

Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.	64	S. 5—23	5. Abb.	6 Kart.	Freiburg, 1974
-----------------------------------	----	---------	---------	---------	----------------

Veränderungen des Chloridgehaltes der Rheinauengewässer im Zusammenhang mit dem Bau des Rheinseitenkanals

von

Werner Krause *

mit 5 Abbildungen im Text und 6 farbigen Karten

Anlaß und Durchführung der Arbeit

Industrieabwässer belasten den Oberrhein mit einer beträchtlichen Salzfracht. Nach den Messungen der Internationalen KOMMISSION zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigung (KOMMISSION 1956—1971) erreichte der Strom die Strecke Basel-Karlsruhe (Meßstelle Kembs) in den genannten Jahren mit rund 10 mg/l Cl' und verließ sie mit rund 110 mg/l Cl' (Meßstelle Seltz). Eine anschauliche Vorstellung vermittelt Fig. 3a in KOMMISSION (1960). Die Hauptmenge des Salzes kommt aus den elsässischen Kaliwerken. Weitaus geringere Einleitung erfolgte bis Anfang 1973 durch das badische Kaliwerk Buggingen, das neuerdings nicht mehr fördert. Salzführendes Rheinwasser drängt oberirdisch wie unterirdisch in die Breite; erhöhte Konzentrationen treten auch in den Auengewässern auf.

Anläßlich einer Arbeit über die Wasserversorgung im Wurzelbereich des Grünlandes der Oberrheinebene folgte der Verfasser einer von Herrn Oberreg.-Biologen Dr. GEISLER in Freiburg gegebenen Anregung, den Chloridgehalt der Gewässer als Indikator der Wasserherkunft nutzbar zu machen, mithin die Chlorideinleitung als einen großangelegten Salzungsversuch auszuwerten, wie er sonst in engerem Rahmen eingeleitet wird, wenn die Wege des Wassers verfolgt werden sollen (neuerdings BATSCHÉ u. a. 1970, S 141 ff; SCHMASSMANN 1972).

Die Ergebnisse dieser Cl'-Bestimmung können für eine Strecke im Nordwesten der Freiburger Bucht vorgelegt werden. Über die angewandte Methode und erste Ergebnisse berichtet KRAUSE (1967). Der Darstellung M. 1:100 000 (Karten 1—6) liegen Karten 1:25 000 zugrunde, in denen

* Anschrift des Verfassers: Staatliche Versuchsanstalt für Grünlandwirtschaft und Futterbau, 796 Aulendorf/Württ. (Direktor Dr. J. SCHÖLLHORN.)

die Meßpunkte, Analysenergebnisse und die Tage der Probenahme verzeichnet sind. Sie wurden bei der Staatlichen Versuchsanstalt für Grünlandwirtschaft und Futterbau in Aulendorf hinterlegt.

Im labyrinthischen Gewässersystem der südlichen Oberrheinaue sind engmaschige Verzweigungen und Anastomosen sowie schnell wechselnde, voneinander unabhängige Schwankungen der Durchflußmengen allgegenwärtig. Letztere führen zu kurzfristigen Schwankungen im Cl^- -Gehalt der Mischgewässer. Hinzu kommen die niemals endenden Wasserbauarbeiten und der oftmals unzureichende Berichtigungsstand der topographischen Karten. Zugleich besteht ein scharfer Gegensatz zwischen dem von auswärts zufließenden Oberflächenwasser und dem autochthon austretenden Grundwasser. Alle Gegebenheiten fordern ein enges Netz von Meßpunkten, mehrmalige Wiederholung der Probenahme, ein kritisches Auge auf die tatsächlichen Fließbahnen und Zurückhaltung gegenüber Extrapolationen. Der lückenlose Überblick über die Konzentrationsverteilung gewinnt unter diesen Umständen das Gewicht eines selbständigen Arbeitszieles.

Den Mitteilungen liegen rund 5000 Einzelbestimmungen der Cl^- -Konzentration des an der Oberfläche fließenden Wassers zugrunde. Unberücksichtigt bleiben mußte die Durchflußmenge, die wegen der schnell aufeinanderfolgenden Schwankungen nicht ohne übermäßigen Aufwand hätte verfolgt werden können. Immerhin charakterisieren Karte 1 und 2 den großen Gegensatz zwischen der sommerlichen Anschwellung und dem winterlichen Tiefstand des Rheins. Die erwähnten kurzfristigen Schwankungen im Cl^- -Gehalt der Mischgewässer entziehen sich der Darstellung im Maßstab 1:100 000. Daß sie außer acht bleiben, führt zu keiner Verfälschung der großen Übersicht. Bedeutung gewinnen sie erst für die Interpretation relativ seltener, aus dem Rahmen fallender Einzelmessergebnisse.

Einen großen methodischen Vorteil bietet die angetroffene Situation dadurch, daß die zugeführte Cl^- -Menge hoch ist* und die Einleitung, von Sonn- und Feiertagen abgesehen, über Jahre hinweg kontinuierlich erfolgt. Damit sind wichtige Grundlagen für die Gewinnung repräsentativer Werte gegeben (SCHMASSMANN 1972, S. 82 f.). — Einen topographischen Überblick mit den im Text genannten Namen gibt Abb. 1.

Dr. GEISLER förderte die Arbeit bis zuletzt, wofür ihm auch hier gedankt sei. Dank schuldet der Verfasser weiterhin den Herren Reg.-Baudirektoren Dr.-Ing. H. SCHWARZMANN, Karlsruhe, und W. RAABE, Freiburg, die umfangreiche Sachinformationen vermittelten. Der Druck der farbigen Karten wurde durch eine Beihilfe des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft

Für 1970/71 wurde die mittlere Salzfracht an der Meßstelle Seltz von der KOMMISSION mit rd. 150 kg/sec Cl^- ermittelt.

und Umwelt Baden-Württemberg ermöglicht. In den ersten schwierigsten Jahren der Geländearbeit assistierte Herr Dipl.-Landw. HERBERT MÜLLER.

Grundzüge der Wasserbewegung in der Rheinaue

Zum Verständnis der Mitteilungen seien folgende Grundtatsachen ins Gedächtnis gerufen:

Das Gefälle von nahezu $1^0/_{00}$ duldet keine großen natürlichen Stillgewässer. Um so verbreiteter sind schnellbewegte Abflüsse.

Die tiefe Kiesfüllung der Rheinebene bildet einen mächtigen Grundwasserspeicher, der von SSW mit uferfiltriertem Rheinwasser, von SSO mit Wasser aus der Niederterrasse gespeist wird. Letzteres begleitet als Grundwasserstrom den Schwarzwaldfluß Elz, der vor seinem Eintritt in die Rheinaue einen durch Punktsignatur in Abb. 1 angedeuteten Schwemmfächer abgelagert hat.

