

# TRACERVERSUCH ZUR UNTERSUCHUNG DES WASSERAUSTAUSCHES ZWISCHEN EINEM BAGGERSEE UND DEM BENACHBARTEN GRUNDWASSER

Ursula Hertkorn-Obst

## Summary:

*A water tracing experiment showed the correlations between a dredging pool and the surrounding groundwater. A new apparatus for sampling pore water was constructed, and the pool water was traced by NaCl. Informations about way, concentration and velocity of the tracing substance are given, the resulting influence of the pool water on the groundwater is described. Conclusions about dimension and way of the correlations between dredging pool and groundwater are drawn.*

## **1. Einführung**

Die vorliegenden Ausführungen stützen sich auf ein Forschungsvorhaben des BMI-Fachausschusses "Wasserversorgung und Uferfiltrat", in dessen Rahmen die Eignung von Baggerseen in der Oberrheinebene als Infiltrationsbecken zur künstlichen Grundwasseranreicherung geprüft werden sollte. An einem zwischen Karlsruhe und Heidelberg befindlichen Baggersee, dem sog. Testsee Bad Langenbrücken, wurden speziell die Wechselwirkungen zwischen künstlich freigelegtem Grundwasser und dem natürlichen Grundwasser untersucht.

## **2. Topographie und hydrologisch-limnologischer Überblick**

Der Testsee wurde zwischen 1972 und 1973 ausgebaggert und dient der Landesanstalt für Umweltschutz B.W. ausschließlich zu wasserwirtschaftlichen und limnologischen Studien. Die Seefläche beträgt ca. 3,7 ha, die durchschnittliche Tiefe 15 m (an einigen Stellen bis zu 18 m), der Böschungswinkel unter Wasser ca. 45°. Das Seebecken liegt im unteren Drittel im durchströmenden Grundwasser und hat keinen oberirdischen Abfluß. Die Bodenverhältnisse im Bereich der Ausbaggerung zeigen ein für die Oberrheinebene typisches Bild von sandig-kiesigen bis grobkiesigen Schichten. Sedimentproben aus dem See bis 13 m Tiefe zeigten eine max. 15 cm dicke feinschluffige Schicht (org. Detritus), die bis in 1 m Tiefe erst in eine Siltsandschicht, dann in Sand durchsetzt mit Kies überging. Sofort nach der Entstehung des Sees entwickelte sich ein verhältnismäßig starkes Phytoplankton mit den üblichen Folgen der Bioaktivität auf den Chemismus des Wassers. Während des Sommers bildet sich eine Temperaturschichtung mit nicht sehr deutlich ausgeprägter Sprungschicht, die eine chemische Schichtung nach sich zieht. Das den See umgebende Grundwasser fließt mit einem Gefälle von 0,30/00 hauptsächlich von Süden nach Norden mit einer bis dato nicht exakt lokalisierten Umleitung in östlicher Richtung, die offensichtlich durch einen neu ausgebaggerten See im Nordosten des Testsees begründet ist. Für die ständigen Beobachtungen der Grundwasserverhältnisse wurden neben zahlrei-

chen anderen hydrologischen und meteorologischen Instrumenten Pegelbrunnen jeweils senkrecht zum Seeufer in allen vier Himmelsrichtungen erstellt. Ende 1979 wurden im See Interstitialwasser-Probenehmer eingebaut und im Norden zusätzlich Pegel gerammt (Abb. 1).

### 3. Wechselwirkungen zwischen Baggersee und Grundwasser

#### 3.1 Tracerversuch

Aus den Grundwassertemperaturmessungen in den Jahren bis 1979 ergab sich, daß die Abdichtung der Seeufer, bzw. -sohle unbedeutend ist. Infolge der erheblichen Konzentrationsveränderungen im chemischen Zustand des Baggersees war es möglich festzustellen, daß der See mit dem angrenzenden Grundwasser kommuniziert, nicht aber in welchem Umfang. Deshalb wurde Ende 1979 eine Markierung des Seewassers mit einem konservativen Tracer vorgenommen, um dessen Wanderung ins Grundwasser konzentrations-, zeit- und ortsabhängig zu beobachten und zu entscheiden, ob eine Infiltration vorwiegend am Uferhang oder im Bereich der Seesohle stattfindet.

