

Wasseruntersuchungen im Gebiet des Hudelmooses

Autor(en): **Schnegg, Walter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **51 (1992)**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593818>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Wasseruntersuchungen im Gebiet des Hudelmooses

WALTER SCHNEGG

Mitt.thurg.naturf.Ges.	51	14 Seiten	1 Tab./ 21 Abb.	Frauenfeld 1992
------------------------	-----------	-----------	-----------------	-----------------

1. Einleitung

Im Sommer 1975 führte das Laboratorium des Amtes für Umweltschutz und Wasserwirtschaft erstmals im Hudelmoos Wasseruntersuchungen durch. Dazu wurden, je nach Entnahmestelle, ein bis zwei Stichproben erhoben und untersucht. Die wenigen Resultate zeigen eine Belastung der Zuflüsse in das Hudelmoos an, wobei insbesondere das Abwasser aus dem st. gallischen Weiler Rotzenwil sehr deutlich in Erscheinung trat.

Andere Arbeiten als diese Kurzuntersuchung von 1975 sind uns nicht bekannt. Die geplante Erarbeitung einer Hudelmoos-Monographie war nun Anlass zur Vertiefung der Kenntnisse über die Wasserqualität. Dabei sollte die chemische Zusammensetzung des Wassers der Zuflüsse und der Abflüsse erfasst, die Quellen allfälliger Verschmutzungen ermittelt und ein Vergleich zu den Untersuchungen von 1975 gezogen werden.

2. Methoden

Das Hudelmoos weist nur einen namhaften, ständig wasserführenden Zufluss auf. Es handelt sich um das Bächlein aus Richtung Rotzenwil, das an der Waldecke südlich von Huebertaa die ursprüngliche Richtung ändert und westwärts gegen den südlichen, auf st. gallischem Gebiet liegenden Weiher, fliesst. Bei trockener Witterung gelangt so alles Wasser in das Hudelmoos, während bei stärkerer Wasserführung ein Teil im ursprünglichen Bachbett verbleibt und ostwärts in den Hegibach fliesst.

Von Süden mündet weiter aus dem Wiesland bei Höggerswil eine Drainageleitung aus, die in der Regel dem St. Gallerweiher nur sehr wenig Wasser zuführt.

An der Waldecke, etwa 200 m nördlich des durch uns «Thurgauer Weiher» genannten Gewässers vereinigen sich zwei Entwässerungsgräben, nämlich einer von Osten und einer von Nordwesten, welche die Hauptzuflüsse aus dem Thurgauergebiet darstellen. Dieses Entwässerungssystem führt bei sehr trockener Witterung kein Wasser.

Alle übrigen Entwässerungsgräben im Hudelmoos führen Wasser, das direkt aus dem Moorgebiet oder dem umgebenden Wald stammt.

In der Tabelle 1 sind die Stellen aufgelistet, an welchen im Verlaufe der Untersuchungsperiode an insgesamt 9 Tagen Proben entnommen wurden.

Die Herkunft des Wassers an diesen Stellen lässt sich wie folgt umschreiben:

Fast ausschliesslich aus Moorböden stammen die Proben der Stellen 2, 7, 13, 14, 15, 19, wobei an den Stellen 13 und 14 nur an extrem nassen Tagen Wasser vorhanden ist, da es aus der allerobersten Humusschicht stammt. Der Anfang des Zentralgrabens, die Stelle 7, scheint, obwohl nicht sichtbar, etwas Wasser von ausserhalb des Moorgebiets zu erhalten. Zu dieser Serie wäre auch die Stelle 17 zu zählen, doch erhält sie bei nasser Witterung Wasser von einer Felddrainage.

Ihr Einzugsgebiet im Kulturland ausserhalb des Schutzgebietes, z.T. auch im Wald, haben die Stellen 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10. Hauptsächlich aus Wiesland stammt das Wasser der Stellen 4, 5 (Drainage), 6, 8, 10.

Tabelle 1: Liste der Probenahmestellen

Stelle Nr.	Bezeichnung der Probenahmestellen	Koordinaten
01	Zufluss zum Thurgauerweiher von Nordost	739.262 / 265.325
02	Zufluss zum Thurgauerweiher von Südost	739.288 / 265.312
03	Graben am Waldrand von Nordwest	739.300 / 265.525
04	Graben am Waldrand von Ost	739.312 / 265.525
05	Drainagerohr aus der Wiese von Nord	739.305 / 265.525
06	Entwässerungsleitung an der Strasse nach Zihlschlacht	739.230 / 265.600
07	Anfang des Zentralgrabens	739.562 / 265.180
08	Rotzenwilerbach westlich von Huebertaa	739.675 / 265.050
09	Entwässerungsgraben westlich von Huebertaa	739.725 / 265.050
10	Graben beim Fichtenwäldchen	739.688 / 265.100
11	Abfluss des Thurgauerweiher	739.212 / 265.225
12	Zentralgraben Mitte, nach der Mündung des Rotzenwilerbaches	739.250 / 265.080
13	Zufluss zum Zentralgraben aus Südost	739.338 / 265.082
14	Zufluss zum Rotzenwilerbach aus Osten	739.350/ 265.075
15	Zentralgraben vor der Mündung des Rotzenwilerbaches	739.345 / 265.100
16	Rotzenwilerbach vor der Mündung in den Zentralgraben	739.320 / 265.100
17	Zufluss zum St.Gallerweiher von Süden	739.275 / 265.062
18	Abfluss des St.Gallerweiher	739.138 / 265.050
19	Zufluss zum Zentralgraben aus Norden	739.350 / 265.125
20	Graben zwischen Thurgauerweiher und Zentralgraben	739.200 / 265.160
21	Bachdurchlass an der Zihlschlachterstrasse	738.670 / 265.180
22	Zufluss zum St.Gallerweiher aus West	739.150 / 265.000
23	Schacht an der Strasse vor Rothuswald	738.862 / 265.262

Die Stellen 1, 11, 12, 16, 18, 20, 21, 22 und 23 weisen gemischte Einzugsgebiete auf, nämlich Kulturland, Wald und Moorgebiet.

Ein Sonderfall stellt der Rotzenwilerbach dar. Er ist mit grossem Abstand der wichtigste Zufluss zum Hudelmoos und weist eine spürbare Belastung durch Abwasser aus dem Weiler Rotzenwil auf. Er wird an den Stellen Nr. 8 und später 16 erfasst, dominiert aber auch im Zentralgraben an der Stelle 12 und im Abfluss des St. Gallerweiher, Stelle 18. Diese kann auch als Hauptabfluss aus dem Hudelmoos bezeichnet werden.

Im Verlauf des Jahres 1990 und anlässlich einer Nachkontrolle im Mai 1992 wurden an insgesamt 23 Stellen zwischen im Minimum einer und neun Schöpfproben im Maximum erhoben. Mehrere Entnahmestellen führten nur bei sehr nasser Witterung Wasser.

