

Zeitschrift:	Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber:	Thurgauische Naturforschende Gesellschaft
Band:	43 (1979)
Artikel:	Limnologische Untersuchungen des Bichel-, Nussbaumer-, Hüttwiler- und Hasensees in den Jahren 1976 bis 1979
Autor:	Heigl, Alois / Scheidegger, Rudolf
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-593894

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: 14.12.2025

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

Limnologische Untersuchungen des Bichel-, Nussbaumer-, Hüttwiler- und Hasensees in den Jahren 1976 bis 1979

Alois Heigl und Rudolf Scheidegger

1. Einleitung

Bichelsee, Nussbaumersee, Hüttwilersee und Hasensee sind weit über die Kantongrenzen hinaus bekannte Naturschönheiten, die es zu erhalten gilt. Die ruhige Umgebung etwas abseits der Zivilisation ladet zur Erholung ein. Beliebt sind die Seen im Sommer zum Baden oder in strengen Wintern zum Schlittschuhlaufen. Für die Naturfreunde gibt es viele Pflanzen und Tiere zu beobachten.

Nussbaumer-, Hüttwiler- und Hasensee liegen etwa 8 km nordwestlich von Frauenfeld. Interessanterweise entwässert dieses Seebachtal in dem Thurlauf entgegengesetzter Richtung nach Osten. Der Bichelsee im Hinterthurgau wird von der Kantongrenze Zürich/Thurgau durchzogen und entwässert via Seebach in die Lützelmurg, die oberhalb von Frauenfeld in die Murg einmündet.

Über den Zustand der Seen ist aus der Literatur recht wenig bekannt. Vielmehr werden sie subjektiv aufgrund des Algenwachstums beurteilt, was ja für die Beobachtung das Bedeutendste ist. Wie die Seen in den tieferen Wasserschichten aussehen, kann hingegen nur durch entsprechende Probenahmen und chemisch-physikalische Wasseruntersuchungen festgestellt werden. Da der Zustand der Seen im öffentlichen Interesse liegt, wurden sie in den Jahren 1976 bis 1979 durch das Laboratorium des Amtes für Umweltschutz und Wasserwirtschaft untersucht. Das Untersuchungsprogramm richtete sich nach der eidgenössischen Empfehlung über die regelmässige Untersuchung der schweizerischen Oberflächengewässer vom Juli 1974. Für die uns von den Fischpächtern und der Badegenossenschaft zur Verfügung gestellten Boote und das entgegengebrachte Vertrauen seitens der Besitzer der Seen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

2. Der Jahresrhythmus in einem See

Obwohl Wasser als etwas Lebloses angesehen wird, spielt sich im Verlaufe eines Jahres in einem See ein ihm eigener Rhythmus ab. Feine Temperaturunterschiede bewirken eine von der Jahreszeit abhängige Dynamik eines Sees. Im Frühling beginnt sich die Oberflächenschicht zu erwärmen. Da bei 4°C die grösste Dichte des Wassers erreicht ist, bleiben die warmen Schichten an der Oberfläche. Dieser Vorgang kulminiert im Sommer, wo eine stabile Schichtung mit verhältnismässig kühlem Wasser unten und erwärmtem Wasser oben bleibt. Der See durchmischt sich in diesem Zustand nicht, es ist die sogenannte Stagnationszeit. In der obersten Wasserschicht wachsen je nach Nährstoffangebot Algen und Zooplankton. Diese sinken beim Absterben hinunter und verbrauchen beim mikrobiellen Abbau den Sauerstoff aus dem Wasser. Wenn viel Algenmasse gebildet wurde, kann es zu kritischen Zuständen kommen, indem es in den tieferen Wasserschichten anaerob (sauerstofffrei) werden kann und sich dann unter anderem stinkender Schwefelwasserstoff bildet. Die Algenproduktion ist in den meisten stehenden Gewässern durch den Minimumstoff Phosphor limitiert, das heisst, je mehr Phosphor hineingelangt, um so mehr Algen können wachsen, da die übrigen Nährstoffe sowieso im Überfluss vorhanden sind.

Im Herbst wird die Oberfläche eines Sees abgekühlt, und das Wasser wird, bis es 4°C erreicht, schwerer, sinkt hinunter und durchmischt sich mit den tieferen Wasserschichten. Diese Zirkulationsperiode ist für einen See sehr wichtig, wer-

den doch dadurch grosse Mengen an Sauerstoff in die möglicherweise anaerobe, bodennahe Zone transportiert. Je nach Charakter des Sees und je nach Witterungsverhältnissen kann es im Winter wieder zu einer Stagnation kommen oder bei einer Zirkulation bleiben. Im Frühling kommt es dann wieder erneut zur Ausbildung von Temperaturschichten.

Für genauere Kenntnisse der Dynamik eines Sees müssten monatlich einmal Proben erhoben werden. Dies war uns für den Bichelsee, Nussbaumersee, Hüttwilersee und Hasensee aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Dennoch können aus den drei- bis viermaligen Untersuchungen pro Jahr gewisse Rückschlüsse gezogen und der Versuch einer Zwischenauswertung gemacht werden.

3. Äussere Merkmale der Seen

Die gewählten Probenahmestellen sind auf die Beschaffenheit der einzelnen Seen abgestimmt. Die äusseren Merkmale der untersuchten Seen sind in der tabellarischen Übersicht vergleichend dargestellt (Tabelle 1, Abbildung 1 und 2). Das Einzugsgebiet der Seen ist hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die umliegenden Dörfer und Weiler entwässerten während der Untersuchungszeit teilweise noch in die verschiedenen Seezuflüsse.

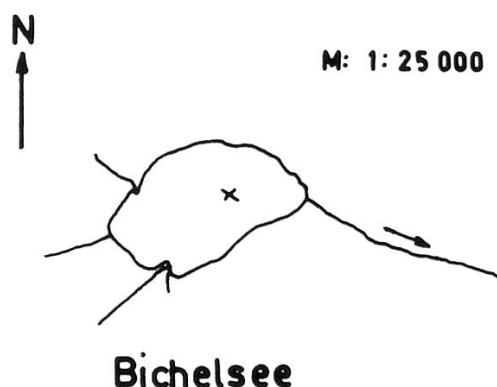


Abbildung 1: Bichelsee mit Probenahmestelle (Koordinaten zirka 710 250/257 340)

N
↑

M: 1:25 000

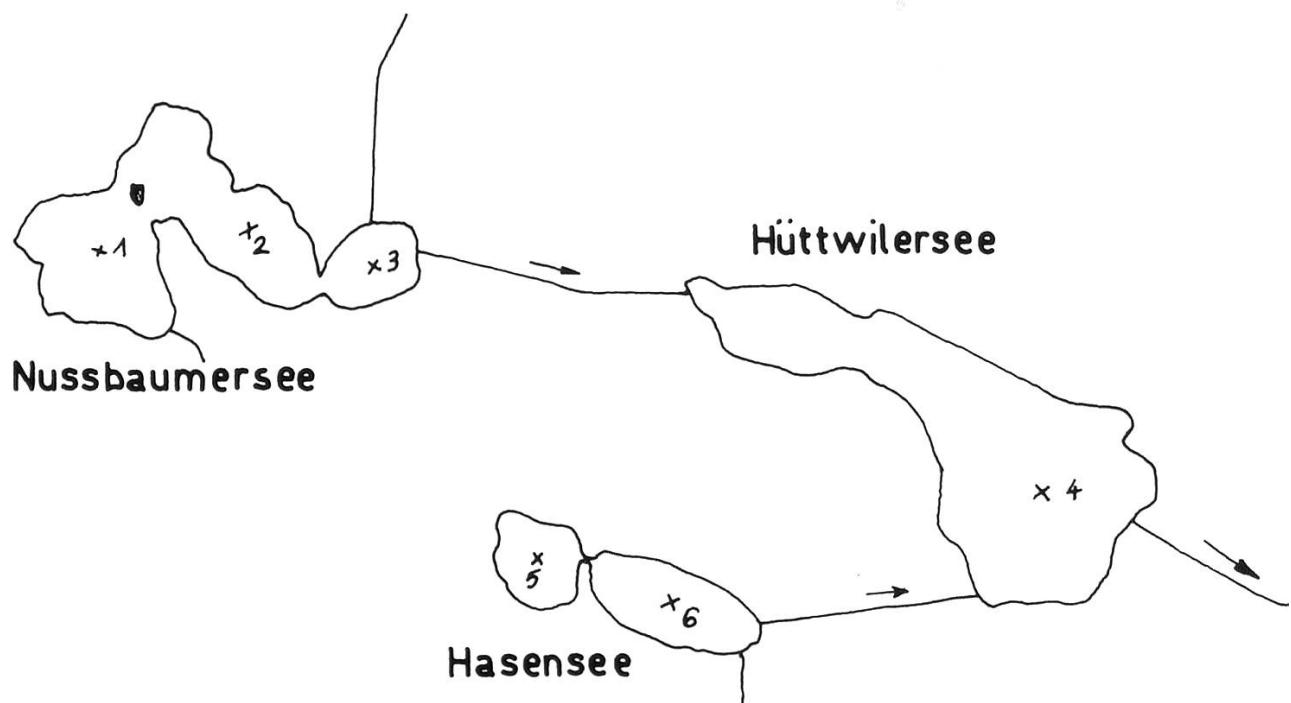


Abbildung 2: Nussbaumersee mit Probenahmestellen

- 1: Uerschhauser Becken (Koordinaten zirka 703 360/274 730)
- 2: Mittleres Seebeken (Koordinaten zirka 703 730/274 780)
- 3: Unteres Seebeken (Koordinaten zirka 704 040/274 700)

