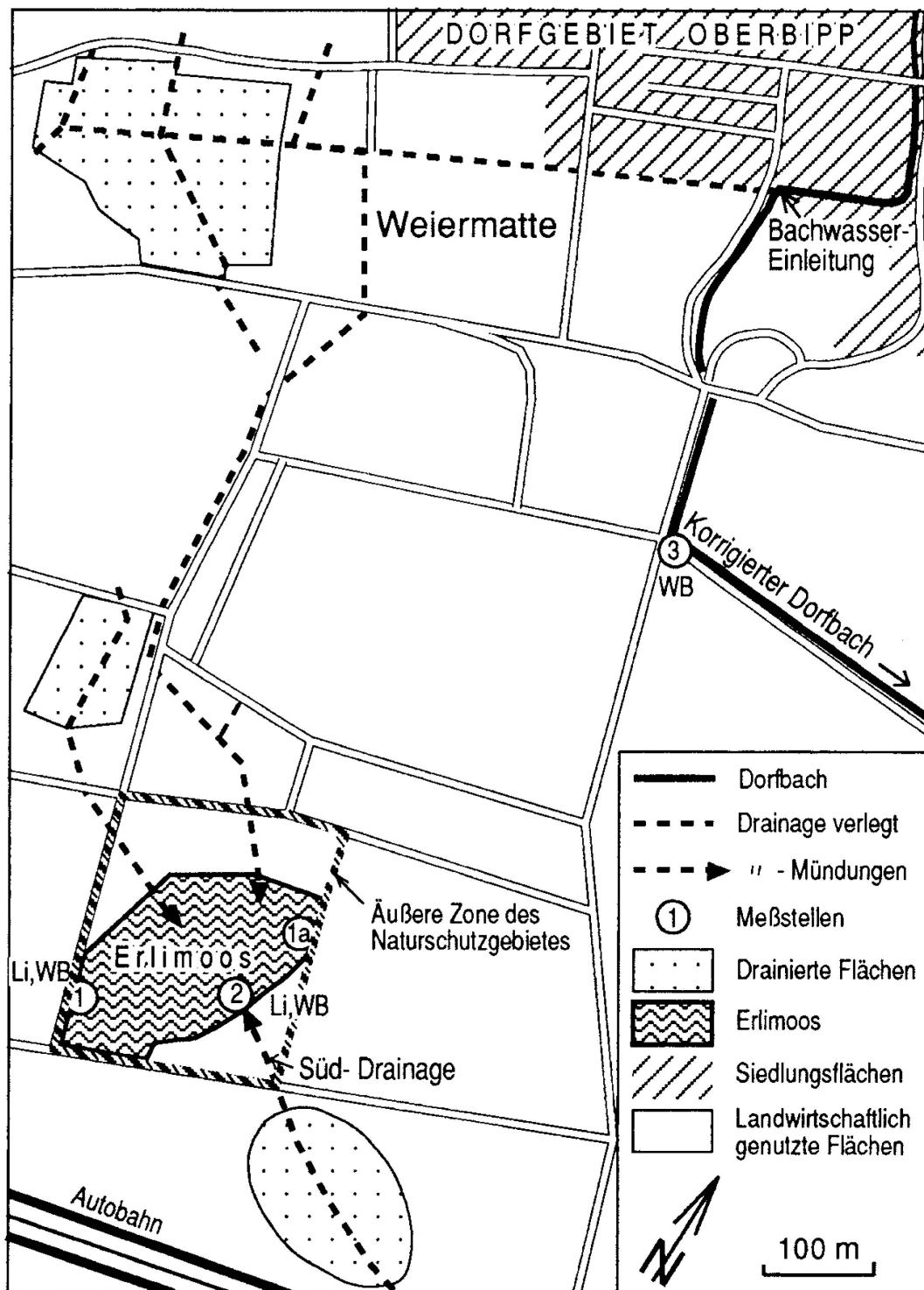


Abb. 2: Situationsplan zum Erlimoos. Bachwassereinleitung: Geregelt Ablenkung von Bachwasser in Drainagesystem möglich. Li: Wasserstands-Messgerät (Limnigraph), WB: Messstelle für Wasserbeschaffenheit.

Dorfbach (vgl. Abb. 2) war im Herbst 1979 provisorisch aufgegeben worden. Für die Frage, ob sich der Dorfbach überhaupt eignen würde für Wasserzufuhren, wurde dessen Wasserbeschaffenheit ebenfalls untersucht. Der Wasserstand wurde auf der Westseite des *Weihers* mittels eines Pegelschreibers kontinuierlich aufgezeichnet (vgl. Abb. 2, Messstelle 1). Die Beprobung der Wasserbeschaffenheit erfolgte alle zwei Wochen, gelegentlich wurden zusätzliche Proben gezogen.

Da die *Drainagen* nur periodisch und mit stark schwankendem Erguss schütten, wurde für die Messung des Drainagen-Zuflusses auf der Südostseite des *Weihers* («Süd-Drainage») ebenfalls ein Pegelschreiber betrieben (vgl. Abb. 2, Messstelle 2). Dabei wurde der Wasserstand hinter einem dafür erstellten Messwehr registriert. Die Umrechnung der Pegelstände in Schüttungswerte erfolgte auf Basis von Eichmessungen am Messwehr. Bei dieser Drainage wurde während Schüttungsereignissen auch die Wasserbeschaffenheit beprobt.

Auf der Nord- und Nordwestseite des *Weihers* befinden sich zwei weitere Drainagen-Zuflüsse (vgl. Abb. 2). Da diese Drainagen aber unter der Wasseroberfläche in den *Weihers* münden, konnten hier keine Messungen durchgeführt werden.

Die Niederschlagsdaten stammen von der Messstation Attiswil sowie der Station Wynau der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, SMA. Die Werte der beiden Stationen unterschieden sich nur unerheblich und konnten direkt übernommen werden. Angaben über die Beschaffenheit des Niederschlags wurden der Literatur entnommen (*Georgii*, 1965 zit. in *Matthess*, 1973; *Keller*, 1970; *EAWAG*, 1977; *Zobrist u. Stumm*, 1979; *Eidg. Departement des Innern*, 1979; *Wernli*, 1981; *Eidg. Gewässerschutzkommission*, 1983). Die Verdunstung wurde mit Hilfe von Wasserhaushaltsbeziehungen im Erlimoos sowie mittels Angaben aus der Literatur geschätzt (*Bornholdt*, 1970; *Richter*, 1974; *Kunz*, 1977; *Binggeli*, 1974; *Leibundgut*, 1978; *Studien-gruppe Verdunstung*, 1978).

Die Messungen begannen im November 1980 mit der Inbetriebnahme der Pegelschreiber sowie ersten Beprobungen. Die letzten Probenahmen erfolgten im März 1982, die Pegelschreiber wurden noch bis Ende April 1982 betrieben.

Über einem *Weihers*pegelstand von 130 cm wird der Drainagen-Messkanal überschwemmt, der Drainagen-Limnigraph zeichnet dann anstelle des Abstiches den *Weihers*pegel auf. Dies war vom 14. Dezember 1981 bis

zum 14. April 1982 der Fall. Zumindest am 7. März 1982 zeigte eine unter dem Drainagen-Einlaufrohr im Vergleich zum Weiherwasser höhere Temperatur eine Wasserzufuhr aus der Drainage an. Auch die sehr deutlichen Unterschiede zum Chemismus des Weiherwassers lassen diesen Schluss zu. Nimmt man noch hinzu, dass bereits im vorherigen Winter die Drainage fast ununterbrochen schüttete, so darf mit grosser Sicherheit gefolgert werden, dass auch im Winter 1981/82 die Drainage fast dauernd schüttete.

Bei jeder Beprobung wurden die Nährstoffe Nitrat, Ammonium, Nitrit (Stickstoffverbindungen) sowie Ortho- und Gesamtphosphat gemessen. Zusätzlich wurden elektrische Leitfähigkeit und Chlorid bestimmt.

In den meisten Gewässern ist der Phosphor Minimumfaktor für das Pflanzenwachstum und deshalb wichtigster Nährstoff. Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Mass für den Gesamtmineralgehalt. Das Chlorid wird im Wasser, wenn überhaupt, nur in geringem Masse chemisch umgesetzt und eignet sich deshalb als natürlicher Markierstoff.

Ergänzend zum beschriebenen Messprogramm wurden in grösseren Abständen Gesamt- und Karbonathärte sowie Sulfat erfasst. Die Gesamt- und Karbonathärte sind im schweizerischen Mittelland die chemischen Hauptinhaltsstoffe des Wassers und ergeben, zusammen mit den übrigen Wasserinhaltsstoffen, einen allgemeinen chemischen Befund. In einem Gewässer zeigt ein im Sommer hoher Sauerstoffgehalt gesunde Verhältnisse an, d.h. die anfallende Biomasse wird oxidativ abgebaut. Ist hingegen zuviel Biomasse vorhanden oder der Sauerstoffnachschub zu gering, so tritt Sauerstoffmangel ein und aus der Biomasse bildet sich Faulschlamm. Niedrige Sauerstoffgehalte zeigen somit eine erschöpfte Selbstreinigungskraft des Wassers an.

