

DER KOCHELSEE - STOFFHAUSHALT UND ÖKOLOGIE EINES STARK DURCHSTRÖMTEN ALPINEN SEES

Alfred Hamm

I. Einleitung

Der Kochelsee ist der am stärksten durchströmte natürliche See Bayerns. Er wäre dies auch mit dem Zufluß der oberen Loisach allein, also ohne den beim Bau des Walchenseekraftwerkes 1920/22 geschaffenen Walchenseekraftwerksabfluß, der den Wasserdurchsatz durch den See etwa verdoppelte. Die wichtigsten topographischen und hydrologischen Daten des Sees nach der Neuvermessung durch das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft 1979 (1) bringt Tabelle 1. Die hohe Durchflußrate wird in der mittleren, theoretischen Aufenthaltszeit von nur 43 Tagen deutlich. Damit nimmt der Kochelsee gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen einem richtigen See und einem Speicher im alpinen und voralpinen Raum ein.

<u>Tabelle 1:</u> Wichtige topographische und hydrologische Daten des Kochelsees (aus: Verzeichnis der Seen in Bayern; Flußgebietsverzeichnis, Deutsches Gewässerkundl. Jb. 1978, Hrsg. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft)	
Wasserspiegelhöhe	598,81 müNN
Seeoberfläche A_0	$5,95 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
max. Tiefe T_{\max}	65,9 m
mittl. Tiefe \bar{z}	31,04 m
Volumen V	$184,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Einzugsgebiet F_N	$683,76 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
davon Loisach, Pegel Schlehdorf (alt)	$640 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
Walchenseekraftwerksabfluß	anteilig $683 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
Umgebungsfaktor f_U	115 (ohne WKA) 225 (mit WKA)
Seeabfluß Loisach:	
MQ (Pegel Kochel 1950/78)	$49,5 \text{ m}^3/\text{s} = 1558 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$
hydraulische Belastung $q_s = \frac{Q}{A_0}$ ($Q_{\text{ab}} = Q_{\text{zu}}$)	262 m/a
theoretische Aufenthaltszeit τ_W	0,12 Jahre bzw. 43 Tage

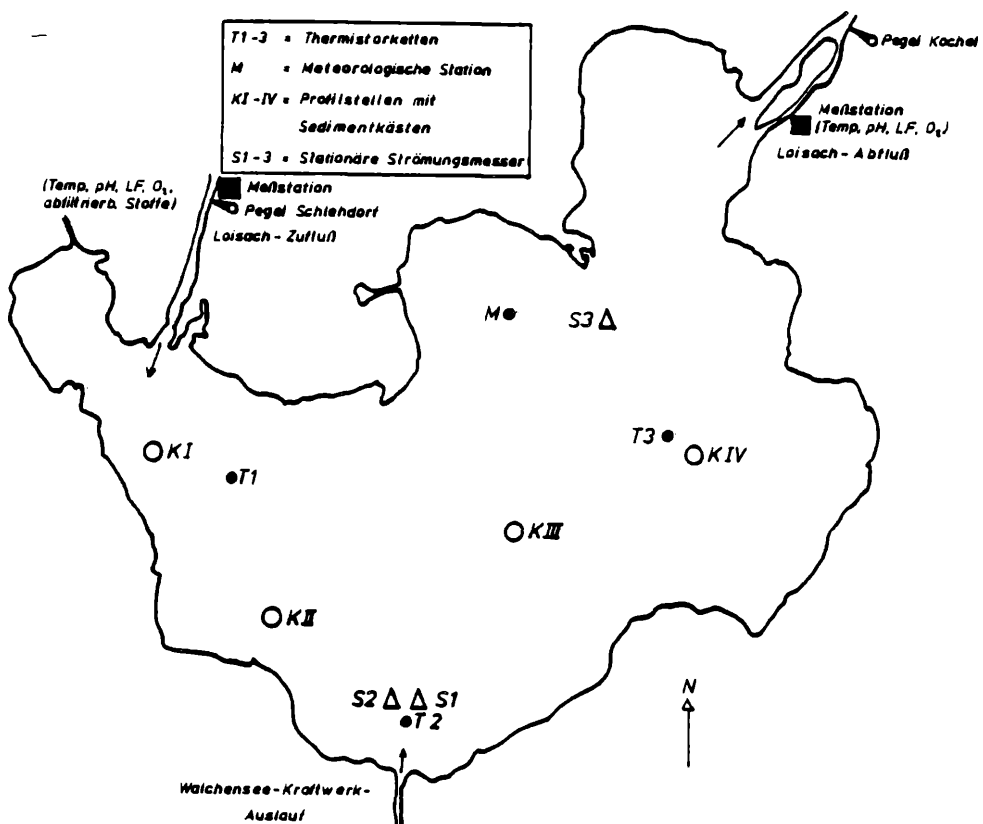
Diese Situation war ausschlaggebend dafür, den Kochelsee im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 81 an der Technischen Universität München "Abfluß in Gerinnen" als Forschungsobjekt auszuwählen. Im Teilprojekt A 5: "Erfassung eines stark durchströmten voralpinen Sees" führt daher seit dem Jahre 1979 die Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung gemeinsam mit dem Institut für Hydraulik und Gewässerkunde der TU München unter Beteiligung verschiedener anderer Institutionen, wie dem

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, dem Institut für Radiohydrometrie der GSF, dem Bot. Institut der Universität München und dem Institut für Thermodynamik der TU München Forschungsarbeiten an diesem See durch, letztendlich mit dem Ziel, die Vorgänge zur Strömung, Stoffhaushalt und biozönotischer Entwicklung in integrierter Weise modellmäßig zu beschreiben.

2. Meßprogramm

Das bisher durchgeführte Teilprojekt A 5, durchgeführt im Zeitraum von 1979 - 1983, diente vor allem der Erfassung von Felddaten. Zu Beginn der Untersuchungen wurden verschiedene Meßeinrichtungen in den See eingebracht, deren Position in Abb. 1 eingezeichnet ist. Es handelt sich im wesentlichen um eine im See verankerte meteorologische Station, 3 Thermistorketten zur ständigen Registrierung der Temperatur in verschiedenen Tiefen, stationär und variabel eingesetzten Strömungsmessern und vier festen Meßpunkten mit Sedimentationssammlern K_I , K_{II} , K_{III} , K_{IV} für die chemisch-biologischen Untersuchungen. Ferner wurde an der Loisach beim Pegel Schlehndorf eine Meßstation errichtet, sowie weitere Meßeinrichtungen am Seeauslauf. Nähere Einzelheiten zum Meßprogramm können den Veröffentlichungen bei (2), (3) und (4) entnommen werden.

Abb. 1: Positionsplan der Meßeinrichtungen am Kochelsee



3. Untersuchungen an der Loisach (Pegel Schlehdorf)

Da ein stark durchströmter See in allen seinen Erscheinungsformen in ganz erheblichem Maße von dem rasch wechselnden Abfluß und der wechselnden Beschaffenheit des Zuflusses geprägt wird, wurde den Untersuchungen an der Loisach als Hauptzufluß zum See das größte Augenmerk geschenkt. Der Walchenseekraftwerkabfluß ist relativ konstant in seiner Menge und Beschaffenheit. Der Aufbau der Meßstation an der Loisach beim alten Pegel Schlehdorf geht aus Abb. 2 hervor. Neben der registrierenden Temp.-, O_2 -Gehalt-, pH- und Leitfähigkeitsmessung wurde eine kontinuierliche autom. Schwebstoffmessung mit dem β -Sedimeter eingerichtet, da die Schwebstoffführung in einem voralpinen Abflußsystem eine ganz besonders wichtige Rolle spielt und auch für den Stoffhaushalt des Sees von entscheidender Bedeutung ist. Damit können Stundenwerte zum Schwebstoffgehalt im Fluß kontinuierlich gewonnen werden.