Zum Studium des Chemismus im unmittelbaren Übergangsbereich von Freiwasser in den Seeboden hinein wurden Bohrsonden zur Entnahme von Interstitialwasser entwickelt und dicht unter dem Seeboden bis zu 13 m Tiefe sowie im Uferbereich in Grundwasserfließrichtung eingebracht. Der Sammler ermöglicht die gleichzeitige Entnahme von Wasser aus verschiedenen Tiefen des Seebodens oder der Uferbank mittels einer Schlauchquetschpumpe mit sehr langsamer Umdrehungszahl ( $\varnothing$  Förderungsleistung = 400 ml/Std.) und gewährleistet durch diese vorsichtige Förderung, daß weder Sedimentteilchen mitgerissen noch der umgebende Boden aufgewirbelt wird (Abb. 2, S. 38). Entsprechend dem Volumen der von den jeweiligen Sonden ausgehenden Schläuche wird das zunächst geförderte Wasser soweit verworfen, bis die gesamte Wassermasse im Schlauch aus dem unvermischten Interstitialwasser aus der Umgebung der Sonde besteht. Sollten bei dem derartigen Entnahmeverfahren Schwierigkeiten entstehen, was jedoch bei den Arbeiten am Testsee nicht der Fall war, besteht auch die Möglichkeit, die Schlauchleitungen mittels Stickstoff bis zum Sondenkopf hinab durch ein Rückschlagventil hindurch zu entleeren, das ein Wiedereindringen von Fremdwasser verhindert.

Als Tracersubstanz für das Testseewasser wurde Natriumchlorid verwendet, da es sich im Untergrund konservativ verhält, relativ billig und analytisch leicht nachweisbar ist. Bei der letzten Probenahme vor der Salzeinleitung wurden im See 15 mg Na/l und 45 mg Cl/l gemessen. Die einzubringende NaCl-Menge wurde so bemessen, daß die Na-Konzentration im Seewasser dabei auf etwa das Doppelte, die Cl-Konzentration um ca. 50 % erhöht werden sollte. Das Natriumchlorid wurde Anfang Dezember 1979 am Ende der Herbstzirkulation des Sees in Form einer 25 %-igen Sohle durch gleichmäßiges Verspritzen mit Feuerwehrspritzen in den Testsee eingebracht, um die Ausbildung einer Salzsicht durch Thermostratifikation im See zu vermeiden. Dabei konnte allerdings eine nicht unerhebliche Fläche in der Mitte des Sees nicht erreicht werden. Im See bildete sich zunächst unterhalb von 10 m eine Salzsicht aus, die bei windstillem Wetter in den ersten 48 Stunden stabil blieb. Nach 3 Tagen wurde das Wetter stürmisch, und die daraus resultierenden turbulenten Bewegungen des Seewassers verteilten das Salz homogen. Die Na-Konzentration betrug nunmehr 26 mg/l und die Cl-Konzentration 61 mg/l.

Abb. 1: Übersichtskarte über den Testsee Bad Langenbrücken mit Grundwasser-Meßstellen