Hüttwilersee mit Probenahmestelle

- 4: Unteres Seebecken (Koordinaten zirka 705 640/274 140)

Hasensee mit Probenahmestellen

- 5: Westliches Seebecken (Koordinaten zirka 704 430/273 970)
- 6: Östliches Seebecken (Koordinaten zirka 704 760/273 850)

4. Der Bichelsee

4.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen

Im Sommer 1976 erfolgte unsere erste limnologische Untersuchung des Bichelsees. Von den bisher 7 Probenahmen aus den verschiedenen Wasserschichten liegt eine Fülle von Analysenresultaten vor. Diese sind einmal, wie die Vertikalprofile im Diagramm I zeigen, von der Jahreszeit abhängig.

Während der Stagnationszeit im Sommer ist eine schwach ausgeprägte Temperaturschichtung vorhanden. Der Sauerstoffgehalt betrug in den untersten 2 Metern nur noch weniger als 1,5 mg/l. Da in der Nähe des Seegrundes stinkender Schwefelwasserstoff, Ammoniak und ein leicht erhöhter Phosphatgehalt gefunden wurde, muss es zeitweise zur Ausbildung sauerstoffärmer oder sauerstofffreier (anaerober) Zonen kommen. Schon ab Oktober ist der Bichelsee voll-

Tabelle 1: Äussere Merkmale der untersuchten Seen und deren Einzugsgebiete

	Bichelsee	Nussbaumersee		Hüttwilersee	Hasensee	
	Uersch- hauser Becken	Mittleres Becken	Unteres Becken	Westliches Becken	Östliches Becken	
Wasserspiegel in Meter über Meer	590	434	434	434	434	434
Fläche des Sees	zirka m ²	102100	106400	37600	37600	70900
Total	zirka m ²	97800	246100	350200	108500	
Größte Längenausdehnung	zirka m	480	580	260	1250	250
Größte Breitenausdehnung	zirka m	280	340	180	560	200
Größte gemessene Tiefe	zirka m	7,2	6,5	8,2	4,0	16,5
Fläche des Einzugsgebietes	zirka km ²	3,39	5,87	3,71	2,52	
Einwohnerzahl im Einzugsgebiet	etwa 260	etwa 350	*	-	-	etwa 85

* Abfluss Nussbaumer- und Hasensee

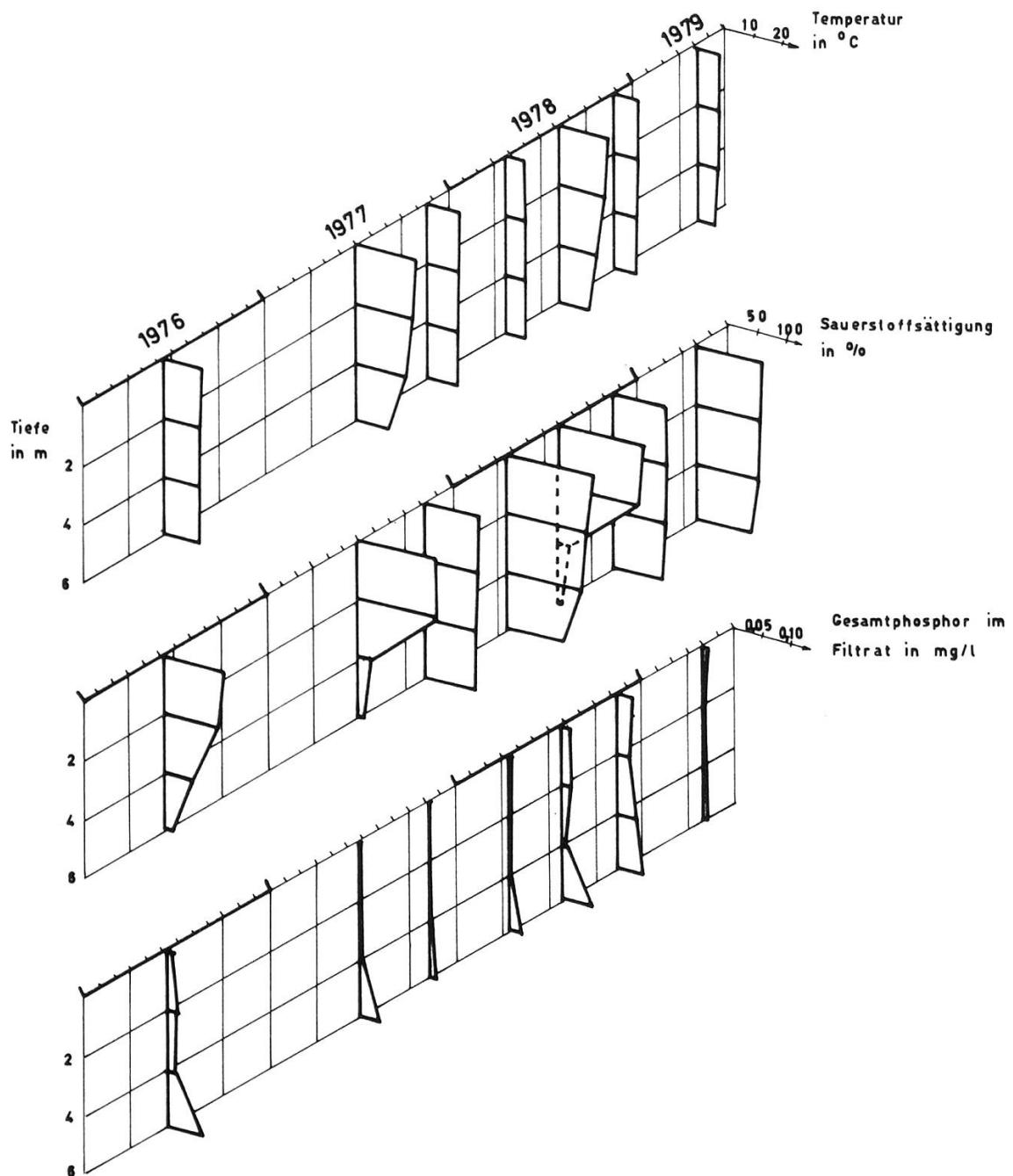


Diagramm 1: Bichelsee

Vertikalprofile von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

ständig durchmischt und die Sauerstoffsättigung in der ganzen Wasserschicht annähernd 100 %. Die etwa 50prozentige Sauerstoffübersättigung in den oberen Produktionsschichten während der Vegetationszeit ist auf die Assimilations-tätigkeit der Algen zurückzuführen. Im Bichelsee ist wie in den meisten Gewässern der Phosphor der das Algenwachstum limitierende Faktor. Es bilden sich also soviel Algen, bis aller Phosphor aufgezehrt ist.

In der Tabelle 2 sind die Analysenresultate der Untersuchung vom Sommer 1978 zusammengestellt. Während dieser typischen Stagnationszeit stieg infolge der Reduktion des Nitrates der Ammoniakgehalt in der Nähe des Seegrundes

bis auf 2,5 mg/l. Im Herbst und Winter ist dies nicht mehr der Fall. Die Tabelle wiedergibt die schlechteste Situation während des Jahres, weil dann der Zustand des Sees am deutlichsten erkennbar ist.

Tabelle 2: Bichelsee

Chemisch-physikalische Analysenresultate der Untersuchung vom 19. Juli 1978

		Ober- fläche	in 2 m Tiefe	in 4 m Tiefe	in 6 m Tiefe
Temperatur	°C	17,4	17,2	13,9	11,8
pH-Wert		8,1	8,1	7,8	7,8
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	460	458	463	488
Sichttiefe (Secchi-Scheibe)	m	1,2	-	-	-
Sauerstoffgehalt	O ₂ mg/l	13,7	13,1	1,4	0,7
Sauerstoffsättigung	%	154	147	15	7
Sulfid	S ²⁻ mg/l	-	-	-	0,35
Ammoniak	NH ₄ ⁺ -N mg/l	<0,01	<0,01	0,29	2,51
Nitrit	NO ₂ ⁻ -N mg/l	0,011	0,012	0,024	0,005
Nitrat	NO ₃ ⁻ -N mg/l	5,00	5,20	4,60	0,30
ortho-Phosphat	PO ₄ ³⁻ -P mg/l	0,002	0,004	0,004	0,049
Gesamtphosphor direkt	P mg/l	0,066	0,065	0,086	0,245
filtriert	P mg/l	0,013	0,019	0,008	0,051
Chlorid	Cl ⁻ mg/l	5,7	5,8	6,1	6,3
Gesamthärte	mVal/l	5,27	5,26	5,24	5,41

4.2. Das Plankton

Im Juni 1974 war der ganze Bichelsee braunrot verfärbt. Ursache davon war eine Algenblüte, bei der sich die Burgunderblutalge (*Oscillatoria rubescens*) massenhaft entwickelte (Abbildung 3). Eine solche plötzliche Massenentfaltung einer Algenart ist von vielen Faktoren abhängig und kann kaum vorausgesagt werden. Sie kann selbst bei verhältnismässig geringen Phosphatkonzentrationen auftreten.

