Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 39 (1982)

Heft: 5-6

Artikel: Wasseruntersuchungen : Trends in der modernen Wasseranalytik

Autor: Gloor, Rolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-782903

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: 10.08.2025

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

Wasseruntersuchungen: Trends in der modernen Wasseranalytik

Rolf Gloor, M. Schurter, Institut Bachema, 8006 Zürich

1. Warum Wasseruntersuchungen?

Der Erfassung physikalischer, chemischer und biologischer Parameter in einer Wasserprobe können verschiedene Fragestellungen zugrunde liegen. Ein grosser Anteil dieser Untersuchungen gehört in das Gebiet der *Gewässerüberwachung.* Die dabei laufend erhobenen Daten werden zur langfristigen Zustandskontrolle von ober- und unterirdischen Gewässern verwendet. Dazu gehören auch die Untersuchungen der Abflüsse aus Kläranlagen als Belastungskontrolle der Vorfluter. Im weiteren dienen Wasseruntersuchungen der direkten Verfahrenssteuerung von Aufbereitungs- und Reinigungsprozessen.

Eine andere Zielsetzung hat die eigentliche *Qualitätskontrolle* von Trink- und Brauchwasser. Bei der Trinkwasseruntersuchung geht es in erster Linie um die Beurteilung der hygienischen Trinkwasserqualität im Hinblick auf den Konsumenten. Beim Brauchwasser, das in vielen Fällen identisch ist mit dem Trinkwasser oder daraus aufbereitet wird, steht dagegen die technische Wasserqualität in bezug auf eine allfällige Werkstoffschädigung im Vordergrund. Im folgenden soll versucht werden, die Entwicklung der Wasseruntersuchung über die letzten Jahre am Beispiel dieser Qualitätskontrolle aufzuzeigen.

2. Hygienische Trinkwasseruntersuchung

Im Vordergrund der hygienischen Kontrolle steht die Frage nach einem möglichen Oberflächen- oder Abwasserkontakt des Trinkwassers.

Durch Zeitungsmeldungen, wie etwa derjenigen anfangs dieses Jahres, welche über Jauche im Trinkwasser einer deutschschweizerischen Gemeinde berichtete, werden wir jeweils wieder an die Verletzlichkeit unserer Trinkwasserversorgungen erinnert.

Bei der hygienischen Untersuchung stützt man sich sowohl in bakteriologischer wie auch in chemischer Hinsicht in erster Linie auf sogenannte Indikatoren, Substanzen oder Bakterien, welche selber nicht unbedingt bedenklich sind (nicht in den üblicherweise gemessenen Konzentrationen), die jedoch Hinweise auf eine fäkale Verschmutzung und damit potentielle Gefährdung des Wassers geben. In der Trinkwasser-Bakteriologie sind dafür die Bestimmung der Anzahl coliformer Keime (z.B. E. coli) und Enterokokken üblich. In der chemischen Untersuchung werden die Werte für Ammonium, Nitrit und Phosphat und bedingt auch Chlorid und Nitrat zur Beurteilung herangezogen. Die Bestimmung der einzelnen Inhaltsstoffe wird in der Regel mit bewährten nasschemischen Methoden wie Kolorimetrie oder Titrimetrie durchgeführt. Diese sind in den letzten Jahren nur wenig modifiziert worden.

Während die oben erwähnten Wasserinhaltsstoffe also in erster Linie Zeigefinger für eine mögliche Gefahr sind, wird der Nachweis von Substanzen, welche direkt einen Risikofaktor für den Konsumenten darstellen, immer wichtiger. Nitrat ist ein prominenter Vertreter dieser Substanzklasse. Der Nitratgehalt hat über die letzten Jahre hin in vielen Trinkwässern laufend zugenommen, hauptsächlich als Folge der intensiven landwirtschaftlichen Düngung im Einzugsgebiet der Trinkwasserfassungen. Hohe Nitratgehalte im Trinkwasser (und Gemüse!) sind kritisch (z.B. bei Verwendung zur Herstellung von Säuglingsnahrung). Bei Säuglingen wird Methämoglobinämie beobachtet, bei Erwachsenen steht die Bildung von karzinogenen Nitrosaminen im Verdauungstrakt im Vordergrund.