# TESTSEE BAD LANGENBRÜCKEN

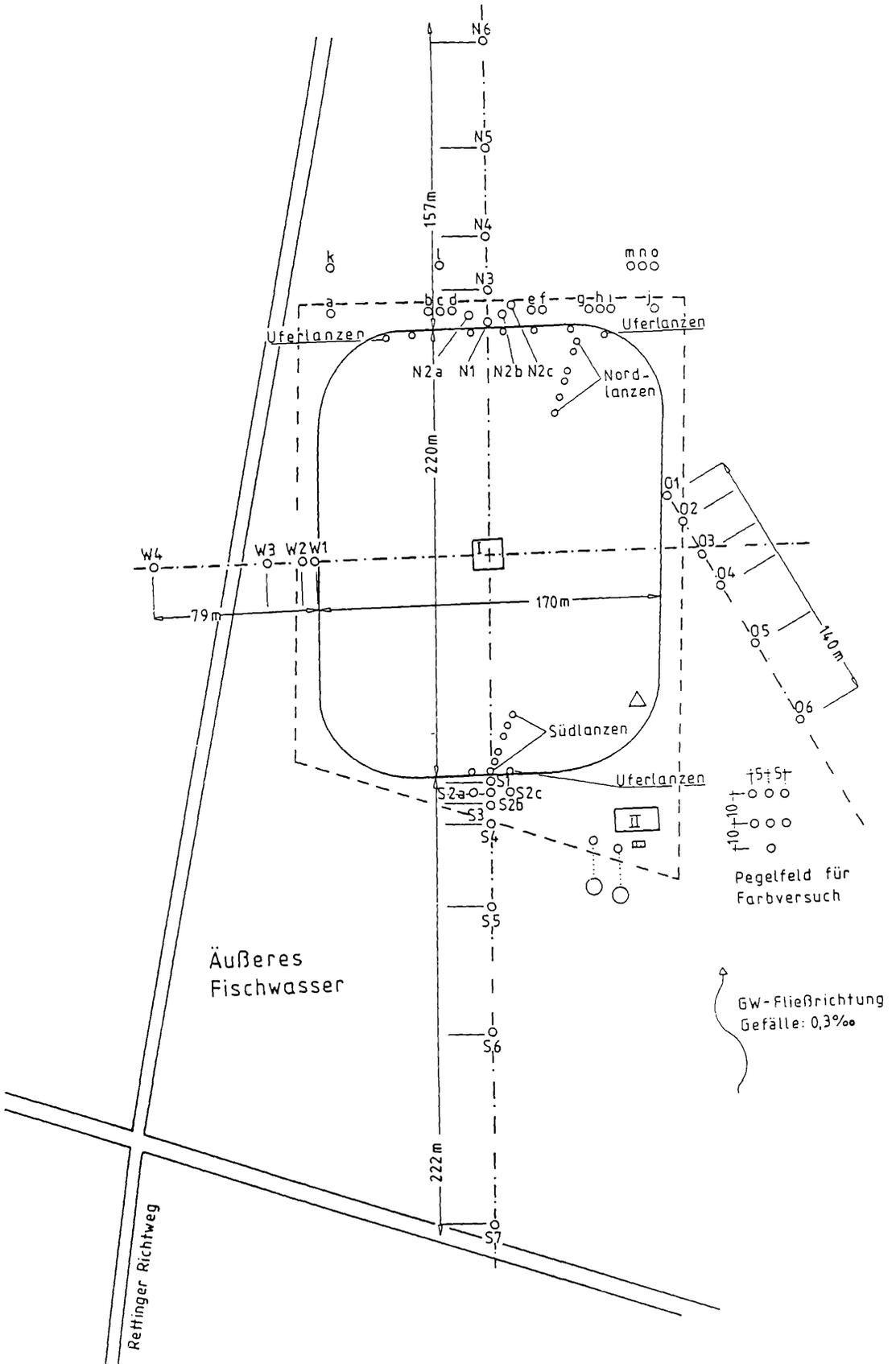