Im Gegensatz zu dieser einseitigen Planktonzusammensetzung konnten im Sommer 1977 und 1978 und vor allem im Herbst 1977 sehr viele verschiedene Algenarten gefunden werden. Die hauptsächlichsten Vertreter waren:

- | | |
|-----------------------|--|
| Kieselalgen: | <i>Fragilaria crotensis</i> |
| Goldalgen: | <i>Dynobrion</i> sp. (zeitweise viel) |
| Blaualgen: | <i>Oscillatoria</i> sp. |
| | <i>Anabaena</i> sp. |
| | <i>Mycrocystis flos aquae</i> |
| Grünalgen: | <i>Pediastrum duplex</i> und <i>boryanum</i> |
| | <i>Chlamydomonas</i> sp. |
| | <i>Ankistrodesmus</i> sp. |
| Joch- oder Zieralgen: | <i>Staurastrum paradoxum</i> |
| | <i>Closterium pronum</i> |

Daneben fehlte es auch an Zooplankton nicht. Von den Rädertieren waren vor allem *Kellicottia*- und *Keratella*-Arten anzutreffen.



Abbildung 3: *Oscillatoria rubescens*

Vergrösserung 51:1

4.3. Zustandsbeschreibung

Aus den vorhandenen Untersuchungsresultaten kann noch kein umfassendes Bild über den Zustand des Bichelsees gemacht werden. Immerhin konnte nachgewiesen werden, dass sich während des Sommers der See schichtet und in Bodennähe dann anaerobe Verhältnisse herrschen. Anderseits war schon ab Herbst eine gute Durchmischung erkennbar, und dadurch ist die Sauerstoffsättigung während des grössten Teils des Jahres durch die ganze Wasserschicht um die hundert Prozent. Die Phosphatgehalte sind verhältnismässig klein. Es bleibt zu hoffen, der noch eher oligotrophe Bichelsee bleibe mindestens so erhalten.

Im Einzugsgebiet des Bichelsees sind die Ortschaften Huggenberg mit etwa 30 Einwohnern und Selmatten mit etwa 230 Einwohnern. Für die Abwässer von Huggenberg konnte im Januar 1979 eine eigene Kleinkläranlage in Betrieb genommen werden. Aus den häuslichen Klärgruben von Selmatten gelangt noch eine Abwassermenge in den Bichelsee, die etwa 80 Einwohnergleichwerten entspricht. Die Sanierung der Abwasserverhältnisse beginnt nächstes Jahr und ist bis Ende 1981 beendet. Dadurch dürfte nochmals eine Verbesserung in bezug auf den Nährstoffeintrag und somit auf den Zustand des Bichelsees eintreten.

5. Nussbaumersee

5.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen

Die Vertikalprofile für die Wassertemperatur und Sauerstoffsättigung (Diagramme II bis IV) zeigen die Schichtungsverhältnisse im Nussbaumersee sehr schön.

Alle drei Becken waren 1977 und 1978 ab etwa Oktober bis November praktisch vollständig durchmischt, die Wassertemperatur ausgeglichen. Eine eigentliche Winteruntersuchung erfolgte bis heute noch nicht. Während der Frühlings- und Sommermonate ist eine deutliche Schichtung erkennbar. Infolge der Assimilationstätigkeit des Planktons in den oberen Wasserschichten wurden diese mit Sauerstoff übersättigt. Die Übersättigung war im untersten Becken mit fast 300 % am grössten. In den tieferen Wasserschichten wäre für den Abbau von organischen Substanzen mehr Sauerstoff verbraucht worden, als normalerweise vorhanden ist.

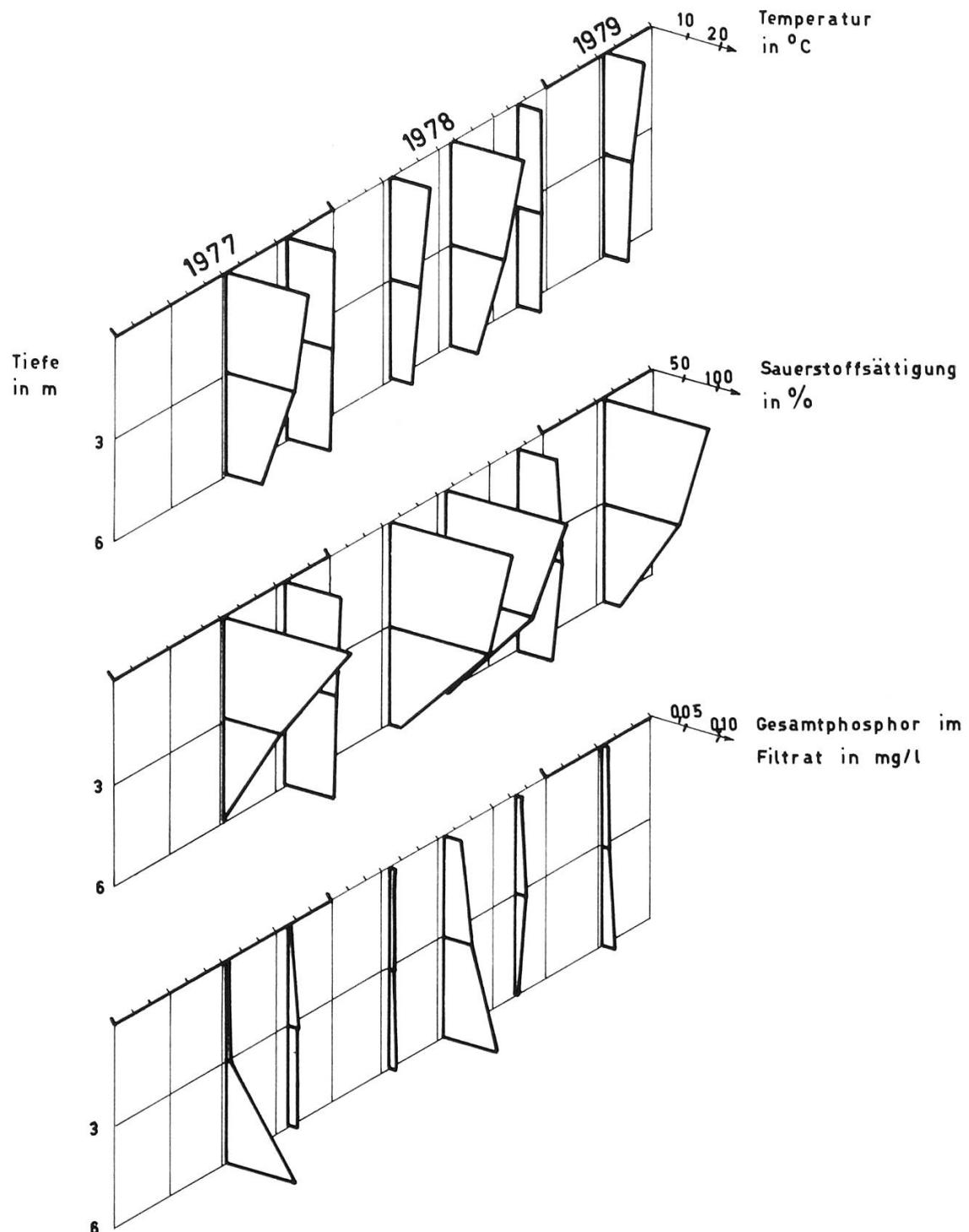


Diagramm II: Nussbaumersee, Uerschhauser Becken.