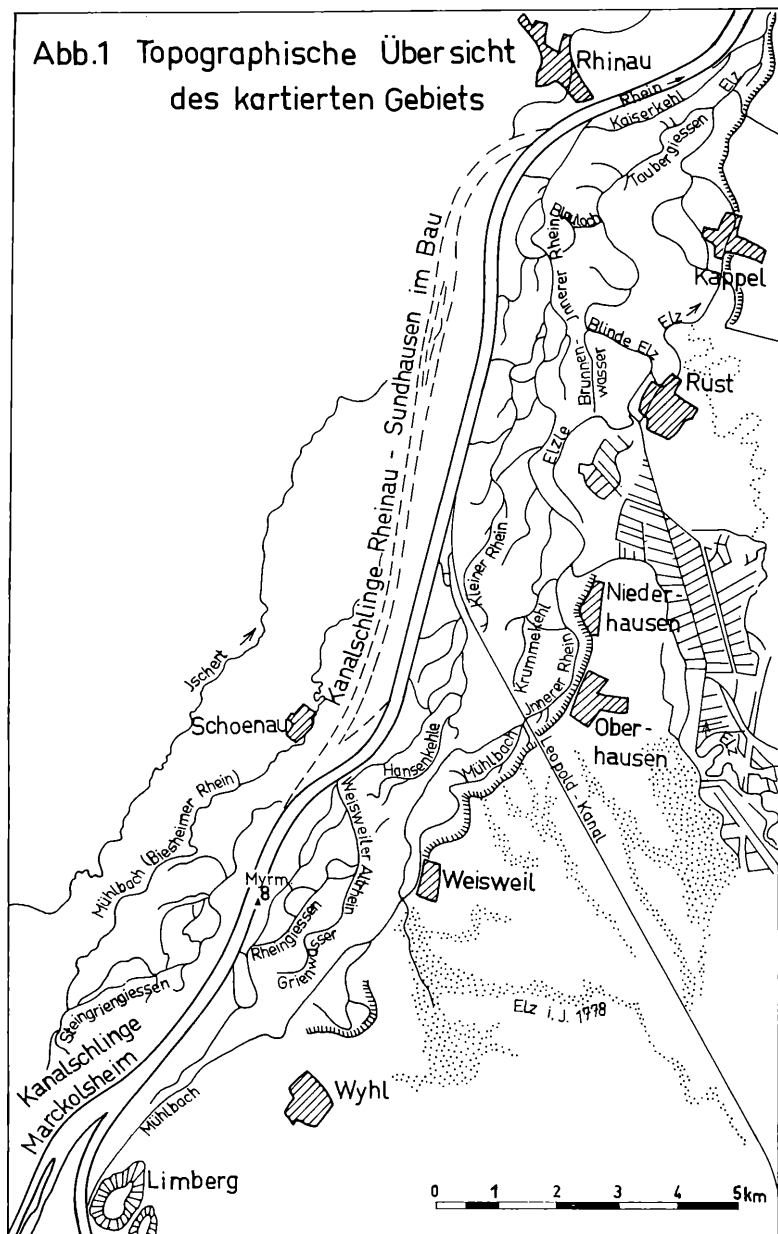
Das kartierte Gebiet, das dem großen, von Basel bis Straßburg reichenden Geröllschwemmfächer des Oberrheins angehört (TROLL 1926), bietet im kleinen nochmals die wesentlichen, für Schwemmfächer geltenden hydrologischen Gesetzmäßigkeiten. Zwischen Limberg und Wyhl erstreckt sich die trockene Wurzel eines sekundären Fächers, in der das Grundwasser tief steht, das Oberflächenwasser versinkt, der Rhein von keinem natürlichen Fließgewässer begleitet wird, der künstlich angelegte, vom Rhein abgezweigte Weisweiler Mühlbach vor dem jüngsten Ausbau trockenlag. Stromabwärts hebt sich der Grundwasserspiegel und speist starke Quellbäche. Das meiste Wasser tritt im Norden des Gebietes zutage, wo der feuchte Saum des Schwemmfächers die Aue quert. Typisch sind aufsteigende, scharf lokalisierte Quellen am Grunde wassergefüllter Rinnen, die durch trockenes Gelände ziehen. Breitflächige Vernässung aus dem Untergrund spielt keine Rolle.

Das Strombett ist hoch gelagert. Sein Ufergelände senkt sich landwärts gegen eine Parallelrinne, die überfließendes Rheinwasser, Uferfiltrat und am Hochgestade austretendes Grundwasser der Niederterrasse aufnimmt (Abb. 2).

Seine stärkste Füllung gewinnt der Rhein im Sommer. Vor der Kanalisierung, die im Herbst 1963 abgeschlossen war, überströmte er während der Hochstände kurzfristig den Uferbau und ließ in besonderen, bei der Korrektur eingebauten Durchlässen monatelang Wasser in die Aue fließen. Bei Niedrigwasser, vorwiegend im Winter, war die oberirdische Verbindung mit dem angrenzenden Gelände unterbunden.

Die kartierte Auenstrecke endet im Süden mit einem natürlichen Abschluß, weil hier der Limberg an den Strom herantritt. Um so mehr breitete sich vor der Rheinkorrektur und noch vor dem Kanalbau das Wasser in

Abb.1 Topographische Übersicht
des kartierten Gebiets



den Altrheinen der elsässischen Seite aus. Seine Fließbahn schwenkte erst südlich Schönau auf das badische Ufer. Nach dieser kurzen Aneinanderreihung bedürfen zwei Charakterzüge des Gebietes noch der ausführlichen Darstellung:

Die oberflächennahe Grundwasserströmung erfolgt in der Rheinebene nicht unbedingt breitflächig-diffus. Schon DAUBREE (1852, S. 347) sprach von „des galleries essentiellement perméables“, in denen distinkte unterirdische Wasserströmungen vorausgesetzt werden müßten. Sie kämen dadurch zustande, daß der hohlraumreiche Kies streckenweise durch feindisperses Material undurchlässig gemacht wird. Das Auftreten starker Sprudelquellen in der weiten, schwach geneigten Ebene läßt auf kilometerlange und festliegende unterirdische Fließbahnen schließen.

Ein Beispiel aus dem untersuchten Gebiet geben drei Nebengewässer des Taubergießen (Abb. 3). Zwei von ihnen fließen als stenotherme oligotrophe Quellbäche ab. Der dritte ist ein blautrüber, mäßig oligotropher Teich ohne sichtbar bewegten Ablauf, dessen von *Hippuris vulgaris* beherrschter Bewuchs unter den Bedingungen der Rheinebene gleichfalls auf Grundwasserfüllung schließen läßt. Der Taubergießen führt grautrübes eutrophiertes und eurythermes Wasser. Die wechselseitige Unabhängigkeit tritt am deutlichsten bei Frostwetter zutage. Am 9. Februar 1965 waren beide Quellabflüsse bis

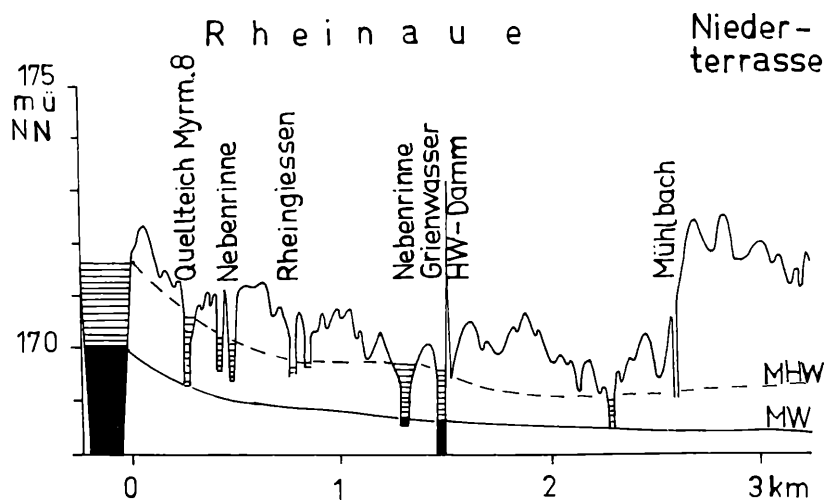


Abb. 2: Querprofil durch die Rheinaue auf Höhe Weisweil, stark überhöht.
MHW: Mittelhochwasser. — MW: Mittelwasser
(nach Unterlagen des Reg.-Präsidiums Freiburg, Abt. Wasserwirtschaft).