#### *4. Die Wasserbeschaffenheit des Weibers*

Der Gesamtmineralgehalt des Weiherwassers ist gering, so liegen z.B. die elektrischen Leitfähigkeiten auf der Westseite zwischen 155 und 228  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , auf der Ostseite zwischen 150 und 237  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Einzig am 8. März 1981 sank die Leitfähigkeit auf der Westseite auf 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , auf der Ostseite auf 55  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dies als Folge von oberflächlich zufließendem Schneeschmelzwasser aus der Umgebung. Allgemein sind Regen und Schnee in der Regel gering mineralisiert. Entsprechend den geringen elektrischen Leitfähig-

Tab. 1: Gewichtete Mittelwerte aus 24 Proben einzelner chemischer Komponenten im Erlimoos. Beobachtungsdauer 22. November 1980 bis 7. März 1982

	Westseite bei Limnigraph	Ostseite	Mittel zwischen West und Ost
Stickstoff [mg/l]	2,5	2,7	2,6
Phosphat [mg/l]	1,0	1,2	1,1
Chlorid [mg/l]	5,7	5,9	5,8

keiten sind auch die Gesamt- und Karbonathärten niedrig, das Wasser ist «sehr weich» bis «weich».

Bei den Nährstoffen liegt beim anorganischen Stickstoff die mittlere Konzentration bei 2,6 mg/l (Tab. 1). Dies würde etwa 11,5 mg/l Nitrat entsprechen, wenn aller Stickstoff in Nitratform vorliegen würde. Die Schwankungen sind im Jahresverlauf sehr hoch. Minima finden sich jeweils im Frühjahr, wobei aber immer wieder einzelne Spitzen auftreten (Abb. 3). Die beiden höchsten Werte treten im Sommer auf. Betrachtet man anstelle des anorganischen Stickstoffes die einzelnen Stickstoffverbindungen, so fallen die hohen Ammoniumkonzentrationen auf, während die Nitratkonzentrationen mit wenigen Ausnahmen sehr niedrig sind. Obwohl ein Teil des Ammoniums aus den Niederschlägen stammen könnte, sind die in 60% aller Proben gefundenen Konzentrationen von über 1 mg/l damit nicht erklärbar. Vermutlich spielen im Weiher infolge Sauerstoffmangels reduzierende Verhältnisse eine wichtige Rolle bei der Bildung von Ammonium. Nitrit erscheint, von Ausnahmen abgesehen, meist nur in Spuren.

Auffallend hoch sind die *Phosphatkonzentrationen*: Rund 40% aller Proben zeigen Phosphatkonzentrationen von über 1 mg/l. Das Maximum am 9. August 1981 betrug bei beiden Messstellen 3,7 mg/l Gesamtphosphat. Auch beim Phosphat treten die höchsten Werte im Sommer auf, und zwar – wie beim Stickstoff – bevor der Wasserstand den tiefsten Wert erreicht (vgl. Abb. 3). Der Anstieg der Nährstoffkonzentration im Sommer kann also nicht allein mit einer Aufkonzentrierung durch Verdunstung erklärt werden, sondern es müssen noch andere Faktoren eine Rolle spielen. Wegen der Nährstoffbindung durch die Biomasse würde man im Sommer sogar eher tiefere Konzentrationen erwarten. Vermutlich spielt wegen sommer-

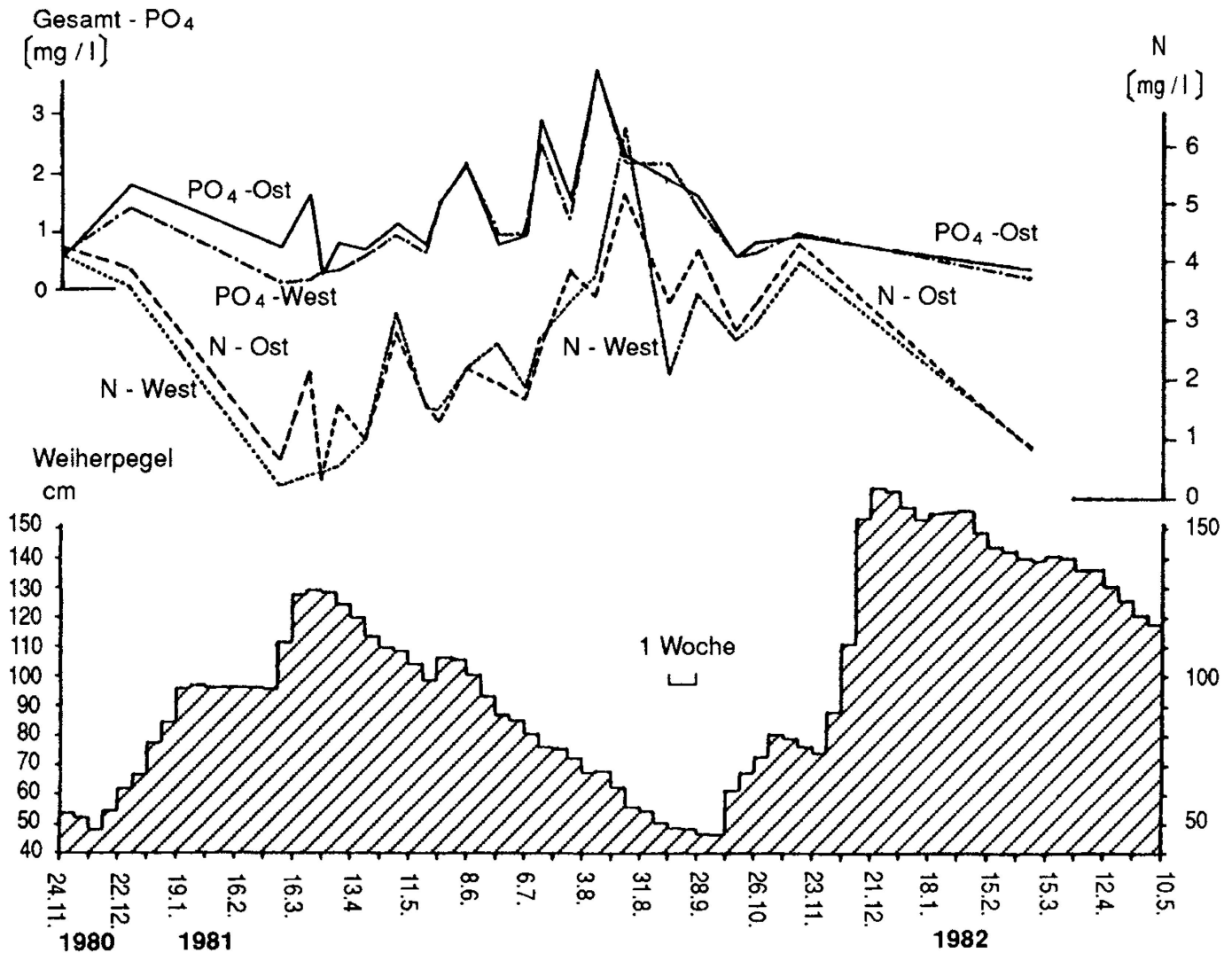


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Nährstoffkonzentrationen Gesamtphosphat (PO<sub>4</sub>) und anorganischer Stickstoff (N), entspricht der Summe von Nitrat-, Nitrit- und Ammonium-Stickstoff. Jeweils für Ost- und Westseite des Weihers in Abhängigkeit des Weiherspegels.

lichem Sauerstoffmangel auch die Freisetzung von Phosphaten aus dem Sediment eine Rolle. Zudem findet auch mit dem Niederschlag ein Nährstoffeintrag statt (vgl. Kap. 6).

Recht gering sind die Chlorid-Konzentrationen. Sie schwanken nicht in gleichem Masse wie die Nährstoffkonzentrationen. Dies bestätigt die vorher geäußerte Annahme, dass der Jahresgang der Wasserbeschaffenheit durch mehrere Faktoren gesteuert wird.

Der hohe Nährstoffgehalt im Weiher führt zu einer starken Produktion

an Biomasse, die bei ihrem Abbau Sauerstoff verbraucht. Entsprechend zeigen die Messwerte vom Juni und Juli 1981 nur Sauerstoffgehalte von 1,8–2,5 mg/l. Auch im November 1980 beträgt der Sauerstoffgehalt nur 4,4–4,6 mg/l, im Oktober und November 1981 jedoch 6,1–8,1 mg/l. Am 6. Juni 1981 beträgt der Sauerstoffgehalt auf der Ostseite unter der Wasseroberfläche 2,2 mg/l, direkt über dem Grund nur noch 1,8 mg/l. Im Sediment werden deshalb anaerobe Verhältnisse herrschen. Im flachen und windexponierten Erlimoos findet ein dauernder Sauerstoffeintrag statt. Dass trotzdem Sauerstoffmangel herrscht, ist ein Zeichen für die starke Sauerstoffzehrung infolge Überlastung mit Biomasse.

