

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 17 (1926)

Heft: 3-4

Artikel: Die Beurteilung der Wasserversorgungsanlagen in geologischer Hinsicht

Autor: Hug, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-984172>

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: 27.01.2026

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

Bei der Montage solcher Leitungen werden die einzelnen Rohrstücke durch Muffen mit Teerseil und Bleidichtung verbunden. Man beobachtet nun häufig bei neuen Anlagen einen unangenehmen Teergeruch im Wasser und schreibt diesen Uebelstand ganz dem Innenanstrich der Röhren zu. Unsere diesbezüglichen Erfahrungen lehren, dass nicht dieser Innenanstrich, der siedend heiss auf das vorgewärmte Rohr durch Eintauchen erzeugt wird, die Ursache des Uebelstandes war, sondern geteerte Jutestricke. Man verwendet lieber rohe Hanfstricke unter den Bleiverguss und bleibt dabei von derartigen Reklamationen verschont.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, dass es zu den Aufgaben eines sorgfältigen Wasserversorgungsbetriebes gehört, die Rohrnetze mit ihren Apparaten (Schieber, Hydranten und Abzweigungen) gut zu unterhalten, hiezu gehört namentlich die periodische Prüfung auf Wasserdichtigkeit und das Aufsuchen allfälliger Wasserverluste. Mindestens zweimal im Jahre sind die Haupt- und Seitenleitungen gut durchzuspülen; in den letztern stagniert das Wasser häufig, namentlich bei unbenützten Hydranten und verdirbt dann das vorbeifließende Wasser. Neue Rohrleitungsstränge werden bei uns vor der Inbetriebsetzung mittelst gechlortem Wasser durchgespült, wodurch eine Desinfektion des Innern vor sich geht.

Die Beurteilung der Wasserversorgungsanlagen in geologischer Hinsicht.

Von Dr. J. HUG, Geolog, Zürich.

1. Einleitung.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass die Hydrologie des Untergrundes für die qualitative Beurteilung unserer Wasserfassungen eine sehr grosse Rolle spielen muss. Die geologischen Verhältnisse der Schweiz sind aber ausserordentlich kompliziert, so dass es unmöglich erscheint, im Rahmen eines Vortrages eine erschöpfende Darstellung aller vorkommenden Möglichkeiten zu geben; wir müssen uns auf einige typische Fälle beschränken. Ich glaube zu dem schwierigen Problem der Wasserbeurteilung auch dadurch etwas beizutragen, wenn ich einige Fragen geologisch-chemischer Natur streife, die sich im Laufe der Zeit aus meiner Gutachterpraxis ergeben haben.

Bei meinen Ausführungen gedenke ich mich in Bezug auf die Nomenklatur für die Bezeichnungen «Grundwasser» und «Quellwasser» an die neuere Auffassung zu halten, die allgemein als «Grundwasser» alles Wasser bezeichnet, das unter der Erdoberfläche sich befindet. Die Quelle ist lediglich die Stelle, wo das «Grundwasser» zu Tage tritt. Eine stoffliche Unterscheidung zwischen «Grundwasser» und «Quellwasser» existiert also nicht. Ich glaube seinerzeit in der Einleitung zu meinem vom Schweiz.

Amt für Wasserwirtschaft herausgegebenen Werk die «Grundwasservor-
kommnis der Schweiz» (Annalen der Eidgen. Landeshydrographie, Band
III, 1918) die Berechtigung für diese Bezeichnungen ausreichend klar
gelegt zu haben. Berechtigte Einwendungen gegen diese Terminologie
sind nicht gemacht worden, sie scheint also allgemein anerkannt worden
zu sein.

Ich gedenke meine speziellen Ausführungen durch die Beschreibung
einer Serie von typischen geologischen Beispielen einzuleiten, die in der
Schweiz hauptsächlich zur Fassung von Trinkwasser in Betracht kommen
können. Wir unterscheiden dabei 2 Hauptgruppen. Die eine ist dadurch
charakterisiert, dass die Gewinnung durch einen horizontalen Fassungs-
körper (Graben oder Stollen) erfolgen muss, während die zweite Serie
von hydrologischen Erscheinungen in der Regel durch eine vertikale
Fassung, einen sogenannten Grundwasserbrunnen erschlossen wird.

2. Einige Beispiele für Quellenfassungen.

Grosse Quellen, deren Wassermengen sich in die tausende von
Min./Lit. belaufen können, heften sich besonders an die Schichten von
reinen Kalksteinen, die zufolge ihrer massigen Lagerungsform stark zu
Rissbildung neigen. In den auf tektonischem Wege oder durch Einflüsse
der Verwitterung entstandenen kleinen Rissen macht sich die lösende
Wirkung des durchfliessenden Wassers geltend und erweitert sie zu
kanalartigen, unterirdischen Wasserläufen, die als sogenannte *reine Fels-
quellen* zu Tage treten.

Es ist klar, dass derartige unterirdische Gewässer sich in Bezug
auf Reinheit vom gewöhnlichen Oberflächenwasser kaum wesentlich un-
terscheiden, von einer auch nur notdürftigen Filtration kann bei dem
raschen Durchfluss unter diesen Umständen nicht die Rede sein. Durch
ein Experiment grossen Stiles konnten wir vor einigen Jahren bei einem
unterirdischen Wasserlaufe einer Kalksteinzone der Alpen den Durch-
fluss durch eine Strecke von nicht weniger als 28 km innerhalb 7 Tagen
einwandfrei nachweisen. In einer Entfernung von 3 km reagierte der Ver-
such schon nach einigen Stunden.

Der beschriebene Typ (Vaucluse-Quelle) ist sowohl im Jura als in
den Alpen eine ziemlich häufige Erscheinung. In den Alpen kommen
solche Quellen besonders im Bereich der Schrattenkalk- und Malm-
schichten vor.