Die analytische Erfassung von Nitrat ist in der Regel problemlos, da die signifikanten Konzentrationen im Milligramm-pro-Liter-Bereich liegen. Neben der klassischen Salizylatmethode bietet sich in jüngster Zeit auch eine neue Analysentechnik an, die *Ionenchromatographie (Abb. 1).*

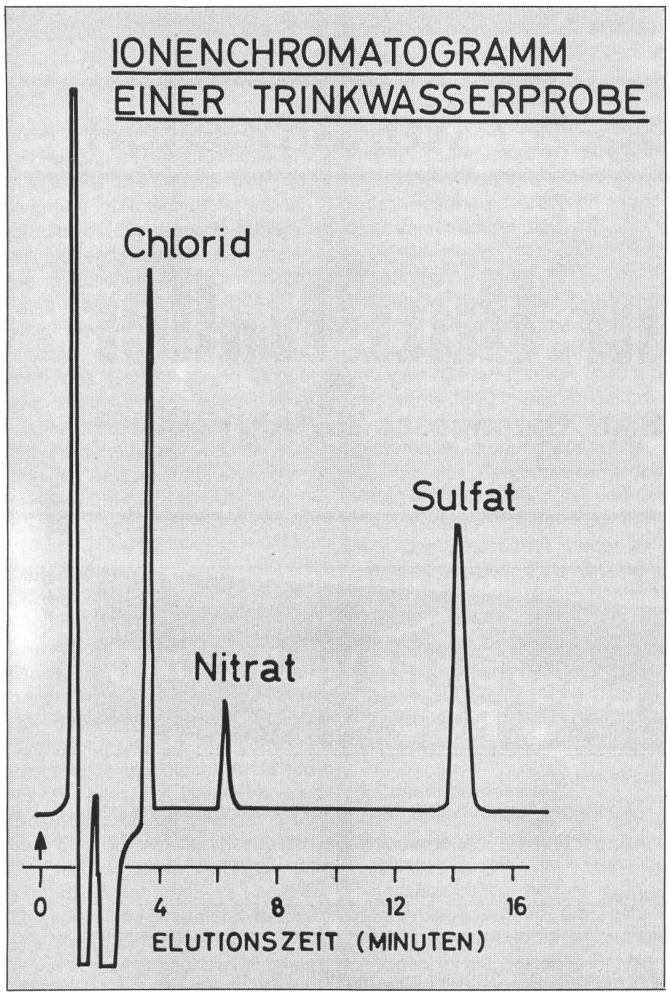

Abb. 1. Auftrennung von 200 Mikrolitern einer Trinkwasserprobe.

Ionenchromatogramm einer Trinkwasserprobe

Ionenchromatographie ist ein Spezialgebiet der modernen Hochdruck-Flüssigchromatographie. Die zu analysierende Probe wird mit einem Elutionsmittel (mobile Phase) durch eine Trennsäule (stationäre Phase) gepresst. Die verschiedenen Ionen werden in der Trennsäule unterschiedlich zurückgehalten und somit aufgetrennt. Das Säuleneluat wird direkt in einem Leitfähigkeitsdetektor vermessen und als Funktion der Elutionszeit aufgezeichnet. Die Peakfläche (oder Peakhöhe) der einzelnen Ionen ist direkt proportional der Ionenkonzentration.

Ionenchromatographie-System Westcan: Vertretung in der Schweiz Paul Bucher, 4059 Basel

Die grösste analytische Entwicklung in den letzten Jahren erfolgte indes bei der Bestimmung von Spurenkomponenten, welche ebenfalls zu den direkten Risikofaktoren gezählt werden müssen. Auf der einen Seite sind organische Schmutzstoffe, wie chlorierte Kohlenwasserstoffe, polycyklische Aromaten oder Anteile von Heizöl und Benzin von Bedeutung. Diese meist schwer abbaubaren Substanzen haben sich in jüngster Zeit in unseren Gewässern progressiv angereichert und sind auch im Trinkwasser nachweisbar. Durch den enormen Aufschwung der Chromatographie allgemein und der Kapillargaschromatographie im speziellen können heute flüchtige organische Substanzen in Nanogramm-pro-Liter-Konzentrationen ohne weiteres bestimmt werden (Nanogramm pro Liter = 10^{-9} Gramm/Liter).