Die von Hand geschöpften Proben wurden in Eis gekühlt ins Labor zur Untersuchung transportiert. An Ort und Stelle erfolgte die Messung der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit. Die Abflussmengen wurden so gut wie möglich geschätzt, vereinzelt mit Kübel und Stoppuhr gemessen. Das Aussehen der Proben wurde an Ort und Stelle beschrieben.

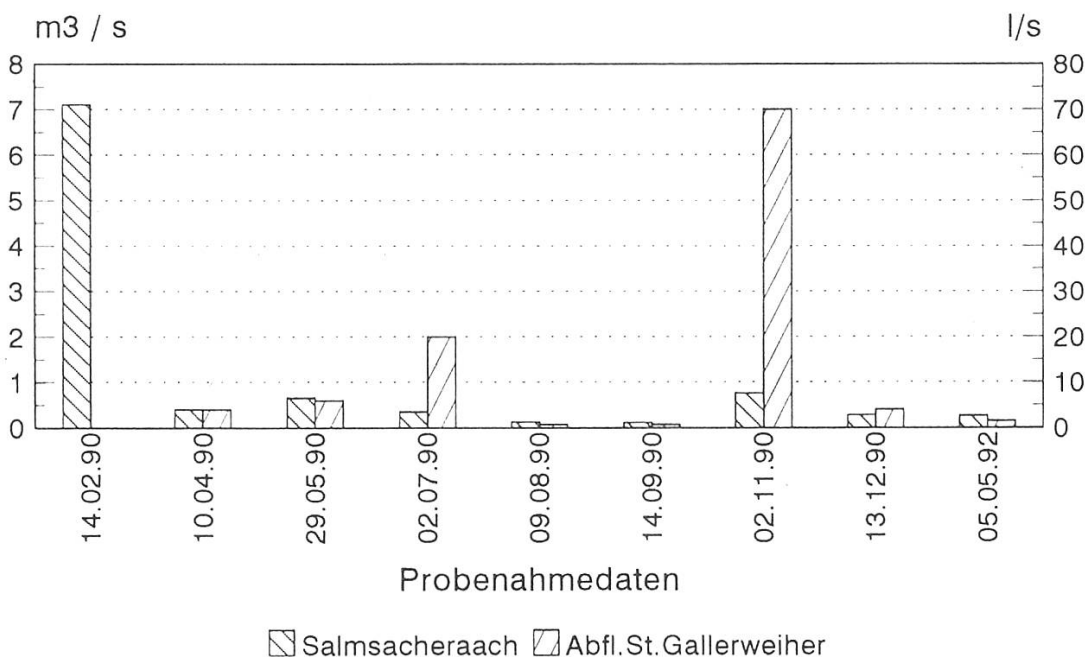
Folgende Analysenmethoden gelangten zur Anwendung:

- Photometrische Methoden für Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat, Gesamtphosphor und Silikat
- Ionenchromatographische Methode für Chlorid, Sulfat und Nitrat (bei letzterem parallel zur photometrischen Bestimmung)
- Titrimetrische Bestimmung der Wasserhärten (Karbonathärte, Gesamthärte, Calcium, Magnesium)
- Sauerstoffbestimmung nach Winkler mit potentiometrischer Endpunktindikation
- Messung der Extinktion bei 405 nm (zur Messung der Gelbfärbung) mittels Spektralphotometer
- Weitere Untersuchung vom Mai 1992: Bestimmung der Elemente Calcium, Magnesium, Strontium, Barium, Natrium, Kalium, Eisen, Mangan, Zink, Kupfer und Bor mittels Emissions-Spektrophotometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)

3. Ergebnisse

Während der Probenahmen herrschten sehr unterschiedliche Witterungsbedingungen. Am 14. Februar 1990, die Thur trat zeitweise ins Vorland, waren mit Abstand die höchsten Abflüsse anzutreffen. An drei der neun Probenahmetage verliess nur sehr wenig Wasser das Hudelmoos. Beim Abfluss des St. Gallerweihers, wo die Menge bei Niederwasser mit Kübel und Stoppuhr gut bestimmt werden kann, wurde die Abflussmenge am 09.08.1990 und am 14.09.1990 zu je 0,7 l/s ermittelt. Am 05.05.1992 konnten 1,5 l/s gemessen werden. Der Thurgauerweiher (Probenahmestelle Nr. 11) wies an diesen Tagen keinen messbaren Abfluss auf.

Abb. 1: Abflussmenge in der Salmsacheraach in Hungerbühl und vom St. Gallerweiher (incl. Zentralgraben)



Am 14. Februar 1990 war die Wasserführung beim Abfluss des St. Gallerweiher so bedeutend, dass keine verlässliche Abflussschätzung möglich war. Der Thurgauerweiher wies an diesem Tag einen Abfluss von 10 l/s auf.

In der Abb. 1 werden die gemessenen oder geschätzten Abflusswerte aus dem St. Gallerweiher den am eidgenössischen Pegel an der Salmsacher-aach in Hungerbühl registrierten gegenübergestellt.

Um eine Idee über die Tiefe der Weiher zu erhalten, wurden sie an einigen Stellen ausgelotet. Der Thurgauerweiher erwies sich als 50 bis 60 cm tief, während im St. Gallerweiher im südlichen Teil bis 1,0 m gemessen wurde. Beim teilweise äusserst geringen, im Thurgauerweiher zeitweise gänzlich fehlenden Zufluss, ist mit mittleren Aufenthaltszeiten des Wassers von einigen Monaten zu rechnen.

Für die vorliegende Monographie musste die Wiedergabe des Zahlenmaterials beschränkt werden. Die Analysendaten wurden in den graphischen Darstellungen grundsätzlich nach zwei verschiedenen Kriterien aufgeführt. Bei der Gruppierung nach Probenreihen sind ein oder mehrere Parameter für alle am selben Tag erhobenen Proben zusammengefasst.

Die Gruppierung nach Entnahmestellen dagegen gibt eine Übersicht für einzelne Parameter während der Dauer der Untersuchungen. Die Anzahl der Proben innerhalb einer Serie schwankt u.a. witterungsbedingt ziemlich stark. Etliche Stellen waren während längerer Zeit trocken.

In der Abbildung 2 wird für die Serie 6, also bei sehr trockener Witterung, der elektrische Leitfähigkeit der Säureverbrauch des Wassers gegenübergestellt. Aus dem Säureverbrauch in mmol/l lässt sich die Karbonathärte durch Multiplikation mit 5 errechnen. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Konzentrationen der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium bei sehr hoher (Serie 1) und sehr niedriger (Serie 6) Wasserführung. In der Abbildung 5 sind die Konzentrationen der Erdalkalimetalle Strontium und Barium der Serie 9, ebenfalls einer Trockenwitterserie, wiedergegeben. Die Abbildung 6 zeigt die Konzentrationen der Alkalimetalle Natrium und Kalium, sowie von Borat in der Serie 9.

In den Abbildungen 7 und 8 wird der Gehalt an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) der Proben der Serien 1 resp. 6 der jeweiligen Extinktion bei 404 nm gegenübergestellt. Die Lichtabsorption bei 404 nm ist ein Mass für die Gelbfärbung des Wassers.