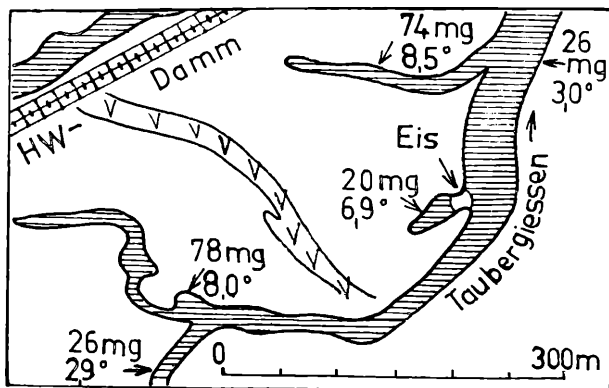


Abb. 3: Chloridkonzentration und Wassertemperatur auf engstem Raum, Taubergießen nw Kappel, 9. Februar 1965.

zur Mündung warm, der Teich in seinem Zentrum ebenfalls warm, wiewohl etwas kühler. Das flache Verbindungsstück zum Taubergießen trug eine Eisdecke. Der Teich erwies sich damit als selbständiges, aus dem Untergrund gespeistes Gewässer, nicht als bloße Ausbuchtung des Taubergießen. In den Quellbächen herrschte hohe, im Taubergießen niedrige, im Quellteich nochmals um 6 mg/l erniedrigte Cl⁻-Konzentration. Drei weitere Meßreihen zwischen 1965 und 1973 ergaben übereinstimmende Cl⁻-Befunde. Ebenso war die Blänke des Teichs auch an anderen Wintertagen eisfrei. Demnach ist zu folgern, daß innerhalb der kleinen, in Abb. 3 dargestellten Fläche ein Teich mit salzarmem, zwei Bäche mit salzreichem Grundwasser gespeist werden. Der hohe Cl⁻-Gehalt in den Bächen läßt uferfiltriertes Rheinwasser erkennen, das von SW her in den Kartenausschnitt zufließt. Das Wasser des Quellteichs verrät sich dagegen durch seine niedrige Salzkonzentration als Grundwasser der Niederterrasse, das von SO her in den Kartenausschnitt eintritt. Der topographischen Situation zufolge unterquert es den breiten und tiefen Taubergießen, bevor es aufquillt. — Mit ähnlichen, auf engstem Raum zusammengedrängten Gegensätzen hat die hydrochemische Arbeit allerorts in der Oberrheinaue zu rechnen.

Anders als einige große, auf den Cl⁻-Gehalt des Wassers untersuchte Abschnitte des Rheintals (EBELING 1950/51, MATTHES 1958, DIELER & DIESEL 1964) umfaßt die kleinräumige Landschaft, von der die vorliegende Arbeit handelt, eine geringe Zahl an Bauelementen. Die Hauptfläche gehört der geologisch einheitlichen Aue an, die bis in die jüngste Vergangenheit ausschließlich durch das Rheinhochwasser und das austretende Uferfiltrat geformt wurde. Die an der Oberfläche wirkenden Kräfte des Stromes herrsch-

ten so übermächtig, daß eine Beeinflussung aus tiefliegenden Grundwasserstockwerken, sofern sie überhaupt stattfand, als unverhältnismäßig gering angesehen werden kann. Überdies reichen im südlichen Oberrheingraben (vgl. WAGNER 1955) die salzführenden geologischen Strukturen nicht so nahe an die Oberfläche, daß sie, wie HECK (1948) aus Schleswig-Holstein beschreibt, das oberste Grundwasserstockwerk beeinflussen könnten.

Der weitaus größte Teil des Gebietes trägt Wald. Versickerndes Abwasser und mineralische Düngemittel gewinnen keinen Einfluß.

Demnach bildet das Wechselspiel zwischen dem nach außen drängenden Rhein und dem gegen den Rhein drängenden Wasser der Niederterrasse den eigentlichen Untersuchungsgegenstand. Im einzelnen zu klären bleibt sowohl die großräumige Abgrenzung des Einflußbereiches der beiden Wasserherkünfte als auch die Kleindifferenzierung, die sich aus der Geländemorphologie und der Unausgeglichenheit des Untergrundes herleitet. Begünstigt wird die Arbeit durch den großen Unterschied der auftretenden Cl'-Konzentrationen, die selten durch Übergänge verbunden sind. Wasser aus der Niederterrasse führt zwischen 15 und 35 mg/l Cl'. Im Rhein sinkt die Konzentration selten unter 80 mg/l, erreicht aber häufig Werte weit über 100 mg. Das Uferfiltrat des Rheins führt auch in Stromnähe einen um 20—40 mg/l herabgesetzten Salzgehalt, der aber 60 mg/l Cl' nicht unterschreitet. — Zusätzlichen Inhalt gewinnt die Cl'-Bestimmung dadurch, daß sie von 1962 bis 1973 ohne Unterbrechung durchgeführt werden konnte und Auskunft über Veränderungen während dieses Zeitraumes gibt.

Zur Situation des Rheins während der Beobachtungszeit

Als die Chloridmessung im Frühjahr 1962 begann, hatten zwischen Wyhl und Kappel die Störungen, die der Bau der Kanalschlinge Rheinau-Sundhausen später mit sich bringen sollte, eben erst begonnen, ohne den alten Zustand unkenntlich zu machen. In der Rheinaue war ein morphologisch und biologisch hochdifferenziertes Gewässernetz entwickelt. Als die Kanalschlinge im Herbst 1963 den Betrieb aufnahm, versiegten die meisten Auen-gewässer, so daß die ehemals tief gefüllten Rinnen kilometerweit zu Fuß begangen werden konnten. Der Austrocknung wirkte ein Bauprogramm der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Freiburg entgegen, das neue Zuleitungen schuf, das herangeführte Wasser sparsam bewirtschaftete und gleichmäßig verteilte (BENSING 1960, RAABE 1968). Der Mittelwert des früheren Durchflusses wurde wieder hergestellt, vielleicht überboten, das Bild einer wasserreichen Stromaue zurückgewonnen. Doch ergaben sich auch schwerwiegende Neuerungen. Die Abflußschwankungen des Rheins wirken aus dem kanalisierten Strombett nur noch in beschränktem Ausmaß auf die Umgebung. Wo früher das Wasser bald kräftig über die Ufer trat, bald auf schmales

Geriesel zurückging, bleibt heute in den Altrheinen der Durchfluß zu allen Jahreszeiten annähernd gleich.

Die hochkomplizierte, räumlich weitausgedehnte, aus den labilen Bauelementen Kies und Wasser entstandene Rheinaue hat in den zehn Jahren, die seit dem Kanalbau vergangen sind, noch keine endgültige Stabilität gewonnen. Da jedoch die Veränderungen jetzt um vieles langsamer ablaufen als bisher, haben die gewonnenen Ergebnisse immerhin einen Abschluß erreicht.