Vertikalprofile von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

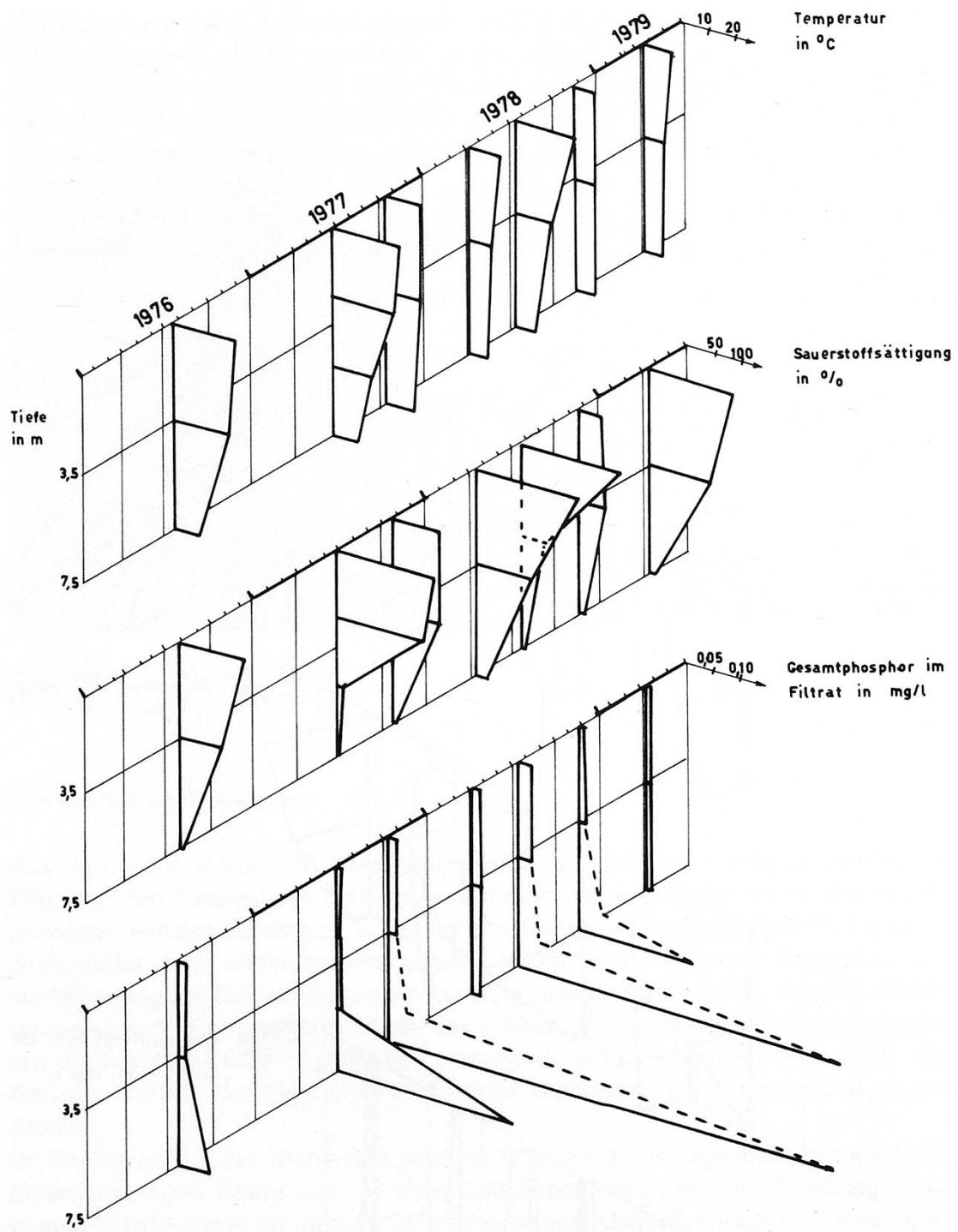


Diagramm III: Nussbaumersee, mittleres Becken.

Vertikalprofile von Temperatur (°C), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

Infolge der Schichtung des Sees ist aber der Sauerstofftransport aus den gesättigten beziehungsweise übersättigten Wasserschichten weitgehend unterbunden, so dass in der Nähe des Seebodens während der Sommermonate der Sauerstoffgehalt in allen Becken kleiner als 0,7 mg/l war. Im Sommer 1977 betrug im mittleren Becken der Sauerstoffgehalt schon in 3,5 m Tiefe nur noch 4,1 mg/l. In den bodennahen Schichten kam es unter diesen Umständen zur Bildung anaerober Zonen. Bei diesen reduzierenden Verhältnissen wurde Ammoniak und stinkender Schwefelwasserstoff gebildet. Im mittleren Becken wurde

sogar, wie das Diagramm III für den gelösten Gesamtphosphor zeigt, Phosphor aus den abgelagerten Sedimenten zurückgelöst und stand so wieder als Nährstoff für die Algenproduktion zur Verfügung. Ein solcher Kreislauf ist sehr unerwünscht.

Anstelle aller Analysenresultate sind in Tabelle 3 die vor allem interessierenden Werte während der Stagnationszeit im Sommer 1978 zusammengestellt.

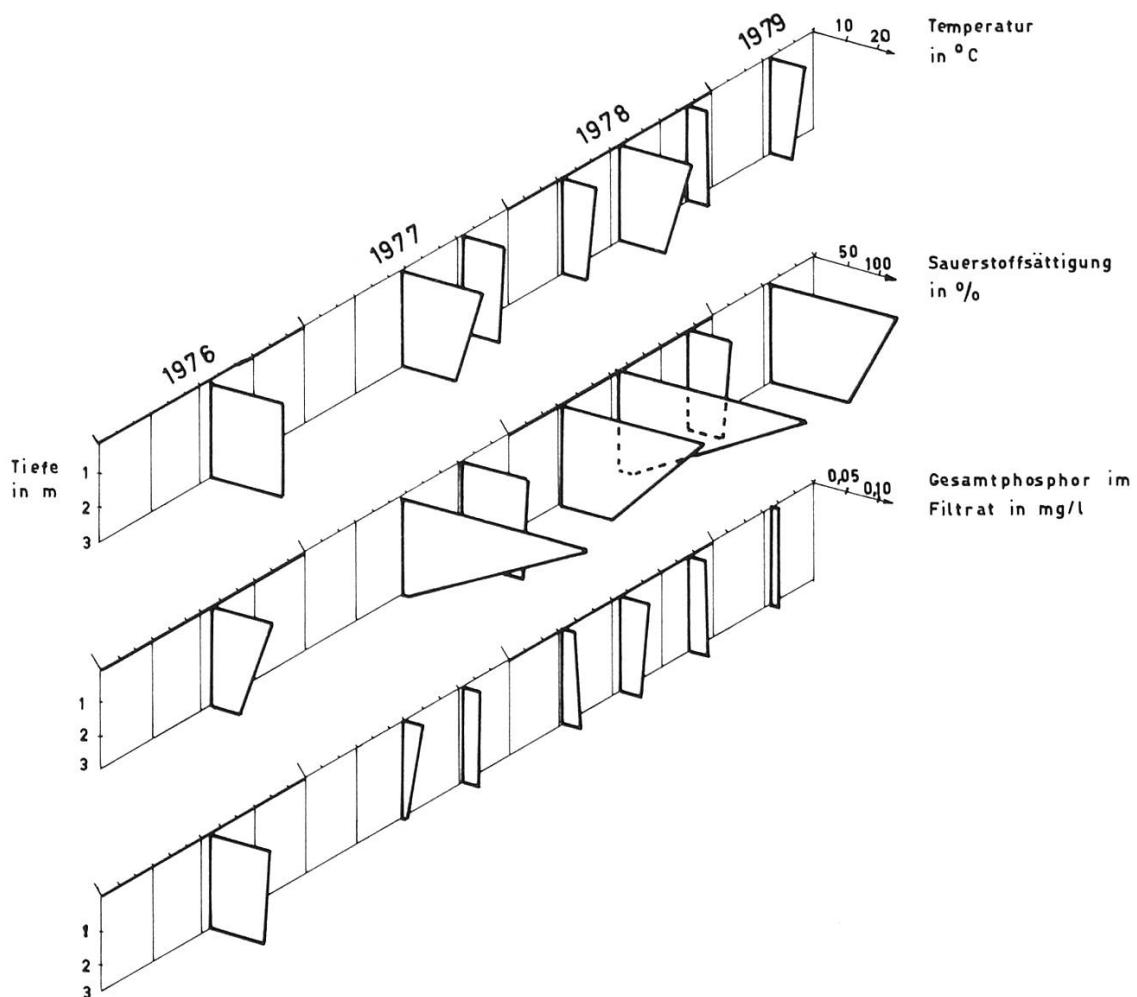


Diagramm IV: Nussbaumersee, unteres Becken.

Vertikalprofile von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

5.2. Das Plankton

Die Artenzusammensetzung des mit einem Netz gefangen Planktons war in den drei untersuchten Becken jeweils dieselbe.

Im Frühling herrschten immer die Kieselalgen vor. Meistens waren dann *Asterionella formosa* und *Synedra ulna* massenhaft vertreten. Die Kieselalge *Asterionella formosa* (Schwebesternchen) entwickelte sich auch im Herbst jeweils stark. Im Sommer waren vorwiegend *Dinobryon*- (Becheralgen) und *Chlamydomonas*-arten (Geisselflagellaten) anzutreffen. Eher selten wurden die Grünalgen *Pediastrum boryanum* und *Eudorina elegans* und die Jochalge *Staurastrum paradoxum* gefunden. Regelmässig war sehr viel Zooplankton vorhanden.