Die Summe der organischen Wasserinhaltsstoffe ist nach wie vor ein Mass für eine mögliche Verunreinigung des Wassers. Die Summenparameter CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und Oxidierbarkeit mit Kaliumpermanganat, als Mass für diese organische Belastung, wurden über die letzten Jahre immer mehr durch den exakteren und besser definierten Summenparameter DOC (dissolved organic carbon) ersetzt oder ergänzt. Heute sind auf dem Markt DOC-Analysatoren erhältlich, welche Kohlenstoffbestimmungen unter 1 mg/l ohne weiteres möglich machen.
Eine ähnlich stürmische Entwicklung wie bei den organischen Spurenkomponenten war bei der Bestimmung von toxischen Metallen und Metalloiden zu beobachten. Dies ist zur Hauptsache auf die enorme Verbesserung und Verbreitung der flammenlosen Atomabsorptionsspektroskopie zurückzuführen *(Abb. 2)*.

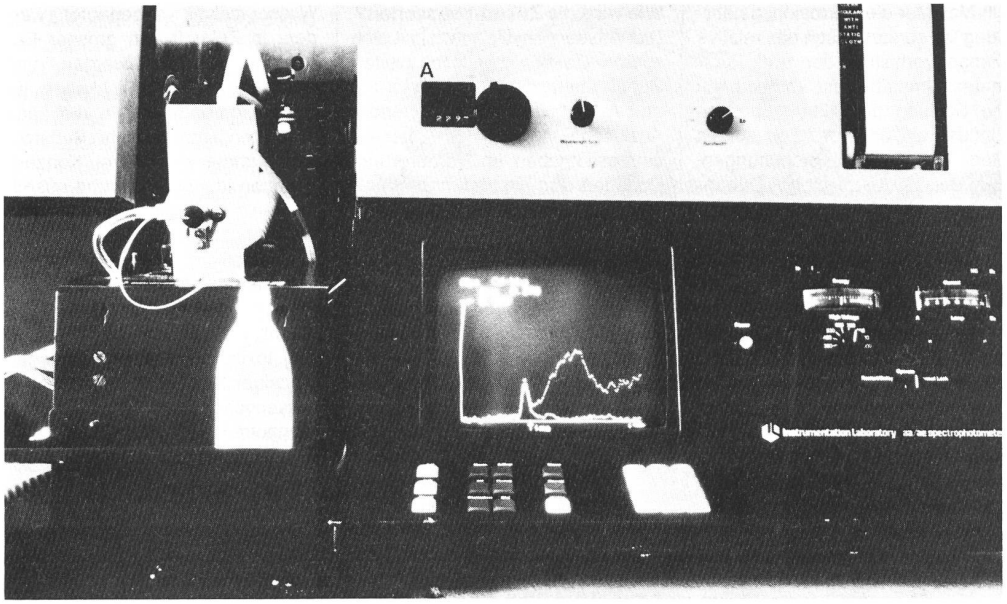

Abb. 2. Spurennachweis von Cadmium in einer Wasserprobe mit flammenloser Atomabsorptionsspektrometrie (Bild: Institut Bachema, Zürich; Atomabsorptionsspektrometer: Instrumentation Laboratory, Dr. W. Ingold AG, 8902 Urdorf).