Abb. 2: Längsschnitt durch eine Interstitialwasser-Lanze, nicht maßstabsgetreu

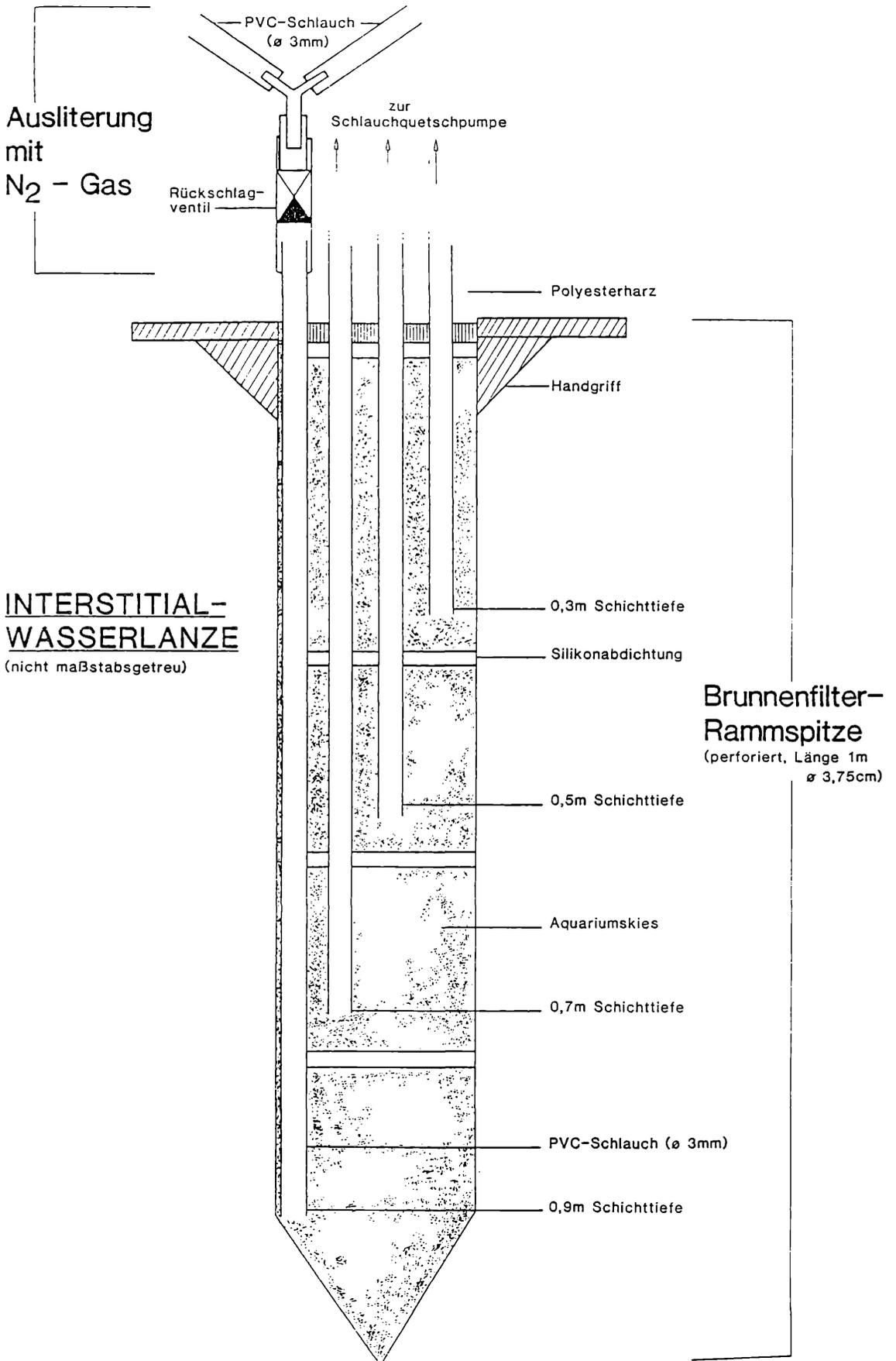
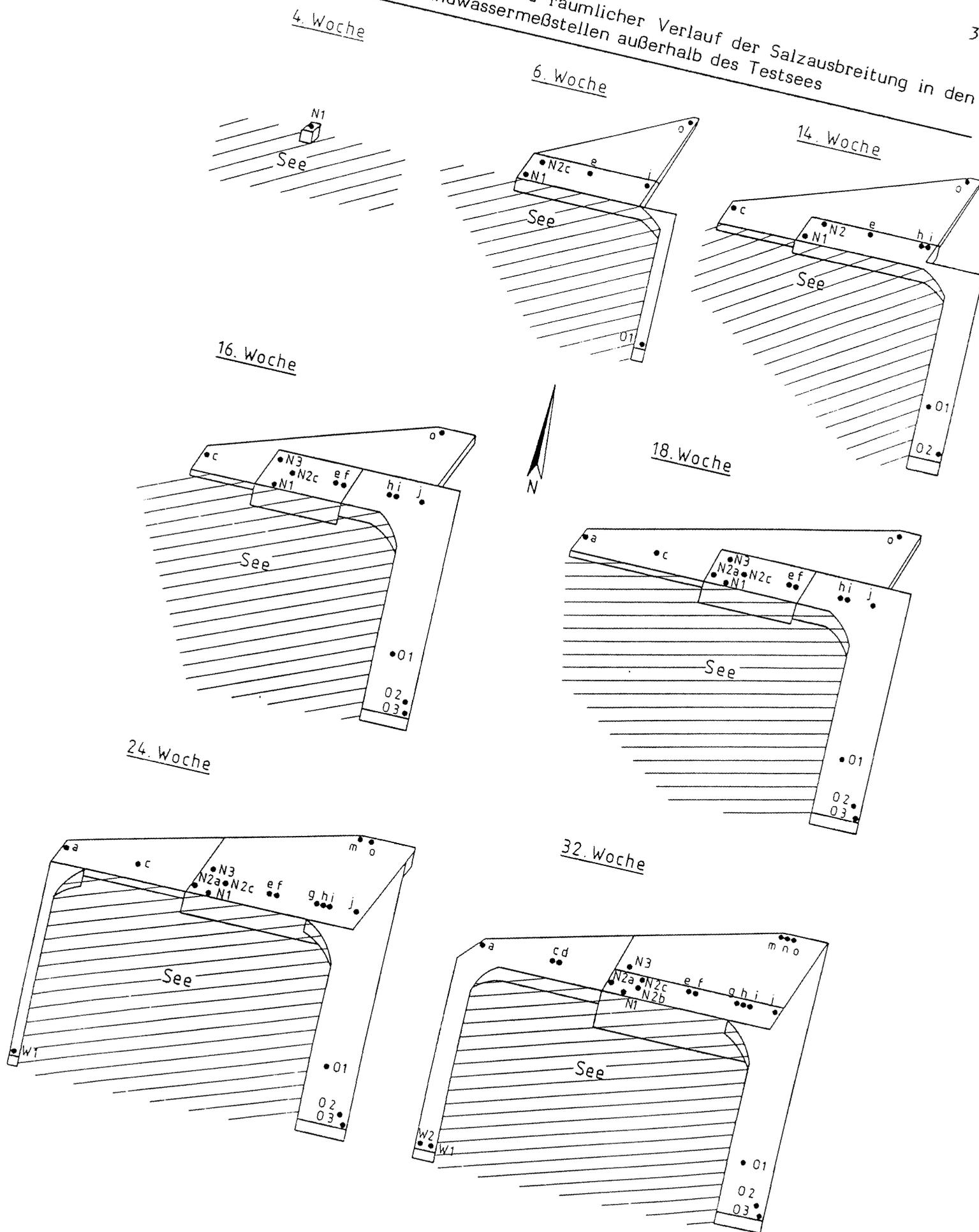