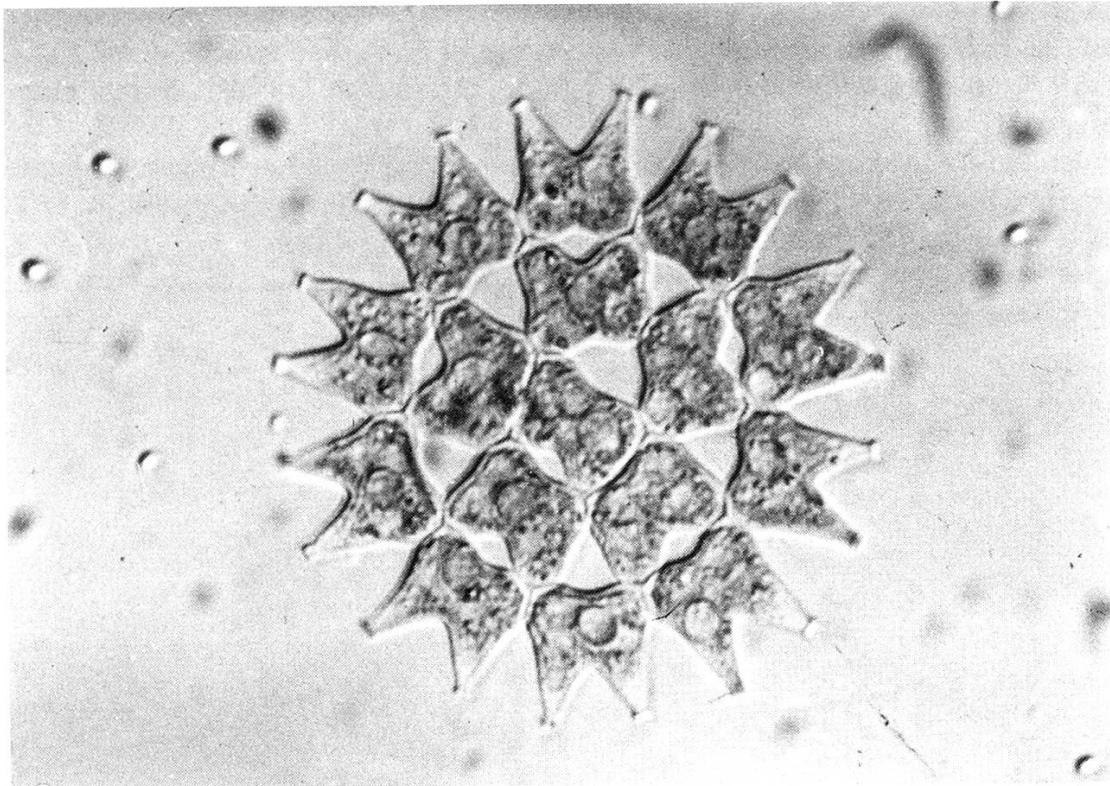


Abbildung 4: *Pediastrum duplex*

Vergroesserung 58,5:1

Bei intensivem Suchen konnten auch weniger häufig anzutreffende Algenarten wie zum Beispiel die formschöne Grünalge *Pediastrum duplex* (Abbildung 4) gefunden werden.

Zu eigentlichen Massenentwicklungen von Algen kam es während der beobachteten Zeit nicht, obwohl das Wasser durch die Algen ziemlich getrübt war. Auch im Nussbaumersee ist der Phosphor der das Algenwachstum regulierende Faktor. Ist dieser Nährstoff aufgezehrt, kann sich auch beim überschüssigen Vorhandensein der übrigen Nährstoffe keine Biomasse mehr bilden. Selbstverständlich muss die Algenproduktion auch im Zusammenhang mit der Witterung gesehen werden.

5.3. Zustandsbeschreibung

Die im Sommer kritischen Sauerstoffverhältnisse in den tieferen Wasserschichten und die festgestellte Phosphorrücklösung aus den Sedimenten sind deutliche Zeichen eines eutrophen, nährstoffreichen Sees. Besonders gefährdet ist das tiefste, mittlere Becken. Dank der guten Durchmischung im Herbst und Winter kann sich aber der Zustand im Jahresrhythmus wieder recht gut erhöhen.

Bezüglich des Algenwachstums ist es sehr schwierig, Prognosen aufzustellen. Immerhin hat sich bei den Untersuchungen gezeigt, dass das gelöste ortho-Phosphat in den oberen Produktionsschichten vollständig aufgezehrt wurde und somit ein noch stärkeres Algenwachstum nicht hätte stattfinden können.

Rund um den Nussbaumersee ist vor allem Landwirtschaftsgebiet, welches den heutigen Praktiken entsprechend gedüngt wird. Am See selber ist nur ein Fi-

Tabelle 3: Nussbaumersee
Chemisch-physikalische Analysenresultate der Untersuchung vom 17. Juli 1978

	Uerschhauser Becken				Mittleres Becken				Unteres Becken	
	Oberfläche	in 3 m Tiefe	in 6 m Tiefe	Oberfläche	in 3,5 m Tiefe	in 7,5 m Tiefe	Oberfläche	in 2,8 m Tiefe		
Temperatur	°C	21,2	16,5	8,6	21,8	15,0	6,9	22,1	15,7	
pH-Wert		8,3	8,0	7,2	8,3	7,6	7,2	8,4	6,6	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	450	488	590	445	522	590	420	521	
Sichttiefe (Secchi-Scheibe)	m	1,2	-	-	1,0	-	-	0,7	-	
Sauerstoffgehalt	O ₂ mg/l	15,2	11,4	0,7	15,7	4,1	0,8	23,9	1,6	
Sauerstoffsättigung	%	181	124	7	189	43	7	292	17	
Sulfid	S ²⁻ mg/l	-	-	0,15	-	-	0,21	-		
Ammoniak	NH ₄ ⁺ -N mg/l	0,01	0,03	4,32	0,04	0,24	5,3	0,05	1,42	
Nitrit	NO ₂ ⁻ -N mg/l	0,080	0,148	0,008	0,072	0,440	< 0,002	0,080	0,092	
Nitrat	NO ₃ ⁻ -N mg/l	3,40	3,10	0,04	3,00	1,68	0,08	2,32	0,60	
ortho-Phosphat	PO ₄ ³⁻ -P mg/l	0,001	0,079	0,002	0,002	0,560	0,007	0,003		
Gesamtphosphor direkt	P mg/l	0,054	0,098	0,620	0,067	0,110	0,720	0,105	0,239	
filtriert	P mg/l	0,022	0,032	0,079	0,021	0,026	0,610	0,040	0,031	
Chlорid	Cl ⁻ mg/l	19,4	19,6	21,8	19,6	12,3	22,0	18,6	18,0	
Gesamthärte	mVal/l	5,30	5,35	6,33	4,55	5,78	6,36	4,46	5,88	

scherhaus. Dagegen gelangte das Abwasser aus Nussbaumen während des Zeitraumes der Untersuchungen noch in den See. Die regionale Abwasserreinigungsanlage Seebachtal kann aber im Mai 1979 in Betrieb genommen werden, und auch die Verbandsleitungen sind bis dann erstellt. Somit kann das häusliche und gewerbliche Abwasser im Verlaufe des Jahres 1979 vom See ferngehalten werden. Was durch diese Massnahmen nicht erfasst werden kann, ist der gleichsam diffuse Nährstoffeintrag aus Drainagen. Mit der sorgfältigen Düngung der umliegenden Wiesen und Felder steht und fällt die Gesundung des Nussbaumersees in der Zukunft.

6. Hüttwilersee

6.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen

Die extremen Verhältnisse während der Stagnationsperiode im Sommer 1978 sind in Form der chemisch-physikalischen Analysenresultate in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Vertikalprofile (Diagramm V) zeigen die Schichtungs- und Produktionsverhältnisse im Verlaufe des Jahres. Weil der Hüttwilersee eine schon beachtliche Tiefe von etwa 16,5 m hat, sind die Schichtungen im Sommer sehr deutlich ausgeprägt. Die oberen, warmen Wasserschichten sind mit Sauerstoff übersättigt, doch schon in 4 m Tiefe sinkt der Sauerstoffgehalt infolge des bakteriellen Abbaus von abgestorbenem Plankton auf 1,6 bis 2,4 mg/l. Stinkender Schwefelwasserstoff konnte erst im Herbst ab 12 m Tiefe nachgewiesen werden. Bei abnehmendem Sauerstoffgehalt wurde immer mehr Nitrat zu Nitrit und Ammoniak reduziert. Die Phosphatrücklösung aus den Sedimenten und auch aus absinkendem Plankton ist während der Stagnationszeit deutlich erkennbar. Der eigenartige Kurvenverlauf im Sauerstoff- und Phosphorge-