Folgende Zustände können dargestellt werden:

1. Der vom Kanalbau noch nicht berührte, sommerlich hochgespannte Rhein, der seine Salzfracht verdünnen konnte und oberirdisch in die Aue drängte;
2. der vom Kanalbau noch nicht berührte, im Winter tief gefallene Rhein, dessen geringer Durchfluß die Cl⁻-Konzentration ansteigen ließ und den Wasserübertritt in die Aue unterband;
3. ein Störungszustand des Kanalbaues, gekennzeichnet durch das nahezu vollständige Trockenfallen des alten Rheinbettes im Norden und das Versiegen der Auengewässer neben diesem „Restrhein“ sowie durch das Einsetzen starker Fremdwasserzufuhr in den Mühlbach am Ostrand der Aue;
4. das dichter gewordene, durch die Zuleitung von Fremdwasser und die Auswirkung von Stauschwellen wieder hochgefüllte Gewässernetz kurz nach Beendigung des Altrheinausbaues;
5. das experimentell-ökologische Geschenk eines fünfwöchigen Streiks in den elsässischen Kaliwerken mit Unterbrechung der Salzzufuhr;
6. das Gewässernetz im Januar 1973, längere Zeit nach dem Altrheinausbau.

Die Chloridkonzentration

Sommerzustand vor dem Ausbau. Pegel Ottenheim 359—415, Messungen Mai bis August 1962 (Karte 1):

Das Rheinwasser, das im Sommer die Cl⁻-Konzentration auf 80—100 mg/l herabsetzen kann, strömt durch alle Uferdurchlässe. Von Südosten her drängt chloridarmes Wasser aus dem Elz-Schwemmfächer oberirdisch und aus Grundwasserquellen gegen den Rhein. Nördlich des Leopoldkanals macht sich sein Hinzutreten auch in den Abflüssen mit gemischter Wasserherkunft bemerkbar. Salzreiches Wasser gewinnt seine größte Breitenausdehnung im Süden der Karte, wo aus der Niederterrasse nichts zufließt. Der vom Rhein abgezweigte Weisweiler Mühlbach liegt fast immer trocken. Im Ortsbereich Weisweil füllt er sich mit stehendem Hausabwasser, in dem

eine polysaprobe Blaualgengesellschaft wuchert. Unweit unterhalb Weisweil nimmt der Bach auf einer rund 5 km langen Strecke Grundwasser auf, das ihn zum Forellengewässer regeneriert. Diese Strecke ist in Abb. 1 und 2 kenntlich durch die engräumige Aufeinanderfolge der Signaturen 7 bis 2 und die Quellzuläufe der Sign. 1.

Im Mittelteil der Karte 1, zwischen Leopoldkanal und Weisweiler Altrhein, wurden auch in Stromnähe relativ niedrige Konzentrationen angetroffen, die in Karte 2 noch deutlicher hervortreten. — Von Süden fließt ein schmaler Abwassergraben zu, der vorübergehend Werte $> 300 \text{ mg/l Cl}^-$ aufweist. In Weisweil wird er durch Grundwasseraufnahme verdünnt.

Winterzustand vor dem Ausbau. Pegel Ottenheim 168—250, Messungen November 1962 bis Februar 1963 (Karte 2):

Der Rhein hat schwachen Durchfluß und führt hohe Konzentrationen. Die Uferbaudurchlässe liegen trocken. Von den rheinnahen Rinnen bewahren nur die tiefsten Grundwasserabflüsse „Grienwasser“, „Kleiner Rhein“ und „Blauloch“ ihre Füllung. Zwischen Leopoldkanal und Weisweiler Altrhein fallen die niedrigen Konzentrationen der rheinnahen Restgewässer ins Auge. Sie liegen in der Fließrichtung eines verlassenenen, von HONSELL (1885, Kartenteil) überlieferten Elzlaufes, dessen Bett neben anderen alten Flußrinnen in Abb. 1 verzeichnet ist.

Störung während des Ausbaues. Messung Januar 1964 (Karte 3):

Nach der Ableitung des Rheins in die Kanalschlinge änderten sich von Herbst bis Frühjahr 1964 die Durchflußverhältnisse der Altrheine mehrfach (KRAUSE 1967, S. 450). Karte 3 bietet einen dieser Zwischenzustände. Damals war das Hauptwehr im Rhein unterhalb der Mündung des Weisweiler Altrheins schon in Betrieb, der Rhein im Süden hoch über Geländeneiveau gestaut, durch Dämme von der Umgebung abgesperrt. Gleichzeitig schlängelte sich im alten Rheinbett nördlich des Wehres ein Rinnsal durch unabhsehbare Kiesbänke. Die drei festen Schwellen, die später den Restrhein zu einer Seenkette anstauten, bestanden noch nicht. Auf Höhe der abgesenkten Rheinstrecke versiegten alle Grundwasseraustritte und rheinnahen Gewässer.

Im Süden war die Mündung des Weisweiler Altrheins abgesperrt, sein Wasser mittels zweier Durchlässe, die es jetzt in andere Altrheine überleiten, nach Norden bis zum Leopoldkanal abgelenkt. Wasser führten außerdem der Seitengraben dicht am Rhein sowie ein starker Quellteich nahe am Rhein auf Höhe des Markierungssteines Myriameter 8. Der Verlauf des Seitengrabens läßt sich am deutlichsten in der unteren Hälfte der Abb. 5 erkennen. Er durchfließt mehrere langgestreckt rechteckige Kiesentnahme-

becken. Im kartierten Gebiet erfüllt er derzeit die Aufgabe der Grundwasseranreicherung, da er das Rheinwasser, das ihm aus einem Entnahmebauwerk zugeleitet wird, auf seinem Weg stromabwärts versickern läßt. Weiter im Norden, beginnend am oberen Rand der Abb. 5, füllt sich der dort neu beginnende Seitengraben mit uferfiltriertem Rheinwasser, das er nach NO in die Altrheine ableitet.

Gleichzeitig erhielt der Mühlbach kräftigen Zufluß durch ein neues Überleitungsbauwerk aus dem südlich angrenzenden Altrheinsystem der Stauhaltung Marckolsheim, so daß er das Weisweiler Abwasser seither ausschwemmen kann. Er führt jetzt hohe Cl^- -Konzentrationen, die durch das hinzutretende salzarme Grundwasser (Sign. 1 in Karte 3 beiderseits des Leopoldkanals) nicht entscheidend herabgesetzt werden können.

Unverändert bleibt der Zufluß chloridarmen Wassers im Nordosten. Daß der Leopoldkanal auf Karte 3 als trockenliegend bezeichnet ist, bedeutet nichts Ungewöhnliches. Diese Hochwasserabflußrinne führt im Winter alljährlich wochenlang kein Wasser. Unverändert geblieben sind im Norden der Karte 3 auch die mit Sign. 6 versehenen vier starken Grundwasserquellen, deren südliche als Blauloch bekannt ist.

Winterzustand kurz nach dem Ausbau. Restrhein durch drei Schwellen gestaut. Messung Januar 1964 (Karte 4):

Im Süden des Altrheinsystems speist jetzt ein neues Entnahmebauwerk den Mühlbach mit Rheinwasser. Dieses wird über den von Süden aus der Stauhaltung Marckolsheim kommenden Wasserlauf hinweggeführt, der nunmehr unter einem neuen Düker hindurch in den großen, weit nach Norden führenden Altrhein fließt. Da letzterer Grundwasser aufnimmt, erlaubt die anwachsende Durchflußmenge, das Wasser auf mehrere parallellaufende, teils alte, teils neu angelegte Gerinne zu verteilen, die es zur Nordgrenze des Kartenausschnittes führen. Das wichtigste Glied in diesem neuen Verteilersystem ist ein mächtiger Düker unter dem Leopoldkanal.