Die Konzentrationen der Anionen Chlorid und Sulfat sind in der Abbildung 10 für die Entnahmestelle 7 und in der Abbildung 11 für die Probenreihe 9 dargestellt. In den Abbildungen 12 und 13 sind die Silikatkonzentration für die Probenreihen 5 (trockene Witterung) resp. 7 (nasse Witterung) wiedergegeben. Die Angaben erfolgen in mg SiO₂/l.

Die Darstellung der verschiedenen Phosphorfraktionen erfolgt in der Abbildung 14 für die Serie 1, Abbildung 15 für die Serie 9, sowie 16 und 17 für die Serien an der Entnahmestelle Nr. 7 resp. 8. Man beachte besonders die völlig unterschiedlichen Massstäbe.

Die Stickstoffverbindungen Ammonium, Nitrit und Nitrat finden sich in den Abb. 18 - 21 einerseits für die Entnahmestellen Nr. 2 und 4, andererseits für die Nasswitterserie 1 und die Trockenwitterserie 6.

Abb. 2: El. Leitfähigkeit und Säureverbrauch bis pH = 4,3 in Proben der Serie 6 vom 14.9.90

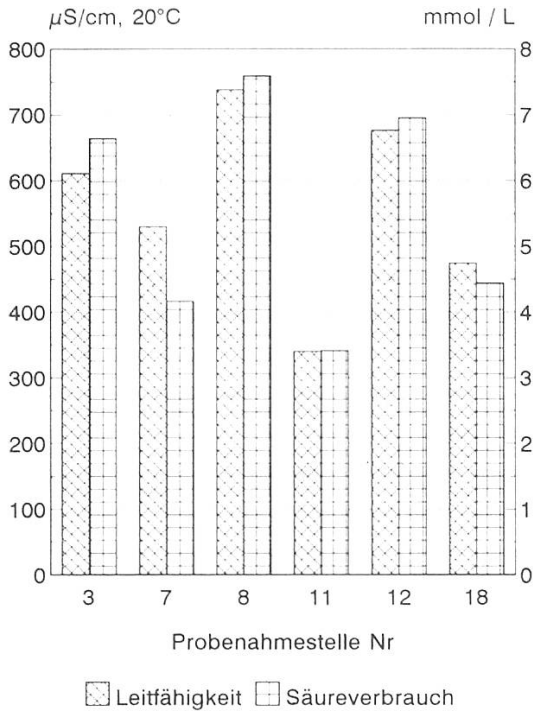


Abb. 3: Calcium- und Magnesium-Konzentrationen in den Proben der Serie 1 vom 14.2.90

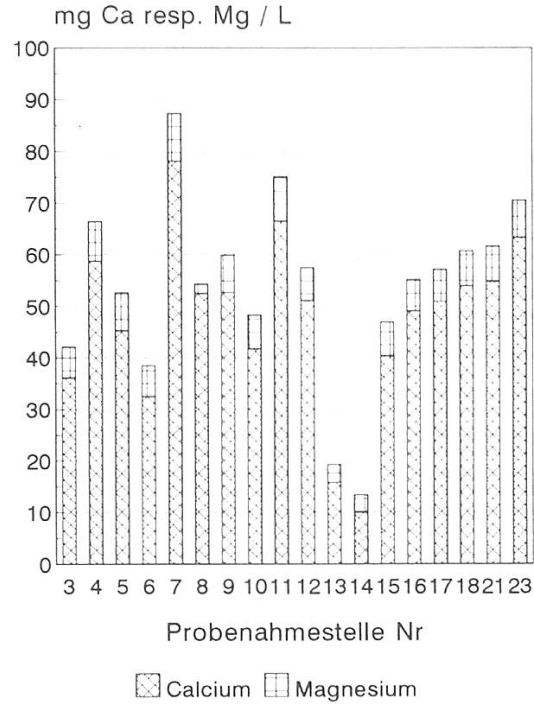


Abb. 4: Calcium- und Magnesium-Konzentrationen in den Proben der Entnahmestelle 3

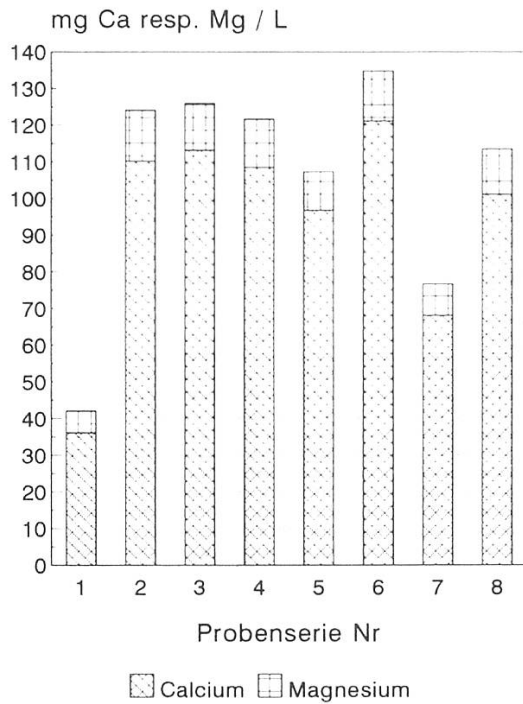


Abb. 5: Konzentrationen an Strontium und Barium in den Proben der Serie 9 vom 5.5.92

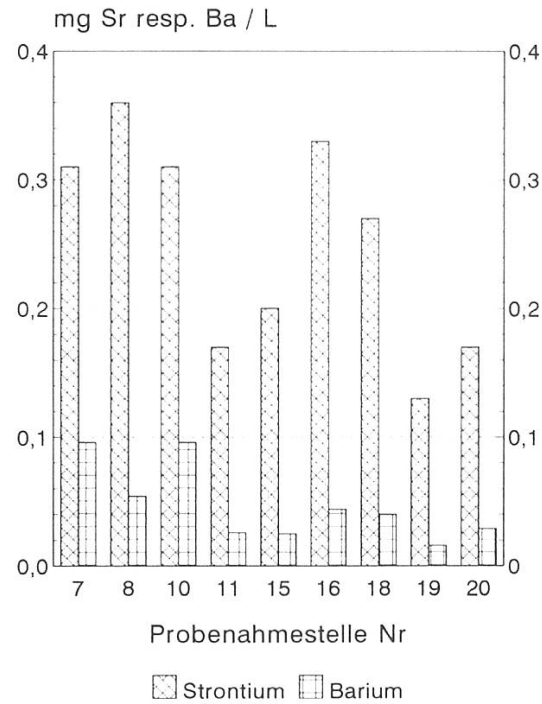


Abb. 6: Konzentrationen an Natrium, Kalium und Borat in den Proben der Serie 9 vom 5.5.92