Tabelle 4: Hüttwilersee

Chemisch-physikalische Analysenresultate der Untersuchung vom 29. Juni 1978

		Ober- fläche	in 4 m Tiefe	in 7 m Tiefe	in 10 m Tiefe	in 14 m Tiefe
Temperatur	°C	16,7	14,4	6,8	5,7	5,6
pH-Wert		7,9	7,5	7,4	7,5	7,4
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	468	505	560	568	580
Sichttiefe (Secchi-Scheibe)	m	1,4	-	-	-	-
Sauerstoffgehalt	O ₂ mg/l	10,2	2,4	1,2	1,3	1,5
Sauerstoffsättigung	%	110	25	11	11	12
Sulfid	S ²⁻ mg/l	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ammoniak	NH ₄ ⁺ -N mg/l	0,03	0,25	0,64	0,85	1,43
Nitrit	NO ₂ -N mg/l	0,044	0,180	0,148	0,144	0,056
Nitrat	NO ₃ -N mg/l	4,20	4,20	2,80	2,50	0,28
ortho-Phosphat	PO ₄ ³⁻ -P mg/l	<0,001	0,001	0,002	0,034	0,194
Gesamtphosphor	direkt P mg/l	0,057	0,067	0,058	0,102	0,480
	filtriert P mg/l	0,015	0,017	0,013	0,056	0,260
Chlorid	Cl ⁻ mg/l	17,8	17,8	19,0	19,0	19,4
Gesamthärte	mg/l	5,03	5,47	6,26	6,39	6,52

halt im Herbst 1976 dürfte auf sich in bestimmten Wassertiefen einschichtende Algen zurückzuführen sein. 1977 begann die Zirkulation im Oktober. Wann der Hüttwilersee vollständig durchmischt war, kann nicht gesagt werden. Immerhin war im März 1978 in etwa 14 m Tiefe eine 82prozentige Sauerstoffsättigung erreicht. Deshalb darf eine annähernd vollständige Sauerstofferneuerung während des Winters angenommen werden.

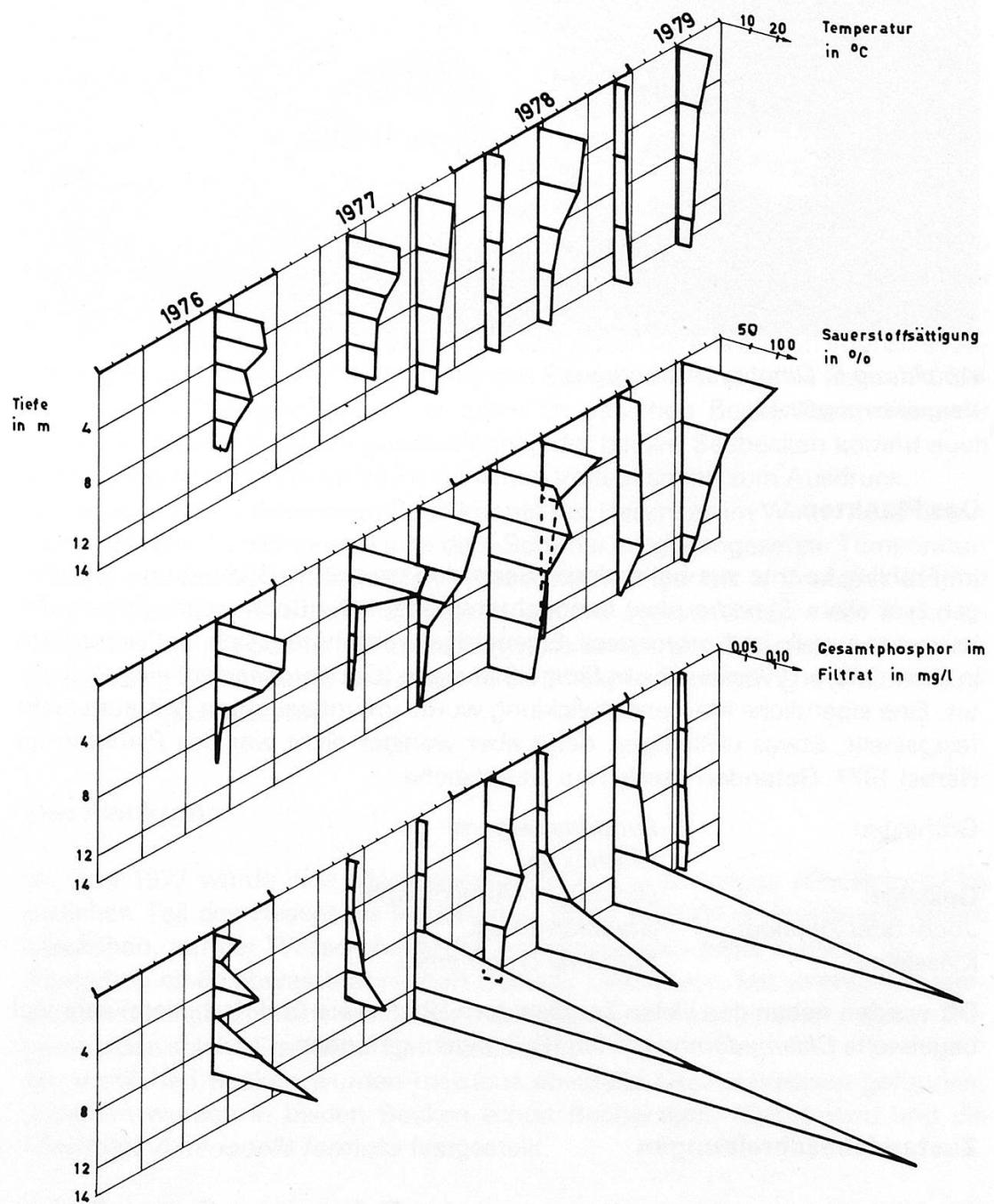


Diagramm V: Hüttwilersee

Vertikalprofile von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor (mg/l).

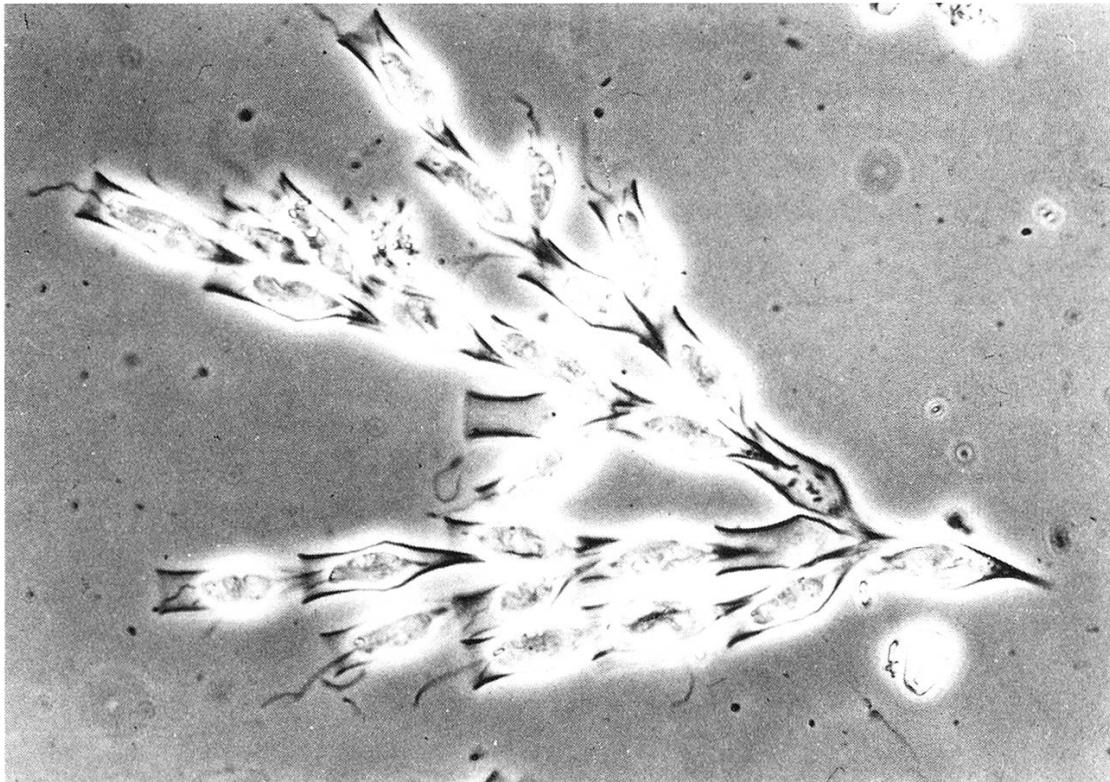


Abbildung 5: *Dinobryon divergens*

Vergrösserung 60:1

6.2. Das Plankton

Im Frühling konnte wie bei anderen Seen eine vermehrte Bildung von Kieselalgen (vor allem *Synedra ulna*) beobachtet werden. Die Becheralge (*Dinobryon*) herrschte jeweils im Sommer vor. Eigenartigerweise hatten sich im Winter 1978 in einer tieferen Wasserschicht fädige Blaualgen (*Oscillatoria*-arten) eingeschichtet. Eine eigentliche Massenentwicklung wurde im untersuchten Zeitraum nicht festgestellt. Etwas vielfältiger, dafür aber weniger dicht war das Plankton im Herbst 1977. Gefunden wurden zur Hauptsache:

Grünalgen: *Eudorina elegans*

Ulothrix sp.