Abb. 2:

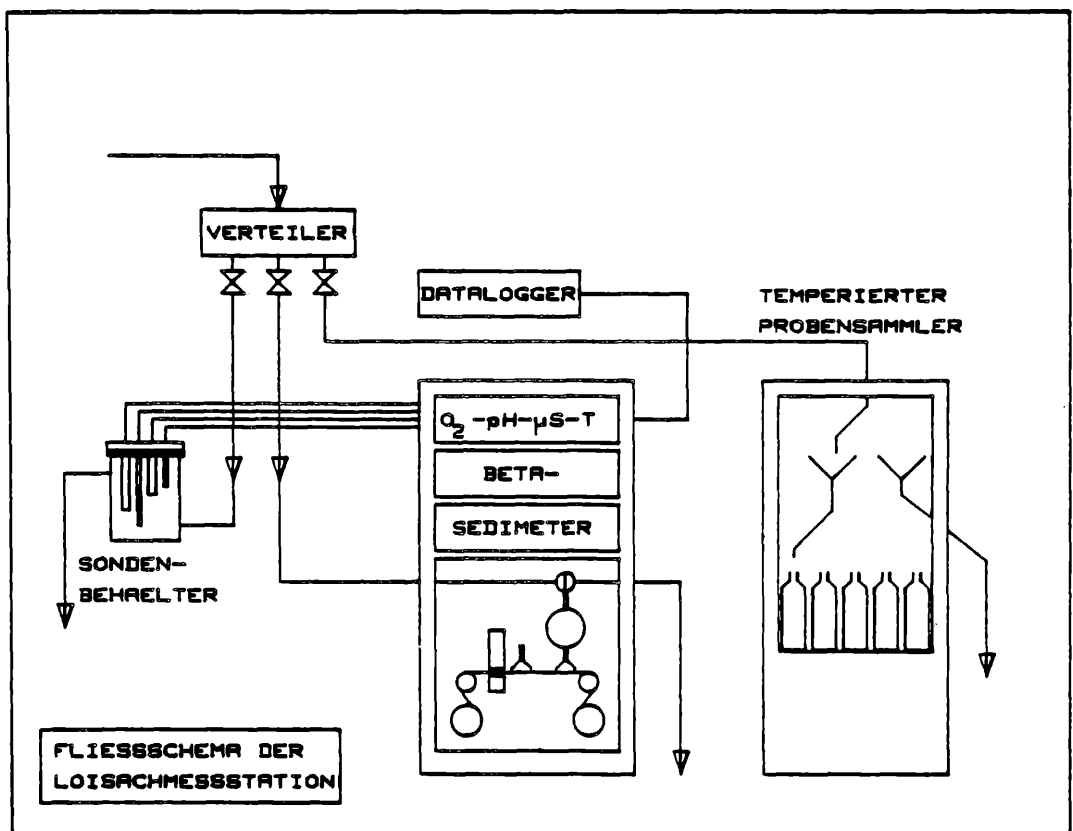


Abb. 3 zeigt ein Beispiel von Stundenwerten der Schwebstoffgehalte in der Loisach und zwar zum Hochwasser im Juni 1983. Es ist daraus der starke Anstieg der Schwebstoffgehalte im Vorlauf der ersten Hochwasserspitze zu erkennen, eine starke Abnahme im Hochwasserscheitel und eine zweite Spitze, die möglicherweise mit einem besonderen Erosionsereignis im Einzugsgebiet zusammenhängt. Es wird aus diesen Ganglinien deutlich, daß stichprobenartige Untersuchungen an einem solchen Gewässer wie der Loisach mit dem raschen Wechsel in Abfluß und Beschaffenheit nur sehr unzureichende Ergebnisse liefern können, so daß für die Ermittlung des gesamten Stoffeintrages in den See nur mit kontinuierlicher Messung eine zutreffende Genauigkeit zu erreichen ist.

Abb. 3

SCHWEBSTOFF - ABFLUSS DIAGRAMM

Juni 1983 Stundenmittelwerte

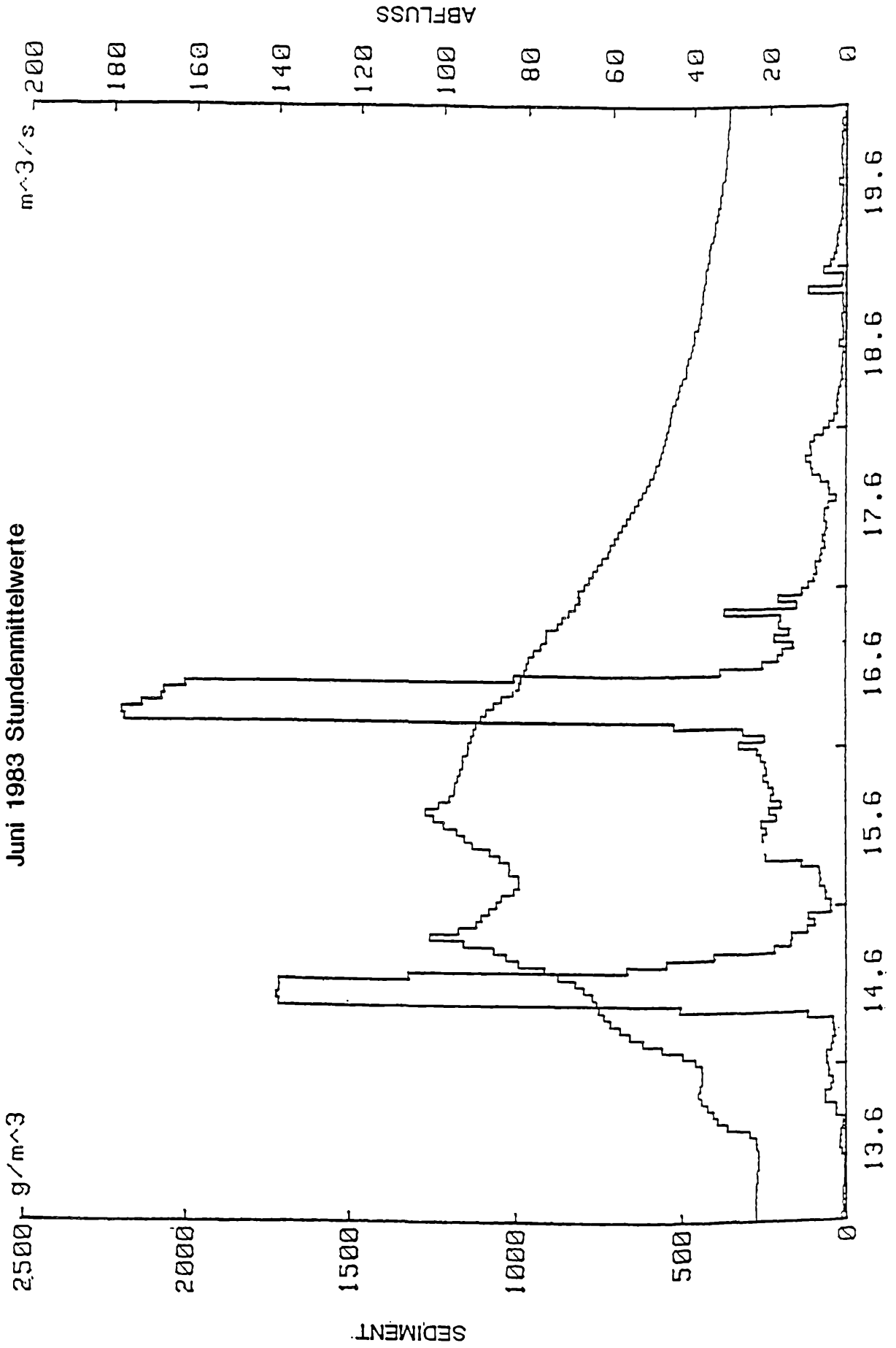


Abb. 4 bringt als Beispiel Ganglinien der Temperatur- und Sauerstoffmessungen an der Loisach. Vorwiegend die Temperaturmessungen an der Loisach sind wichtig zur Beschreibung des Einschichtverhaltens im See. Den Jahrgang aus Tagesmittelwerten beispielhaft für 1981 bringt Abb. 5 (aus 6).

Abb. 4:

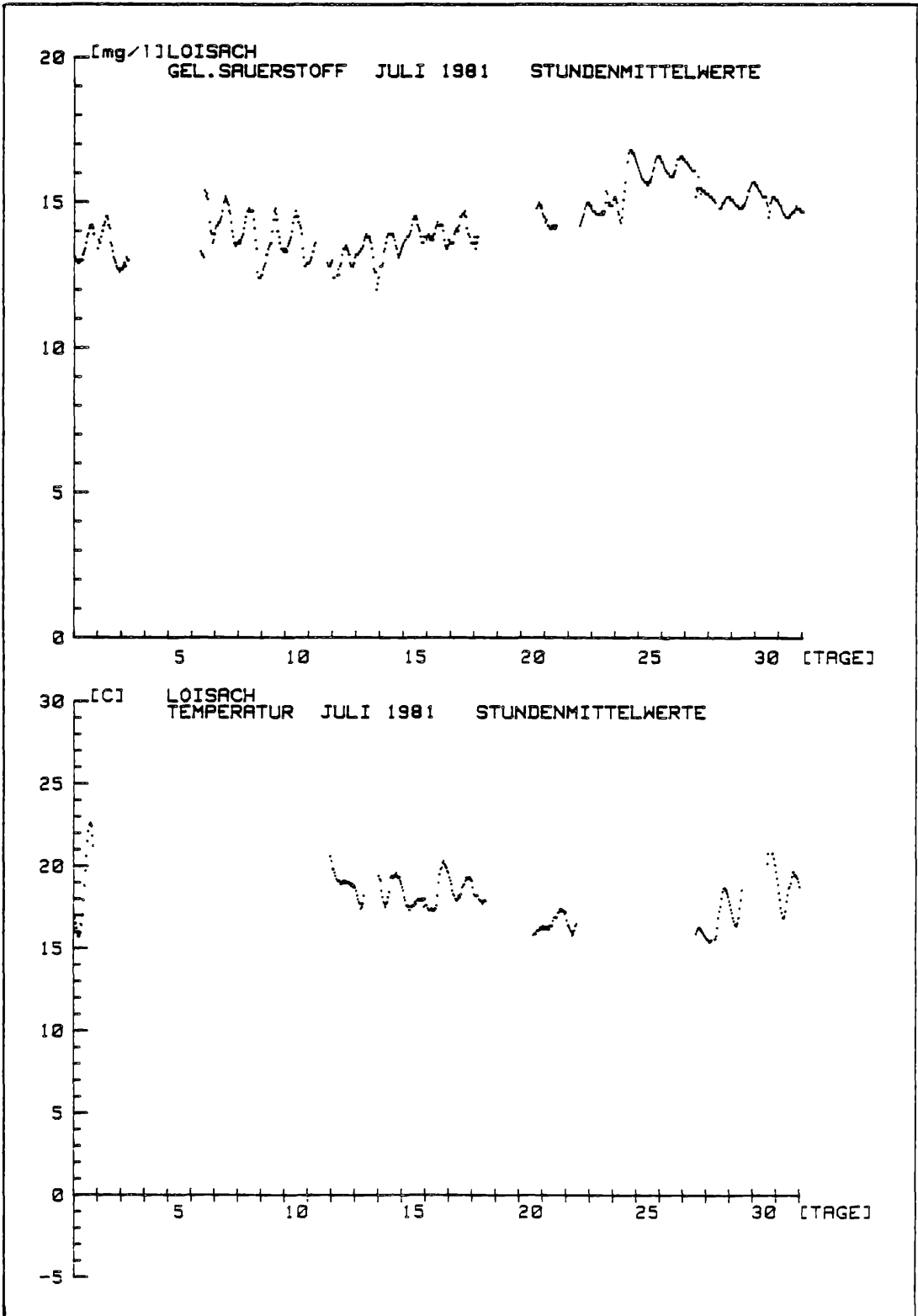
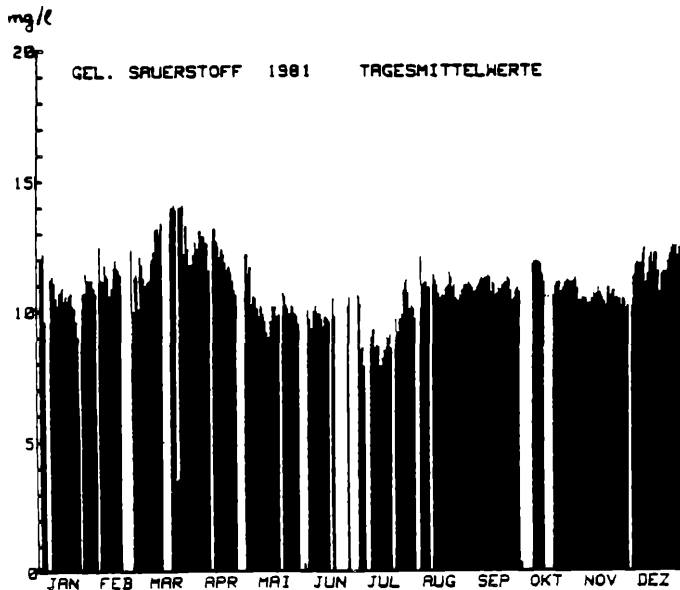
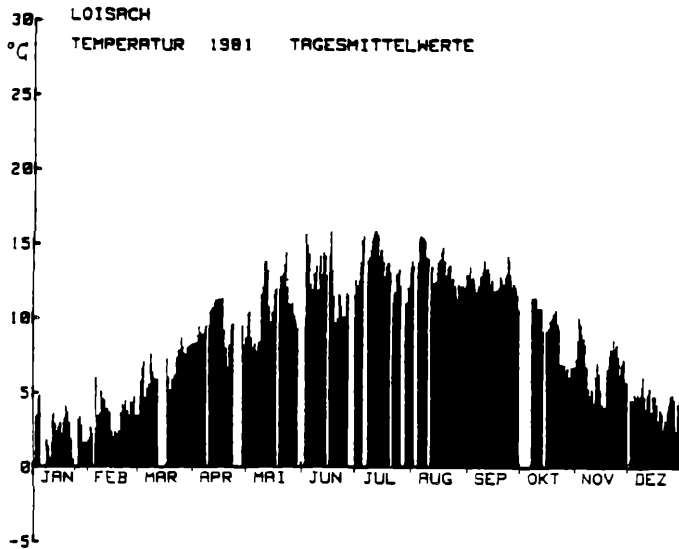


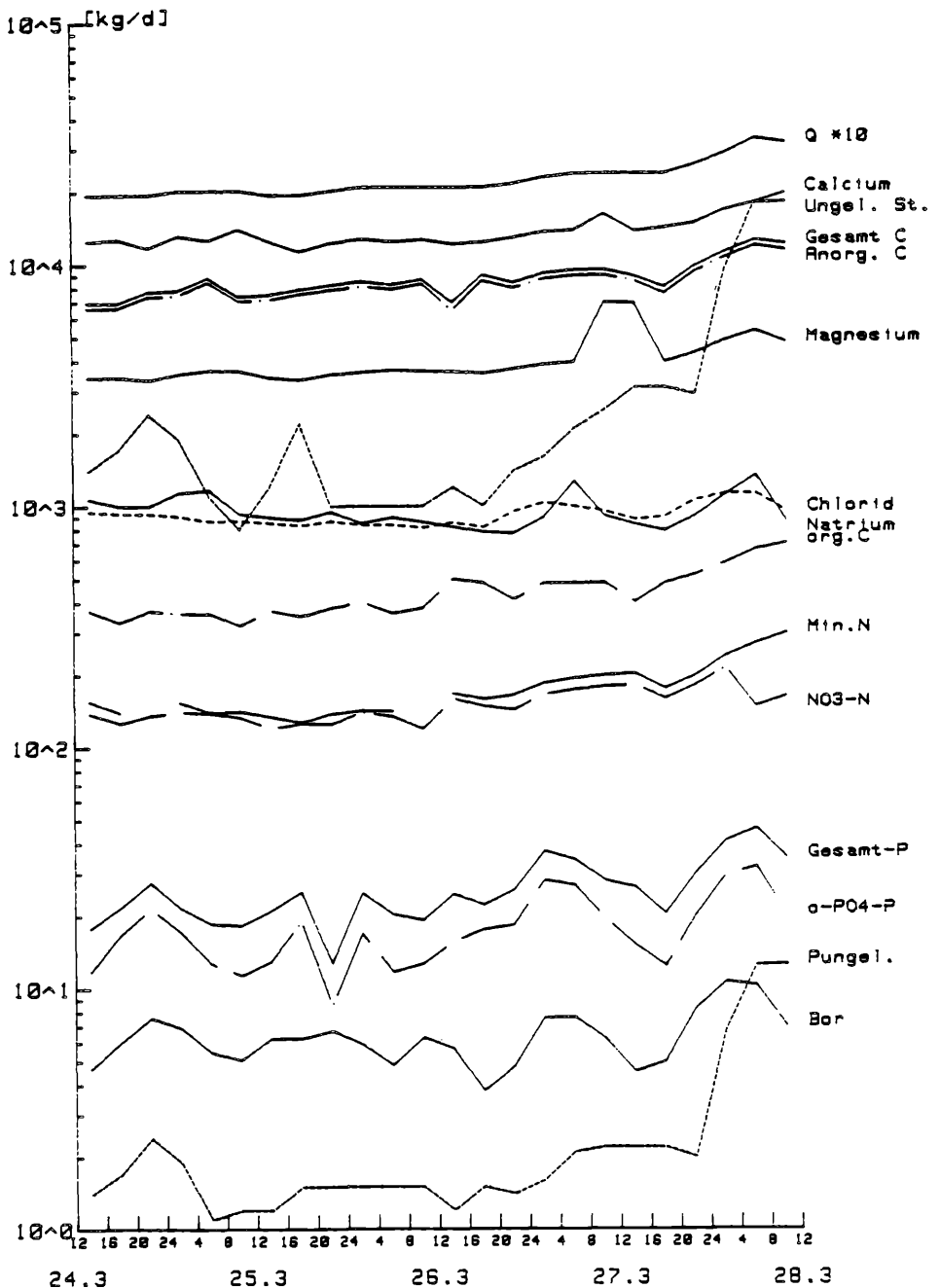
Abb. 5: Temperatur und Sauerstoffgehalt der Loisach am Pegel Schlehdorf