Der Vergleich zwischen der Wasserbeschaffenheit auf der Ostseite und der Westseite des Weiher zeigt, dass die Konzentrationen etwa parallel verlaufen (vgl. Abb. 3). Nur temporär bestehen grössere Unterschiede. Die Mittelwerte über die ganze Messperiode liegen auf der Ostseite etwas höher (vgl. Tab. 1). Dies könnte Zufall sein, denkbar sind aber auch vermehrte Abschwemmungen, bedingt durch etwas grössere Hangneigungen auf der Ostseite. Um den Weiher als Einheit betrachten zu können, ist es zweckmässig, Mittelwerte zwischen den beiden Messstellen zu bilden. Wegen den nur geringen Unterschieden zwischen Ost- und Westseite ist dies zulässig.

Das für ein Pflanzenwachstum optimale Verhältnis zwischen Phosphor und Stickstoff beträgt 1:7 oder, in anderer Form, Phosphat:Nitrat = 1:10. Bei den meisten grösseren Seen betragen die Phosphorgehalte weniger als  $\frac{1}{7}$  der Stickstoffgehalte, der Phosphor ist somit limitierender Faktor bei der Produktion von Biomasse. Bei im Verhältnis zum Phosphor zu geringem Stickstoffangebot können Blaualgen Stickstoff direkt aus der Luft fixieren, dann wird wieder der Phosphor limitierend.

Der mittlere Phosphatgehalt im Erlimoos während der Untersuchungsperiode betrug 1,1 mg/l (bzw. 0,36 mg/l Phosphor), der Stickstoffgehalt 2,6 mg/l (vgl. Tab. 1). Das Verhältnis Phosphor zu Stickstoff betrug also knapp 1:7. Somit wird im Erlimoos die Produktion von Biomasse wie in den meisten Oberflächengewässern vom Phosphat- bzw. Phosphorgehalt gesteuert. Sanierungsmassnahmen bezüglich Wasserbeschaffenheit müssen also vordringlich eine Reduktion der Phosphatkonzentration im Weiher zum Ziel haben.

Insgesamt zeigen die Messergebnisse den typischen Fall eines stark eutrophen Gewässers mit den Merkmalen Überdüngung und Sauerstoffarmut und über Grund zumindest temporär reduzierenden Verhältnissen.

### 5. Der Einfluss der Drainagen auf den Weiher

Um den Einfluss der Schüttung der Süd-Drainage (vgl. Abb. 2) auf den Pegelstand des Weihers zu ermitteln, wurden einzelne Schüttungsereignisse genauer untersucht. Das längste störungsfrei gemessene Ereignis, über welches auch ausführliche Wasserbeschaffenheits-Daten vorliegen, dauerte vom 15. Dezember 1980 bis zum 6. April 1981 und brachte dem Weiher eine Wasserzufuhr von 3433 m<sup>3</sup>. Die Erhöhung des Weiherpegels infolge dieses Zuflusses wird wie folgt berechnet:

zugeführte Wassermenge: Weiheroberfläche = Pegelerhöhung.

Für den Winter, bei Pegelhochstand, betrug die mittlere Weiheroberfläche 2,6 ha. Bei tiefem Wasserstand wird diese Fläche unterschritten, bei sehr hohem noch etwas überschritten. Abbildung 4 zeigt den Pegelverlauf beim Weiher sowie den nur durch die Drainage bewirkten Anteil am Pegelanstieg im Winter 1980/81. Weiter sind zwei kleinere Schüttungsereignisse

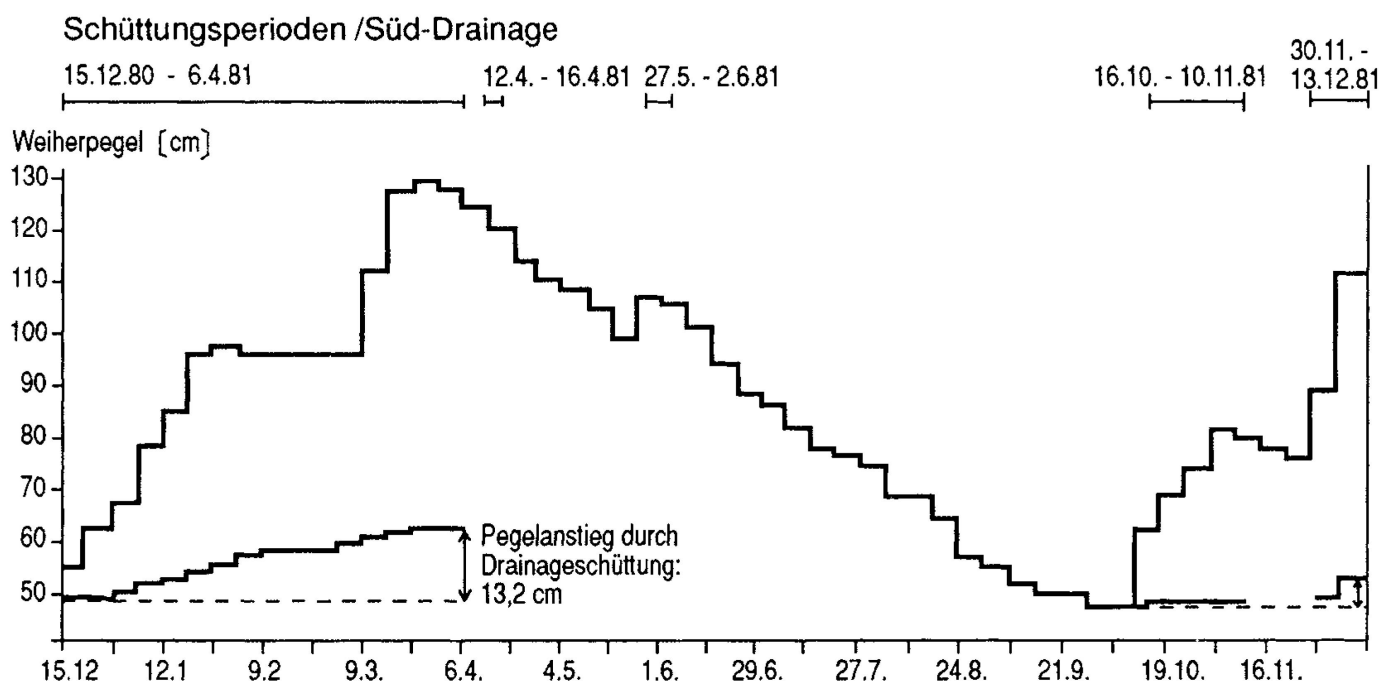


Abb. 4: Verlauf des Weiherpegels und Schüttungsperioden der Süd-Drainage mit dem durch den Drainagezufluss bedingten Anteil am Pegelanstieg im Weiher.

vom Frühjahr 1981 markiert sowie der Beginn der Schüttungsperiode vom Winter 1981/82.

Die gesamte durch die Drainage bewirkte, aufsummierte Wasserstandserhöhung im Weiher vom 15. Dezember 1980 bis zum 6. April 1981 beträgt nur 132 mm. Der tatsächliche Pegelanstieg beim Weiher beträgt aber 775 mm. Ohne Verdunstung, Sublimation und eventuellem unterirdischem Abfluss würde der Weiherpegel noch höher liegen. Der Anteil der Süd-Drainage an der Pegel-Erhöhung beim Weiher macht im Winter 1980/ 81 also höchstens ein Sechstel aus (vgl. Abb. 4).

Zwei kurze Schüttungsphasen vom April und Mai 1981 führen mit zusammen 77,9 m<sup>3</sup> Wasserzufuhr zu Pegelerhöhungen von nur 3 mm, die Nährstofffrachten sind sehr gering (Tab. 2). Vom 16. Oktober bis zum 10. November beträgt die von der Drainage zugeführte Wassermenge 217,4 m<sup>3</sup>. Wird diese auf die bei niedrigem Pegelstand 1,8 ha betragende Weiherfläche verteilt, so beträgt die Pegelerhöhung nur rund 12 mm. Der Weiherspiegel stieg aber in diesen 26 Tagen um 140 mm.

Tab. 2: Über die Süd-Drainage ins Erlioos ausgebrachte Stofffrachten vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981.

Schüttungs- ereignis	Menge [m <sup>3</sup> ]	Mittlere Konzentration [mg/l]			Fracht [kg]		
		N	PO <sub>4</sub>	Cl	N	PO <sub>4</sub>	Cl
15. 12. 80 bis 6. 4. 1981	3432,6	4,2	0,11	17	14,4	0,38	58,4
12. 4. bis 16. 4. 1981	7,2	4,2	0,11	17	0,03	0,0008	0,12
27. 5. bis 2. 6. 1981	69,7	2,0	0,08	8,8	0,14	0,005	0,61
16. 10. bis 10. 11. 1981	217,4	9,0	0,13	10	1,95	0,028	2,17
30. 11. bis 13. 12. 1981	1110,8	5,4	0,12	24	6,0	0,13	26,7
Summe	4837,7				22,5	0,54	87,9

Neben den zugeführten Wassermengen interessieren auch die Wasserinhaltsstoffe, die mit dem Drainagenwasser in den Weiher gelangen. Abbildung 5 zeigt die Konzentrationen von Gesamtphosphat, anorganischem Stickstoff und Chlorid sowie die Schüttung vom 15. Dezember 1980 bis zum 6. April 1981.