Goldalge: *Dinobryon* (Abbildung 5)

Joch- oder Zieralge: *Staurastrum* sp.

Kieselalge: *Fragilaria crotonensis*

Oft wurden neben den vielen Zooplanktern (Rädertiere und Krebstiere) sehr viel begeisselte *Chlamydomonas*-arten (Grünalgen) gefunden.

6.3 Zustandsbeschreibungen

Der Hüttwilersee muss mit dem schon ab 4 m Tiefe geringen Sauerstoffgehalt im Sommer zweifellos zu den eutrophen Seen gezählt werden. Die starke Phosphorrücklösung aus den Sedimenten entspricht einer Düngung des Sees mit dem das Algenwachstum limitierenden Nährstoff. Dieser Kreislauf ist für einen See gefährlich und könnte zu eigentlichen Algenblüten mit all den Nebener-

scheinungen führen. Der guten Durchmischung des Sees ist es zu verdanken, dass heute noch genügend Sauerstoff in die tieferen Wasserschichten transportiert wird und die Verhältnisse wenigstens während der Zirkulationsphase aerob sind. Eigentliches Abwasser gelangt nicht in den Hüttwilersee. Er wird durch die oben liegenden Seen gespiesen und muss deshalb im Zusammenhang mit dem Zustand des Nussbaumer- und Hasensees gesehen werden. Eine wesentliche Verschmutzungsquelle für den Hüttwilersee dürfte das aus Drainagen, mit Nährstoffen (Dünger) belastete Sickerwasser aus dem umliegenden Landwirtschaftsgebiet sein. Bezuglich des Nährstoffeintrages aus der Umgebung müssten noch eingehende Untersuchungen durchgeführt werden.

7. Der Hasensee

7.1 Chemisch-physikalische Untersuchungen

Der Hasensee gliedert sich nicht nur geographisch in zwei Teile, sondern auch die Zustände der beiden Becken sind deutlich voneinander verschieden. Tabelle 5 gibt die im Verlauf des Jahres schlechteste Situation während des Sommers wieder. Die im östlichen Becken gemessenen Phosphatwerte übertreffen diejenigen vom westlichen um ein Vielfaches und lassen bereits auf ein intensives Algenwachstum schliessen. In der Nähe des Seegrundes sind beide Becken anaerob. Die Sulfidgehalte waren vor allem im östlichen Becken zeitweise sehr hoch. Die unterschiedliche Beschaffenheit der beiden Seebecken kommt auch in den Diagrammen VI und VII im zeitlichen Verlauf schön zum Ausdruck.

Als einziger der untersuchten Seen konnte der Hasensee im Winter 1978 untersucht werden. Es bildete sich eine dem Sommer entgegengesetzte Temperaturschichtung aus, da ja bekanntlich Wasser mit weniger als 4°C wieder leichter wird. Selbst während dieser Jahreszeit war die oberste Schicht des östlichen Beckens stark mit Sauerstoff übersättigt. Die bodennahe Zone wurde durch die Umwälzung wieder aerob und dadurch die Phosphatrücklösung und die Reduktion des Nitrates gestoppt.

7.2 Das Plankton

Im Juni 1977 wurde eine Massenentwicklung von Blaualgen (*Oscillatoria*) im östlichen Teil des Hasensees beobachtet. Diese Algenblüte endete mit einem hässlichen, auf der Wasseroberfläche schwimmenden Algenteppich, der beim Absterben einen abwasserähnlichen Gestank verbreitete. Mit solchen Wasserblüten ist bei gleichbleibender Wasserqualität weiterhin zu rechnen. Schon früher wurden solche Erscheinungen beobachtet.

Im westlichen Becken wurden meistens ebenfalls *Oscillatoria*-arten gefunden. Daneben wurden in beiden Becken schon Becheralgen (*Dinobryon*) und die Kieselalge *Asterionella formosa* festgestellt.

7.3 Zustandsbeschreibung und Abwasserverhältnisse

Auch das westliche Becken des Hasensees muss als eutrophes, nährstoffreiches Gewässer bezeichnet werden. Hier gelangen die Nährstoffe praktisch aus-

Tabelle 5: Hasensee
Chemisch-physikalische Analysenresultate der Untersuchung vom 27. Juni 1978

	Westliches Becken			Östliches Becken		
	Oberfläche	in 3 m Tiefe	in 6 m Tiefe	Oberfläche	in 3 m Tiefe	in 5 m Tiefe
Temperatur	°C	18,0	16,7	8,4	17,1	16,4
pH-Wert		8,0	8,0	7,4	8,3	7,3
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	532	530	591	495	540
Sichttiefe (Secchi-Scheibe)	m	1,3	—	—	1,6	—
Sauerstoffgehalt	O ₂ mg/l	15,6	25,0	<0,1	15,5	1,9
Sauerstoffsättigung	%	175	272	0	170	21
Sulfid	S ²⁻ mg/l	—	—	0,1	—	—
Ammoniak	NH ₄ ⁺ -N mg/l	0,04	0,02	1,16	<0,01	0,68
Nitrit	NO ₂ ⁻ -N mg/l	0,028	0,022	0,004	0,080	0,247
Nitrat	NO ₃ ⁻ -N mg/l	2,80	2,30	0,07	3,80	2,27
ortho-Phosphat	PO ₄ ³⁻ -P mg/l	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,002
Gesamtphosphor direkt	P mg/l	0,044	0,047	0,110	0,133	0,150
	P mg/l	0,012	0,020	0,085	0,026	0,019
Chlorid	Cl ⁻ mg/l	14,3	14,3	15,8	13,7	15,2
Gesamthärte	mV/al/l	6,27	6,37	6,92	5,77	6,12
						7,19

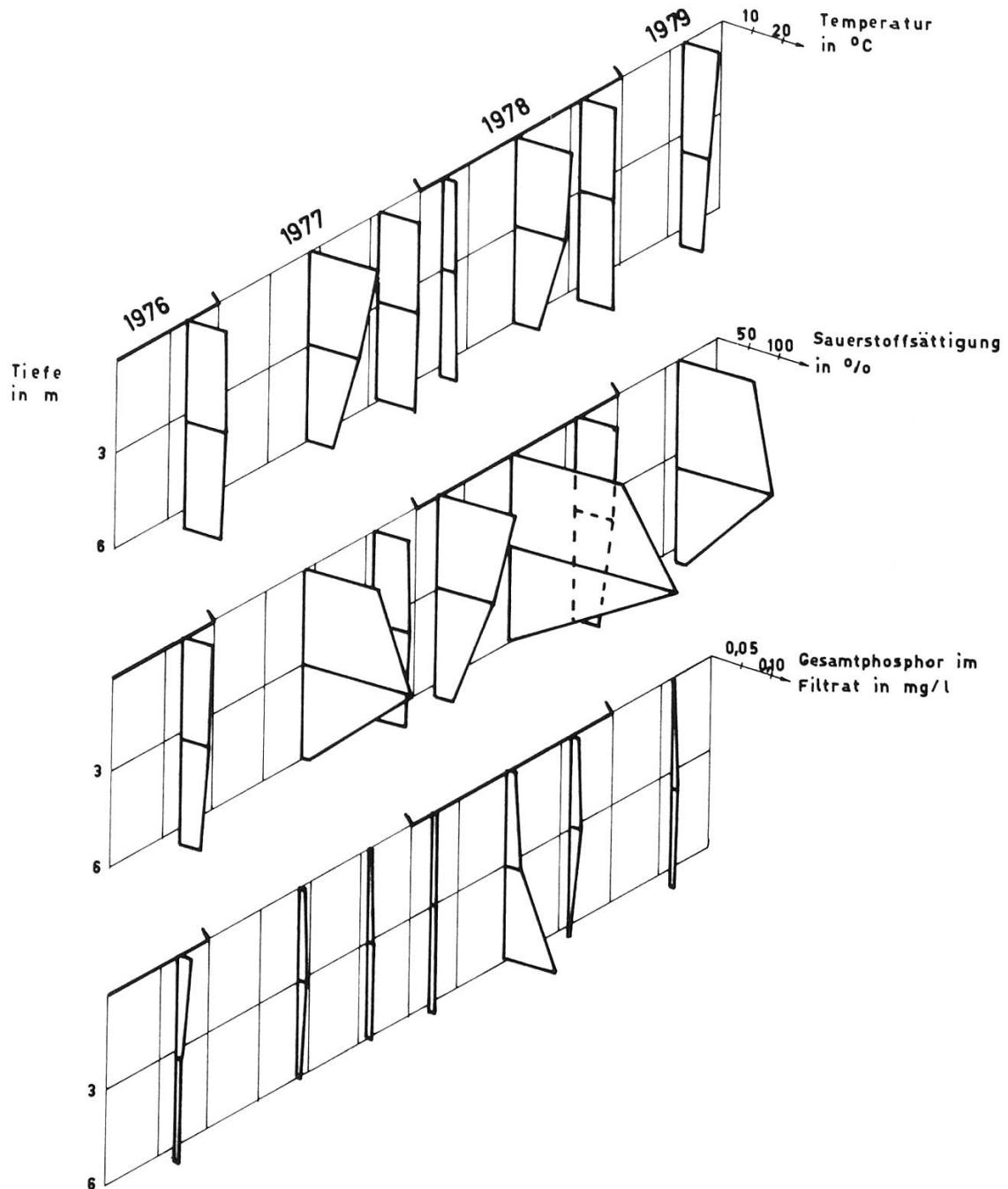


Diagramm VI: Hasensee, westliches Becken

Vertikalprofile von Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

schliesslich aus Drainagen der umliegenden Felder in den See. Der Zustand dieses Beckens ist somit stark von der Sorgfalt der Düngung der landwirtschaftlichen Flächen abhängig.