Der gleichmäßigen Verteilung von Wasser einheitlicher Herkunft entsprechend sind auf Karte 4 die Signaturfarben homogener verteilt als auf Karte 1 und 2. Zugleich wird augenfällig, daß die Cl^- -Konzentration seit dem Ausbau allgemein zugenommen hat. Jetzt kann der hochgestaute Rhein auch im Winter sein zu dieser Jahreszeit besonders salzreiches Wasser durch die neuen Entnahmebauwerke abgeben. Dazu haben die ebenfalls neu errichteten Schwellen im Restrhein den Austritt von Uferfiltrat aus dem alten Strombett wieder in Gang gebracht. Bemerkenswert ist noch, daß zwar der Weisweiler Mühlbach und sein Unterlauf „Innerer Rhein“ salzreiches Wasser am Hochgestade entlangführen, daß aber der Grundwasserbach Krummekehl westlich des Inneren Rheins niedrige Cl^- -Konzentration bewahrt hat.

Zustand nach fünfwöchiger Unterbrechung der Salzzufuhr. Oktober und November 1972 (Karte 5):

Zeitungsberichte über einen Streik in den elsässischen Kalibergwerken gaben Anlaß zu einer Meßreihe, die an den beiden letzten Streiktagen durchgeführt werden konnte. Wie die Direktion der Mines de Potasse d'Alsace brieflich bestätigte, war die Salzeinleitung vom 23. Oktober bis zum 28. November 1972 unterbrochen. Am Ende des Streiks führte der Rhein 32 mg/l Cl⁻. Sein vorübergehend salzarmes Wasser gelangte durch die Entnahmebauwerke in den Seitengraben, den Mühlbach und den Altrhein. In den beiden ersten hielt es sich weit stromabwärts unverändert. Im Altrhein traten nach kurzer Strecke mittelhohe Salzgehalte auf (Karte 5, Übergang von blaugrünen zu gelben Signaturen. — Tab. 1, Sp. 2, Abs. 2). Eigentlich hohe Chloridwerte blieben auf Quellabflüsse, Baggerseen und einige abgeschnittene Altrheine beschränkt, die ohne Ausnahme vom Grundwasser gespeist werden. Auf sie allein entfallen die Farbflächen der Signatur 8, teilweise auch der Signatur 7. Der Mittelwert ihrer Konzentrationen liegt über 140 mg/l (vgl. Tab. 1, Sp. 3 und 4, Abs. 2). Er kommt dem Jahresmittel der Konzentration des Rheinwassers nahe, das die KOMMISSION für 1971 mit

Tab. 1: Die unterschiedliche Auswirkung der Salzeinleitung auf die Cl⁻-Konzentration im Oberflächen- und Grundwasser (Angaben in mg/l Cl⁻).

	Oberflächenwasser	Oberflächen- und Grundwasser gemischt	Grundwasser	
	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4
	Rhein und Entnahmebauwerke, oberster Lauf der Altrheine	Altrheine in zunehmender Entfernung von den Entnahmebauwerken	Quellbäche	Baggerseen Altgewässer
1. Normale Salzzufuhr (Karte 6)	(5) * 207	(13) 201	(10) 143	(6) 161
2. Nach fünfwöchiger Unterbrechung der Salzzufuhr (Karte 5)	(5) 32—65	(10) 76	(10) 142	(5) 146

In Klammern Zahl der gemittelten Messungen.

147 mg/l Cl' feststellte. Die in den Quellgewässern der Karte 5 verzeichneten Werte sind in den vorausgegangenen Jahren teilweise erreicht, teilweise nicht ganz erreicht, aber niemals überschritten worden (vgl. Karte 5 mit Karte 4). Demnach hat die fünfwöchige Unterbrechung der Salzeinleitung den Cl'-Gehalt des Grundwassers nicht unter seinen vorher erreichten Normalwert herabsetzen können. Die einzige Ausnahme machte der Quellteich bei Myriameter 8, der nur 250 m vom Rhein entfernt liegt. Seine Konzentration fiel auf 84 mg/l. Damit übertraf er aber am Ende des Streiks die 32 mg/l des ausgesüßten Rheins immer noch erheblich.

Aus der Beständigkeit des Salzgehaltes im Grundwasser erklärt sich die Konzentrationszunahme in den ausgebauten Altrheinen. Diese nehmen, wie durch Temperaturmessung und Kartierung der Eisdecke erwiesen ist (KRAUSE 1968), in weiten Teilen des Gebietes Grundwasser auf. Da letzteres auch während des Streiks hohe Konzentration beibehielt, konnte es weiterhin den Salzanteil der Altrheine heraufsetzen. Tabelle 1 zeigt diese Zunahme in den Spalten 1 und 2, Abs. 2. In ihrem Oberlauf führten die dort zusammengefaßten südlichen Altrheine noch Cl'-armes Rheinwasser, wenige Kilometer abwärts erhöhte sich die Konzentration um rund 40 mg/l Cl'.

Eine Stelle mit Grundwasseraustritt ist im Südteil der Karten 5 und 6 erkennbar. Sie liegt im Rheingießen, einem Nebenarm des großen Altrheins unterhalb einer kurzen Trockenstrecke, die aufwärts und abwärts jeweils durch Wasser mit unterschiedlicher Cl'-Konzentration begrenzt wird. Das von Süden in geringer Menge zufließende, vor der Trockenstrecke versickernde Rheinwasser war während des Streiks salzarm (Karte 5), im Normalzustand salzreich (Karte 6). Das 50 m abwärts in einem Kolk zutage tretende und einen Abfluß speisende Wasser führte an beiden Meßtagen die gleichbleibend hohe Konzentration des Grundwassers. Demnach kann das unterhalb der Trockenstrecke austretende Wasser nicht das gleiche gewesen sein, das unweit oberhalb versickert. Bei Frostwetter tritt die hydrologische Selbständigkeit auch an den Temperaturen hervor. Nach Süden dehnt sich eine zusammengebrochene Eisdecke, im Norden dampft der dunkelblaue winterwarme Quelltopf. Bei $-3,2^{\circ}$ Lufttemperatur wurden am 14. Februar 1967 in seinem Wasser $+9,4^{\circ}$ C gemessen. Andererseits war der Quelltopf an einem Augusttag 1966 um 3° kälter als das Restwasser des Rheingießen. — Das Grundwasser des Elzschwemmfächers, das am Ostrand des kartierten Gebietes zutage tritt, bewahrt seinen niedrigen Cl'-Gehalt.

Die gleiche Cl'-Verteilung wie in Karte 5 wurde an Montagen nach der kurzdauernden Unterbrechung der Salzzufuhr am Wochenende und während eines stark verdünnenden Hochwassers im Juli 1970 festgestellt. Sie wiederholte sich während eines außergewöhnlichen Konzentrationsabfalles im Rhein von Dienstag, den 9., bis Donnerstag, den 11. August 1966.