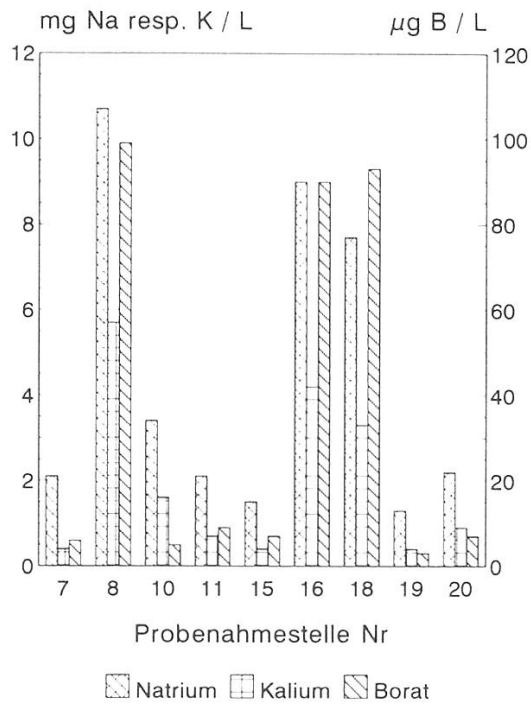


Abb. 7: DOC und Extinktion bei 404 nm in den Proben der Serie 1 vom 14.2.90

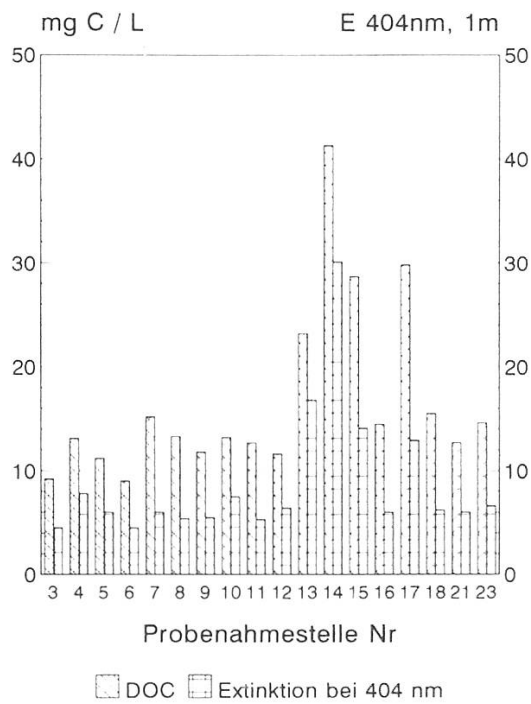


Abb. 8: DOC und Extinktion bei 404 nm in den Proben der Serie 6 vom 14.9.90

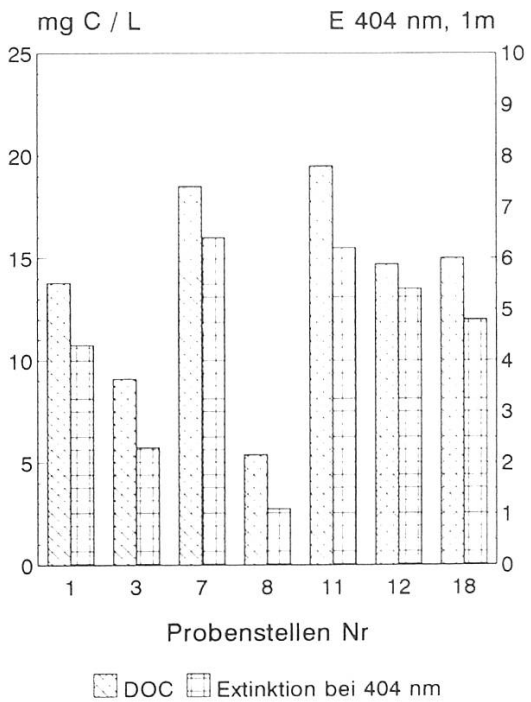


Abb. 9: Sauerstoff-Konzentration und -Sättigung in den Proben der Entnahmestelle 11 (Abfluss Thurgauer Weiher)