Mit Hilfe des Probenehmers können Serien von Stunden-, Tages- oder Wochenproben genommen werden. Für die Stoffbilanzierung wurden im Regelfall Wochenmischproben entnommen, in Sondermeßaktionen zur Ermittlung des Tages- und Wochenganges des Stoffeintrages in den See auch Probenserien in kürzeren Zeitabständen. Abb. 6 (S. 22) zeigt als Beispiel Serien von 4-Stunden-Mischproben an der Loisach zur Erfassung kurzfristiger Schwankungen der Stofffrachten in der Loisach (7). Es handelt sich um eine Phase bei Niedrigwasserabfluß mit einem Abflußanstieg am Ende der Serie. Mit der logarithmischen Darstellung auf der Ordinate können alle untersuchten Stoffe in einer Darstellung untergebracht und auch die Frachtgrößen der einzelnen Stoffe im Vergleich zueinander deutlich gemacht werden. Besonders hinzuweisen ist auf die wellenförmigen

gen Ganglinien abwasserbürtiger Belastungen, wie der P-Verbindungen oder des Bor, das im wesentlichen aus Waschmitteln stammt. Diese Wellen entstehen durch die Tagesschwankungen der Abwassereinleitung, insbesondere aus Garmisch-Partenkirchen, das nur über eine mechanische Kläranlage verfügt (biologische Stufe im Bau) und entsprechend der Zeitverzögerung im Abfluß (nach Tracermessungen bei MNQ Fließzeit von Garmisch → Pegel Schlehdorf ca. 14 Stunden, bei MQ 7 1/2 Stunden) zu entsprechender Zeit beim Pegel Schlehdorf in der Loisach deutlich werden. Überwiegend geogen beeinflusste Stoffe, wie anorg. Kohlenstoff, Nitrat-Stickstoff und Silicium zeigen keine solchen Ganglinien. Der leichte Abflußanstieg am Ende der Serie führt zu einer Frachtzunahme der ungelösten Stoffe und dementsprechend auch des ungelösten Phosphors.

Abb. 6: Loisach-Pegel Schlehdorf, Ganglinien der Stofffrachten in Serien von 4-Stunden-Mischproben bei Niedrigwasser



Besonders wichtig ist, daß bei kurzfristigen Abflußanstiegen gerade die anthropogenen Belastungsstoffe häufig einen "Vorlauf" zeigen, d.h. die Frachtspitze liegt vor der Abflußspitze (z.B. o- $\text{PO}_4\text{-P}$). Die Beziehungen der Stofffrachten zum Abfluß sind bei den vorwiegend geogenen Substanzen sehr eng, während bei den überwiegend anthropogen beeinflussten Stoffen, die aber als Belastungsstoffe besonders wichtig sind, viele andere Einflüsse neben dem Abfluß noch eine Rolle spielen. Hinsichtlich der Phosphorverbindungen ist die Differenzierung von vorwiegend abwasserbürtigem Phosphor und Phosphor aus der Erosion bei der Beurteilung des Eutrophierungspotentials für den See von Bedeutung. Der vorwiegend ungelöste Erosionsphosphor spielt keine so große Rolle als Eutrophierungsfaktor, da er wenig pflanzenverfügbar ist. Andererseits werden auch gelöste P-Verbindungen u.a. auch aus Abwassereinleitungen durch Sorption an Schwebestoffe gebunden. Durch Sedimentation im Flußlauf können diese damit zeitweise zurückgehalten werden. Anhand der statistischen Verteilung der P-Fractionen ergab sich, daß bis etwa zu dem 1,5-fachen der mittleren Wasserführung in der Loisach eine Akkumulation von P im Flußlauf stattfindet und erst bei höheren Wasserführungen dieses Material ausgeräumt wird (7). Ersterer ist in rd. 60 - 70 % der Tage innerhalb eines Jahres der Fall, letzterer nur bei rd. 30 %, wobei im Abflußanstieg die absolut größten Stofffrachten transportiert werden. Hier können im "Vorlauf" auch große Mengen gelöster P-Verbindungen in den See gelangen, während in ausgesprochenen Hochwässern der Erosions-Phosphor bei weitem überwiegt. Es ist allerdings vorerst nicht möglich, bei dem ungelösten P höherer Wasserführungen zwischen P aus Erosion im Einzugsgebiet und dem Ausräumen vorher akkumulierten Materials klar zu unterscheiden. Hinsichtlich P als Belastungsgröße für den See würde man, wenn man nur gelöstes Ges. P betrachtet, eine Unterbewertung vornehmen, bei Ges. P einschließlich der Flußschwebstoffe führt man zweifelsohne eine Überschätzung durch.

4- Strömung und Schichtung im Kochelsee

Das Abflußgeschehen in einem voralpinen Gewässersystem erfolgt im Jahresverlauf nach einem bestimmten Muster mit folgenden wichtigen Phasen: a) winterliches Niedrigwasser, b) Schneeschmelze, c) sommerliches Hochwasser, d) Abflußabfall im Herbst, e) vorwinterliche Niederschlagsereignisse. Abb. 7 (S. 24) zeigt beispielhaft die Wochenabflüsse aus dem Kochelsee des Jahres 1981, das besonders charakteristisch war. Dieses Abflußschema, das naturgemäß von Jahr zu Jahr etwas anders aussieht, hat weitreichende Konsequenzen für die Vorgänge im stark durchströmten See. Das wird zunächst im Temperaturregime des Sees deutlich (8).

Abb. 8 (S. 24) zeigt beispielhaft die Thermoisoplethen für das Jahr 1981. Besondes auffallend ist beim Kochelsee die außergewöhnlich lange Zeit der Homothermie und Volldurchmischung im Frühjahr. Erst im Mai entwickeln sich allmählich Temperaturschichtungen im See, zunächst oberflächennah und ohne scharfe Sprungschichtbildungen. Die permanente, echte Sprungschicht, die sich im Sommer allmählich ausbildet, liegt ungewöhnlich tief, bei 35 - 40 m mit allmählichem Absinken zum Herbst hin. Im oberen Wasserkörper können sich temporäre Sekundärschichtungen ausbilden, stets bleibt er jedoch in die zuflußbedingten Austauschvorgänge einbezogen, während der Tiefenwasserkörper unter ca. 40 m in der Stagnationsphase davon nicht mehr berührt wird. Das Sommerhochwasser wird in einem deutlichen Temperatursprung mit einem Abfall der

Abb. 7: Wochenabflüsse der Loisach beim Pegel Kochel (Abfluß aus dem Kochelsee) 1981