Im schweizerischen Mittelland neigen gewisse Schichten der marinen
Molasse zur Rissbildung. Aehnliche Eigenschaften weisen die miozänen
Nagelfluhschichten auf, die besonders in dem zunächst an den Alpen
gelegenen Teil des Mittellandes allgemein verbreitet sind. Bei diesen Ge-
steinen sprechen wir von einer sogenannten groben Durchlässigkeit, indem
als Wasserwege nur die durch den Einfluss der Verwitterung entstan-
denen kleinen Risse funktionieren. Wo ein derartiges rissiges Gestein

bis an die Oberfläche reicht, also keine Ueberdeckung mit lockerem, filtrierendem Erdreich vorliegt, wird es im Kulturland schwer halten, für ausreichende Sicherheit der Quellen zu sorgen. Auch eine tiefe Fassung kann unter diesen Umständen die Verhältnisse nicht immer ausreichend sanieren, man wird nicht selten zur Filtration oder Sterilisation greifen müssen.

Die Felsquelle wird dann in qualitativer Hinsicht sehr stark verbessert, wenn das rissige Gestein unter einer Decke von durchlässigem Schuttmaterial — Gehängeschutt oder Moräne — verhüllt wird. In diesem Falle ist die Qualität des Wassers durch den filtrationsfähigen Schutt bestimmt, der als eigentlicher Sammler für das Wasser wirken muss, die Felsspalten dienen dann lediglich als Leiter der einzelnen Adern. Wir sprechen in diesem Falle von der *gedeckten Felsquelle*.

Im Verbreitungsgebiet der letzten Vergletscherung im Mittelland und in den Alpen sind die *Moränenquellen* eine häufige Erscheinung. Zur Sammlung von Wasser sind natürlich besonders die verschwemmten Partien der Moräne geeignet, in denen die eingelagerten Kiese und Sande als Grundwasserträger und Filter wirken. Bei der sehr unregelmässigen Lagerung der Moränenschichten können in denselben auch durch grössere Fassungsanlagen in der Regel nur kleinere Wassermengen gefasst werden. Auf alle Fälle kann aber das Wasser der Moränen in Bezug auf Qualität als sehr günstig qualifiziert werden, indem die lehmigen Einlagerungen zwischen den Kies- und Sandschichten einen sehr langen Filtrationsweg für das Wasser bedingen. Dazu kommt ferner die Durchsetzung des Wasserträgers mit feinem Sand.

Ob die Moräne ihr Wasser an den allfällig darunter liegenden rissigen Fels abgibt (gedeckte Felsquelle), oder auf lehmiger Grundmoräne austreten lässt (eigentliche Moränenquelle), spielt natürlich für die Qualität des Wassers keine Rolle.

3. Grundwasserströme und Grundwasserbecken der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Schotter.

Die besprochenen Typen von unterirdischem Wasser haben in neuerer Zeit für die Versorgung grösserer Ortschaften etwas an Interesse verloren, weil die meisten natürlichen Quellaustritte in der Nähe von grossen Siedelungen in der Regel längst erschöpft sind. Das Hauptinteresse wendet sich mehr und mehr den Grundwasserströmen und Grundwasserbecken der ausgedehnten Schottergebiete zu, indem diese meistens auch grossen Ansprüchen des Bedarfes genügen können.

Auch bei den Grundwasserströmen fehlt es nicht an Mannigfaltigkeit der Formen, ich greife nur einige charakteristische Typen heraus, die bei der Beurteilung besonders in Frage kommen.

Im Mittelland spielen besonders die Schotterfelder der letzten Eiszeit als Grundwasserträger eine wichtige Rolle. Von den Endmoränen

dieser Vergletscherung strahlen durch alle Täler Abflussrinnen der ehemaligen Gletscherzungen aus, die alle mit Gletscherbachkiesen ausgefüllt wurden. In jedem dieser Kiesböden sammelt sich das Sickerwasser und nicht selten auch das zufließende Oberflächenwasser zu einem Grundwasserstrom. Ganze Netze von solchen Grundwasserströmen habe ich aus dem oberen Emmental (oberhalb Burgdorf) und in den rechtsseitigen Seitentälern des Aaregebietes zwischen Murgental und Brugg beschrieben.

Die eiszeitlichen Schotter bestehen mit wenigen Ausnahmen aus einem homogenen sandreichen Schotter, der für die Filtration des Wassers jede Garantie zu bieten vermag.

Zur Fassung eines solchen Grundwasserstromes kann fast nur der Grundwasserbrunnen, also eine Anlage mit vertikalem Fassungskörper in Frage kommen. Die Eintrittsstelle soll dabei möglichst tief liegen, soweit es eben die Mächtigkeit des Grundwasserträgers gestattet, als zulässige Grenze haben wir in der Regel eine Minimaltiefe von etwa 5,5 m angenommen, auch bei 4,8 m haben wir in einem Falle ein einwandfreies Wasser gewinnen können. Im übrigen ist natürlich die Qualität des Wassers durch eine Reihe von Faktoren bestimmt, wobei in erster Linie die Wahl der Fassungsstelle in die Wagschale fällt.

Es ist selbstverständlich, dass man mit der Fassung oberhalb der menschlichen Ansiedelungen geht, oder wenigstens einen Abstand von 80 m innehält, der eventuell bei ganz günstiger Tiefe der Fassung noch verringert werden kann. Bei der Abgrenzung des Kulturlandes gegen die Fassung braucht man deshalb nicht zu ängstlich zu sein, weil der Schotter meistens in seinen obersten Schichten infolge späterer Verspülung etwas lehmig ist, so dass die gewöhnliche Düngung nicht zur Geltung kommen kann. Viel unangenehmer sind aber die Abwassersenkgruben der Häuser, die ihr Wasser in der Regel in den durchlässigen Kies der tiefen Schichten direkt zuleiten unter Umgehung der schützenden Deckenschicht. Dieselben durchlässigen Kiesschichten, welche einen Grundwasserstrom entstehen lassen, sind eben auch zur Anlage einer Senkgrube geeignet. Man wird also bei der Plazierung von Fassungen auf die Senkgruben in weitgehendem Masse Rücksicht nehmen müssen.