In das östliche Becken des Hasensees gelangten bis etwa 1972 die Abwässer von Buch. Während der Untersuchungsperiode waren fast alle Liegenschaften der Kanalisation, die unterhalb des Hüttwilersees in den Seebach einmündet, angeschlossen. Ab Mai 1979 wird dieses Abwasser in der regionalen Kläranlage Seebachtal gereinigt. Auch die noch nicht sanierten Liegenschaften werden im Verlaufe dieses Jahres angeschlossen. Somit sollte eigentlich im östlichen Hasensee eine Verbesserung eintreten. Bis zu einem sichtbaren Erfolg kann es

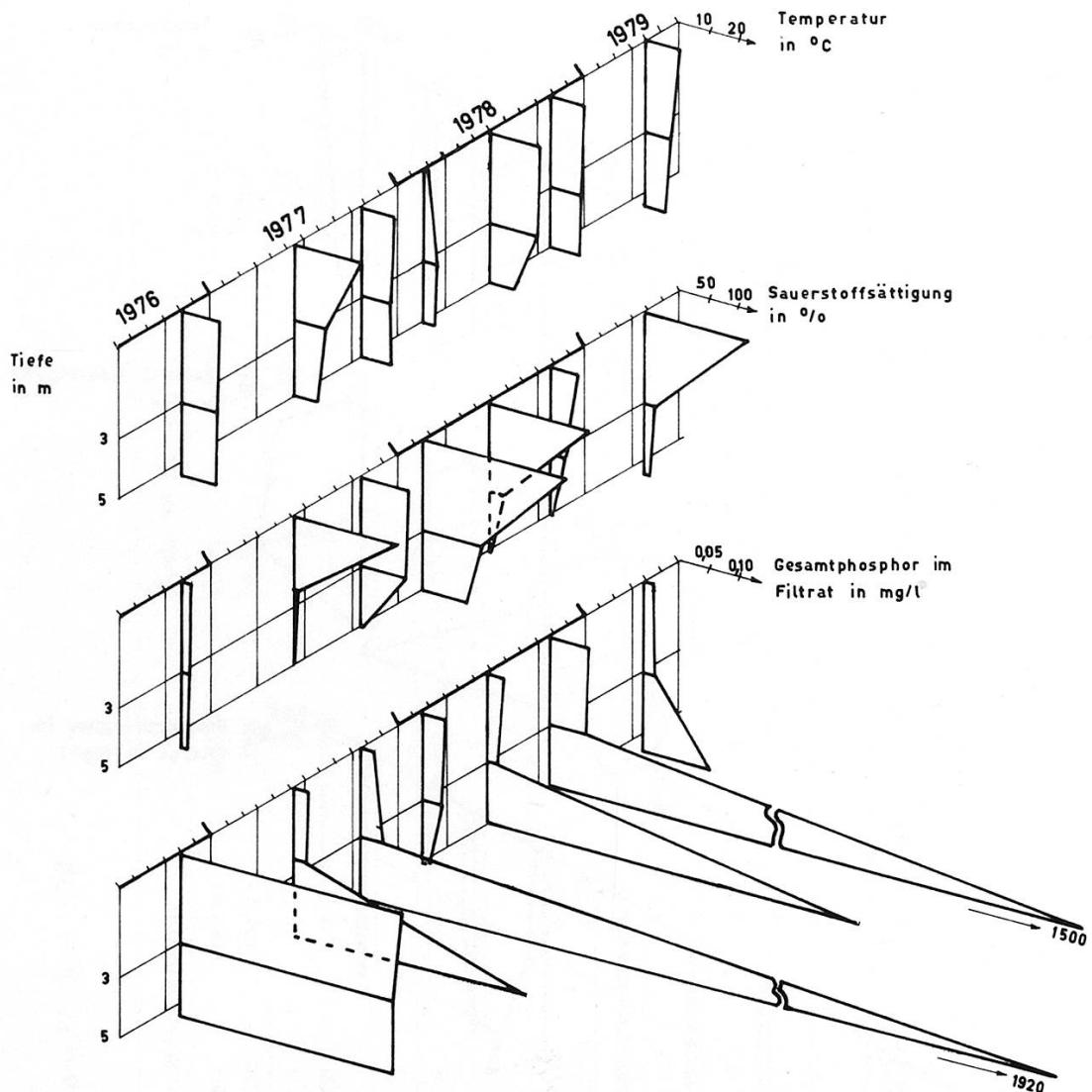


Diagramm VII: Hasensee, östliches Becken

Vertikalprofile von Temperatur (°C), Sauerstoffsättigung (%) und Gesamtphosphor im Filtrat (mg/l).

aber noch lange dauern. Zudem muss befürchtet werden, dass bei derart schlechten Verhältnissen die Phosphatrücklösung zu gross ist und sich der See nicht mehr durch das ihm eigene Ökosystem retten kann. Eine mögliche, in der Schweiz schon durchgeführte Sanierung wäre die Tiefenwasserableitung. Dadurch würde vom See das schlechte Wasser aus der Tiefe und nicht das sauerstoffreiche aus der Oberfläche abgeleitet. Ein solches Projekt müsste aber noch genauer studiert werden, weil es doch ein grosser Eingriff in die natürlichen Verhältnisse ist.

8. Schlussbetrachtung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit stellt eine Zusammenfassung der seit 1976 durchgeführten Untersuchungen der vier Seen dar. Eine umfassende Darstellung der Verhältnisse kann mit den nur zwei- bis viermaligen Untersuchungen pro Jahr nicht gemacht werden. Es würde auch den Rahmen dieser Arbeit sprengen, alle ge-

wonnenen Resultate wiederzugeben. Es wurde lediglich versucht, anhand einiger ausgewählter Parameter ein zusammenfassendes Bild über den Zustand des Bichelsees, Nussbaumersees, Hüttwilersees und Hasensees zu geben. Wenn auch teilweise die Verhältnisse nicht gerade so sind, wie wir es wünschen, so muss auch gesehen werden, dass durch den Bau von Kanalisationen und der regionalen Kläranlage Seebachtal Anstrengungen unternommen werden zum Schutz der Naturschönheiten. Es darf nicht nur gehofft, sondern auch angenommen werden, der Zustand der Seen werde besser. Dies hängt selbstverständlich von jedem einzelnen ab, wie weit er durch das Bewusstwerden der Umweltverschmutzungen diesen Gefahren entgegenwirken kann. Es sei an dieser Stelle noch die Frage erlaubt, ob das Baden in freier Natur in einem algenhaltigen See oder im gechlorten Schwimmbad mehr Freude bereitet.

Die Untersuchungen der Seen sollte vor allem im Hinblick auf die Sanierungsarbeiten weitergeführt und allenfalls so ein Erfolgsnachweis erbracht werden. Wenn trotz den getroffenen Massnahmen keine Verbesserung eintreten sollte, müssten weitere Schritte unternommen werden. Über die Krankheitsgeschichte könnten Untersuchungen der Sedimentschichten Aufschluss geben. Es wäre interessant, so zu erfahren, wann erstmals anaerobe Verhältnisse auftraten. Dies müsste dann in Verbindung mit der zivilisatorischen Entwicklung gebracht werden. Auch die Drainageleitungen müssten einmal auf die Nährstofffrachten untersucht und die Beeinflussung durch die Düngung der umliegenden Felder ermittelt werden.

Für solche interessante Untersuchungen können die hier dargestellten Ergebnisse Basis sein, um in Zukunft die Seen besser zu kennen und allenfalls notwendige Massnahmen zielbewusst einleiten zu können.

Literaturverzeichnis

Krauter, D., & Streble, H., 1973: Das Leben im Wassertropfen. – Kosmos-Naturführer, (Franckh) Stuttgart.

Tanner, H., 1913: Der Hüttwiler- oder Steineggersee – Mitt. thurg. naturf. Ges., 20, S. 169 bis 226.

Bildnachweis

Die Mikroaufnahmen wurden in verdankenswerter Weise von Herrn *H. Bachmann* von der EAWAG (Dübendorf) zur Verfügung gestellt.

Adresse der Autoren:

A. Heigl und R. Scheidegger, Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau, Laboratorium, 8500 Frauenfeld.