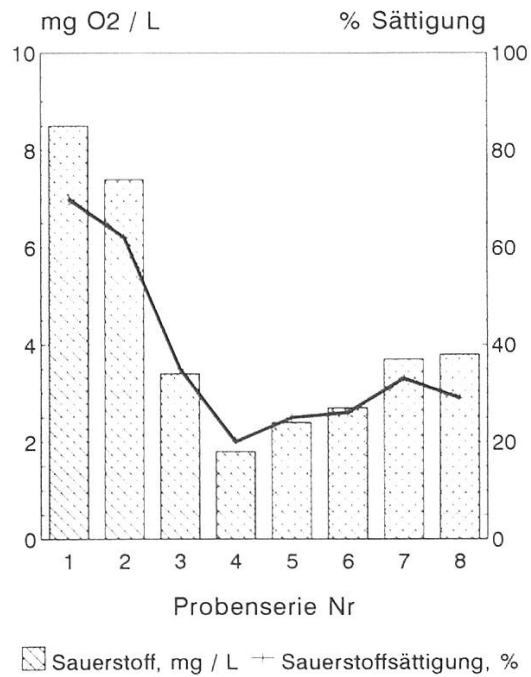


Abb. 10: Chlorid und Sulfat in den Proben der Entnahmestelle 7

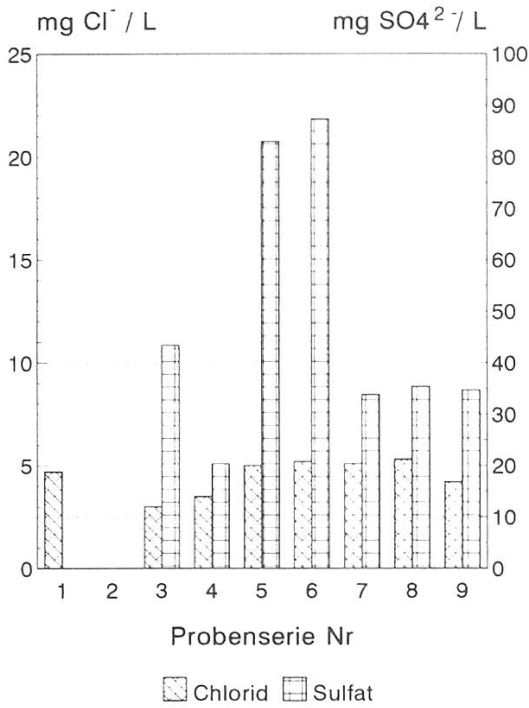


Abb. 11: Chlorid und Sulfat in den Proben der Serie 9 vom 5.5.92

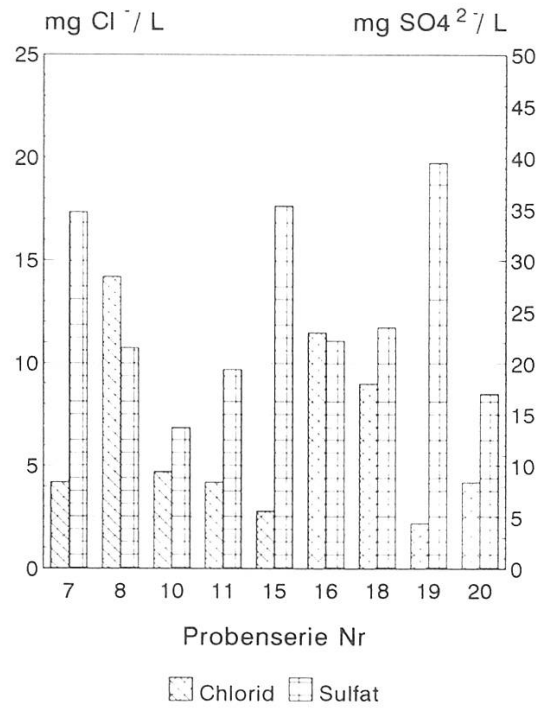


Abb. 12: Silikat in den Proben der Serie 5 vom 9.8.90

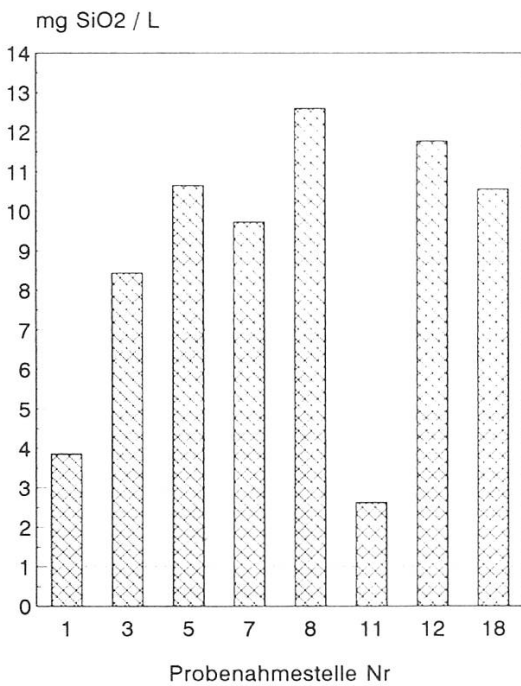


Abb. 13: Silikat in den Proben der Serie 7 vom 2.11.90

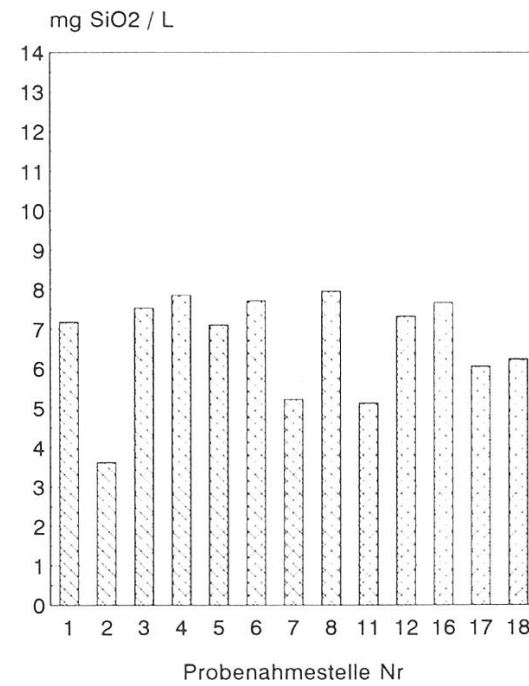


Abb. 14: Phosphorkomponenten in den Proben der Serie 1 vom 14.2.90

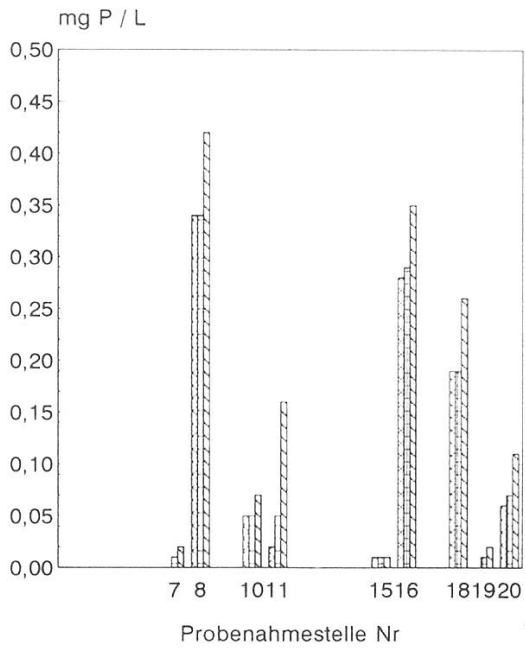
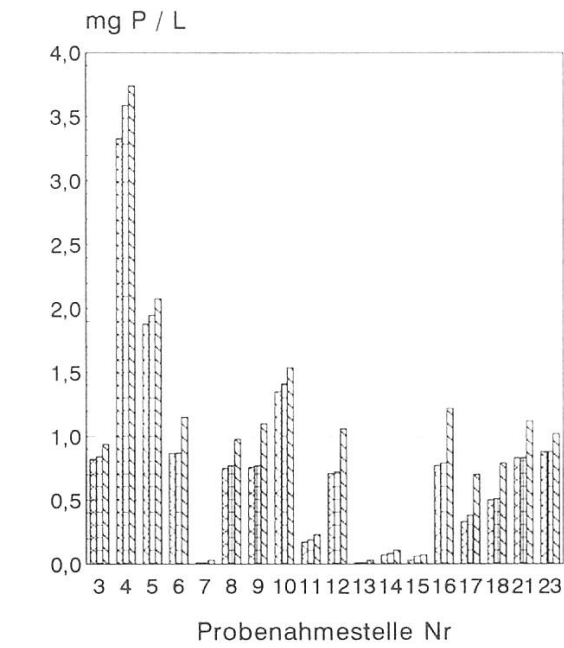


Abb. 15: Phosphorkomponenten in den Proben der Serie 9 vom 5.5.92



o-Phosphat Phosphor gelöst Gesamtphosphor o-Phosphat Phosphor gelöst Gesamtphosphor