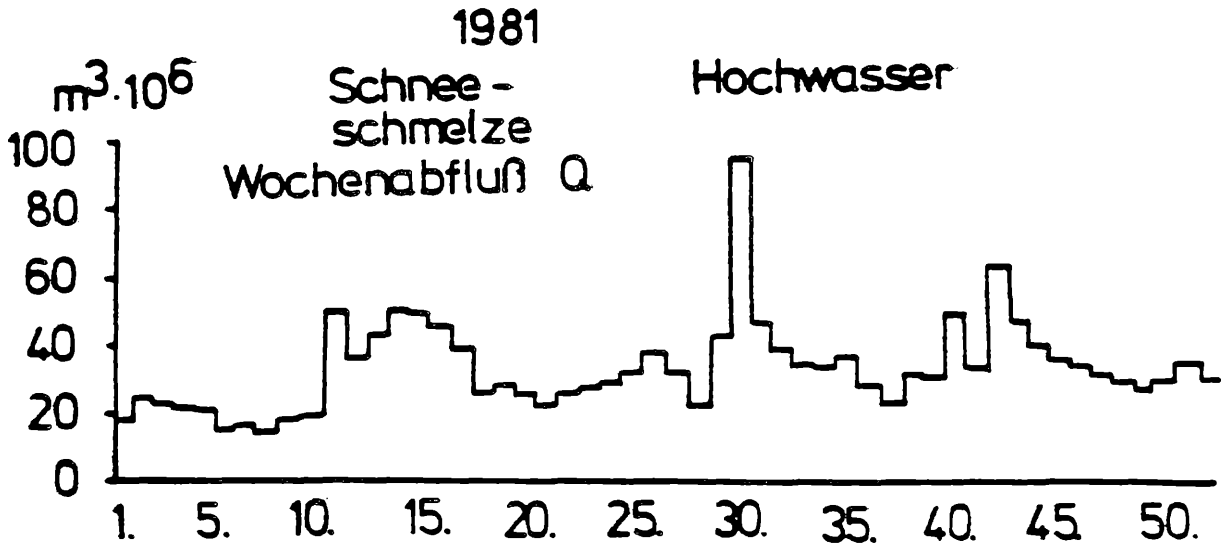
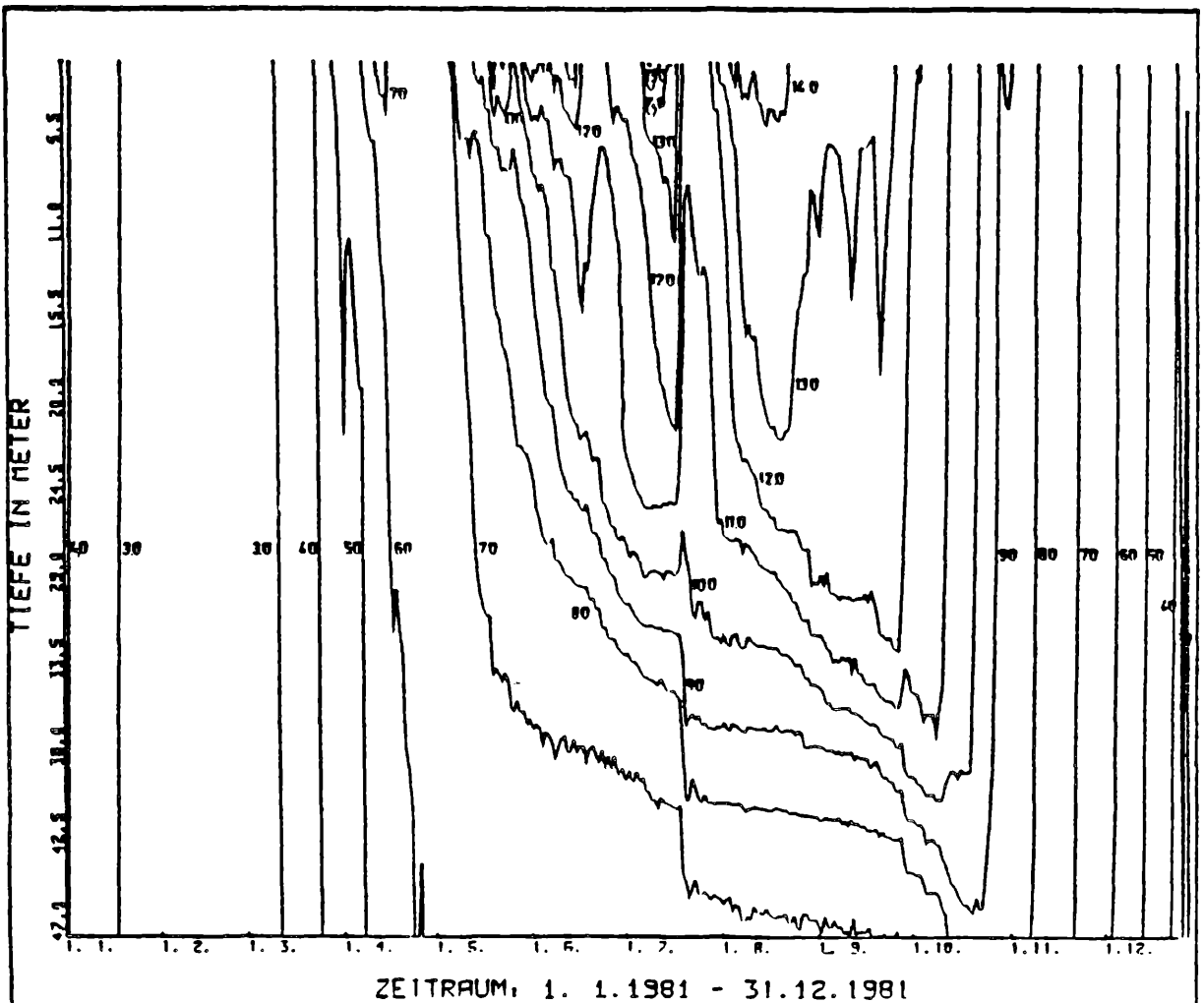


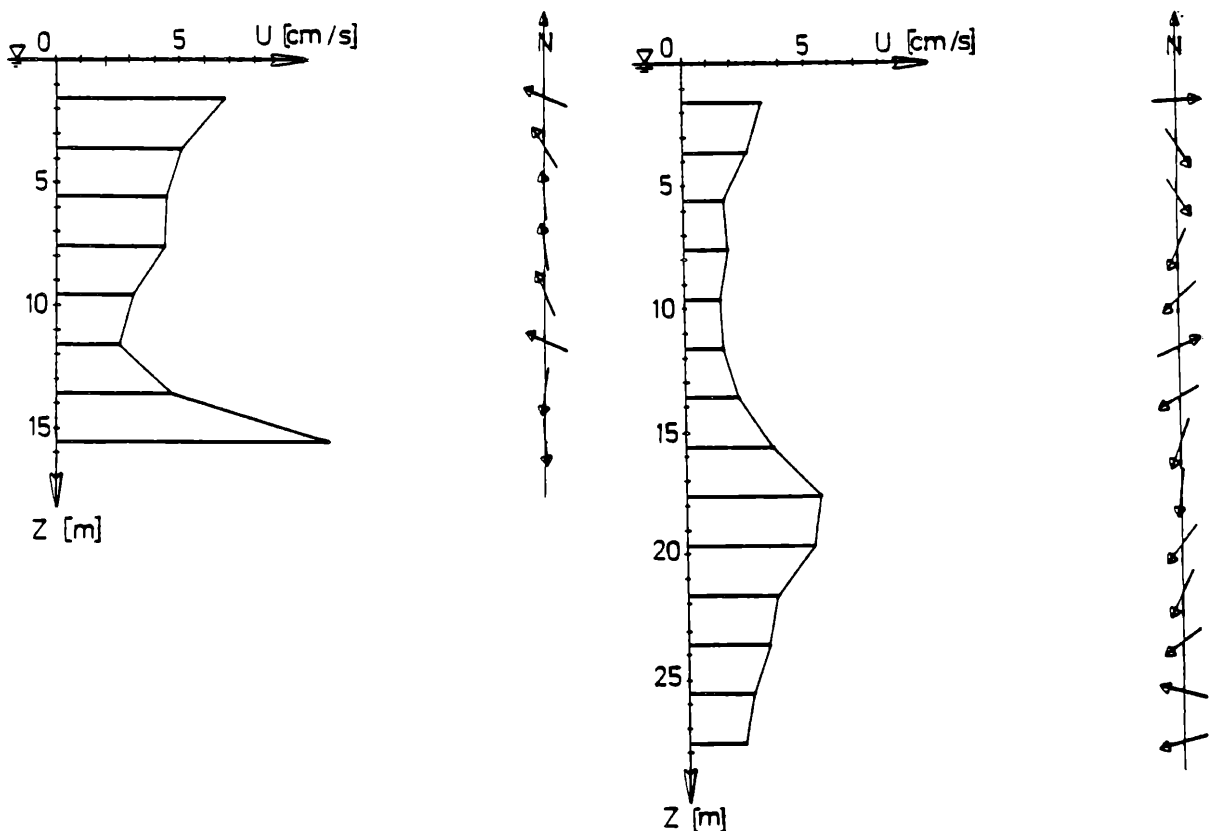
Abb. 8: Thermoisopleten-Diagramm vom Kochelsee 1981



Temperatur im oberen Wasserkörper und einer Temperaturanhebung tieferer Wasserschichten bemerkbar, was zeigt, daß dieser ganze Wasserkörper bei einem solchen Ereignis vertikal durchmischt wird.

Das Institut für Hydraulik und Gewässerkunde führte sehr umfassende Strömungsmessungen im See durch, von denen Abb. 9 nur ein Beispiel zeigt. Strömungsmessungen unterhalb von Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 2 cm/sec sind bis heute meßtechnisch noch nicht zu erfassen. Die zufluß- und windinduzierten Strömungsvorgänge in Seen werden im Rahmen des speziellen Fachgebietes der "Seephysik" heute international sehr intensiv bearbeitet und mittlerweile auch in sehr verfeinerten mathematischen Modellen simuliert. Auch für den Kochelsee wurden bereits strömungsmechanische Modelle entwickelt (9). Letztendlich sollen diese Messungen und Modellvorstellungen der Hydromechanik von Seen einmünden in die Ermittlung und Berechnung der realen Aufenthaltszeiten in Abhängigkeit von Durchfluß und Schichtung im See und in den Aufbau von Stoffhaushaltsmodellen, wie sie für die weitere Forschungsarbeit am Kochelsee geplant sind.