Letzter Zustand neun Jahre nach dem Ausbau im Januar 1973 (Karte 6):

Durch das weitläufige Netz der ausgebauten Altrheine hatte sich das versalzte Rheinwasser wieder über die Aue verbreitet; der Zustand vorübergehender Aussüßung war aufgehoben. Während also die Fließgewässer, die oberirdisch aus dem Rhein gespeist werden, den Schwankungen der Cl^- -Konzentration im Strom schnell gefolgt waren, bewahrten die Grundwasser-
serseraustritte weiterhin ihre Beständigkeit (Tab. 1, Sp. 3 und 4, Abs. 1 und 2). Zwei Monate nach dem Ende des Streiks führten sie annähernd die gleichen Cl^- -Anteile wie an den letzten Streiktagen, die ihrerseits den überkommenen Normalzustand repräsentierten. — Angemerkt sei, daß am Ostrand der Aue, wo nach wie vor Cl^- -armes Grundwasser austritt, die hohe Konzentration des vom Mühlbach herangeführten Rheinwassers eine geringe Herabsetzung erfährt (Übergang von Signatur 9 zu Signatur 7 in Karte 6).

Veränderungen der Cl^- -Konzentration im oberflächennahen Grundwasser während längerer Zeiträume

Die hohe Beständigkeit des Cl^- -Gehaltes im oberflächennahen, durch Quellen und Baggerseen aufgeschlossenen Grundwasser, die in dieser Mitteilung für einen Zeitraum von fünf Wochen nachgewiesen wird, steht in Einklang mit der bekannten niedrigen Fließgeschwindigkeit des Grundwassers, die auch im lockeren Geröll nicht mehr als wenige Meter je Tag beträgt.

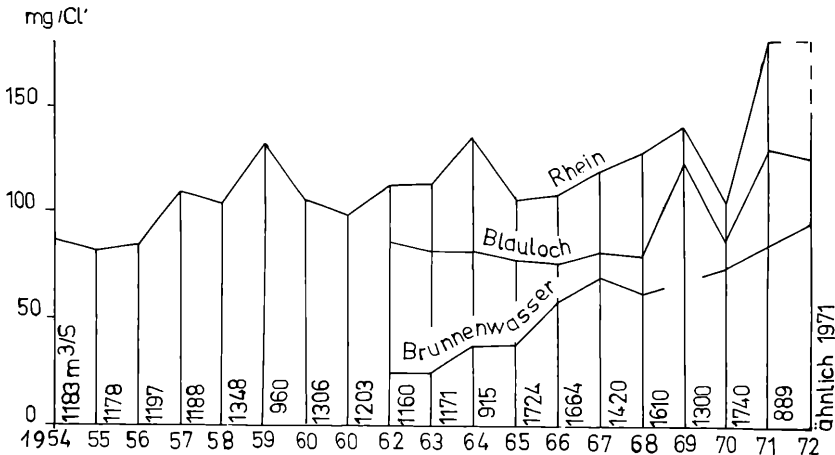


Abb. 4: Anstieg der Cl^- -Konzentration im Rhein und in zwei typischen Grundwasserabflüssen von 1954 bis 1972.

Senkrechtstehende Zahlen: Mittlerer Jahresabfluß des Rheins in m^3/sec .
Angaben zum Rhein nach KOMMISSION (1956—1971).

Die Eigenständigkeit im Grundwasserchemismus dürfte sogar weit länger als fünf Wochen erhalten bleiben. Nach KRAUSE (1967, S. 449 ff.) unterlag in den Jahren 1963/64 im starken Grundwasserabfluß „Blauloch“ die Cl^- -Konzentration zwölf Monate lang keiner erkennbaren Veränderung, obwohl sie in den umgebenden Fließgewässern in weiten Grenzen schwankte. Aus den verlängerten Meßzeiten ergibt sich aber, daß im Grundwasser der inneren Aue der Salzgehalt nach rund 10 Jahren doch zugenommen hat.

Die 41 Quellen und Baggerseen, aus denen Messungen vorliegen, sondern sich in drei Gruppen (Abb. 4):

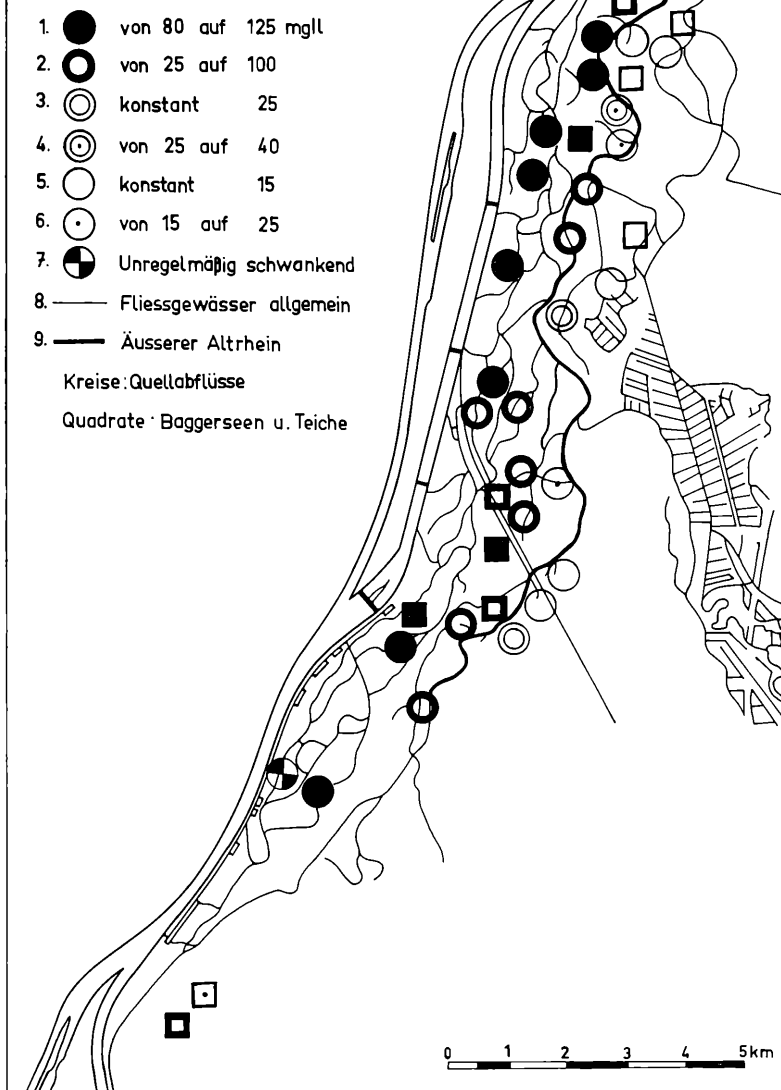
1. Die Konzentration hielt sich zunächst bei rund 80 mg/l Cl^- , stieg aber von 1966 bis 1970 auf einen mittleren Stand um 125 mg/l, an einzelnen Stellen auf > 150 mg/l. Beispiel: das Blauloch bei Kappel.
2. Die Konzentration lag anfangs bei 25 mg/l Cl^- ; sie stieg ab 1966 auf rund 75 mg/l und erreichte 1972 Werte um 100 mg/l. Beispiel: das Brunnenwasser zur Blinden Elz nw Rust.
3. Die Konzentration stieg geringfügig oder hielt sich von 1962 bis 1972 auf gleicher Höhe (Signatur 3—6 in Abb. 5). Beispiele: die Quellen am Hochgestade.