Zur Sicherung der Wasserqualität soll ferner, wenn immer möglich, eine Fassungstelle gewählt werden, wo der Wasserspiegel nicht zu nahe an der Erdoberfläche liegt, damit die Humusdecke des Bodens nicht ausgelaugt wird. Wo man zufolge der besonderen Situation dieser Vorschrift nicht nachleben kann, habe ich mehrfach zu dem radikalen Mittel gegriffen, den Wasserspiegel in der Umgebung der Fassung unter Anwendung einer Drainage dauernd unter einem gewissen Niveau zu halten.

Als Beweis für die vorzügliche Filtration, welche das Wasser in den Schotterfeldern des erwähnten Typus erfährt, mögen eine Beobachtung aus dem Gebiete der Stadt Zürich dienen. Mitten im dicht überbauten Bereich der Kreise 4 und 5 liegen eine Reihe grosser Brunnen,

die den Bedürfnissen der Industrie dienen. Alle diese Brunnen ergaben durchwegs Untersuchungsresultate, die chemisch und bakteriologisch einwandfrei waren, und dies selbst bei Brunnen, die nicht als moderne Fassungen ausgebaut waren. In letzter Zeit kam in meiner Praxis eine grosse Fassung in einem Grundwasserstrom vor, die nur 30 m vom Jauchetrog eines Hauses entfernt lag, bei Neigungsverhältnissen des Terrains, die alle überfliessende Jauche unmittelbar in das Gebiet der Fassung zu leiten mussten. Trotzdem ergab sich nur eine Keimzahl von nur 4 per cm^3 und ein Colititer von 20,0.

In qualitativer Hinsicht noch etwas günstiger müssen sich die Verhältnisse bei den Grundwasserströmen in gedeckten Schotterfeldern gestalten. Dieser Fall kommt bei uns nicht selten vor, indem nach dem Erlöschen der grossen eiszeitlichen, den Schotter ablagernden Schmelzwasserflüssen nur noch die kleinen Seitenbäche in Funktion traten. Sie haben von den Hängen her aus dem Molassegestein, oder aus den Moränen, Lehm ausgeschwemmt und so Decke auf dem Schotterfeld abgelagert. Wir haben nicht selten solche Lehmabschliessungen mit einer Mächtigkeit von mehr als 10 m feststellen können. Wie unter diesen Umständen eine Verunreinigung noch eintreten sollte, wäre kaum anzunehmen.

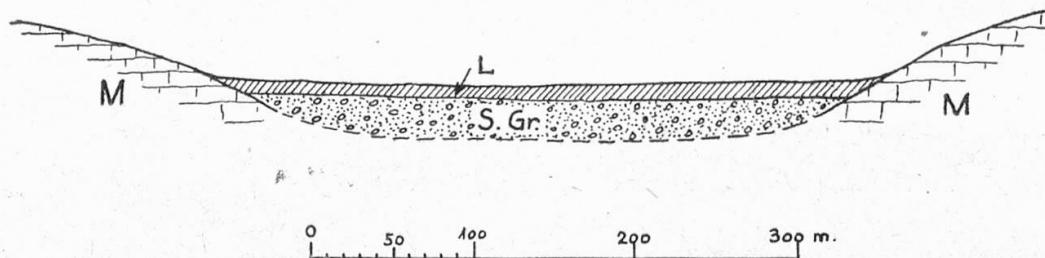


Fig. 1.

Schematischer Querschnitt durch einen Grundwasserträger mit vollständiger Abdeckung.

M. Anstehende Molasse, vorwiegend aus Mergel bestehend.
 S. Gr. Eiszeitliche Schotter mit einem Grundwasserstrom.
 L. Junge, nacheiszeitliche Aufschwemmung von feinen Sanden und Lehm.

In seltenen Fällen kommt die Lemabschliessung des Schotters auch durch Grundmoräne zustande, indem der Gletscher über seine früher abgelagerten Schotter vorrückt. Solche Beispiele sind besonders im mittleren Glattal mehrfach vorgekommen mit Lehmschichten bis zu 15,5 m Mächtigkeit. Den Rekord hat aber die neue Wasserfassung der Stadt Solothurn geschlagen mit einer Lehmdecke von nicht weniger als 26,5 m. Der unter diese Decke erschlossene Grundwasserstrom stieg unter artesischem Drucke bis nahe an die Oberfläche herauf. Es versteht sich von selbst, dass man bei derartigen Lagerungsverhältnissen mit der Dimensionierung des Schutzgebietes nicht ängstlich sein muss.

In verschiedenen Gegenden der Schweiz tritt das Grundwasser in einer Lagerungsform auf, die wir erst in den letzten Jahren genauer erkannt und zweckentsprechend ausnützen konnten. Es sind dies isolierte Reste von alten Schottern (Hochterrassenschotter), die meistens zu einer lockeren Nagelfluhe verkittet sind. Zufolge der allseitigen Einfas-

sung mit Lehm oder undurchlässigem Fels nennen wir diese Erscheinung Grundwasserbecken, dessen Ertrag als Quelle überfliesst, wie dies in der untenstehenden Figur dargestellt wird. Durch Bohrungen liess sich die besondere Lagerung erkennen, die dadurch charakterisiert ist, dass der Schotter noch tief unter die Ueberlaufhöhe der Quelle herabgeht und so ein eigentliches unterirdisches Reservoir vorhanden sein muss. Wird nun die Fassung an den richtigen Ort, d. h. in den Hang oberhalb der Quelle plaziert, so werden geradezu ideale qualitative Verhältnisse geschaffen. Zufolge der Neigungsverhältnisse des Terrains kommt hier das Wasser aus einem Gebiet mit sehr hoher Ueberdeckung, dazu ist der Schotter noch mit einer mächtigen Schicht von Moräne abgeschlossen.