3. Technische Wasseruntersuchung

Korrosionsschäden verursachen jedes Jahr allein in der Schweiz Kosten, die in die Millionen gehen. Korrosionsabklärungen stehen daher auch im Vordergrund der technischen Wasseruntersuchung, sowohl bei Trinkwasser als auch bei Brauchwässern wie Heisswasser, Heizungswasser oder anderen Kesselspeisewässern. Dabei muss man sich bewusst sein, dass die Wasserqualität nur eine mögliche Ursache der Korrosion darstellt und die Werkstoffqualität sowie die Werkstoffverarbeitung ebenfalls entscheidende Faktoren sind. In vielen Fällen ist es schwierig, diese zwei letzten Komponenten zu quantifizieren, so dass die Wasserqualität als einzig messbare Grösse oft überbewertet wird. Bei Kenntnis dieser Sachlage ist jedoch die Wasseranalyse nach wie vor ein unerlässliches Hilfsmittel zur Korrosionsabklärung und besonders auch zur Korrosionsverhütung. Neben der Werkstoffzerstörung durch Korrosion sind bei der technischen Wasseruntersuchung auch Ablagerungsprobleme von Bedeutung, welche einerseits wiederum Korrosionen begünstigen und anderseits zu Verkrustungen und Verstopfungen führen können und damit den Wärmeübergang in Kühl- und Heizkreisläufen negativ beeinflussen.
Von den natürlich im Wasser vorhandenen Inhaltsstoffen sind die gelösten Gase Sauerstoff und Kohlendioxid, zusammen mit den Härteparametern, sowie die Salze Chlorid, Nitrat und Sulfat von besonderer Bedeutung für die technische Wasserqualität.
Sauerstoff begünstigt Korrosionen ganz allgemein. Deshalb werden bei Heizungs- und Kesselspeisewasseranlagen, wo durch hohe Temperaturen die Korrosionsgeschwindigkeit stark erhöht ist, Massnahmen getroffen, um möglichst allen Sauerstoff aus dem Wasser zu entfernen (chemische Bindung des Sauerstoffs durch Zugabe von Sulfit, thermische Entgasung usw.). Dagegen enthält Trinkwasser in der Regel immer Sauerstoff in Konzentrationen von einigen Milligrammen pro Liter. Die Praxis hat gezeigt, dass für die technische Qualität von Trinkwasser nicht möglichst wenig Sauerstoff am günstigsten ist, sondern ein Gehalt zwischen 6 und 10 mg/l. Bei diesem Sauerstoffgehalt kann sich bei günstigen Verhältnissen der übrigen Inhaltsstoffe eine Kalk-Rost-Schutzschicht in den Eisen- und verzinkten Eisenrohren ausbilden. Diese Kalk-Rost-Schutzschicht ist eine Folge einer gleichmässigen, langsam verlaufenden Korrosion. Damit sei nur am Rande aufgezeigt, wie komplex sich Korrosionsfragen im Wasserbereich darstellen: nicht jede Art von Korrosion ist unerwünscht. Sauerstoffkonzentrationen werden üblicherweise entweder am Probenahmeort direkt oder nach Fixierung im Labor titrimetrisch bestimmt. Immer häufiger werden auch Sauerstoffelektroden eingesetzt, welche eine direkte einfache Bestimmung am Ort der Probenahme erlauben.
Der Gehalt an freier Kohlensäure wird in der Regel ebenfalls titrimetrisch bestimmt, ebenso wie die Karbonathärte und die Gesamthärte. Diese drei Grössen geben Auskunft über die Verhältnisse bezüglich des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts im Wasser. Während ein relativer Überschuss an Kohlensäure (aggressive Kohlensäure) die Ausbildung der Kalk-Rost-Schutzschicht verhindert, führt eine relativ zu niedrige Konzentration an Kohlensäure zu übermässigen Kalkablagerungen. Korrosionsprobleme in Trinkwasserleitungen nehmen unter anderem laufend zu, weil durch den ständig steigenden Wasserbedarf immer neue Wasservorkommen genutzt werden müssen und zunehmend Mischwässer die einstigen reinen Grund- und Quellwässer ersetzen. Solche Mischwässer enthalten oft aggressive Kohlensäure, was zusammen mit dem ständig wechselnden Chemismus des Wassers die Ausbildung einer Schutzschicht erschwert oder gar verhindert.
Die Salze Chlorid, Nitrat und Sulfat können ebenfalls Korrosionen begünstigen. Neueste Untersuchungen zeigen, dass nicht nur die Summe dieser drei Komponenten

Spurennachweis von Cadmium in einer Wasserprobe mit flammenloser Atomabsorptionsspektrometrie