Abb. 3: Zeitlicher und räumlicher Verlauf der Salzausbreitung in den Grundwassermeßstellen außerhalb des Testsees



### 3.2 Ergebnisse des Tracerversuchs

Das Auftreten des erhöhten Salzgehaltes im Interstitialwasser und in der Umgebung des Testsees wurde, beginnend 1 Woche nach der Salzeinleitung, fortlaufend verfolgt. Im Interstitialwasser war der erhöhte Na-Gehalt in den in 10 und 13 m Tiefe des Sees eingebrachten Sonden bereits 1 Woche nach Einleitung in voller Sondentiefe nachzuweisen. Es ist anzunehmen, daß das Salz hier schon eindrang, als sich in den ersten windstillen Tagen nach der Einleitung unterhalb von 10 m Tiefe eine stärker salzhaltige Wasserschicht ausgebildet hatte. 2 Wochen nach Einleitung war das Salz in allen Interstitialwasser-Lanzen im nördlichen und nordöstlichen Seeteil in voller Konzentration nachzuweisen, bei den Sonden im südlichen und südwestlichen Seeteil war noch kein erhöhter Cl-Gehalt zu erkennen. Die weitere Ausbreitung des Salzes in verschiedenen Zeitabständen ist in Abbildung 3 (S. 39) dargestellt. Nach 4 Wochen tauchte das Salz außerhalb des Seeuferbereiches im ersten Nordbrunnen auf (N1, 6,5 m tief). In der Folgezeit konnten bis Ende Januar keine Interstitial- und Freiwasserproben gezogen werden, da der See zugefroren war. Sechs Wochen nach der Salzung war der Na-Gehalt in den ufernahen Pegeln mit 3 6,5 m Tiefe (N1, e, i, o) sowie in einem voll verfilterten Brunnen von 20 m Tiefe (N2c) in nordöstlicher Richtung und im Ostuferbereich (O1) in Höhe der Seewasserkonzentration nachweisbar. Dies bedeutet, daß der Grundwasserstrom von der ursprünglichen Süd-Nord-Fließrichtung tatsächlich stark nach Nordosten abgelenkt wird. Zudem scheint eine Infiltration zuerst in den oberen Bodenschichten stattzufinden, der See also vor allem am Uferhang zu infiltrieren. Der Brunnen N2c stellt einen Sonderfall dar, da sein in 20 m Tiefe reichendes Rohr voll durchfiltert ist; es ist auch hier wohl eine Infiltration nur im oberen Bereich anzunehmen. Im ersten nordwestlich gelegenen Brunnen (c, 3 m) zeigte sich das Salz nach 14 Wochen. Zur gleichen Zeit war es in 7 m Tiefe im Nordosten (h) und im Osten (O2) nachweisbar. Die Infiltration ging also am schnellsten und tiefsten in unmittelbarer Seenähe im Norden und Osten vor sich, in weiter nordöstlicher Entfernung vom See sowie im Nordwesten hingegen langsamer und weniger tief. Bemerkenswert war weiterhin, daß bei einem in Seenähe nordöstlich gelegenen Pegel (j, 3 m Tiefe) erst nach 16 Wochen eine erhöhte Salzkonzentration zu verzeichnen war, d.h. 10 Wochen später als in vergleichbaren naheliegenden Brunnen. Eventuell verläuft an dieser Stelle eine Bodenschicht mit geringerer Durchlässigkeit. Zur selben Zeit gelangte die Salzzunge im nördlichen, direkt an den See angrenzenden Bereich (N1-N3, e, f) bis in 12 m Tiefe. Hier scheint sich der unmittelbarste und schnellste Austausch zwischen See und Grundwasser abzuspielen. Im östlichen Bereich erreichte das Salz den Pegel O3, der bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt den südlichsten Ausläufer der Salzzunge darstellt. 18 Wochen nach Einleitung tauchte das Salz im westlichsten der Nordbrunnen (a, 3 m Tiefe) auf, nach 24 Wochen auch im ersten Westbrunnen in Seeufernähe (W1, 6,5 m Tiefe). Somit war das Salz im gesamten Umfeld der nördlichen Seehälfte nachweisbar, wobei in nordöstlicher Richtung die Infiltration bis zu 12 m Bodentiefe stattfand, in westlicher Richtung in unmittelbarer Ufernähe bis zu 6,5 m, in etwas weiterer Entfernung vom Ufer bis zu 3 m Tiefe. Im Osten war die Salzzunge nur bis 7 m Tiefe verfolgbar, da in diesem Bereich kein tieferer Brunnen besteht. Wahrscheinlich aber ist, daß auch hier die Infiltration bis mindestens 12 m Tiefe wie im nördlichen Bereich stattfindet. Der bisherige Endstand der Untersuchungen zeigt nach 32 Wochen die Salzzunge im Westen und Nordwesten bis zu 7 m Tiefe, im Nordosten in Ufernähe bis zu 20 m und in weiterer Entfernung bis zu