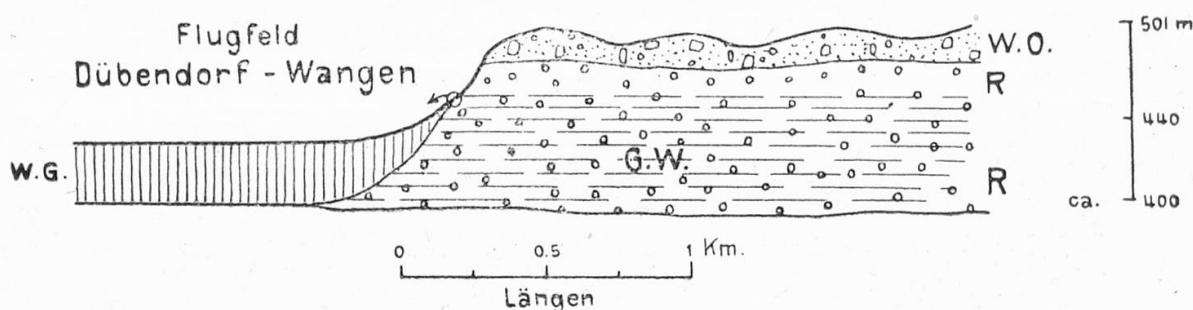


Fig. 2.

R. Hochterrassenschotter.
W. O. Moräne der letzten Vergletscherung (vorwiegend schlecht durchlässig).
W. G. Seehodenlehme und Grundmoräne des Talbodens.

Als Fassung kann auch hier nur der Grundwasserbrunnen in Frage kommen, der zur weiteren Verbesserung der Wasserqualität die Ausnützung auf die untersten Schichten beschränkt und zudem gestattet das unterirdische Reservoir als natürliches Speicherbecken grossen Stiles auszunützen. Diese in Bezug auf die Qualität entschieden vollkommenste Lagerungsform hatte ich in den letzten Jahren in einer Reihe von Kantonen (Zürich, Thurgau, Schwyz, Luzern, Bern und Waadt) nachweisen und zur Verwendung vorschlagen können.

Als weiteren Typ nenne ich die Grundwasserströme der jungen Seeauffüllungen. Die Bäche und Flüsse haben einen Teil unserer Seen mit ihrem Schutte aufgefüllt, der in der Regel in den oberen Schichten aus Kies besteht, der nach unten in Schlamm übergeht. Die ausgedehnten Kiesschichten beherbergen ganz beträchtliche Grundwasserströme, die zu Fassungen geeignet sind. Natürlich gelten auch hier dieselben Vorsichtsmassregeln zum Schutze der Qualität, die wir auf Seite 172 angeführt haben. Die Abschliessung nach oben wird meistens durch eine lehmig sandige Schicht von Hochwasserschlamm besorgt. Beim Grundwasser der Seeauffüllungen lassen sich häufig ganz eigenartige chemische Verhältnisse nachweisen, wir werden darauf noch zurückkommen müssen.

4. Beziehungen des Grundwassers zu den Oberflächengewässern.

Naturgemäß sind die mit grossen Grundwasserströmen ausgestatteten Schotterfelder nicht selten auch von einem Flusse durchflossen. Es wird daher immer wieder die Frage aufgeworfen, ob diese Grundwasser durch die Flüsse benachteiligt werden. Da dieses Problem besonders für die grossen Wasserversorgungen von eminenter Bedeutung ist, glaube ich mit einigen Worten darauf eintreten zu müssen, um an einigen Beispielen unsere heutigen diesbezüglichen Erfahrungen klar zu legen.

Beispiel 1:

In Flusstälern mit geringer Breite muss aus Mangel an anderem Raume eine Grundwasserfassung nicht selten in die Nähe des Flusses plaziert werden. Natürlich werden gegen eine solche Fassung im Publikum allerlei Einwände wegen der Verunreinigung durch den Fluss geltend gemacht. Entnimmt man aber aus dem Fluss und aus verschiedenen Punkten des Grundwassers Härteproben, so wird sich bald die Haltlosigkeit dieser Befürchtungen ergeben. Ein solcher Fall aus der Praxis ist in Fig. 3 dargestellt. Die Härte von Fluss- und Grundwasser weichen

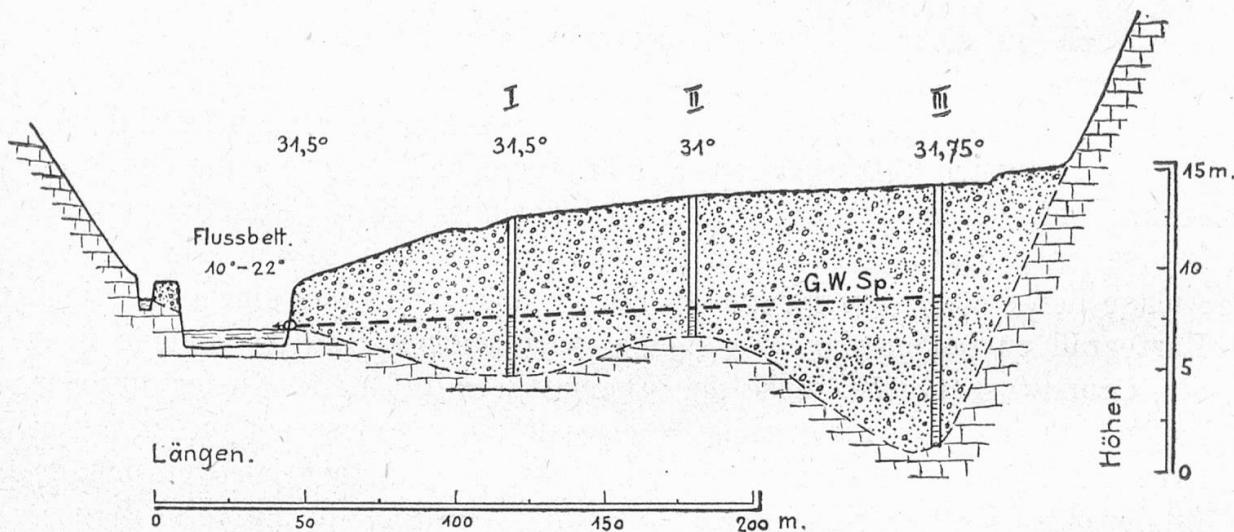


Fig. 3. Profil durch einen Grundwasserträger ohne Infiltration vom Flusse her.

hier sehr stark voneinander ab, zudem zeigt sich keine Abnahme der Härte gegen den Fluss hin, von einer Infiltration von Flusswasser kann unter diesen Umständen nicht die Rede sein, es wäre dies übrigens auch wegen der Gefällsverhältnisse unmöglich, indem das Grundwasser *über* dem Flusse steht.