Die Methode der Atomabsorptionsspektrometrie beruht darauf, dass die in gasförmigem Zustand vorliegenden Atome eines Elements (z.B. das Schwermetall Cadmium) spezielles Licht, welches den Metalldampf durchscheint, in ganz charakteristischer Weise abschwächen. Die Kunst der Methode besteht nun darin, die in der Probe enthaltenen Atome eines interessierenden Elements ohne Verluste in eine geeignete Messküvette zu bringen und dort durch Wärmezufuhr zu verdampfen. Die Aussendung des speziellen Lichts und die Messung der Abschwächung übernimmt das Spektrometer vollautomatisch. In *Abbildung 2* besteht die Messküvette aus einem kleinen Graphitrohr, welches auf etwa 1500°C erwärmt wurde. Die Abschwächung des durch das Graphitrohr gesandten speziellen Lichts ist der im Rohr vorhandenen Menge Metalldampf proportional. In unserem Beispiel wurden in der untersuchten Wasserprobe 10 Mikrogramm Cadmium pro Liter gefunden.
Am rechten Bildrand ist die Atomisierungseinheit (Graphitrohrküvette) mit dem Probenzerstäubungsautomat (Fastac) ersichtlich. Auf dem Bildschirm wird der Verlauf der Lichtabschwächung während des Verdampfungsvorgangs (Atomisierung) aufgezeichnet. Das schmale Signal in der Bildmitte entspricht dem Cadmiumgehalt der Probe. Die Signalfläche wird elektronisch ausgewertet und das Resultat in Konzentrationseinheiten angezeigt.

ein Mass für die Korrosionsgefährdung ist, sondern auch das relative Mengenverhältnis der drei Parameter. Umstritten ist immer noch die Stellung des Nitrats, dessen Einfluss auf die Korrosion zurzeit Gegenstand von Untersuchungen, zum Beispiel an der EMPA Dübendorf, ist. Die Bestimmung obiger drei Parameter erfolgt in der Regel getrennt, mit jeweils spezifisch auf eine Komponente zielende Methoden. Über die letzten Jahre hat sich jedoch eine andere Analysenmethode, die Ionenchromatographie, derart entwickelt, dass sie heute mehr und mehr zur Methode der Wahl wird *(Abb. 1)*.

Wie wird die Zukunft aussehen?
Die Wasseranalytik entwickelt sich auch in Zukunft zweifellos weiter. Dabei steht die Rationalisierung und Automatisierung bestehender Analysentechniken für Überwachungsaufgaben im Vordergrund. Daneben wird die Einführung neuer Analysentechniken wichtig, denken wir nur daran, dass von allen organischen Wasserinhaltsstoffen in einem Trinkwasser heute nur ein kleiner Teil analytisch erfasst und entsprechend charakterisiert werden kann. Hier sind Entwicklungen, wie sie beispielsweise mit der Einführung der Hochdruck-Flüssigchromatographie in der Wasseranalytik angedeutet werden, in Zukunft von grosser Bedeutung. Zudem werden uns wachsende Empfindlichkeiten für Spurenkomponenten in die Lage versetzen, immer mehr Substanzen in immer niedrigeren Konzentrationen identifizieren und quantifizieren zu können. Damit sind wir bei der zweifellos gewichtigsten Problematik der analytischen Zukunft angelangt. Obwohl weltweit sehr grosse Anstrengungen gemacht werden, über ökologische und toxikologische Auswirkungen einzelner Stoffe oder Stoffklassen wissenschaftliche Daten zusammenzutragen, stehen solche Informationen dem Wasserfachmann bis heute nur beschränkt zur Verfügung. Dies deshalb, weil solche Untersuchungen kompliziert und langwierig sind.
Die Untersuchungsergebnisse zu relativieren und nicht alles zu messen, was möglich ist, sondern möglichst sinnvoll zu messen, wird daher auch in Zukunft vermehrt zur Aufgabe des Wasserchemikers gehören. Neben einer vorzüglichen Analytik braucht dies immer wieder eine gute Portion gesunden Menschenverstand.

Kunststoff-Dichtungsbahnen für Kanaldichtungen

Einleitung
Im allgemeinen haben Dichtungen in Kanälen den Zweck, das Ausfliessen des Kanalwassers in das umgebende Erdreich zu verhindern. Bei einem Kanalbau im Reusstal hat die Dichtung aus KDB (Kunststoff-Dichtungsbahnen) nicht die Aufgabe, das Kanalwasser am Ausfliessen zu verhindern, sondern ein Einfliessen von Grundwasser in den Kanal zu vermeiden.
Auf dem linken Ufer der Reuss zwischen Mühlau und Merenschwand wurde im Zuge von Meliorationsarbeiten ein Kanal erstellt, um den Grundwasserspiegel im landwirtschaftlich genutzten Gebiet um rund 1–1,50 m abzusenken. Der Kanal nimmt ferner das Wasser zweier offener Bäche auf, die von den Hügeln westlich Mühlau in die Ebene fliessen. Er endet am Reussdamm, dort installierte Pumpen heben das Wasser über den Damm in die Reuss hinüber. Im Meliorationsgebiet, rechts des Kanals, liegt ein Naturschutzgebiet, dessen Grundwasserspiegel zum Teil direkt unter der Erdoberfläche liegt und der im Gegensatz zu demjenigen im landwirtschaftlich genutzten Gebiet nicht abgesenkt werden darf. Der total 2 km lange Kanal musste deshalb längs des Naturschutzgebietes abgedichtet werden. Auf dieser Strecke dient der Kanal nur teilweise der Entwässerung des landwirtschaftlich genutzten Gebietes. Das Grundwasser längs dieser Kanalpartie wird längs entwässert und fliesst unterhalb der gedichteten Strecke in den Kanal ein.