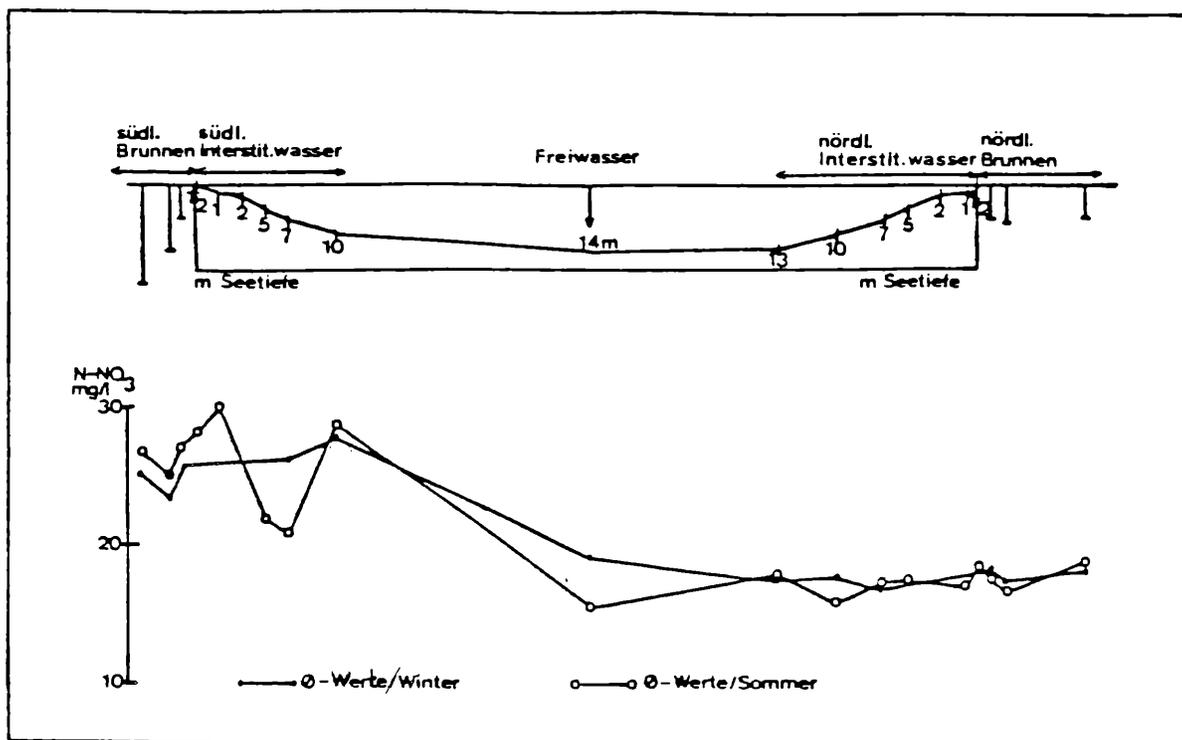
12 m Tiefe. Der östliche Infiltrationsbereich ist aus o.g. Gründen nur bis 7 m Tiefe angegeben. Im südlichen Interstitialwasser und in den oberstromigen Brunnen außerhalb des Sees war auch in der 42. Untersuchungswoche noch keine erhöhte Salzkonzentration zu beobachten. Eine Untersuchung von Sedimentproben ergab, daß das Salz wie erwartet nicht im Untergrund an den Bodenschichten zurückgehalten wird, sondern in voller Konzentration in das Interstitial- bzw. Grundwasser gelangt, wobei eine leichte Abnahme der ohnehin geringen NaCl-Gehalte von Süden nach Norden auftritt, die eventuell auf eine Ausspülung des Untergrundes durch das von Süd nach Nord fließende Grundwasser schließen läßt. Die Infiltrationsgeschwindigkeit, die bei der Ausbreitung der Salzzunge nach Nordosten ermittelt wurde, stimmt gut mit der in den Vorjahren errechneten Grundwasser-Fließgeschwindigkeit von ca. 0,2 m/Tag überein. Im Nordwesten des Sees beträgt die Infiltrationsgeschwindigkeit nach den ermittelten Daten ca. 0,1 m/Tag, im Westen etwa 0,08 m/Tag. In jedem Falle aber erreichte der Salzgehalt in den betroffenen Brunnen innerhalb kurzer Zeit die volle Seewasserkonzentration. In den letzten zwei Monaten der Untersuchungsperiode von Dezember 1979 bis Oktober 1980 war im Seewasser und etwas geringer auch im Interstitialwasser eine Abnahme der dem See zugesetzten Na- und Cl-Konzentration von ca. 35 - 40 % zu beobachten. Der erhöhte Na- bzw. Cl-Gehalt im Seewasser hätte sich danach also wieder um 20 - 30 % den ursprünglichen Konzentrationsverhältnissen angenähert. Da aber diese Aussage noch bezüglich der natürlichen jährlichen Schwankungsbreite von Natrium und Chlorid im Testsee überprüft werden muß, wurde bis dato noch keine Verweilzeit des Wassers im See berechnet.