Abb. 9: Strömungsprofile im Bereich der Loisach-Mündung (24.8.1982)



Auch die Untersuchungen zum Stoffhaushalt konnten Beiträge zum Verständnis des Wasser- und Stoffdurchganges durch den Kochelsee bringen (10). Abb. 10 (S. 27) zeigt z.B. Trübungsprofile im See vor, in und nach einem Sommerhochwasser, die einen zweigipfligen Durchgang des Loisachwassers anzeigen.

Ähnliches ergibt sich bei den P-Profilaufnahmen 1979 mit hohen Konzentrationsspitzen am 27.8. als Folge eines Unwetters im Garmischer Raum im August 1979 (Abb. 11). Die Stofffracht der Loisach gleitet auf der stabilen Sprungschicht in ca. 40 m Tiefe auf. Ein zweiter Gipfel schiebt sich in 10-20 m Tiefe durch den See. Erst später wird dann auch das Oberflächenwasser aufgefüllt. Somit ist der Durchgang einer Hochwasserwelle im See im wesentlichen als Verdrängungsvorgang zu sehen. Durch die Wasserspiegelanhebung wird beim Hochwasser das oberflächennahe Seewasser in den Abfluß geschickt, was weitreichende Folgen für Stoffhaushalt und Phytoplanktonentwicklung hat.

Abb. 11: Ges. P-Konzentrationen in dem Loisach-Zufluß, den Seeprofilen K I - K IV und in dem Loisach-Seeabfluß 1979. Beachte die Vertikalprofile vom 27.8.

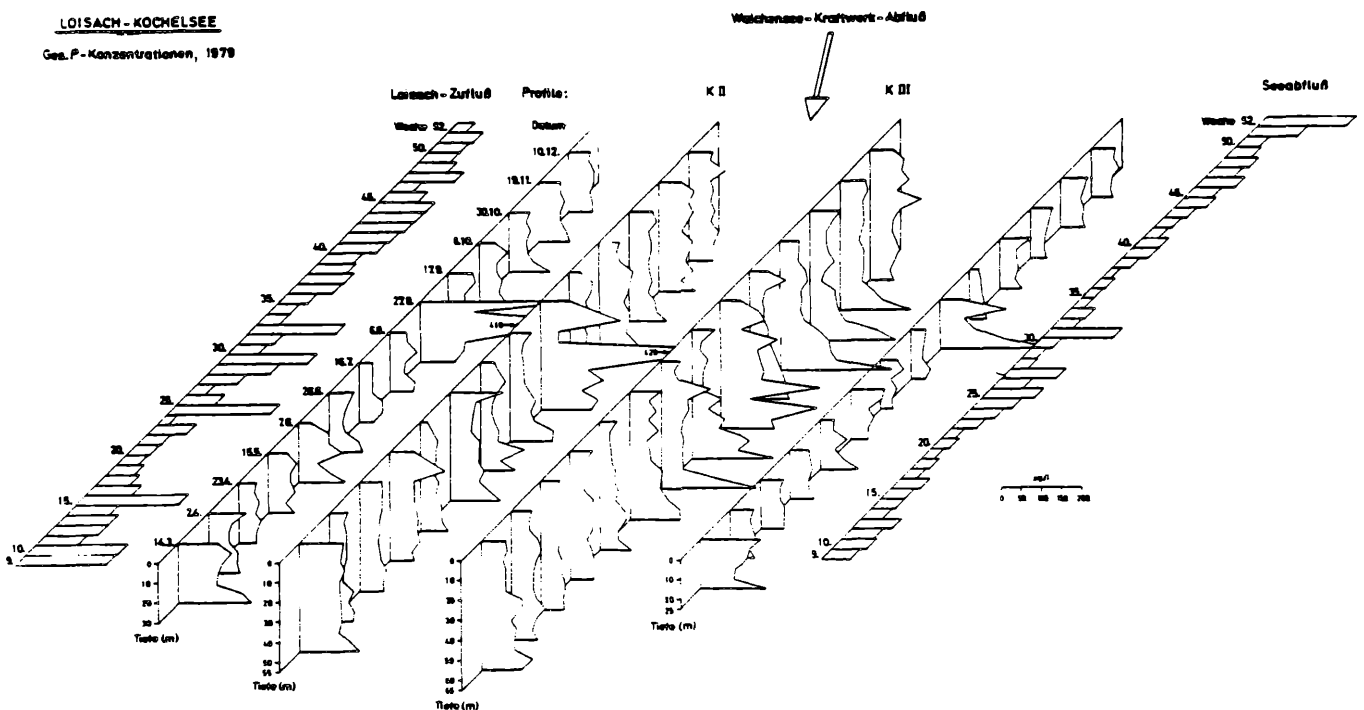
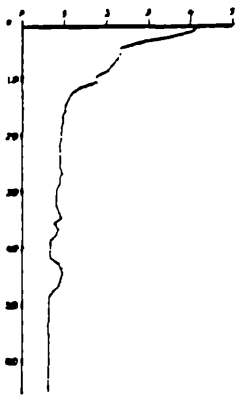


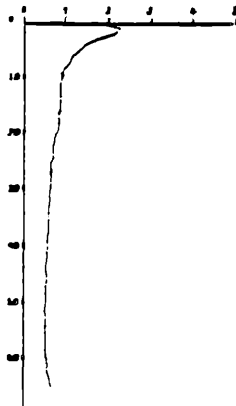
Abb. 10: Trübungsprofile Mai-Juli 1981; Profilstelle K_{III}.

Während im Mai und Juni eine oberflächennahe Trübung durch Phytoplankton zu erkennen ist, ist die Trübung ab 20.7.81 hochwasserbedingt (vgl. auch BOHL (10)). Deutlich erkennbar ist beim Hochwasserdurchgang ein Aufgleiten auf der Sprungschicht in ca. 45 m Tiefe und ein zweigipfliger Durchgang des Trübungshorizontes. Die oberflächennahe Schicht wird von der Schwebstofftrübung zunächst nicht erreicht.

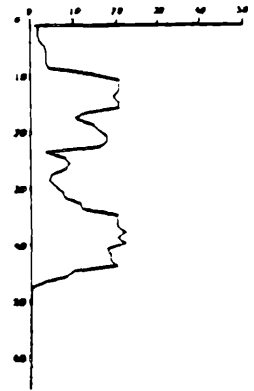
26.05.81
3TR1
TRÜBUNGSKOEFF



16.06.81
3TR4
TRÜBUNGSKOEFF.



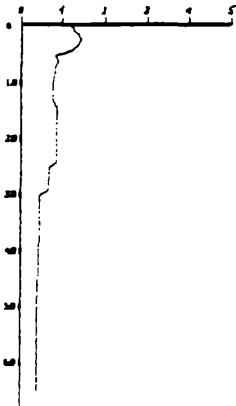
20.07.81
3TR7
TRÜBUNGSKOEFF



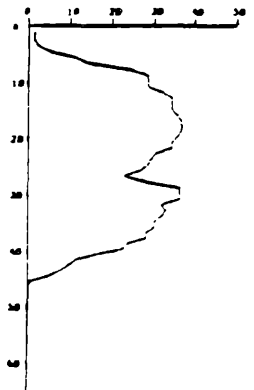
02.06.81
3TR2
TRÜBUNGSKOEFF



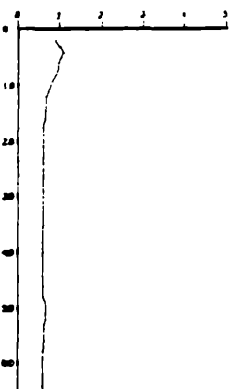
22.06.81
3TR5
TRÜBUNGSKOEFF



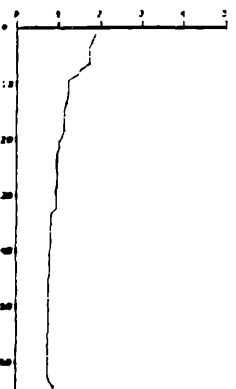
21.07.81
3TR8
TRÜBUNGSKOEFF



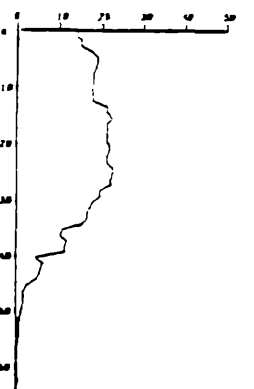
09.06.81
3TR3
TRÜBUNGSKOEFF



30.06.81
3TR6
TRÜBUNGSKOEFF



23.07.81
3TR9
TRÜBUNGSKOEFF



5. Stoffbilanzierung

Eine wichtige Aufgabe der Untersuchungen der Jahre 1979 - 82 war die Aufstellung von Stoffbilanzen. In diesen vier Untersuchungsjahren wurde der Gesamtein- und -austrag in den See (Loisach- + Walchenseewasser + sonst. kl. Zuflüsse) nach dem bei (4) geschilderten Meßprogramm erfaßt und zwar für die Stoffe: Chlorid, Ges. Kohlenstoff, anorg. Kohlenstoff, org. Kohlenstoff, Ammonium-Stickstoff, Nitrat-Stickstoff (Summe: anorg. Stickstoff), o-Phosphat-Phosphor, Ges. Phosphor und gelöstes Silicium. Die Ergebnisse sind im einzelnen bei (11) und (12) geschildert. Bei der Bilanzierung kann Chlorid als konservative Substanz zur Ermittlung der Bilanzgenauigkeit herangezogen werden, da Chlorid keinen chemischen und biologischen Untersuchungen unterliegt. Danach ergab sich für das Jahr eine Bilanzgenauigkeit von $< 5\%$, die sich aus der Summe möglicher Fehler bei der Abflußermittlung, Probenahme und Analytik zusammensetzt. Dieses Ergebnis kann als sehr zufriedenstellend angesehen werden. Alle darüber hinausgehenden Stoffverluste im See sind als signifikante Retention zu werten. Für die Nährstoffe anorg. N, o-PO₄-P und Si, gelöst ergab sich, daß eine signifikante Retention im See nur im Sommerhalbjahr auftritt und zwar mit folgenden mittleren Raten (bezogen auf den Gesamtzufluß):