Abb. 16: Phosphorkomponenten in den Proben der Entnahmestelle 7

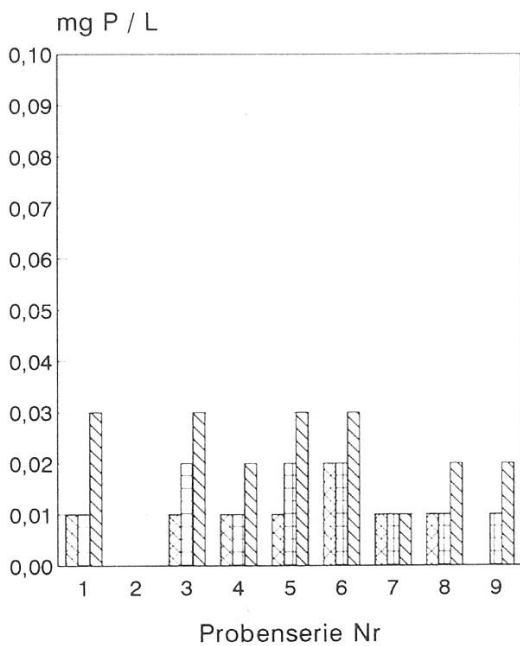
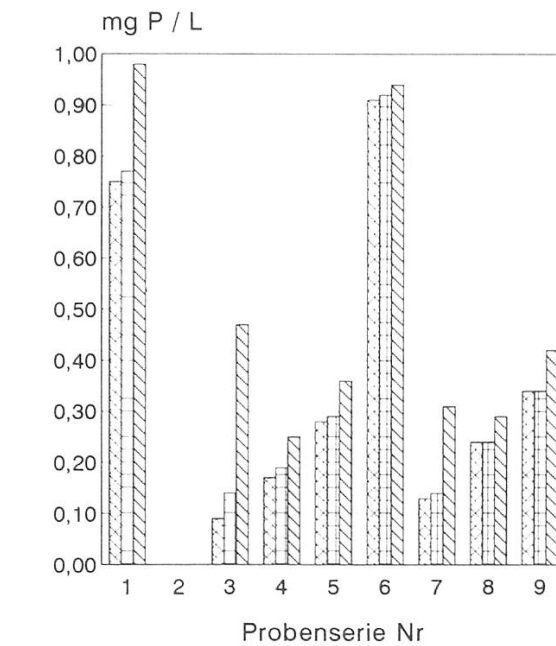


Abb. 17: Phosphorkomponenten in den Proben der Entnahmestelle 8



o-Phosphat Phosphor gelöst Gesamtphosphor o-Phosphat Phosphor gelöst Gesamtphosphor

Abb. 18: Anorg. Stickstoffkomponenten in den Proben der Entnahmestelle 2

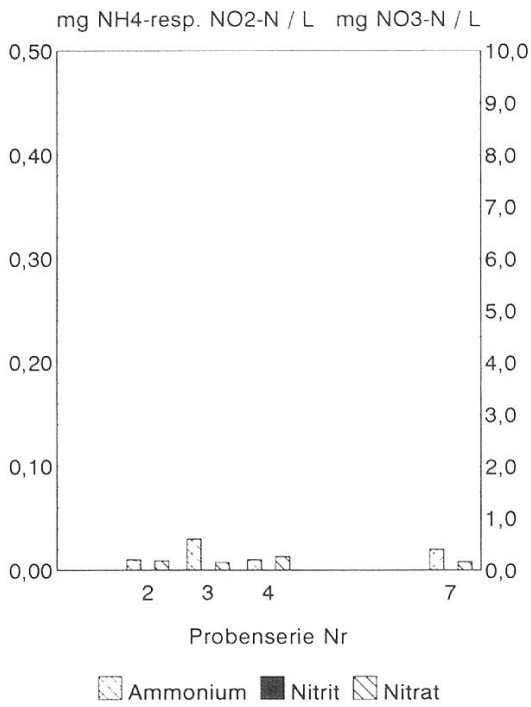


Abb. 19: Anorg. Stickstoffkomponenten in den Proben der Entnahmestelle 4

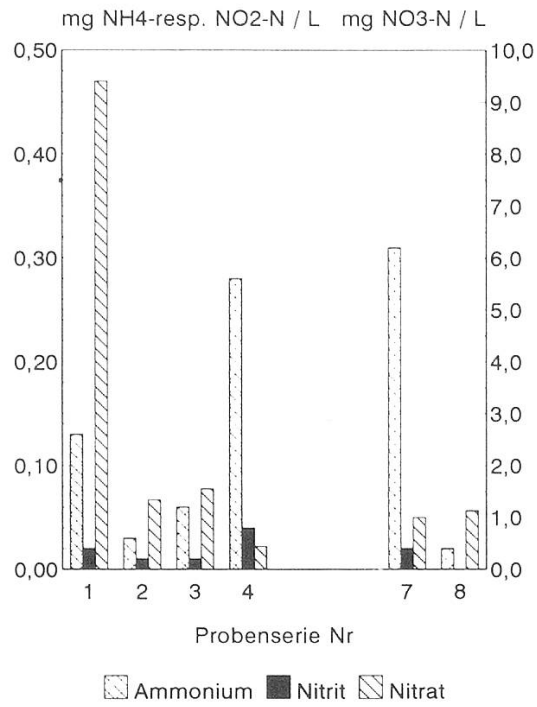


Abb. 20: Anorg. Stickstoffkomponenten in den Proben der Serie 1

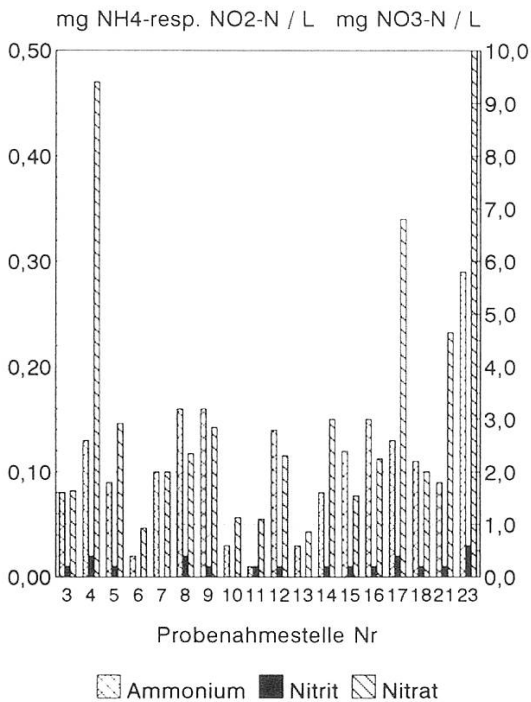
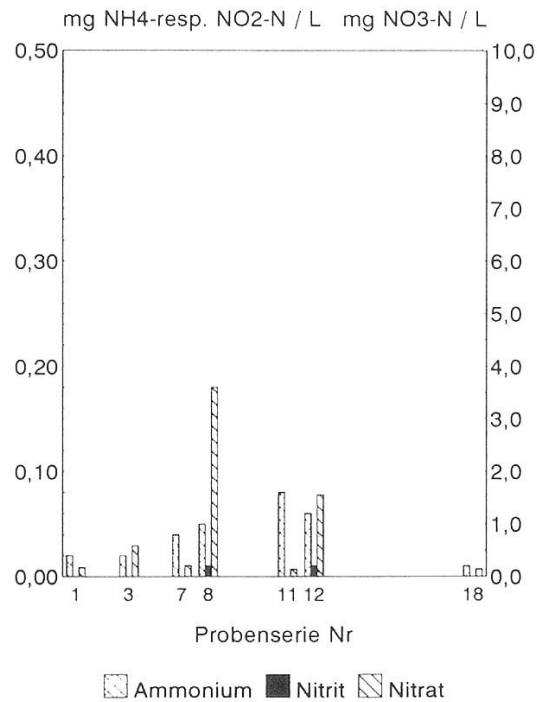


Abb. 21: Anorg. Stickstoffkomponenten in den Proben der Serie 6



4. Diskussion

Die chemische Beschaffenheit eines natürlichen Oberflächen- oder Grundwassers wird entscheidend geprägt durch seine Herkunft. Verwitterungsreaktionen an Gesteinen wirken sich direkt auf den Mineralstoffgehalt des Wassers aus. Neben chemischen und physikalischen Vorgängen beeinflussen auch biochemische Reaktionen die Beschaffenheit eines natürlichen Gewässers.