Zuerst fällt der extrem schwankende Schüttungsverlauf auf. Diesem steht aber wider Erwarten ein recht ausgeglichener Verlauf der Konzentrationen gegenüber. Die Phosphatkonzentrationen des Drainagewassers sind durchwegs gering. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Phosphate beim Sickerungsvorgang im Boden adsorbiert werden. Die Stickstoffkonzentrationen hingegen sind recht hoch, etwa zwei Drittel der Proben führen Nitratkonzentrationen von 20–40 mg/l, ein für Gewässer aus Landwirtschaftsgebieten häufiger Bereich. Nitrit und Ammonium kommen meist nur in unbedeutenden Spuren vor. Auch die Chloridkonzentrationen sind typisch für Wässer aus Landwirtschaftsgebieten, drei Viertel der Proben weisen Werte von 10–30 mg/l auf, am 4. Januar 1981 tritt ein Spitzenwert von 31,8 mg/l auf.

Werden diese Werte mit jenen des Weihers verglichen, so lassen sich keine Zusammenhänge erkennen. Im Weiherwasser sind die Phosphatkonzentrationen stets um ein Mehrfaches höher, die Stickstoffkonzentrationen etwas niedriger und die Chloridkonzentrationen um ein Mehrfaches niedriger als im Drainagenwasser.

Zur genaueren Untersuchung des Drainageneinflusses werden aus den Wasserzuflüssen und den Konzentrationen zuerst die Stofffrachten berechnet (vgl. Tab. 2). Die Verteilung der von der Drainage zugeführten Frachten auf das mittlere Weihervolumen von rund 10 000 m<sup>3</sup> ergibt folgende Konzentrationen:

anorganischer Stickstoff	2,23 mg/l
Gesamtphosphat	0,054 mg/l
Chlorid	8,8 mg/l

Beim Stickstoff und Chlorid sind diese Werte ähnlich der im Weiher tatsächlich gemessenen mittleren Konzentrationen (vgl. Tab. 1). Beim Phosphat hingegen würde sich mit der Zufuhr aus der Drainage im Weiher nur eine berechnete Konzentration von 0,054 mg/l einstellen. Der im Weiherwasser gemessene Mittelwert liegt aber mit 1,1 mg/l um das Zwanzigfache höher. Zwar erfolgt noch eine Aufkonzentrierung durch Verdunstung, aber

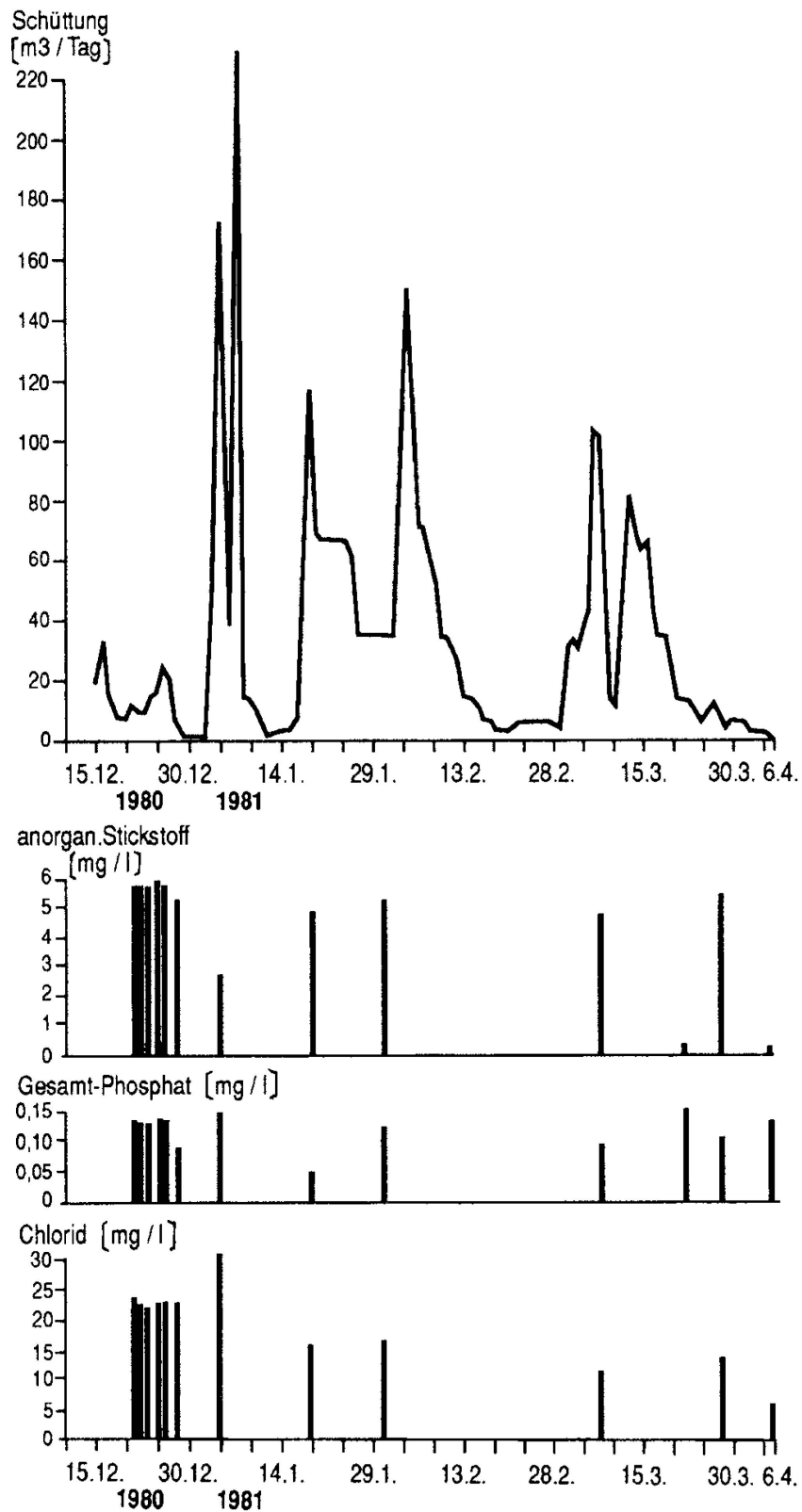


Abb. 5: Verlauf der Wassermengen (Schüttung) der Süd-Drainage in den Weiher und der damit eingetragenen Nährstoffmengen an anorganischem Stickstoff, Gesamtphosphat und Chlorid.

dann müssten auch andere Wasserinhaltsstoffe aus der Drainage aufkonzentriert werden, zumindest das biologisch nicht akkumulierte Chlorid. Die Drainage kann somit nicht der Hauptverursacher der zu hohen Phosphatkonzentrationen und damit der Eutrophierung sein. Gesunde, nährstoffarme Seen weisen gemäss *Vollemweider* (1968) Phosphatkonzentrationen von weniger als 0,06 mg/l auf. Das Drainagenwasser würde somit bezüglich Phosphat sogar diesen Grenzwert einhalten.

Da die beiden Drainagen auf der Nordseite des Weihers nicht gemessen werden konnten, muss deren Einfluss geschätzt werden. Besonders bezüglich des wichtigen Phosphats muss auf frühere Untersuchungen im Oberaargau in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten zurückgegriffen werden. Diese Untersuchungen zeigten, dass bei fehlendem Siedlungseinfluss niedrige Phosphatkonzentrationen überwiegen (*Wernli*, 1981). Zusammen mit den Ergebnissen der Süd-Drainage darf postuliert werden, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit die beiden nicht beprobten Drainagen ähnliche Phosphatkonzentrationen führen wie die gemessene Süd-Drainage.

Für die Schüttungen *aller Drainagen* wird jene der Süd-Drainage mit dem Faktor 3 multipliziert, da die Einzugsgebietsflächen etwa dreimal grösser sind als jene der Süd-Drainage. Alle drei Drainagen zusammen bewirkten also im Weiher für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis 13. Dezember 1981 eine Phosphatkonzentration von etwa 0,15 mg/l (bzw. 0,05 mg/l Phosphor). Auch dieser Wert ist immer noch um ein Vielfaches tiefer als die im Weiher gemessene mittlere Konzentration von 1,1 mg/l.

Neben der Eutrophierung des Weihers stellen die gelegentlichen Pegelhochstände im Frühjahr ein weiteres Problem dar. Die durch die Süd-Drainage ausgelöste Pegelerhöhung beträgt für den ganzen Winter 1980/81 etwa 130 mm (vgl. Abb. 4). Für alle drei Drainagen hochgerechnet sind dies immerhin ungefähr 400 mm. Allerdings muss bezweifelt werden, ob mit einer Ableitung des Drainagewassers eine Pegelsenkung in diesem Umfang erreicht werden könnte. Zum Beispiel begann der Pegel im März 1981 erst nach dem Schmelzen der Eisschicht sprunghaft anzusteigen, zu einer Zeit also, als die Drainagen nur noch geringe Beiträge brachten (Pegelerhöhung durch die Drainagen im März: 70–80 mm).