Beispiel 2:

Der Eintritt von Flusswasser lässt sich im allgemeinen an denjenigen Stellen konstatieren, wo Fluss- und Grundwasserspiegel sich ungefähr auf derselben Höhe halten. Bei den lebhaften Aenderungen des Flusswasserstandes werden die Wechselbeziehungen zwischen Fluss und Grundwasser keinen Ruhezustand erreichen können, eine Kolmatierung des

Flussbettes wird daher nicht zustande kommen können. Die Infiltration ergibt sich dann deutlich aus der Verteilung der Härte. Ein typischer Fall dieser Art ist in dem Profil durch ein Flusstal in Fig. 4 dargestellt.

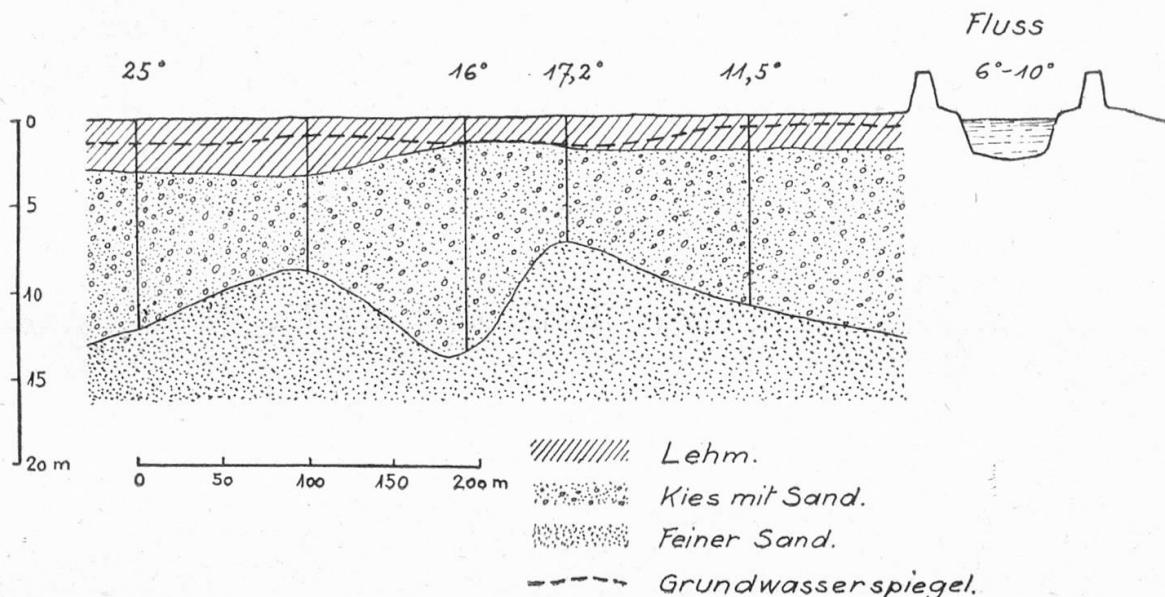


Fig. 4. Profil durch einen Grundwasserträger mit Infiltration von Flusswasser.

Auch an diesen stark infiltrierenden Stellen haben sich in einer Entfernung von einigen 10 m vom Flusse Nachteile für die Qualität des Wassers nicht feststellen lassen; unsere Schotter vermögen restlos alle Verunreinigungen abzufiltrieren. Für die technische Verwendung des Wassers haben solche Stellen den Vorteil geringer Härte, was für gewisse Industrien von grossem Vorteil ist. Man hat es dann in der Hand, durch Anlage der Fassung in geeigneter Entfernung vom Fluss einen beliebigen Härtegrad zu bekommen. Wie meine gemeinsamen Untersuchungen über die Grundwasserverhältnisse im Limmattal mit Dr. L. Minder ergeben haben, hat man an Infiltrationsstellen mit einer gewissen Jahresschwankung der Härte zu rechnen, die eine Folge der Härtevariationen des infiltrierenden Flusses sind. Im allgemeinen erwies sich die Härte im Winter wesentlich höher, ca. 20 franz. Grade, gegenüber einer sommerlichen Härte von nur 16 Grad an derselben Stelle. Wo man auf eine Konstanz der Härte ein grosses Gewicht legt, kann man durch Betrieb von 2 Fassungen an verschiedenen Härtegebieten für eine Ausgleichung besorgt sein.

Beispiel 3:

- An den Seen kommt noch eine viel vollständigere Abdichtung des Grundes zustande, indem die Sedimentation von Schlamm noch weniger gestört wird als in einem Fluss. Bei verschiedenen Versuchen im Schotter

Anmerkung. Clichés aus dem Monatsbulletin des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, Jahrg. 1925: J. Hug «Die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung für die Beurteilung des Grundwassers.»

Wir verdanken an dieser Stelle die Ueberlassung der Clichés durch den genannten Verein.

in unmittelbarer Nähe eines Sees haben wir nur hartes Grundwasser erreichen können, von einer Infiltration von weichem Seewasser hat sich auch dann nichts nachweisen lassen, wenn der Grundwasserspiegel unter das Seenniveau abgesenkt wurde. Alle Projekte, die darauf hinausgingen, am Seeufer zufolge von Infiltration eine beliebige Wassermenge entnehmen zu können, sind an der Abdichtung des Seebodens gescheitert.