Quantitativ gesehen sind die wichtigsten Kationen die aus der Verwitterung von Calcit oder Dolomit stammenden Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium. Die Summe der Erdalkalimetalle nennt man Gesamthärte. Andere Metallionen, wie Natrium und Kalium, die aus der Verwitterung von Feldspäten stammen können, sind in der Regel in natürlichen Wässern in wesentlich geringeren Mengen vorhanden.

Die Metalle Eisen und Mangan sind nur in ihren reduzierten Formen, also bei niederen Redoxpotentialen in nennenswerten Mengen löslich.

Häufigstes Anion ist das Hydrogencarbonat HCO_3^- , das zur Berechnung der sogenannten Karbonathärte dient. Quantitativ von Bedeutung können ferner die Anionen Sulfat SO_4^{2-} und Chlorid Cl^- , Kieselsäure H_4SiO_4 oder allenfalls auch Nitrat NO_3^- sein.

Neben Kationen und Anionen sind auch gelöste Gase, insbesondere Sauerstoff zu betrachten. In unseren wenig tiefen Fließgewässern ist dieser in der Regel in völlig unproblematischen Konzentrationen vorhanden. Bei grösseren Wassertiefen, insbesondere bei stehenden Gewässern können aber neben assimilationsbedingten Übersättigungen in Oberflächennähe auch ausgesprochene Mangelsituationen in der Tiefe beobachtet werden.

Im Wasser aus Moorgebieten ist der Gehalt an Huminstoffen von ganz besonderer Bedeutung. Es handelt sich um hochmolekulares, uneinheitlich beschaffenes und biologisch sehr schlecht abbaubares Material. Huminstoffe werden bei der Bestimmung des gelösten organischen Kohlenstoffs, DOC (vom englischen Dissolved Organic Carbon) mit erfasst. Sie vermögen das Wasser mehr oder weniger intensiv braun zu färben.

Neben den geochemisch bedingten Wasserinhaltsstoffen sind auch solche vorhanden, die auf menschliche, also anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind.

Zu diesen Einflüssen zählen die Abwassereinleitungen, aber auch aus der Bodenbewirtschaftung resultierende Belastungen. Dabei üben die Witterung und die Vegetation einen sehr grossen Einfluss auf die Beschaffenheit des Wassers aus. Ein erhöhter Wasserabfluss hat nicht nur einen verdünnenden Effekt, er kann auch die Auswaschungen und Abschwemmung von Stoffen gewaltig fördern. Während der Vegetationsruhe sind die Nährstoffaufnahme und die Evapotranspiration stark reduziert.

Aus der Abb. 2 ist der enge Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem Gehalt des Wassers an Bikarbonat, gegeben durch den Säureverbrauch bis $\text{pH} = 4,3$, sehr gut ersichtlich. Grössere Abweichungen, wie etwa an der Probenahmestelle Nr. 7 lassen sich durch erhöhte Gehalte an anderen Anionen erklären. Man vergleiche dazu den Sulfatgehalt der Probenserie 6 in der Abb. 10.

Die grosse Schwankungsbreite bei den Gehalten an Calcium und Magnesium in den Proben der Serie 1 (Abb. 3) weist auf eine sehr unterschiedliche Herkunft der Wässer hin. Die Probenahmestellen 13 und 14 waren an wenig tiefen Entwässerungsgräben im Moorboden. Die Gehalte an Calcium lagen mit 15,8 resp. 10,0 mg/l extrem tief. Dasselbe lässt sich sagen von den Magnesiumkonzentrationen, die nur 3,5 resp. 3,4 mg/l betragen. Diese Stellen führten nur bei sehr nasser Witterung Wasser. Der tiefe Wert an der Stelle Nr. 6 lässt sich durch Strassenabwasser erklären. Dasselbe Wasser wird etwas weiter unten an der Stelle 3 nochmals erfasst.

Auf der Abbildung 4 sind die Calcium- und Magnesiumdaten an der Probenahmestelle Nr. 3 an acht Probenahmedaten einander gegenübergestellt. Die Konzentrationen an Calcium schwanken von 36 mg/l im Minimum bis 121 mg/l im Maximum. Die Magnesiumkonzentrationen schwankten zwischen 6,0 und 13,9 mg/l.

In den Proben der Serie Nr. 9, einer Trockenwetterserie wurden zusätzlich die Erdalkalimetalle Strontium und Barium mitbestimmt. Häufig anzutreffende Werte in den thurgauischen Fliessgewässern liegen für das Strontium zwischen 0,2 und 0,4 mg/l, für Barium um 0,05 mg/l. Die Proben aus dem engeren Moorgebiet, insbesondere an den Stellen 11, 15, 19 und 20 weisen etwas tiefere Werte auf als die Stellen mit anthropogenem Einfluss. Dieser Einfluss der menschlichen Tätigkeiten kommt besonders schön zum Ausdruck in der Abbildung 6. Das neben den Alkalimetallen Natrium und Kalium aufgeführte Borat stammt aus Waschmitteln (Perborate als Bleichmittel). Die Stelle 8 (Rotzenwilerbach) weist die höchsten Konzentrationen auf. An den Stellen 16 und 18 dominiert ebenfalls bei weitem das Wasser des Rotzenwilerbachs. Aus der Abbildung geht auch hervor, dass an den Stellen 7, 10, 11 und 20 ein, wenn auch sehr geringer, anthropogener Einfluss bemerkbar ist.

Die Abbildungen 7 und 8 dokumentieren einen sehr engen Zusammenhang zwischen der Gelbfärbung des Wassers, angegeben als Lichtabsorption (Extinktion) bei 404 nm mit dem Gehalt an gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen (DOC). Die Wasserproben aus dem engeren Moorgebiet, insbesondere diejenigen aus den obersten Bodenschichten, sind goldgelb bis braun gefärbt, klar, und weisen einen extremen Gehalt an Huminstoffen auf. Der höchste, an der Stelle Nr. 14 gemessene Werte lag bei 41 mg C/l. Als Vergleich: Gemäss heute geltendem Recht darf ein biologisch gereinigtes Abwasser bei der Einleitung in ein Gewässer 10 mg C/l, bei Kohlenstoffverbindungen ohne nachteilige Wirkungen für die Gewässer 15 mg C/l enthalten. Als Qualitätsziel für Fliessgewässer und Flusstauere gilt ein Höchstwert von 2 mg C/l. Es versteht sich von selbst, dass diese Gehalte an natürlichen Kohlenstoffverbindungen gewisse Probleme bei der Beurteilung der Fliessgewässerqualität verursachen können, da eine Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlich eingebrachten Kohlenstoffverbindungen in der Routineanalytik nicht einfach zu bewerkstelligen ist.