Bodenverhältnisse
Der Boden der Reussebene ist quartäres Aluvial: Sumpf, Ried und Torfmoor. Alte ehemalige und eingedeckte Schmelzwasserläufe aus der Würmeiszeit durchqueren die Ebene. Der Kanal liegt zum Teil auch in spätwürmeiszeitlichen Niederterrassenschottern, die teilweise mit Lös überdeckt sind. Aus diesen Gründen wurde der Planung grosse Aufmerksamkeit geschenkt, da der Boden beim Bau des Kanals Schwierigkeiten bereiten könnte *(Abb. 1)*. Längs des Naturschutzgebietes schlugen die Projektverfasser vorerst eine an Ort eingebrachte Betondichtung vor. Aufgrund von Unterlagen in Fachzeitschriften wurde auch eine Variante mit KDB projektiert und kalkuliert. Vorgesehen wurde eine Dichtung mit einer 2 mm starken Kunststoff-Dichtungsbahn aus LDPE (Hochdruckpolyäthylen). Im Gegensatz zu einer Betonplatte muss eine KDB-Dichtung tiefer gelegt werden, da diese dünne Dichtungslage bei leerem Kanal gegen den Auftrieb des Grundwassers zu schützen ist. Trotz dem dadurch bedingten Mehraushub ergab die Kalkulation eine erhöhte Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Beton. Setzt man die Ausführung mit Beton zu 100 % ein, so ergibt sich bei der Variante Kunststoff eine Kostenverminderung um rund 40 %. Zudem ist die Kunststoffausführung wetterunabhängiger. In gewissen Strecken war es jedoch etwas schwierig, die KDB in dem sehr heterogenen, zum Teil sumpfartigen Boden einwandfrei zu verlegen und zu verschweissen. Die damit beauftragte Spezialunternehmung konnte jedoch diese Erschwernisse meistern. Das positive Resultat dieses Kostenvergleichs bewog die Bauherrschaft (Abt. Wasserbau des Baudepartements des Kantons Aargau), die Dichtung mit 2 mm starken KDB anzuordnen. Verwendet wurden rund 15000 m² grün durchgefärbte und extrudierte Kunststoff-Dichtungsbahnen aus Hochdruckpolyäthylen (LDPE) Marke Sarnafil-FP.

Abb. 1. Der mit Bagger ausgehobene Kanal, bereit für das Einlegen der Kunststoff-Dichtungsbahnen. Man beachte den sehr heterogenen Boden, in Bildmitte unten Bäume und Äste aus längst vergangenen Zeiten.

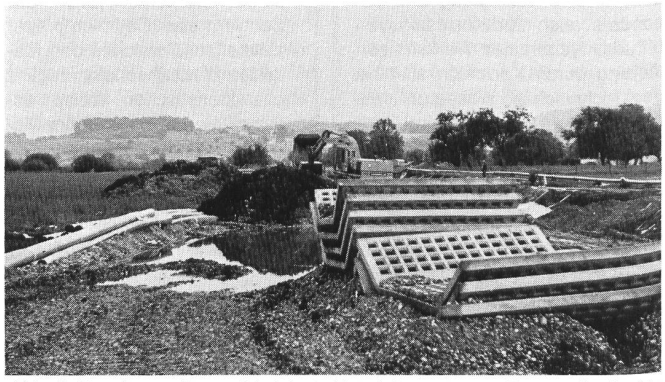

Abb. 2. Bereitgestellte vorfabrizierte Kanalelemente aus Beton, die direkt auf das mit dem Bagger eingebrachte Beschwerungsmaterial verlegt werden.