Dieselben Erfahrungen habe ich letzthin bei Anlass einer Grundwasserstudie am mittelländischen Meere machen können. Der gegen das Meer ausmündende Grundwasserstrom eines Flusstales zeigte in der Nähe des Meeres keine Anreicherung von Chlor, obwohl der Grundwasserspiegel unter das Niveau des Meeres abgesenkt war, es liess sich überall der normale Chlorgehalt von 6—7 mg/Lit. konstatieren.

5. Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung des Wassers und der Geologie des Einzugsgebietes.

a) Allgemeines.

Es ist allgemein bekannt, dass die Erdschichten, aus welchen das Wasser kommt, die Zusammensetzung des Wassers ziemlich stark beeinflussen können. In Einzugsgebieten mit vorwiegend kristallinen Gesteinen wird man allgemein ein sehr weiches Wasser antreffen. Wo das Wasser triassisches Schichten durchfliesst, oder wo ein Grundwasserstrom Gesteine dieser Schichtengruppe streift, wird man eine starke Anreicherung der Gipshärte konstatieren können. Das sind aber alles selbstverständliche Erscheinungen. Wichtiger erscheinen mir aber heute die Erfahrungen, dass die geologische Zusammensetzung des Bodens auch die organischen Bestandteile des Wassers, also diejenigen Komponenten, die für die Brauchbarkeit als bestimmend betrachtet werden, in weitgehendem Masse zu beeinflussen vermögen. Schon früher habe ich in verschiedenen Publikationen dem Ammoniakgehalt des Wassers meine Aufmerksamkeit geschenkt. In letzter Zeit sind die Beispiele mit anormalem Ammoniakgehalt in meiner Praxis immer häufiger aufgetreten, so dass es angezeigt erscheint, auf dieses Problem etwas näher einzutreten.

b) Ammoniakgehalt des Wassers bei bestimmten geologischen Verhältnissen.

Ich möchte meine diesbezüglichen Ausführungen mit dem folgenden drastischen Fall einleiten: Bei einer Grundwasserbohrung für eine grosse Gemeinde wurde ein Grundwasserstrom vom sogenannten gedeckten Typus festgestellt. Die aus lehmigen Material gebildete Schutzdecke erreichte eine Mächtigkeit von nicht weniger als 14,4 m, dazu war das Einzugsgebiet bis auf einen km frei von Ueberbauung, es lagen also geologisch durchaus ideale Verhältnisse vor. Trotzdem kam die nachfolgende chemisch ungünstige Analyse heraus:

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Trockensubstanz | 328 mg p. L. |
| Alkalinität | 31 franz. g |
| Organische Substanz | 55,3 mg |
| Freies Ammoniak | 0,08 » |
| Alb. Ammoniak | 0,007 » |
| Nitrate | Spuren |
| Chloride | 10 mg |
| Eisen | 5,2 » |
| Keime | 2 per cm ³ |
| Coli | negativ |

Es liegt also hier ein bakteriologisch durchaus einwandfreies Wasser vor, das aber in Bezug auf organische Substanz und freies NH₃ als verunreinigt zu taxieren wäre.

Zur weiteren Abklärung des Problems seien noch zwei andere Analysen einander gegenübergestellt, die beide aus dem gleichen Grundwasserstrom, sogar aus dem gleichen Querschnitt desselben und aus gleicher Tiefe stammen und zwar von Stellen, die beide weit abseits von Ueberbauung gelegen sind. Die Entnahmestelle der Analyse I war aber in der Nähe eines als Quellbach funktionierenden Vorflutkanals gewählt, die Stelle II lag weiter einwärts und zudem in einem Gebiet mit stärkerer Ueberdeckung mit Lehm.

| | I | II |
|----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Trockenrückstand | 240 mg p. L. | 285 mg p. L. |
| Alkalinität | 20 franz. g | 24,5 franz. g |
| Organische Substanz | 9,5 mg | 24 mg |
| Freies NH ₃ | 0 | 0,06 mg |
| Alb. NH ₃ | 0 | 0,024 » |
| Chloride | 4,2 mg | 6,4 » |
| Nitrate | 0,1 » | 0 |
| Sulfate | Spur | 0 (Schwefelwasserstoffgeruch) |
| Eisen | 0,03 » | 3,2 mg |

Wir sehen aus dieser Gegenüberstellung mit aller Deutlichkeit, dass der gleiche Grundwasserstrom seine chemische Zusammensetzung in einer Entfernung von wenigen hundert m vollständig ändern kann, wenn er in eine Zone mit anderen geologisch-hydrologischen Verhältnissen kommt. Herr Dr. L. Minder, mit dem ich gemeinsam diesen chemischen Anomalien des Grundwassers genauer nachgegangen war, hatte in einigen Wässern mit der besprochenen Eigenart auch den Sauerstoffgehalt untersucht und gefunden, dass sie sozusagen sauerstofffrei seien. In diesem Sauerstoffmangel liegt ohne Zweifel die ganze Erklärung der Unregelmässigkeiten der chemischen Zusammensetzung. Wir haben hier Verhältnisse, wie sie von Ohlmüller und Spitta wie folgt beschrieben werden:

Spuren von Ammoniak werden nicht selten in hygienisch unbedenklichem Wasser gefunden, in eisenhaltigen Tiefenwässern trifft man sogar

häufig ganz erhebliche Mengen (bis über 1 mg p. L.) Ammoniak an, ohne dass diesem Befund besondere Bedeutung in hygienischer Hinsicht beigelegt werden kann, denn der Ammoniak verdankt gewöhnlich seine Entstehung in diesen Fällen der reduzierenden Wirkung, welche der Schwefelwasserstoff der eisenhaltigen Grundwässer auf die vorhandenen Nitrate ausübt. (Die Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers, Berlin 1921, Seite 331.)