Wie die chemischen Analysen des Weiherwassers vom 8. März 1981 zeigen, dürften die Einflüsse des Schmelzwassers aus der Umgebung des Weihers für den Pegelanstieg bedeutender sein als die Beiträge der Drainagen (vgl. Kap. 8).

Zusammengefasst ergibt sich, dass nicht nur die gemessene Süd-Drainage, sondern auch alle drei Drainagen zusammen nur in geringem Masse an der Überdüngung des Weihers beteiligt sind. Auch sind die Drainagen nicht Hauptverursacher von zu hohen Pegelständen im Frühjahr. Für den ganzjährigen Wasserhaushalt sind die Drainagen ebenfalls nicht von ausschlaggebender Bedeutung. Der Anteil der Drainageeinträge an den Gesamtzufuhren kann erst nach Ermittlung der übrigen Wasserzufuhren bestimmt werden (vgl. Kap. 8).

### *6. Einfluss des Niederschlages auf den Weiher*

Verschiedene Vergleiche zwischen einzelnen Niederschlags-Ereignissen und Weiherspiegelschwankungen lassen keinen Zusammenhang zwischen Niederschlagsmengen und Weiherpegel erkennen. So führen z.B. vom 11. bis 27. März 1981 direkt auf den Weiher gefallene Niederschläge und die Drainagezuflüsse zu einer berechneten Pegelerhöhung von 122 mm. Die tatsächlich registrierte Erhöhung beträgt aber 215 mm. Die chemischen Analysen deuten auf eine Zufuhr von Schmelzwasser hin. Vom Mai bis Oktober 1981 sind fünf von sieben betrachteten Pegelzunahmen deutlich höher als die in der gleichen Zeit gefallenen Niederschlagshöhen. Die zusätzliche Wasserzufuhr stammt somit aus der Umgebung. Am 20. September beträgt die Niederschlagshöhe 12 mm, der Weiherpegel sinkt aber um 5 mm. Es müssen also auch Verluste in den Untergrund vorhanden sein.

Das gleiche Bild ergibt sich, wenn alle positiven Pegeländerungen eines Monats zusammengezählt und mit der Summe der an den entsprechenden Tagen gefallenen Niederschlägen verglichen werden. Die Verdunstung braucht dabei nicht berücksichtigt zu werden, da sie während der kurzzeitigen Pegelzunahmen nur sehr gering ist. Ein deutliches Beispiel gibt der Juli 1982: Die Summe der Pegelanstiege beträgt 450 mm, die an den gleichen Tagen gefallenen Niederschlagshöhen aber nur 73 mm. Da die Drainagen nicht schütteten, bedeutet dies, dass die Wasserzufuhren aus der Umgebung 377 mm ausmachen, also gut das Fünffache des direkt auf den Weiher gefallenen Niederschlages. Trotz dieser zeitweiligen Pegelanstiege lag der Pegel Ende Juli um 125 mm tiefer als anfangs Juli. Dies ist wieder ein Indiz für grössere Verluste, welche mit der Verdunstung allein nicht erklärt werden können.

Eine genaue Berechnung der *Nährstoffzufuhr* durch den direkt auf den Weiher fallenden *Niederschlag* würde eine Messung des Chemismus des Niederschlages im Erlimoos voraussetzen. Es ist bekannt, dass die Zusammensetzung des Niederschlagswassers je nach Intensität, Menge und Verteilung stark schwanken kann (Georgii, 1965 in Matthess, 1973; Wernli, 1981). Messungen im Erlimoos wären also mit unverhältnismässig hohem Aufwand verbunden gewesen. Aus der Literatur sowie aus eigenen Messungen sind aber genügend Richtwerte bekannt, die eine brauchbare Schätzung der durch den Niederschlag dem Weiher zugeführten Nährstoffmengen erlauben (Matthess, 1973; EAWAG, 1977; Eidg. Departement des Innern, 1979; Wernli, 1981; Eidg. Gewässerschutzkommission, 1983). Für den anorganischen Stickstoff ergeben sich Konzentrationsbereiche von etwa 0,5–1,5 mg/l N und beim Phosphat von 0,1–0,4 mg/l PO<sub>4</sub>. Für die Niederschläge im Erlimoos werden den Berechnungen 1 mg/l Stickstoff sowie 0,2 mg/l Phosphat zugrundegelegt. Damit resultieren für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 die über einer mittleren Weiherfläche von 2 ha abgeregnete Frachten (Tab. 4). Somit bringt der Niederschlag wesentlich mehr an den für die Eutrophierung des Weihers entscheidenden Phosphaten. Noch nicht berücksichtigt sind dabei weitere, durch die Direktzuflüsse aus der Umgebung zugeführte Nährstofffrachten.

#### 7. Die Wasserbeschaffenheit des Dorfbaches

Vom 22. November 1980 bis zum 26. Dezember 1981 wurde der Dorfbach 27mal beprobt, eine letzte Probe wurde am 27. März 1982 genommen (vgl. Abb. 2). Die Konzentrationen an Gesamtphosphat und Stickstoff (Summe aus Nitrat-, Nitrit und Ammoniumstickstoff) schwankten stark. Das gewichtete Mittel des Phosphates von 0,52 mg/l weist den Dorfbach als stark belasteten Bach aus:

	Bereich	Mittel
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) [mg/l]	0,93–3,6	0,52
Stickstoff (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) [mg/l]	0,08–2,14	2,01

Zeitweise hohe Nitrit- und Ammoniumkonzentrationen erhärten diesen Befund. Das Einleiten dieses Bachwassers in den Weiher könnte also die Überdüngungsprobleme noch verschärfen, zumindest lässt sich der Weiher mit diesem Wasser nicht dauerhaft sanieren.

### 8. Wasser- und Nährstoffbilanzen im Weiher

Unerlässlich für eine Wasserhaushaltsbilanz ist die Kenntnis der Verluste. Im Erlimoos sind dies nur unterirdischer Abfluss und Verdunstung. Für beide Parameter bestehen keine direkten Messungen, deshalb werden aus der Untersuchung einzelner Zeitabschnitte Grössenordnungen für einzelne Monate hergeleitet. Zusammen mit den Wasserzufuhren lässt sich eine Bilanzierung für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 vornehmen.

Pegelrückgänge im Weiher sind eine Folge von Abfluss und Verdunstung. Zur Untersuchung geeignet sind Zeitperioden mit keinem oder geringem Niederschlag. So kann ausgeschlossen werden, dass die Rückgänge durch von Niederschlägen ausgelösten direkten Zuflüssen aus der Umgebung kompensiert werden. Da aber die in den betrachteten Zeiträumen direkt auf den Weiher gefallen geringen Niederschläge die Pegelabnahmen ebenfalls etwas vermindern, müssen diese Niederschlagshöhen subtrahiert werden, um die gesamte Abnahme des Pegels ohne Niederschlagseinfluss zu erhalten.

Für den Winter 1980/81 müssen die Verluste, welche hier wegen nur unbedeutender Verdunstung fast nur aus unterirdischem Abfluss bestehen, geschätzt werden. Als Grundlage dienen die Pegelrückgänge von anfangs April und jene vom November. In diesen Zeitabschnitten ist die Verdunstung noch gering und ohne grossen Fehler schätzbar. Wird für den Monat November eine tägliche Verdunstung von 0,6 mm eingesetzt, und subtrahiert man diesen Wert vom gemessenen Gesamtverlust von 3,8 mm/Tag, so erhält man für den unterirdischen Abfluss allein einen Wert von 3,2 mm. Im Frühjahr, bei Pegelhochstand, scheint dieser Wert leicht höher zu liegen. Vom 1. bis 4. April betragen die Verluste 5 mm/Tag. Mit einer jetzt bereits höheren mittleren Verdunstung von 1 mm/Tag bleibt für den unterirdischen Abfluss ein Wert von 4 mm für Zeiten mit Pegelhochstand (März). Ab April stehen wieder Messwerte zur Verfügung. Der unterirdische Abfluss erreicht somit im Mittel knapp 3,6 mm/Tag, die Jahressumme ergibt 1290 mm.