Die Abbildung 9 zeigt für den Abfluss des Thurgauer Weihers (Entnahmestelle Nr. 11) die Sauerstoffkonzentrationen und die daraus

berechneten Sättigungswerte. Sie liegen erstaunlich niedrig für diesen sehr untiefen Weiher.

Die Abbildungen 10 und 11 sagen bezüglich des Chloridgehalts wiederum etwas aus über die anthropogene Belastung, also relativ hohe Werte an den Stellen 8, 16 und 18. Die Sulfatkonzentrationen sind bemerkenswert. Als Vergleich wiederum einige Daten: Die Murg weist auf der Höhe von Sirnach etwa 15 mg/l auf, während der Bodensee etwa 35 mg/l enthält. Die Ursache für die sehr hohen Werte an der Probenahmestelle 7, d.h. am Anfang des zentralen Grabens, sind nicht bekannt. Frühere Ablagerungen gipshaltigen Materials ausserhalb des eigentlichen Hudelmooses wären denkbar.

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen den Silikatgehalt von zwei verschiedenen Serien. Er ist besonders tief im Abfluss des Thurgauer Weihers, offenbar als Folge der Aktivität der Kieselalgen. Auch die eigentlichen Moorwasserstellen, z.B. Nr. 2 und Nr. 7, weisen relativ niedrige Werte auf.

Die für die Eutrophierung wichtigen Phosphorverbindungen sind in den Abbildungen 14 bis 17 dokumentiert. Hier gilt es vor allem, den Abbildungsmassstab zu beachten. Die aussergewöhnlich hohen Werte an den Stellen 3, 4, 5 und 6 sind auf das Güllen von drainiertem Wiesland im Winter zurückzuführen. Die Stelle Nr. 4 erfasst den von Ost nach West dem Wald entlang sich erstreckenden Entwässerungsgraben. Nahe diesem Graben waren im Februar grössere Güllerückstände eruierbar. Es ist bekannt, dass unter solchen Umständen bis zur Hälfte einer Jahreszufuhrfracht bei einem einzelnen Regenereignis ins Gewässer gelangen kann. Vom Wiesland fällt dabei das Phosphat meist in gelöster Form an, während vom Ackerland viel gebundene Nährstoffe durch Bodenerosion verloren gehen können. Abschwemmungen, Bodenerosion, Drainageverluste und Auswaschungen sind vor allem von Bedeutung während der Vegetationsruhe bei nasser Witterung oder bei unbedecktem Boden. Abwasserbelastete Stellen wie die Nr. 8, 9, 12, 16 und 18 zeigen die Belastung dagegen ganzjährig. Ein guter Indikator zur Ermittlung der Herkunft stellt das Bor dar.

In den Abbildungen 18 bis 21 sind schliesslich die anorganischen Stickstoffkomponenten Ammonium, Nitrit und Nitrat dargestellt. Die Werte sind jeweils in mg N/l angegeben. Typisch für ein von aussen unbeeinflusstes Wasser aus Moorgebiet ist die Stelle 02, ein Zufluss zum Thurgauer Weiher von Südosten. An dieser Stelle sowie an der Stelle 19, die ihr Einzugsgebiet ebenfalls im reinen Moorgebiet hat, sind die tiefsten Konzentrationen an anorganischen Stickstoffverbindungen vorhanden. Wie bei den Phosphorverbindungen stehen auch bei den Stickstoffkomponenten die höchsten Konzentrationen in Verbindung mit stark erhöhten Wasserabflüssen. Zur Umrechnung der Nitrat-Stickstoffwerte in Nitrat (NO_3) wären die Werte mit 4,43 zu multiplizieren.

In den Proben der letzten Serie wurden die Konzentrationen der Schwermetalle Eisen, Mangan, Zink und Kupfer in gelöster Form (hier im Membranfiltrat) untersucht. Die höchsten Eisenkonzentrationen, bis gegen 0,4 mg/l, traten in den Proben aus dem eigentlichen Moorgebiet auf, während die geringsten, nämlich 0,02 mg/l, im Rotzenwilerbach an der Stelle 8 gefunden wurden.

Beim Mangan wiesen die Abflüsse des Thurgauer- und des St.Galler-Weiher je 0,09 mg/l auf. An den übrigen Stellen wurden zum Teil wesentlich geringere Konzentrationen bestimmt. Die erhöhten Werte in den Weiherabflüssen sind auf ein tiefes Redoxpotential zurückzuführen. Das Mangan im Wasser ist ein recht guter Indikator für beginnende Reduktionserscheinungen.

Gelöstes Zink und gelöstes Kupfer waren in Mengen von wenigen Mikrogrammen pro Liter vorhanden. Dies ist typisch für unbelastete Standorte.

6. Schlussbetrachtungen

Im Sommer 1975 wurde die Situation anhand einiger weniger Wasserproben erstmals beurteilt. Die damals festgestellte Belastung durch Abwasser im Bächlein von Rotzenwil ist nach wie vor vorhanden. Die Frage, ob eine Zunahme oder Abnahme im Belastungsgrad eingetreten ist, lässt sich jedoch mangels genügender Probenzahl in der Ausgangssituation kaum beantworten. Es besteht jedoch die Hoffnung auf eine baldige Sanierung der Abwassersituation im Weiler Rotzenwil.

Im thurgauischen Einzugsgebiet nördlich des Hudelmooses sind Massnahmen zur Vermeidung von Nährstoffabschwemmungen und Drainageverlusten sowie Auswaschungen unerlässlich. Dies kann in erster Linie durch eine zeitgerechte, dem Bedarf angepasste Düngung erfolgen. Insbesondere ist das Güllen im Winter zu vermeiden, da sonst mit hohen Nährstoffverlusten gerechnet werden muss. Überschlagsmässige Berechnungen und die Analysendaten vom Abfluss des Thurgauer Weiher zeigen, dass die mittlere Aufenthaltszeit des Wassers mehrere Monate beträgt. Die im Winter und Frühjahr ins Hudelmoos eingetragenen Pflanzennährstoffe üben so ihre Wirkung bis in den Sommer aus.

Verdankungen:

An den Probenahmen und Untersuchungen im Laboratorium des Amtes für Umweltschutz und Wasserwirtschaft haben insbesondere mitgewirkt Hans Löffel, Walter Rutz, Caroline Fuchs und Alfred Schmid. Ihnen allen sei für die sorgfältige Ausführung der Arbeit herzlich gedankt.

Adresse des Verfassers:

Walter Schnegg, dipl. Chemiker, Laboratorium Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft des Kantons Thurgau, CH-8500 Frauenfeld