Auch in unserem Falle handelt es sich offensichtlich nicht um Ammoniak, der als Indikator für Verunreinigung gedeutet werden darf, sondern um Reduktionsprodukte. Die reduzierende Wirkung hat sich übrigens, wie uns unserer Gegenüberstellung von 2 Analysen aus dem gleichen Gebiete ergibt, nicht nur auf das NH_3 , resp. die Nitrate erstreckt, sondern eine Reihe anderer Bestandteile sind noch in Mitleidenschaft gezogen. Vor allem gehört dazu immer ein erhöhter Gehalt an organischen Substanzen. Dazu kommt weiter der geringe Gehalt an Sulfaten, dafür tritt an ihre Stelle der Schwefelwasserstoff, der bei starker Abschliessung nicht selten vorkommt, wenigstens im Anfangsstadium der Ausnutzung. Im weiteren tritt ein erhöhter Eisengehalt hinzu, indem im sauerstoffarmen Wasser das Eisen sich in Form von Ferroverbindungen lösen kann, die sich bei Anwesenheit von Sauerstoff nicht halten können, sondern sich ausscheiden.

Es wird so ein Typ von Grundwasser geschaffen, der in chemischer Hinsicht besondere Eigenschaften aufweist. Er besitzt alle Eigenarten eines sauerstoffarmen, zu Reduktionen, resp. Nichtoxydation der in Frage kommenden Substanzen neigenden Wassers. Es werden dadurch neben dem NH_3 besonders die Nitrate, die Sulfate und die Oxidierbarkeit betroffen. Die Beurteilung dieser Stoffe gibt uns daher sehr klare Auskunft über die Frage, ob in einem bestimmten Falle der NH_3 -Gehalt eine Folge von Reduktion, also der besonderen Lagerungsverhältnisse, oder tatsächlich als Verunreinigung aufzufassen sei.

Die beiden durch die erwähnten Analysen dokumentierten Fälle sind durchaus nicht etwa Seltenheit, es sind mir in den letzten Jahren Dutzende von Beispielen in der Praxis aus dem Gebiete der Schweiz vorgekommen. Neben den Grundwasserströmen mit starker Lehmbedeckung zeigen besonders die unterirdischen Gewässer von breiten Talböden der ehemaligen Seegebiete das Verhalten der sauerstoffarmen Wässer, bei den letzteren muss wohl in erster Linie die geringe Strömungsgeschwindigkeit für den Mangel an Luft verantwortlich gemacht werden.

c) Verschiedene Etappen der Verunreinigung.

Zum Schluss mögen vielleicht noch ein paar Analysen interessieren, die in der Lage sind, über das Wesen der chemischen Verunreinigung nähere Auskünfte zu geben. Zu diesem Zwecke habe ich folgende 5 Beispiele zusammengestellt:

| | I mg | II mg | III mg | IV mg | V mg |
|---------------------------------|---------|----------|-----------|----------|---------|
| Trockensubstanz . . . | 257 | ? | 370 | ? | 652 |
| Alkalinität | 195 | 362,5 | 235 | 320 | — |
| Organische Substanz . | 10 | ? | 8 | 8 | 17,5 |
| Freie NH ₃ | 0,44 | 0,02 | 0,002 | 0,018 | 0,22 |
| Alb. NH ₃ | 0,024 | ? | 0 | 0,008 | 0,03 |
| Nitrate | 7,2 | 50 | 10 | 16 | Spuren |
| Chloride | 9,5 | 23,7 | 14,2 | 24,1 | 60 |
| Sulfate | — | — | — | — | 138,5 |
| Keime . . . per cm ³ | 11 | 13 | 0 | 0 | ? |
| Colititer | 20 | über 15 | über 10 | über 10 | ? |

Die Analyse Nr. I kennzeichnet ein bakteriologisch einwandfreies Wasser aus einem tiefen Brunnen in einem Grundwasserstrom. Abnorm ist aber dabei der Gehalt an freiem NH₃ (0,44 mg). Sehen wir uns bei den anderen Stoffen um, die nach den Ausführungen auf Seite 178 dem Ammoniakgehalt der sauerstoffarmen Wässer parallel gehen, so stimmt etwas an der Sache nicht, weder Nitrate noch organische Substanzen wollen sich in das Schema einfügen. Später stellte sich tatsächlich heraus, dass in der Nähe der Entnahmestelle ein ganz unsichtbarer und unbekannter Senkschacht für Schmutzwasser als Verunreinigungsherd wirkte. Die Bakterien wurden also schlankweg abfiltriert, nur der Gehalt an freiem NH₃ deutete die Verunreinigung unzweideutig an.

Die Analyse II gibt uns eine weitere Etappe der Verunreinigung an. Bakterien und NH₃ sind hier auf ein normales Mass herabgesetzt, die Filtration des Bodens hat also hier seine Pflicht getan. Die Nitrate sind aber verdächtig hoch, ebenso der Chlorgehalt. In der Nähe der betreffenden Fassung geht nämlich eine Dorfkanalisation vorbei, auch die Ueberbauung der Umgebung ist weit fortgeschritten, Nitrate und Chlor sind also hier als letzte Reste der offensichtlichen früheren Verunreinigung geblieben.

Die Analyse III gehört zum Grundwasserstrom des Limmattales mitten aus dem Kreise 5 der Stadt Zürich, also ganz im überbauten Gebiet. Trotzdem haben wir chemisch und bakteriologisch ein ziemlich einwandfreies Wasser. Die Analyse IV kennzeichnet das Wasser desselben Grundwasserstromes aber unmittelbar unterhalb der Stadt, wo sich die Verunreinigung der Stadt am ausgiebigsten zeigen muss. Auch hier sind aber Bakterien und NH₃ ziemlich normal, etwas hoch sind nur die Nitrate, ganz auffallend ist aber der Chlorgehalt, der hier also am unteren Ende der Stadt bis zu 24,1 mg ansteigt. Auch andere Brunnen dieser Zone zeigen ganz dieselbe Erscheinung. Der Chlorgehalt erweist sich also hier als vorzüglicher Indikator für eine frühere Verunreinigung des Wassers. Nachdem die Bakterien und die meisten Reste der organischen

Verunreinigung durch den Boden abfiltriert sind, bleibt der Chlorgehalt wahrscheinlich wegen der geringen Aufnahmefähigkeit für Natriumverbindungen hartnäckig im Boden zurück.