Aus dem Rahmen fällt allein der Quellteich unweit des alten Markierungssteines Myrm. 8 unmittelbar am Rhein. Seine Konzentrationen schwankten während der ganzen Beobachtungszeit ohne erkennbare Regel. Außerdem fiel er als einziger großer Grundwasseraustritt bei niedrigem Rheinstand regelmäßig trocken und reagierte auch als einziger auf die Streiksituation. Er repräsentiert offenbar den seltenen Sonderfall eines unmittelbar vom Rhein abhängigen Quellgewässers.

Auf der Karte ordnen sich die Grundwasseraustritte in Längsreihen (Abb. 5). Am nächsten zum Strom liegen diejenigen, die schon 1963 viel Salz führten und neuerdings ihre Konzentration weiter erhöhten. Nach außen anschließend folgen andere, die einen zunächst niedrigen Cl^- -Gehalt stufenweise zu beträchtlicher Höhe steigerten. Im rheinernen Gelände am Saum des Elz-Schwemmfächers haben sich die Konzentrationen höchstens schwach geändert. — Im Süden zeigt Abb. 5 zwei Baggerseen, die außerhalb der Rheinaue liegen, aber ebenfalls einer leichten Versalzung ausgesetzt waren. Im ganzen folgt aus Abb. 5, daß die Grenze zwischen hoher und niederer Konzentration im Laufe der letzten 10 Jahre durchgehend bis an die äußeren Altrheine „Innerer Rhein“ und „Blinde Elz - Taubergießen“ vorgerückt ist, die sie vorher nur im Norden erreicht hatte.

Die Cl^- -Konzentration im Rhein, die ungeachtet der hohen Unabhängigkeit des Grundwassers doch als der Faktor angesehen werden muß, der auf lange Sicht den Cl^- -Gehalt der Auengewässer bestimmt, ist seit 1954

Abb. 5 Zunahme der Cl⁻-Konzentration
von 1962 bis 1973 (Mittelwerte)



laufend angewachsen (KOMMISSION 1957—1971; Abb. 4). Allerdings fällt in Jahren mit überdurchschnittlicher Abflußmenge (1965, 1966, 1970, Zahlen in Abb. 4) die Konzentration unter die Normalwerte. Der Vergleich zwischen den Veränderungen des Chloridgehaltes im Rhein und in den rheinnahen Quellen, die in Abb. 4 durch das Blauloch repräsentiert sind, zeigt erhebliche Übereinstimmung. Letztere wird auch nicht dadurch in Frage gestellt, daß pro Jahr aus dem Rhein rund 26, aus dem Blauloch nur 2—3 Messungen vorliegen. Nachdem die Langsamkeit der Reaktion des Grundwassers gegenüber Veränderungen der Umgebung erwiesen ist, darf auch eine geringe Anzahl von Cl'-Bestimmungen am Grundwasser für einen längeren Zeitraum als repräsentativ gelten. Demnach folgt aus Abb. 4, daß die Quellen vom hydrochemischen Typ Blauloch sich mit ihren Konzentrationen während der ganzen Beobachtungszeit in der Größenordnung der Rheinkonzentration gehalten haben, deren Anstieg auf das von ihnen zutage geförderte Uferfiltrat übergriff. Letzteres erreichte jedoch, wie schon auf S. 11 erwähnt wurde, in keinem Falle den gleichzeitig gemessenen Salzgehalt des freien Rheins. Insgesamt ist kein Hinweis darauf zu erkennen, daß diese Quellen während der Beobachtungszeit einer anderen Beeinflussung unterworfen waren, als daß ihnen zunehmend salzreicheres Rheinwasser zugeflossen ist.

Dagegen kann der Konzentrationsanstieg in den Quellen vom hydrochemischen Typ Ruster Brunnenwasser nicht anders erklärt werden als durch die Vorstellung, daß in ihnen zu Beginn der Beobachtungszeit Wasser anderer Herkunft ausgetreten ist als gegen Ende. Cl'-Gehalte um 25 mg/l, wie sie anfangs gemessen wurden, können unter den Bedingungen des Untersuchungsgebietes nur mit Zulauf aus der Niederterrasse erklärt werden. Ebenso eindeutig weisen die 100 mg/l Cl' der späten Jahre auf Speisung durch Wasser, das aus dem Rhein kommen muß.

Zu den dauernd salzarmen Grundwasserquellen am Saum des Elzschwemmfächers sei bemerkt, daß einige von ihnen auf dem rheinseitigen Ufer des Hauptaltrheins (vgl. Abb. 5, Signatur 9) zutage treten, wo salzreiches Wasser zu erwarten wäre. Sie schließen sich dem in Abb. 3 dargestellten Quellteich auf dem Westufer des Taubergießens an.

Die Hauptursache für die seitliche Ausbreitung hoher Konzentrationen darf im Versickern des in die Altrheine geleiteten Rheinwassers erblickt werden, das sich nach dem Ausbau oberirdisch weiter ausbreiten konnte als vorher. Hier und da ist die Versickerung so stark, daß sie Fließgewässer auf dem Wege stromab trockenfallen läßt. Die Trockenstrecke des Rheingießens wurde auf S. 16 erwähnt. Ebenso hatte der Seitenkanal südlich des Weisweiler Altrheins im November 1972 unterhalb seines Einlaßbauwerkes kräftigen Durchfluß, er lag aber kurz vor dem Altrhein trocken. Die Ver-

sickerung ging in den rechteckigen Kiesentnahmebecken vor sich, die der Kanal durchfließt. Das letzte Becken im Norden hatte Zufluß, aber keinen Abfluß. Auch wenn das Wasser nicht bis zur Austrocknung versickert, erweist schon der Augenschein oder die einfache, mit Metermaß und Sekundenzeiger arbeitende Schätzung der Durchflußmenge, daß der mit Rheinwasser gefüllte Seitengraben im Süden der Karte 6 den größten Teil seines Wassers in den Untergrund verliert.

Ausblick auf zukünftige Veränderungen

Die radikale Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit im gestauten Rhein wird die Sedimentation von Feinmaterial begünstigen. Das Kiesbett wird sich abdichten, der Übertritt von Uferfiltrat in die Aue, der nach Beginn des Anstaus alle vorher trockengefallenen Quellen wieder zu starker Schüttung brachte, wird nachlassen. Unbekannt ist freilich das Ausmaß und der Zeitablauf der Abdichtung. Die Gewalt der Strömung, die den Restrhein beim Hochwasser vom 23. und 24. November 1972 aus den Winkeln der festen Schwellen metertiefe Kiesmassen auf den Uferbau werfen ließ, hat den Verfasser davon überzeugt, daß Spitzenhochwässer, auch wenn ihnen die 1500 m³/sec Wasser genommen sind, die durch den Kraftwerkskanal fließen, das Bett des Restrheins wenigstens unterhalb der festen Schwellen auch in Zukunft von Feinsedimenten säubern können. Unbefristetes Fortdauern der Uferfiltration auf kurzen Strecken kann demnach nicht ausgeschlossen werden. Da die Grundwasserbewegung in Rheinnähe spitzwinkelig und fast parallel zum Strom verläuft, erscheint es sogar möglich, daß das verbleibende Uferfiltrat in Bereiche vordringt, in denen das Strombett abgedichtet ist. Hinzu kommt die Grundwasser-Einspeisung aus dem mit Rheinwasser gefüllten Seitengraben, die gegenwärtig kräftig wirksam ist, doch ebenso wie im Rheinbett durch eine im voraus nicht sicher abschätzbare Abdichtung beeinträchtigt werden könnte.