Für die zu schätzende Jahresverdunstung werden Werte von offenen Wasserflächen beigezogen: Zürichsee (730 mm/Jahr), Zugersee (775 mm/Jahr) und Neusiedlersee (940 mm/Jahr). Für das untiefe und windexponierte Erlimoos ist eine eher hohe Verdunstung plausibel. Andererseits ist

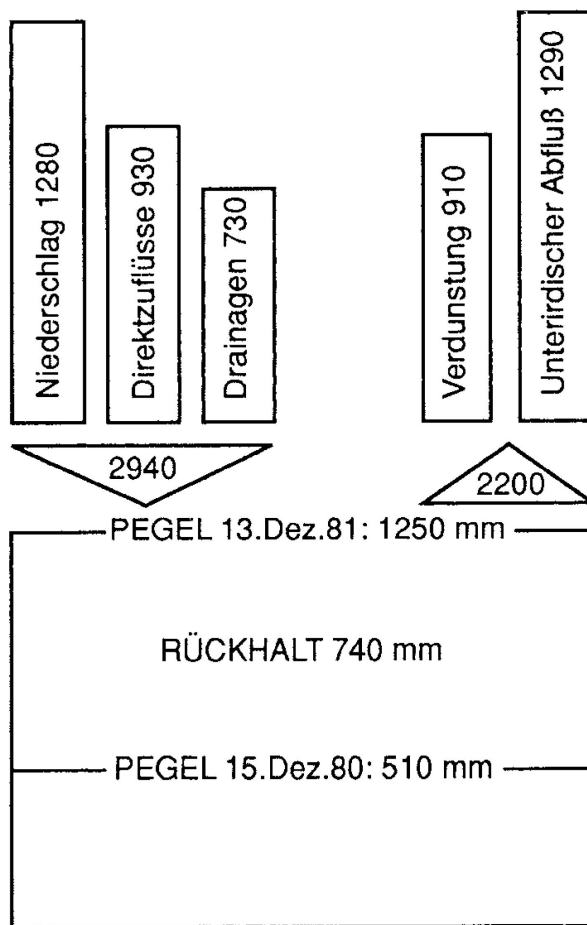


Abb. 6: Wasserbilanz des Weihers (Erlimoos) für 1981 (Dezember bis Dezember).

zu berücksichtigen, dass der Weiher im Winter 1980/81 während fast dreier Monate zugefroren war. Eine Verdunstung von 910 mm/Jahr dürfte somit der Realität nahe kommen. Zusammen mit dem unterirdischen Abfluss ergibt sich somit ein Jahresverlust von 2200 mm.

Dies dürfte eine gute Näherung an die wirklichen Verhältnisse darstellen, immerhin basiert sie auf den während 164 Tagen tatsächlich gemessenen Verlusten. Damit liegen nun genügend Parameter vor, um eine *Bilanzierung des Wasserhaushalts* für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 zu ermöglichen. Die noch unbekanntes Direktzuflüsse aus der Umgebung ergeben sich dann als Restglied aus dieser Bilanz. Allgemein gilt für den Wasserhaushalt: Zuflüsse = Verluste + Rückhalt.

Für das Erlimoos:  $N + D + Z_o = (V + A_u) + R$

N = Niederschlag

D = Drainagezuflüsse

$Z_o$  = oberflächliche Direktzuflüsse

$V + A_u$  = Verluste, bestehen aus Verdunstung und unterirdischem Abfluss

R = Rückhalt

Der Rückhalt (R) ergibt sich aus der Pegeldifferenz zwischen 15. Dezember 1980 und 13. Dezember 1981. Er beträgt 740 mm, d.h. am 13. Dezember 1981 lag der Pegel um diesen Betrag höher als im Vorjahr (Abb. 6).

Tab. 3: Direkte Oberflächenzuflüsse in mm ins Erlimoos, berechnet

	Verluste	Gemessener Pegelanstieg	Drainagenzufluss	Niederschlag	Direkter Oberflächenzufluss
11. 3. bis 27. 3. 1981	62	215	60	65	90 + 62 = 152
28. 11. bis 13. 12. 1981	60	495	128	167	200 + 60 = 260

Die Drainagenzuflüsse (D) berechnen sich aus dem Wert von 242 mm für die gemessene Süd-Drainage ( $4837,7 \text{ m}^3 : 20000 \text{ m}^2 = 0,242 \text{ m}$ ), multipliziert mit drei Drainagen ergibt dies 726 mm. Der Niederschlag beträgt 1276 mm.

Die Bilanzgleichung lautet somit:

$$1276 (N) + 726 (D) + Z_o = 2200 (V + A_u) + 740 (R) \text{ [mm]}$$

$$Z_o = 2940 - 2002 \text{ [mm]}$$

$$Z_o = 938 \text{ mm}$$

Die Höhe des direkten Oberflächenzuflusses  $Z_o$  liegt also zwischen den Niederschlags- und Drainagenzufuhren. Bemerkenswert ist, dass sich 38 Prozent (rund 360 mm) dieses Oberflächenzuflusses auf wenige Tage kon-

zentrieren (Tab. 3). Die Drainagen-Zuflusshöhen wurden auf Basis einer Weiherfläche von 2,6 ha berechnet (Pegelhochstand).

Die Nährstoffzufuhren aus dem Niederschlag sind bereits bekannt. Um die Frachten aller drei Drainagen zu erhalten, werden die Werte der gemessenen Süd-Drainage von Tabelle 2 wieder mit dem Faktor 3 multipliziert. Schwieriger ist es, die Nährstoffzufuhr durch die Direktzuflüsse zu schätzen. Zumindest für die Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr gibt es aber Anhaltspunkte dafür, dass hier nicht mit grossen Abschwemmungen von der Erdoberfläche zu rechnen ist. Als Begründung für diese Annahme dient die im März 1981 festgestellte massive Verdünnung der Weiherfrachten durch die Schneeschmelze in der Umgebung. Der Einfachheit halber wird angenommen, die Stoffkonzentrationen des Schnees seien gleich wie jene des Regens. In Wirklichkeit sind sie im Schnee häufig leicht höher.

Tab. 4: Vergleich der Stoffeinträge im Erlimoos durch Niederschlag und Drainagen für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981

		Drainagen	Niederschlag
Wassermenge	[m <sup>3</sup> ]	14 513 <sup>1</sup>	25 520
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	[kg]	1,6	5,1
Stickstoff (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	[kg]	67,5	25,5

<sup>1</sup> Erhalten durch Multiplikation des Wertes der Süd-Drainage mit dem Faktor 3

Für den Sommer und Herbst 1981 ist die direkte Nährstoffzufuhr aus der Umgebung schwieriger zu schätzen. Für die in Tabelle 3 berechneten 90 + 62 = 152 mm Direktzuflüsse vom 11. bis 27. März 1981 (Schneeschmelze) werden die Konzentrationen des Niederschlags zugrundegelegt, für die übrige Zeit aber jene der Drainagen. Vom 12. April bis 13. Dezember 1981 beträgt der Zufluss aller drei Drainagen 4215,3 m<sup>3</sup>. Dies ergibt:

	Konzentration	Fracht
Stickstoff	5,8 g/m <sup>3</sup>	24,4 kg
Phosphat	0,12 g/m <sup>3</sup>	0,5 kg

Für die Volumenbestimmung der Direktzuflüsse wird für die Zeit der Schneeschmelze vom 10. bis 27. März 1981 wieder eine Weiherfläche von

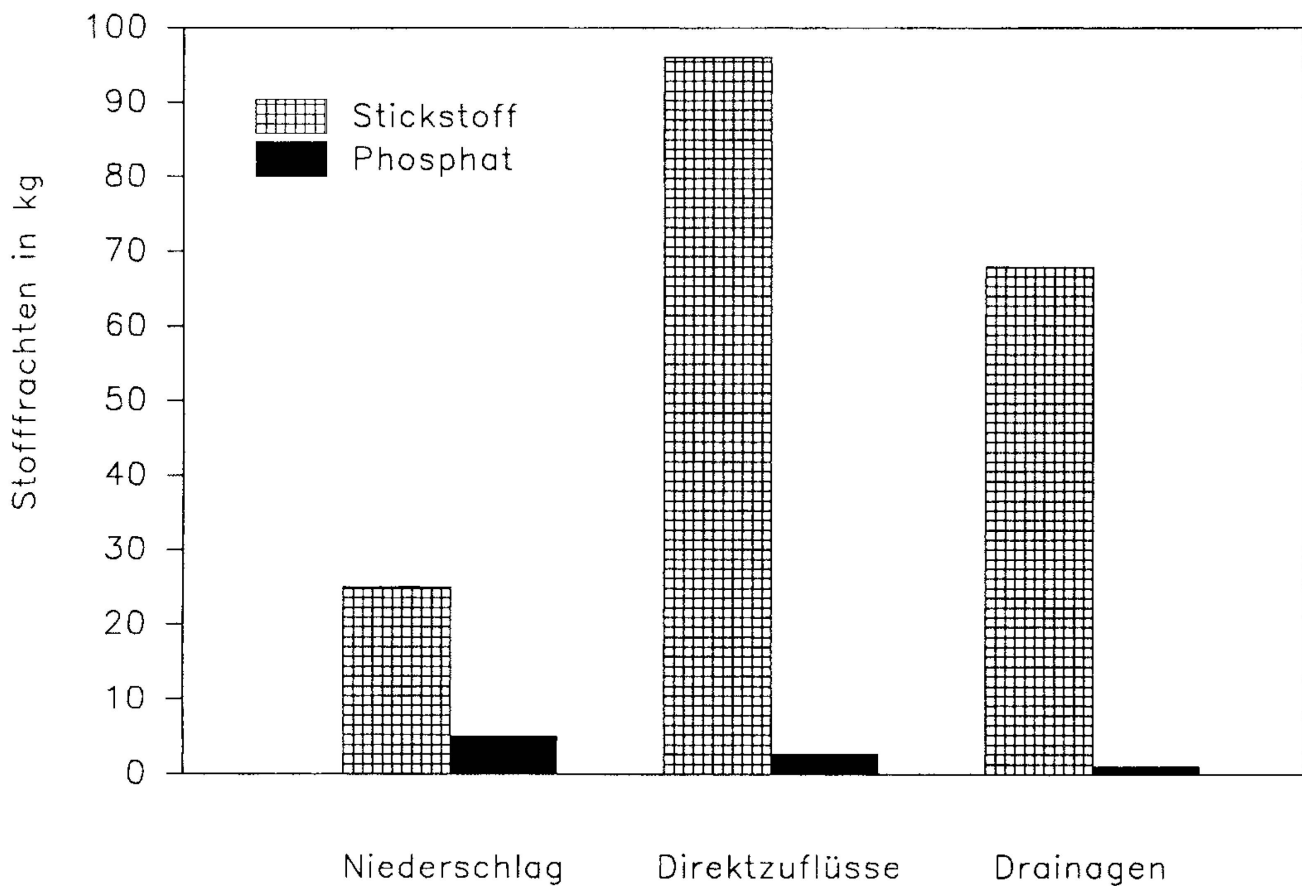


Abb. 7: Nährstofffrachten. Der Gesamtphosphor ist als Phosphat ausgedrückt.