Aber bei der Deutung des Chlorgehaltes gibt es keine Regel ohne Ausnahme. Als Beleg sei auf die Analyse Nr. V verwiesen. Das Einzugsgebiet des betreffenden Brunnens besteht in der näheren Umgebung desselben ganz aus Wald, die Entnahmestelle liegt nicht weniger als 33 m unter Terrain. Wenn trotzdem ein hoher Gehalt an NH_3 verzeichnet wird, so kann hier als Ursache desselben nur ein Reduktionsvorgang im Sinne der Ausführungen auf Seite 179 in Frage kommen. Auch der Chlorgehalt wird hier bei der Abwesenheit von Verunreinigungsgelegenheiten nicht als Resultat früherer Infektion gedeutet werden können. Ein Blick auf die geologische Karte des Gebietes löst auch dieses Rätsel der chemischen Zusammensetzung. Die unmittelbare Unterlage des Grundwasserträgers wird durch die Kochsalz führenden Schichten der mittleren Trias gebildet, das Chlor muss also hier unverkennbar minerogener Natur sein, mit Verunreinigung kann es nicht im entferntesten etwas zu tun haben.

6. Schlussfolgerungen.

Bei der Weitschichtigkeit des Themas muss es freilich schwer fallen, den Inhalt der vorstehenden Ausführungen in einige Sätze zusammen zu fassen, immerhin möchte ich versuchen, einige allgemeine Leitsätze aufzustellen:

1. Das unterirdische Wasser, das aus Spalten von rissigem Felsen ohne Schuttbedeckung kommt, wird im allgemeinen in Bezug auf Qualität nicht viel über dem Oberflächenwasser stehen.
2. Wesentlich günstiger sind die Moränen- und Schuttquellen zu taxieren, die mit wesentlich besseren Filtrationsbedingungen ausgestattet sind.
3. Die grösste Bedeutung für die Wasserversorgung kommt heute unzweifelhaft den grossen Grundwasserströmen unserer Talböden zu, wo ein gut filtrierender, sandreicher Kies dauernd für vorzügliche Qualität garantiert, wenn die Fassung auch nur einigermassen fachgemäss platziert und genügend tief angelegt wird.
4. Die Sicherheit gegen Verunreinigung wird noch erhöht, wenn wir es mit Grundwasser zu tun haben, dessen Träger durch mächtige Lehmschichten abgedeckt wird, oder unter einer sehr mächtigen Ueberlagerung herauskommt, wie dies bei Hochterrassenschotter häufig der Fall ist.
5. Wichtige Anhaltspunkte für die Beurteilung der Qualität gibt uns bei Grundwasserströmen die Härte, indem sich aus der Verteilung derselben in der Regel die Beziehungen zum Oberflächenwasser leicht ableiten lassen.
6. Bei den sandreichen Kiesen kann freilich die Infiltration von Flusswasser noch nicht als Schädigung der Wasserqualität gedeutet

werden. Solche Infiltrationsstellen haben den Vorteil einer geringeren Härte des Wassers und deuten darauf hin, dass die Bereicherung aus dem Flusse die Entnahme sehr grosser Wassermengen gestattet.

7. In Grundwasserströmen, die mit Lehm sehr gut abgeschlossen sind, sowie in Gebieten mit geringer Strömungsgeschwindigkeit, ergibt das Wasser in der Regel einen abnorm hohen Gehalt an freiem Ammoniak, wobei als weitere Kennzeichen ziemlich viel Eisen (über 0,3 mg per L.), viel organische Substanz und geringe Mengen von Nitraten und Sulfaten hinzukommen. Unter diesen Umständen kann das NH_3 nicht als Verunreinigungsindikator bezeichnet werden, sondern ist eine Folge der besonderen geologischen Verhältnisse.

8. Der Chlorgehalt bleibt nicht selten als letzte Etappe einer früheren Verunreinigung, immerhin kann ausnahmsweise das Chlor auch minerogenen Ursprunges sein.

9. Die chemische Analyse ist also nicht selten in der Lage über das innere Leben des Grundwassers wertvolle Aufschlüsse zu geben und gestattet so in Verbindung mit den lokalen geologischen Verhältnissen eine der besonderen Eigenart des Wassers Rechnung tragende Beurteilung.

Zur Beurteilung von Abwasserfragen.¹⁾

Von Dr. J. WERDER,

Vorstand der Laboratorien des Eidg Gesundheitsamtes; Bern.

Obwohl nicht direkt in das Arbeitsgebiet des Nahrungsmittelchemikers gehörend, spielen Abwasserfragen in der Tätigkeit der amtlichen Lebensmitteluntersuchungsanstalten doch auch eine gewisse Rolle. Sie gelangen meist im Zusammenhange mit Fischvergiftungen, mit Klagen über angeblich unzulässige Verunreinigung von öffentlichen Gewässern oder über schlechte Ausdünstungen von Wasserläufen, in die Abwässer eingeleitet wurden, zur Begutachtung, und gehören oft zu den schwierigsten Fragen, die einem Begutachter vorgelegt werden können. Dabei kann es sich natürlich nur in den seltensten Fällen darum handeln, die zweckmässigste Art der Reinigung oder Klärung von Abwässern vorzuschlagen. Diese Aufgabe muss dem Ingenieur vorbehalten bleiben. Die Schwierigkeiten ergeben sich vielmehr aus der ausserordentlichen Verschiedenartigkeit der Fälle und aus den widersprechenden Interessen an der Lösung solcher Fragen. Fast jeder Fall stellt sich wieder anders dar und erfordert eine sozusagen individuelle Behandlung. Ein Abwasser kann nur sehr geringe Mengen, dafür aber sehr aktive und für den Fischbestand sehr gefährliche Arten von Stoffen oder solche enthalten,

¹⁾ Erschienen in Technik u. Industrie und Schweizer Chem.-Ztg., Nr. 7/8, 1926.