anorg. C	5 %
anorg. N	14 %
o-PO ₄ -P	41 %
Si, gelöst	27 %.

Für Ges.-P ergaben sich Diskrepanzen, die in der schwierigen und unvollständigen Erfassung des schwebstoffgebundenen ungelösten P begründet sind und zwar insbesondere im Hochwasserfall. Es wird gegenwärtig noch anhand der Schwebstoffmessungen in der Loisach und einem eigenen Meßprogramm zur Ermittlung der Beziehungen zwischen P-Gehalt der Schwebstoffe und Schwebstoffgehalt bzw. -fracht im Fluß die Ges.-P-Zufuhr zum See für die ungelöste Fraktion überprüft.

Die Retentionsgrößen der angeführten gelösten Nährstoffe liegen im molaren Verhältnis von C : N : P = 256 : 15 : 1, was dem mittleren Verhältnis in der Biomasse (216 : 16 : 1) sehr nahe kommt. Dies zeigt, daß eine Retention zum größten Teil auf die Bindung in autochthon im See produzierte Biomasse zurückzuführen ist, und demgemäß als Maß der Produktionsgröße für die Modellentwicklungen herangezogen werden kann.

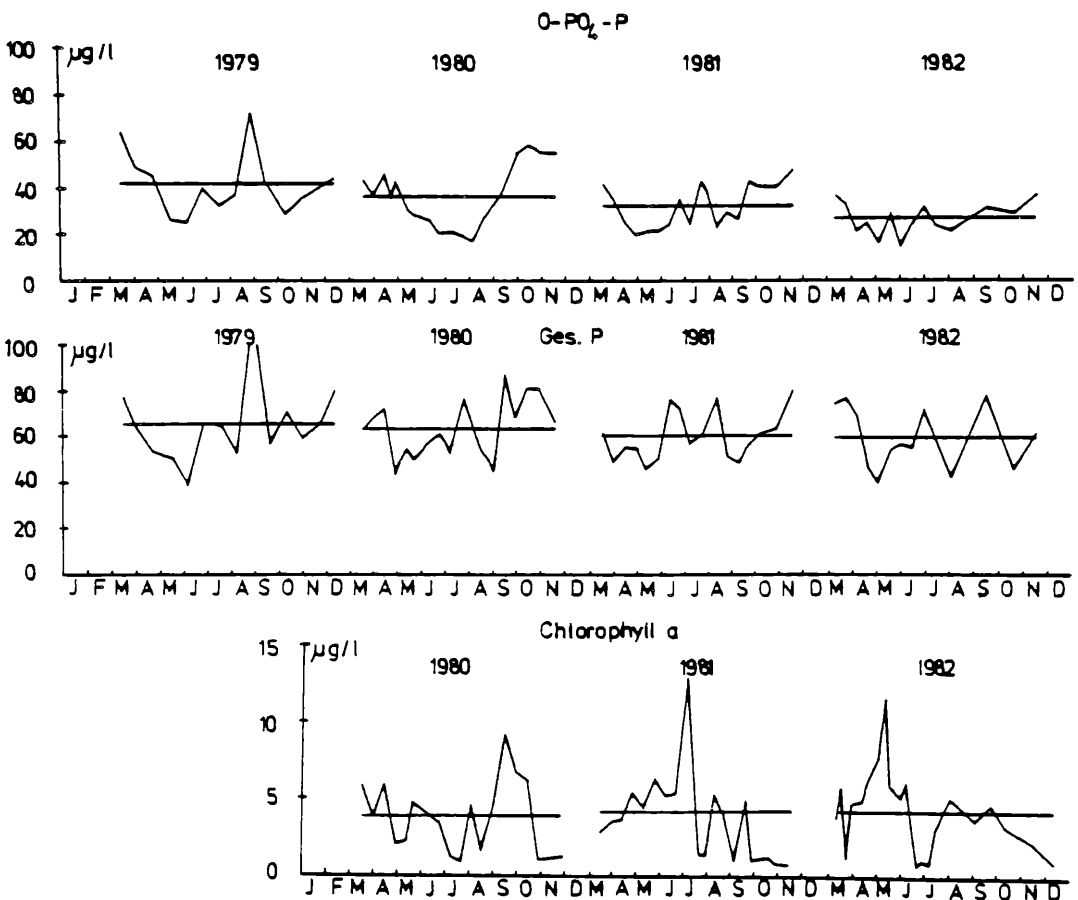
Die Gesamtbelastung des Sees an Phosphorverbindungen ermittelte sich in den 4 Untersuchungsjahren wie folgt:

	<u>o-PO₄-P</u>	<u>Ges.-P</u>
1979	76 t/a	131 t/a
1980	57 t/a	115 t/a
1981	58 t/a	118 t/a
1982	60 t/a	127 t/a

Hinsichtlich Ges.-P ist zu beachten, daß hier die ungelöste P-Fraktion bei hohen Schwebstoffeinträgen nicht vollständig erfaßt wurde und daher die Ges.-P-Werte nach oben noch zu korrigieren sind. Demnach ergab sich eine deutliche Belastungsabnahme zwischen 1979 und 1980, die u.U. auf die Phosphathöchstmengenbegrenzung in Waschmitteln zurückzuführen ist.

Die $o\text{-PO}_4\text{-P}$ -Retention im See hat sich in den Untersuchungsjahren ständig vergrößert und zwar in folgender Reihenfolge von 1979 - 1982: 15,8; 24,6; 31,0; 41,7 %. Demgemäß sind auch die mittleren P-Gehalte im See ständig zurückgegangen. Abb. 12 zeigt die über den Seeinhalt gewichteten Mittel, aus denen diese Abnahme beim $o\text{-PO}_4\text{-P}$, nicht aber beim Ges.-P hervorgeht. Auch beim mittleren Chlorophyllgehalt als Maß für den Phytoplanktonbestand zeigen sich keine Veränderungen der Mittelwerte. Aus der Abbildung wird auch deutlich, daß sowohl die Phosphorverbindungen als auch der Chlorophyllgehalt in diesem stark durchströmten See außerordentlichen Schwankungen unterworfen ist, deren Ursache zu einem erheblichen Teil in dem rasch wechselnden Abflußgeschehen, dem instationären Stoffeintrag und der Durchströmung zu suchen ist.