Einen wesentlichen Faktor im vielgliedrigen System der Wasserbewegung bildet schließlich der seitliche Zufluß aus der Niederterrasse, den der Rheinausbau nicht betroffen hat. Da das alte Strombett, soweit es aufgestaut wurde, seine frühere Funktion als Vorfluter verloren hat, erscheint es nicht ausgeschlossen, daß Wasser aus der Niederterrasse in die Hohlräume des Grundwasserkörpers eindringt, die durch den erwarteten Ausfall der Uferfiltration entstehen werden.

Diese Bemerkungen sollen zum Bewußtsein bringen, daß das Wasser der Rheinaue, selbst nachdem das Strombett auf langer Strecke in Betonplatten gezwängt wurde, auch zukünftig nicht so schnell in starren Bahnen laufen wird. Als Methode, erneuten Wechsel zu verfolgen, empfiehlt sich weiterhin die Kartierung der Cl⁻-Konzentrationen, deren Gefälle zwischen Rhein und

Niederterrasse Auskunft über die Wasserbewegung verspricht. Selbst wenn die Salzeinleitung in absehbarer Zeit ein Ende finden sollte, wird der langwierige, im zeitlichen wie im räumlichen Ablauf unübersichtliche Vorgang der Aussüßung immer noch ein dankbares Untersuchungsobjekt bieten.

Zur räumlichen Geltung der Ergebnisse

Die gleiche Konzentrationsverteilung wie auf den Karten 1—6 wurde im Bereich der nach Norden angrenzenden Stauhaltungen Gerstheim und Straßburg angetroffen. Im Sommer drängte das Cl⁻-reiche Rheinwasser auch dort aus den Uferbaudurchlässen nach Osten. Im Winter wich es zurück und hinterließ weithin leere Rinnen, in die streckenweise salzarmes Wasser aus der Niederterrasse eindrang. Dieses Wasser entstammte einer am östlichen Auenrand nach Norden geführten Ableitung der unteren Elz, die den Namen „Ottenheimer Mühlbach“ führt. An zwei Abzweigungen gelangte ein Teil des Mühlbachwassers über feste Überlaufschwellen („Faschinate“) nach NW in die Altrheine, in denen es im Winter nahezu unvermischt blieb. Nach dem Altrheinausbau drängte salzreiches Rheinwasser in erhöhter Menge bis nahe an den Mühlbach, dessen Konzentration ebenfalls um rund 30 mg/l Cl⁻ anstieg, weil dem Unterlauf der Elz, gleichbedeutend dem Oberlauf des Mühlbachs, neuerdings erhöhte Mengen Cl⁻-reichen Wassers zugeführt werden.

Kurz nach Sonn- und Feiertagen, wenn der Rhein keine erhöhte Salzfracht führte, war die Aue im Westen wie im Osten von Wasser mit niedriger Cl⁻-Konzentration gesäumt und vom ebenfalls Cl⁻-armen Wasser der Uferdurchlässe durchzogen, hatte aber in allen Grundwasseraustritten die gleichen hohen Konzentrationen wie in Karte 5.

Aus der südlich anschließenden, vor Beginn der Untersuchung fertiggestellten Stauhaltung Marckolsheim liegen Messungen erst aus der Zeit nach dem Ausbau vor. Sie entsprechen den Zuständen der Karten 4—6. Noch weiter im Süden liegt die Rheinaue seit Jahrzehnten trocken. Nördlich der Stauhaltung Straßburg ist das Gewässernetz anders aufgebaut als im kartierten Gebiet, so daß von der Morphologie her keine volle Vergleichbarkeit besteht.

Literaturverzeichnis

- BATSCHKE, H. u. a. (1970): Kombinierte Karstwasseruntersuchungen im Gebiet der Donauversickerung (Baden-Württemberg) in den Jahren 1967—1969. — Steirische Beitr. Hydrogeologie 1970.

- BENSING, W. (1960): Wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Grundwassersenkungsgebiet am Oberrhein. — Vortrag anlässlich der 9. Landeskulturtagung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft in Freiburg i. Br. — Als Manuskript vervielfältigt.
- DAUBRÉE, M. A. (1852): *Déscription Géologique et Minéralogique du Département du Bas-Rhin.* — E. Simon, Strasbourg.
- DIELER, H., & E. DIESEL (1964): Die Grundwasserbeschaffenheit zwischen Bonn und Düsseldorf. — *Geol. Mitt.* 3, 339—396.
- EBELING, G. (1950/51): Grundwasseruntersuchungen aus dem Gebiet von Karlsruhe im Hinblick auf zentrale Wasserversorgungen. — In: *Vom Wasser* 18, 1950/51, 61—72. Verlag Chemie, Weinheim a. d. Bergstraße.
- HECK, H. J. (1948): *Grundwasseratlas von Schleswig-Holstein.* — Hamburg.
- HONSELL, M. (1885): Die Korrektio n des Oberrheins von der Schweizer Grenze unterhalb Basel bis zur großherzoglich hessischen Grenze unterhalb Mannheim. Mit Atlas. — *Ber. Hydrographie Großherzogtum Baden* 3.
- KOMMISSION (1956): Bericht der Expertenkommission über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers. 1 (Juni 1953 bis Juni 1954) — Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart.
- (1957, 1960, 1963a, o. J.): Bericht über die physikalisch-chemische Untersuchung des Rheinwassers 2 (Juni 1954 bis Juni 1956), 3 (1956—1958) — Verlag Birkhäuser, Basel und Stuttgart. 4 (1959—1960) — Imprimerie de la Cour, Victor Buck, Luxembourg. 5 (1961—1965) — Im Selbstverlag der KOMMISSION, Koblenz o. J.
- (1963b, 1964—1971): Zahlentafeln der physikalisch-chemischen Untersuchungen des Rheins sowie der Mosel/Koblenz. Jährlich veröffentlicht im Selbstverlag der KOMMISSION, Koblenz.
- KRAUSE, W. (1967): Zur Hydrographie der Rheinaue im Nördlichen Kaiserstuhlvorland. — *Arch. Hydrobiol.* 63, 433—476.
- (1968): Beobachtungen zum Grundwasseraustritt in der Rheinaue vor und nach dem Bau des elsässischen Rheinseitenkanals, Stauhaltung Rheinau-Sundhausen. Schriftenreihe Dt. Rat Landespflege 10, 55—58.
- MATTHES, G. (1958): Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speier. — *Notizblatt Hess. Landesamt Bodenforsch. Wiesbaden* 86, 335—378.
- RAABE, W. (1968): Wasserbau und Landschaftspflege am Oberrhein. — *Schriftenreihe Dt. Rat Landespflege* 10, 24—31.
- SCHMASSMANN, H. (1972): Quantitative Auswertung von Kochsalzmarkierungen in Schotter-Grundwasserströmen. — *Geol. Jb. C* 2, 75—87, 1972.
- TROLL, W. (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. — *Forsch. z. Dt. Landes- und Volkskde.* 24, 159—256.
- WAGNER, W. (1955): Die tertiären Salzlagerstätten im Oberrheintalgraben. — *Z. Dt. Geol. Ges.* 105, 706—728.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: [64](#)

Autor(en)/Author(s): Krause Werner

Artikel/Article: [Veränderungen des Chloridgehaltes der Rheinauengewässer im Zusammenhang mit dem Bau des Rheinseitenkanals 5-23](#)