2,6 ha zugrundegelegt (Pegelhochstand), für die übrige Zeit eine mittlere Weiherfläche von 2 ha:

	Höhe	Volumen
11. bis 27. März 1981	152 mm	3 952 m <sup>3</sup>
übrige Zeit	786 mm	15 720 m <sup>3</sup>
<b>Direktzuflüsse total</b>	<b>938 mm</b>	<b>19 642 m<sup>3</sup></b>

Tabelle 5 zeigt die aus Volumen und Konzentrationen berechneten Nährstofffrachten der oberflächlichen Direktzuflüsse, zusammen mit jenen von Drainagen und Niederschlag. Als überraschendes Ergebnis wird deutlich,

dass der Niederschlag der Hauptlieferant an Phosphat bzw. Phosphor ist. Dabei basiert dieser Wert auf einer relativ geringen Phosphatkonzentration von 0,2 mg/l Niederschlag. Selbst wenn die Zufuhren aus Direktzuflüssen deutlich höher wären, würde der dominierende Einfluss des Niederschlages bleiben.

An Stickstoff hingegen bringt der Niederschlag am wenigsten. Hauptlieferanten sind hier die Direktzuflüsse. Werden die Frachten von Niederschlag und Direktzuflüssen zusammengezählt (7,8 kg Phosphat sowie 120,7 kg Stickstoff), so erkennt man, dass diese Mengen gegenüber jenen der Drainagen bei weitem überwiegen. Abbildung 7 zeigt die Frachtzufuhren der einzelnen Zubringer graphisch dargestellt. Die gerundeten Summen aller Zufuhren betragen: 10 kg Phosphat und 200 kg Stickstoff.

Wie bereits erwähnt, werden die Nährstoffe im biologisch aktiven Weiher auf vielfältige Weise umgesetzt. Auch Fällungs- und Lösevorgänge sind beteiligt. Leicht lösliche Verbindungen können mit dem unterirdischen Abfluss teilweise ins Grundwasser abgeführt werden. Im Sommer werden wegen der Verdunstung Wasserinhaltsstoffe aufkonzentriert. Beim Nitrat muss zudem mit Denitrifikation gerechnet werden (Reduktion zu gasförmigem Stickstoff, welcher in die Atmosphäre entweicht). Es ist deshalb nicht möglich, aus den zugeführten Frachten die aktuellen Konzentrationen im Weiher zu berechnen. An den Aussagen über die zugeführten Nährstofffrachten ändert sich aber deswegen nichts.

### *9. Schlussfolgerungen*

In der Zeit vom 15. Dezember 1980 bis 13. Dezember 1981 waren der Niederschlag (43%) und die oberflächlichen Direktzuflüsse (32%) mit rund 2200 mm die Hauptzubringer an Wasser. Die Drainagen (25%) führten vergleichsweise wenig Wasser zu (Abb. 8). Auch im Winterhalbjahr – während den Hauptschüttungsphasen der Drainagen – überwiegen die Einflüsse der anderen Zubringer.

Obwohl die Drainagen im gesamten Wasserhaushalt nur eine Nebenrolle spielen, haben sie im Hinblick auf eine Weihersanierung dennoch Bedeutung erlangt. Dies auch deshalb, weil auf Niederschlag und Direktzuflüsse kein Einfluss genommen werden kann, die Drainagenzuleitungen aber aufgehoben werden können.

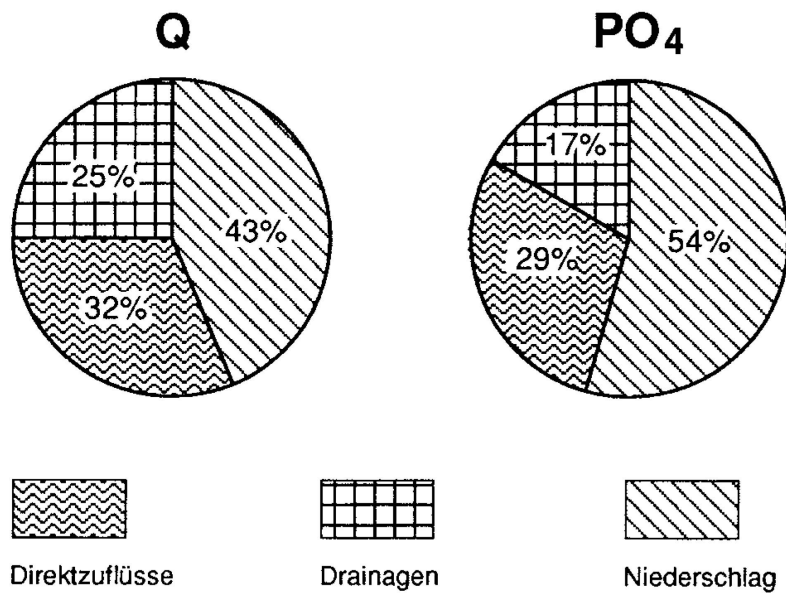


Abb. 8: Wasser und Phosphateinträge in den Weiher im Jahre 1981 (Dezember bis Dezember) mit den Anteilen der einzelnen Herkünfte.

Im Winter 1980/81 betrug die Pegelerhöhung durch die gemessene Süd-Drainage 132 mm, für alle drei Drainagen rund 400 mm. Im Winter 1981/82 betrug die Pegelerhöhung durch die Süd-Drainage bis zum 13. Dezember 1981 43 mm, für alle drei Drainagen etwa 128 mm. Nachher waren bis Mitte April 1982 keine Messungen mehr möglich; es ist aber wahrscheinlich, dass die Pegelerhöhung bis zum Frühjahr 1982 mindestens 500 mm ausmacht (Weiherpegel höher als im Vorjahr).

Daraus lässt sich folgern, dass mit einer Aufhebung der Drainagen eine Senkung des Weiherpegels erreicht werden könnte. Ein Unsicherheitsfaktor bei dieser Überlegung ist allerdings der nur geschätzte Beitrag der beiden nicht gemessenen Drainagen. Vorsichtig geschätzt würde bei einer Aufhebung der Drainagezufuhren im Frühjahr der Anstieg des Weiherpegels jeweils um mindestens 200 mm geringer ausfallen. Offen bleibt allerdings, ob dann wegen geänderter Gefällsverhältnisse der tiefere Weiherpegel durch erhöhte Schmelzwasserzufuhr nicht wieder angehoben würde.

Es bleibt daher als wirklich sichere Massnahme zur Regulierung des Wasserstandes nur die Schaffung eines künstlichen oberirdischen Abflusses. Diese Massnahme sollte während der Sommer zusätzlich mit einem künst-

lichen Zufluss ergänzt werden, um ein Trockenfallen des Weihers wegen der vorsommerlich tieferen Ausgangspegel zu vermeiden.

Bezüglich der Überdüngung des Weihers sind die Verhältnisse eindeutig. Eine Aufhebung der Drainagenzuflüsse bringt keine Lösung des Überdüngungsproblems, da die Drainagenbeiträge an Phosphat nur 17 Prozent der Gesamtzufuhr ausmachen (vgl. Abb. 8). Im Erlimoos wird die Produktion von Biomasse wie in den meisten Gewässern durch das Phosphat gesteuert.

Würden noch Phosphatzufuhren vom Sediment her miteinberechnet, so würde der Drainageanteil an der Gesamtzufuhr noch geringer ausfallen. Hinzu kommt, dass das Drainagenwasser nur niedrige Phosphatkonzentrationen mit Werten um 0,1 mg/l aufweist und somit das Weiherwasser verdünnen könnte. Wegen des insgesamt geringen Einflusses der Drainagen wäre diese Wirkung allerdings kaum erkennbar. Insgesamt also wird eine Aufhebung der Drainagenzuflüsse keine nachweisbare Änderung im Phosphatgehalt des Weihers bringen.