Abb. 12: Über den Seeinhalt gewichtete Mittelwerte der Konzentrationen von $o\text{-PO}_4\text{-P}$, Ges.-P. und Chlorophyll a im Kochelsee 1979 - 1982



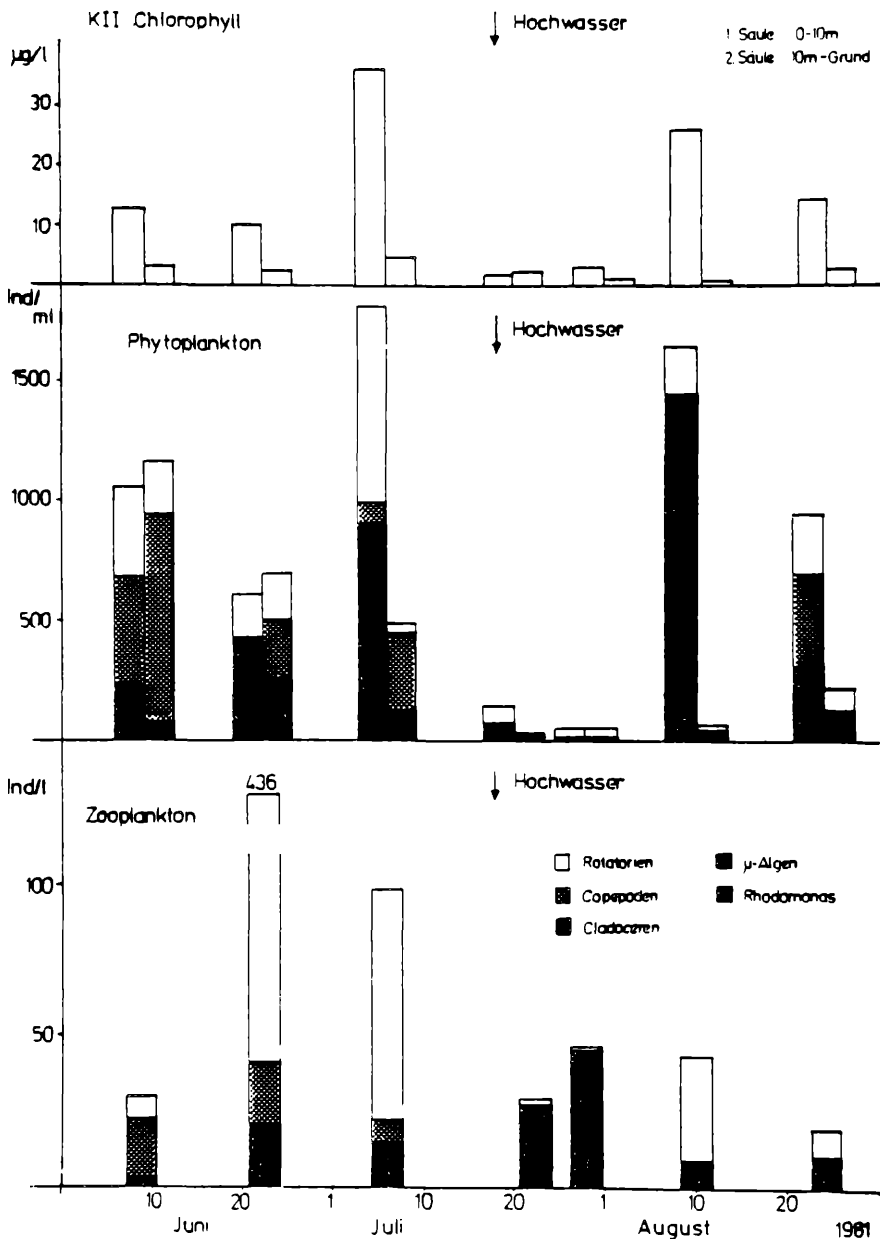
6. Phytoplankton und Zooplankton im Kochelsee

Hauptvertreter des Phytoplanktons im Kochelsee sind Diatomeen, insbesondere *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus Hantzschii*, *Stephanodiscus binderanus*, *Stephanodiscus astrea* *), *Tabellaria fenestrata*, u.a.

*) Herrn Dr. STEINBERG, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, sei an dieser Stelle für die Bestimmung insbes. der *Stephanodiscus*-Arten mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie sehr gedankt.

Im Mai/Juni entwickelt sich zunehmend eine stabile Schichtung, so daß das Phytoplankton sich mehr und mehr im oberflächennahen Bereich konzentriert. In diese Phytoplanktonhochproduktion bricht fast regelmäßig das Frühsommerhochwasser ein, was in der Regel einen fast totalen Verlust der Biomasse durch Verdrängung des Oberflächenwassers in den Seeauslauf mit sich bringt (13). Abb. 14 zeigt dies beispielhaft aus dem Jahre 1981.

Abb. 14: Phytoplankton und Zooplankton vor und nach dem Hochwasser 1981



Der interessanteste Effekt hierbei ist, daß das Zooplankton teilweise dieser Auswaschung entgehen kann. Während die Rotatorien nach dem Hochwasser ebenfalls weitgehend verschwunden sind, bleiben die Cladoceren, also die Großfiltrierer in ihrem Bestand erhalten. Es ist ein akti-

ves Anschwimmen gegen die Strömung und ein Entkommen durch die Vertikalwanderungen dieser Kleinkrebschen in den Tiefenwasserkörper des Sees, der nicht vom Wasseraustausch erfaßt wird, als Hauptursache zu nennen. Das Zooplankton ist anschließend in der Lage, das neu aufkommende Phytosimultan mit ihrer Vermehrung mit großer Effektivität wegzufressen, wodurch das bekannte sommerliche Klarwasserstadium im See entsteht. So stieg z.B. die Sichttiefe im Juli 1976 nach dem Hochwasser von vorher < 1 m auf 11 m an, 1981 auf etwa 7 m. Erst später im Jahr entwickelt sich ein neues Phytoplanktonmaximum, wobei zunehmend nicht von Zooplankton freßbare, nämlich fädige Arten hervortreten.

7. Ausblick

Am Beispiel des Kochelsees mit seiner für einen See sehr kurzen Aufenthaltszeit können die ingenieurmäßigen und naturwissenschaftlichen Forschungsrichtungen innerhalb der Seenlimnologie in idealer Weise integriert werden. Hydromechanische Untersuchungen und Modellentwicklungen bilden die Grundlage zur Beschreibung des in einem solchen See stark vom Abflußgeschehen geprägten Stoffhaushaltes. Die Modellvorstellungen über die zulässige, das Eutrophierungsgeschehen begrenzende Nährstoffbelastung müssen in einem stark durchströmten See anders gefaßt werden, als sie z.B. nach dem sog. VOLLENWEIDER-Modell (14) für Seen, die sich in einem steady-state befinden, gültig sind. Es ist das wesentliche Ziel des neuen Teilprojektes B 4 im SFB 81, die modellmäßige Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Durchfluß und Strömung im See mit dem Stoffhaushalt, dem Eutrophierungsgeschehen und den biozönotischen Entwicklungen zu erreichen.

Literatur

- (1) BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1982):
Verzeichnis der Seen in Bayern
- (2) VALENTIN, F. (1981):
Untersuchungsprogramm zur Erfassung des Strömungsfeldes im Kochelsee Vortragsveranstaltung des SFB 81 vom 14.2.1979, TU München, 23-37
- (3) SONDERFORSCHUNGSBEREICH 81, Technische Universität München, Bericht 1977/79, 225-270
- (4) HAMM, A. (1980):
Meßprogramm und bisher vorliegende Ergebnisse zur Stoffbilanzierung an Loisach und Kochelsee (TPA 5) - Vortragsveranstaltung SFB 81 vom 23./24. Juli 1980, TU München, 115-150
- (5) GLÄSSMANN, M. (1981):
Praktische Erfahrungen bei der Schwebstoffmessung mit dem β -Sedimeter - Vortragsveranstaltung SFB 81 vom 9. Juli 1981, TU München, 40-61
- (6) GROSSER, E. (1981):
Auswertung der Meßeinrichtungen einer automatisch registrierenden Meßstation an der Loisach - Praktikumsbericht Fachhochschule München

- (7) HAMM, A. (1983):
Stofffrachtschwankungen in einem alpinen Fluß Jb. vom Wasser 60, 124-145
- (8) ROTHE, G. (1981):
Die Temperaturschichtung des Kochelsees und ihre Beeinflussung durch Loisachhochwässer Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 25, 2 48-53
- (9) ROTHE, G. (1983):
Die Simulation strömungstechnisch relevanter Größen am Beispiel eines stark durchströmten Sees - Mitt. Hydraulik und Gewässerkunde, TU München, Nr. 39
- (10) BOHL, E. (im Druck):
Stoffkonzentration als Indikator für Strömung und Schichtung im Kochelsee - Vortrag Tagung Fachgruppe Wasserchemie 1984, Bad Homberg, Jb. Vom Wasser
- (11) HAMM, A. (1982):
Stoffbilanzierung am Kochelsee - Vortragsveranstaltung des SFB 81, TU München, 21. Okt.
- (12) SONDERFORSCHUNGSBEREICH 81, Technische Universität München, Bericht 1980/83, 231-311
- (13) BOHL, E. u. KUCKLENTZ, V. (1982):
Limnologische Auswirkungen eines Sommerhochwassers in einem stark durchströmten Voralpensee - Jb. Vom Wasser 59, 311-322
- (14) VOLLENWEIDER, R. (1976):
Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol 33, 53-83

Anschrift des Verfassers:

Reg.-Dir. Dr. Alfred Hamm
Bayer. Landesanstalt für
Wasserforschung
Versuchsanlage Wielenbach
Demollstraße 31
8121 Wielenbach

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [2_1984](#)

Autor(en)/Author(s): Hamm Alfred

Artikel/Article: [DER KOCHELSEE - STOFFHAUSHALT UND ÖKOLOGIE EINES STARK DURCHSTRÖMTEN ALPINEN SEES 16-33](#)