Bei der Untersuchung zur Ausbreitung der Tracersubstanz wurden auch andere konservative und nichtkonservative Wasserinhaltsstoffe in regelmäßigen Abständen analysiert. Als Beispiel einer biologisch verwertbaren Substanz soll hier das Nitrat dienen, das in relativ hoher Konzentration (25 - 30 mg N-NO<sub>3</sub>/l) z.T. als Folge aus der Düngung von benachbarten landwirtschaftlichen Nutzflächen vom oberstromigen Grundwasser in den Testsee gelangt. Beim Durchfluß von oberstrom nach unterstrom durch den See ist eine Nitrat-Abnahme von ca. 40 % zu beobachten, die eine Folge der biologischen Aktivität im Seewasser ist (Abb. 4, S. 42). Im südlichen Interstitialwasser bleibt die Konzentration zunächst gleich, um dann in 5 bzw. 7 m Seetiefe bis auf den Nitratspiegel des Tiefenwassers abzusinken (16-19 mg N-NO<sub>3</sub>/l).

Die Nitrat-Konzentration im nördlichen Interstitialwasser entspricht in etwa der des Tiefenwassers und setzt sich in den nördlichen und nordöstlichen Grundwasserbrunnen bis ca. 150 m vom See entfernt fort. Ein wiederholt auftretender hoher Nitratgehalt im südlichen Interstitialwasser in 10 m Seetiefe ist nach dem augenblicklichen Stand der Untersuchungen noch nicht erklärbar. Eine Zunahme von Ammonium und Nitrit parallel zur Nitratabnahme war nicht erkennbar, da anscheinend die Denitrifikation vollständig bis zum gasförmigen N<sub>2</sub> durchgeführt wird, und Ammonium und Nitrit hier nur Intermediärprodukte darstellen. Das plötzliche Absinken des Nitratgehaltes im südlichen Interstitialwasser in 5 und 7 m Seetiefe hängt wahrscheinlich mit der chemischen Schichtung des Sees während der Thermostratifikation zusammen. Während der winterlichen Isothermie des Seewassers war die Nitrat-Abnahme im Süden in 7 m Tiefe nicht so gravierend, sondern erst im Verlauf des Süd-Nord-Profils (Abb. 4). Da in diesem Zusammenhang nur Interstitialwasser aus dem Bereich von 7 - 13 m Tiefe gezogen wurde, ist eine Aussage über

den Einfluß der Thermostratifikation auf das am Uferhang einsickernde Wasser nicht mit Sicherheit möglich.

Abb. 4: Nitratabnahme im Grundwasser im Verlauf von oberstrom durch den Testsee nach unterstrom. Die Meßpunkte der Kurven entsprechen den im Profil darüber eingezeichneten Grund- und Interstitialwasser-Meßstellen.



#### 4. Zusammenfassung

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, daß die Beeinflussung des Grundwassers durch den wenig abgedichteten Testsee erheblich ist. Durch die schnelle Wanderung der Tracersubstanz NaCl in das Grundwasser ließ sich die hohe Durchlässigkeit des Untergrundes sowie die Ablenkung des ursprünglich nach Norden fließenden Grundwasserstroms in nordöstliche Richtung nachweisen. Weiterhin kann aus den Ergebnissen auf einen höheren Durchlässigkeitsgrad und eine höhere Infiltrationsgeschwindigkeit im Bereich des Seeufers als an der Seesohle geschlossen werden.

Der Einfluß des Seewasser-Chemismus auf das Interstitial- und Grundwasser ist bei inerten und biologisch verwertbaren Wasserinhaltsstoffen gravierend, wobei der Austausch zwischen See- und Grundwasser in vollem Umfang sowohl bei Iso- als auch bei Anisothermie stattfindet. Eine starke Beeinflussung des Interstitialwassers in verschiedenen Seetiefen durch die der Thermostratifikation folgenden chemischen Schichtung war zu beobachten, ist aber noch nicht endgültig bewiesen.

## **Literatur**

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG,  
INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT (1977):  
Wasserwirtschaftliche Untersuchungen an Baggerseen. 2. Bericht

### Anschrift der Verfasserin:

Dr. Ursula Hertkorn-Obst  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Hebelstraße 2  
7500 Karlsruhe

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [6\\_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Hertkorn-Obst Ursula

Artikel/Article: [Tracerversuch zur Untersuchung des Wasseraustausches zwischen einem Baggersee und dem benachbarten Grundwasser 35-43](#)