Mit einem Anteil von 29 Prozent bringen die Direktzuflüsse deutlich mehr Phosphat in den Weiher als die Drainagen (vgl. Abb. 8). Eine Reduktion dieser Phosphatzufuhren könnte nur durch einen Verzicht von Düngereinsatz in der Umgebung erreicht werden. Dies hätte allerdings zur Folge, dass die in Artikel II, Absatz 6 festgehaltenen Schutzbestimmungen wesentlich verschärft werden müssten. Trotz einer Verminderung der Phosphatzufuhren wäre jedoch eine Besserung des Weiherzustandes noch keineswegs gesichert. Es ist durchaus möglich, dass die verminderte Phosphatzufuhr durch eine Düngung vom Sediment her ausgeglichen würde. Zudem ist beim Hauptzubringer an Phosphat, dem Niederschlag, eine Einflussnahme nicht möglich. Die einzig sichere Massnahme zur Lösung des Überdüngungsproblems besteht somit in einer Ableitung des nährstoffhaltigen Weiherwassers mittels künstlichem Abfluss, verbunden mit gleichzeitiger Zufuhr von nährstoffarmem Wasser.

Künstliche Ab- und Zuflüsse würden sich sowohl bei Wasserstandsproblemen wie auch bei Überdüngungsproblemen positiv auswirken. In den Untersuchungsjahren 1980 und 1981 schied der Dorfbach wegen zu hohem Nährstoffgehalt als Wasserspender aus. In den letzten Jahren hat die Abwasserreinigung zu einer Verbesserung der Wasserqualität unserer Bäche geführt. In Landwirtschaftsgebieten bleibt aber immer noch eine Grundlast aus diffusen Einträgen, vor allem Abschwemmungen aus Kulturland. So-



Abb. 9/10: Blick über das Erlimoos gegen den Jura mit Schloss Bipp (oben) und gegen den Längwald (unten). Fotos Chr. Leibundgut jun., Roggwil.

lange der Nachweis nicht erbracht ist, dass sich der Dorfbach zu einem sauberen Gewässer gewandelt hat, sollte das Wasser weiterhin nicht in den Weiher geleitet werden.

Als stützende Sanierungsmassnahme müsste allenfalls noch eine Entfernung des Sedimentes in Erwägung gezogen werden. Zu empfehlen ist auch ein flacher Erddamm um den Weiher, um ihn gegen Direktzuflüsse abzuschirmen. Das Überwasser müsste in die vorgeschlagene Ableitung geführt werden.

### *Zusammenfassung*

In dieser Arbeit wurden Wasserhaushalt und Nährstoffhaushalt des Erlimooses untersucht, und zwar im Hinblick auf zwei in den vergangenen Jahren akut gewordene Probleme: den Wasserstand und die Überdüngung.

In der Wasserhaushaltsbilanz für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 war der Niederschlag bedeutendster Wasserzubringer zum Weiher, die Drainagen führten am wenigsten Wasser zu. Im Frühjahr waren vor allem die oberflächlichen Direktzuflüsse für den raschen Pegelanstieg verantwortlich. Am hohen Wasserstand im Frühjahr waren aber auch Pegelanstiege vom vorangehenden Frühwinter beteiligt; vom 28. November 1980 bis zum 13. Dezember 1980 stieg der Pegel um rund 500 mm, an diesem Anstieg waren die Drainagen zu rund 27% beteiligt. Die Wasserzufuhren betragen im betrachteten Jahr insgesamt rund 3000 mm, wovon allein 960 mm (840 mm gemessener Pegelanstieg + 120 mm berechnete Verluste) auf 32 Tage anfangs und Ende Winter entfielen.

Die mittleren Nährstoffkonzentrationen im Weiher betragen für die Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 1,1 mg/l Phosphat (= 0,36 mg/l Phosphor) und 2,6 mg/l Stickstoff in Form verschiedener Verbindungen. Im Erlimoos ist das Phosphat limitierender bzw. steuernder Faktor für die Produktion von Biomasse. Allfällige Sanierungsmassnahmen müssten also auf eine Minderung der Phosphatkonzentrationen im Weiherwasser zielen. Hauptsächliche Phosphatquelle bleibt der Niederschlag, während die Drainagen relativ wenig Phosphat brachten. Die gesamten Nährstoffzufuhren in der Zeit vom 15. Dezember 1980 bis zum 13. Dezember 1981 betragen rund 10 kg Phosphat (3,3 kg Phosphor) und rund 200 kg Stickstoff. Diese Zahlen sind vorsichtige Schätzungen, höhere Werte sind möglich, tiefere hingegen weniger wahrscheinlich.

Niederschläge und Direktzuflüsse lassen sich nicht verhindern. Eine Aufhebung der Drainagen könnte nur den Pegelanstieg im Frühjahr allenfalls etwas vermindern (Schätzung: um mindestens 200 mm), das Überdüngungsproblem würde dadurch aber noch keineswegs gelöst. Die einzige sichere Massnahme, mit der das Wasserstandsproblem wie auch das Überdüngungsproblem dauerhaft gelöst werden könnte, stellt die Schaffung eines künstlichen Zuflusses und Abflusses dar. Mit diesem könnte der Wasserstand nach Wunsch reguliert, nährstoffreiches Weiherwasser weggeführt und durch Ersatz mit nährstoffarmem Wasser der Phosphatgehalt im Weiher gesenkt werden. Die Anlage eines flachen Ringdammes zur Verhinderung direkter Zuflüsse aus den umgebenden Flächen sowie die Ausscheidung einer umgebenden Schutzzone mit eingeschränkter Düngung könnten als stützende Massnahmen wertvoll sein.

#### *Literaturverzeichnis*

- BINGGELI V.: Hydrologische Studien im zentralen schweiz. Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 22. Bern 1974.
- BORNHOLDT A.: Evaporation und Evatranspiration – Korrelationsuntersuchungen in einem Bewässerungsgebiet. Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut der TU Braunschweig, Heft 23, Braunschweig 1970.
- EIDG. ANSTALT FÜR WASSERVERSORGUNG, ABWASSERREINIGUNG UND GEWÄSSERSCHUTZ (EAWAG): Bericht über den gegenwärtigen Zustand des Inkwilersees, die getroffenen Sanierungsmassnahmen und die Belüftung (im Auftrag Eidg. Amt für Gewässerschutz, Bern), Zürich 1970.
- Gewässerschutz in der Schweiz. Bericht über eine Studie: «Gewässerschutz 2000.» Sonderdruck Nr. 872 aus: Zeitschrift «Gas – Wasser – Abwasser» des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Zürich 1977.
- EIDG. DEPARTEMENT DES INNERN: Nitrat im Trinkwasser – Lagebericht. Bern 1979.
- EIDG. GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION: Waschmittelphosphate. Schriftenreihe Umweltschutz Nr.14, Bundesamt für Umweltschutz. Bern 1983.
- GEORGII H.W.: Untersuchungen über das Auswaschen atmosphärischer Spurenelemente durch Wolken und Niederschlag. Bericht Deutscher Wetterdienst, 14, 100. Offenbach/M. 1965.
- KANTON BERN: Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates mit Schutzplanungen Naturschutzgebiet «Erlimoos». Bern, 1969.
- KELLER H. M.: Der Einfluss der Wassermenge auf den Chemismus kleiner Bäche, beobachtet in kleinen Einzugsgebieten im Alptal SZ. Dissertation ETH. Zürich 1970.
- KUNZ W.: Belastung und Entlastung des Zürichsees hinsichtlich Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Dissertation Universität Zürich. Zürich 1977.

- LEIBUNDGUT CH.: Die Berechnung der Verdunstung aus der Wasserbilanz von Einzugsgebieten. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 25, Bern 1978.
- Matthess G.: Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 2, Berlin, Stuttgart 1973.
- Richter D.: Zusammenfassung von Ergebnissen einer einheitlichen Bestimmung der Gebietsverdunstung. Wasserwirtschaft – Wassertechnik, Heft 2, Berlin (DDR) 1974.
- SCHMALZ K. L.: Ein neues Naturschutzgebiet – das Erlimoos bei Oberbipp. Jahrbuch des Oberaargaus 1969. Langenthal 1969.
- SCHWEIZ. METEOROLOGISCHE ANSTALT (SMA): Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmessungen. Quartalshefte 1980/81. Zürich 1981.
- STUDIENGRUPPE VERDUNSTUNG: Die Verdunstung der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie Nr. 25, Bern 1978.
- VOLLENWEIDER R. A.: Die wissenschaftliche Grundlage der Seen- und Fliessgewässer-Eutrophierung, unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren. OECD-Bericht/DASCSI/68.27, Paris 1968.
- Input-Output Models. With Special Reference to the Phosphorus Loading Concept in Limnology. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie, Basel 1975.
- WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFTSAMT DES KANTONS BERN (WEA): Grundlagen für die Siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern, Hydrogeologie Oberaargau. Bern 1981.
- WERNLI H. R.: Tracerhydrologische Untersuchungen im Langetetal, Chemische Untersuchungen. In: Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Jahrgang 1981. Graz 1981.
- WERNLI H. R. & LEIBUNDGUT CH.: Zum Wasser- und Nährstoffhaushalt im Flachweiher Erlimoos. Grundlagen zu einem Sanierungskonzept. Bern 1983.
- ZOBRIST J., STUMM W.: Wie sauber ist das schweizerische Regenwasser? Separatdruck der Neuen Zürich Zeitung, Beilage Forschung und Technik, Nr. 146, Zürich 1979 (27. Juni).