© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Die Belastung des Grundwassers durch Abfallstoffe

Univ. Prof. Dr. med. A. Schinzel, Innsbruck

Zum Abschluß des 1. Seminars Europäischer Gesundheitsingenieure in Den Haag (Holland) im Jahre 1950 wurde an die Delegierten die Frage gerichtet, in welchen Punkten in den einzelnen Ländern die größten Schwierigkeiten und Probleme für eine allgemeine Sanierung auf dem Gebiete der technischen Hygiene gesehen oder erwartet werden. Von mehreren Ländervertretern, unter anderem auch von dem Vertreter Österreichs, wurde die Frage der *Grundwasserverunreinigung* als ein besonders wichtiges Thema für eine spätere Tagung genannt. Im Jahre 1956 wurde nunmehr auf dem 5. Seminar für Gesundheitsingenieure in Helsinki die Frage der Grundwasserverunreinigung eingehend erörtert.

Es erscheint demnach geboten, von dem übergeordneten Gesichtspunkt der Verunreinigungsmöglichkeit und der Pflicht zur Reinhaltung des Grundwassers auch die von mir im Laufe der Jahre im Lande Österreich gesammelten Erfahrungen zusammenzustellen. Sie beziehen sich im größten Umfange auf Wien, Niederösterreich, Tirol und Vorarlberg, sind jedoch auch auf alle übrigen Länder in Österreich in lückenhafter Form verstreut.

I. Teil

Auf Grund dieser Erfahrungen sind für die Belastbarkeit eines Grundwassers die folgenden Punkte von besonderer Bedeutung:

I. Der Zustand der Stoffe, in dem sie auf oder in den Boden gelangen, also als feste Stoffe, als aufgeschwemmte, kolloidal oder echt gelöste Stoffe, und zwar in Wasser oder sonstigen Lösungsmitteln gelöst.

II. Die Art und Menge der Stoffe; hier interessieren ihre Eigenschaften in Beziehung zur menschlichen und tierischen Gesundheit bzw. zur Lebensgemeinschaft auf und im Boden. Diesbezüglich sind von Bedeutung: ihre primäre Giftigkeit (z. B. Cyanide, Fluorverbindungen, manche Bakterien usw.); die Giftigkeit sekundärer Abbauprodukte; ihre Abbaufähigkeit im Boden; die Abbaugeschwindigkeit. Schließlich ist jeder Fremdstoff von einer gewissen Menge und Konzentration an imstande, durch eine Grundwasserveränderung (z. B. Sauerstoffmangel, Lösung von Calzium, Magnesium, Eisen, Mangan usw.) dessen Gebrauchsfähigkeit zu stören.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

III. Die Struktur des Bodens selbst, besonders seine Porengröße, sein Porenvolumen und seine chemische Zusammensetzung.

IV. Die Tiefe des Grundwassers in dieser Gegend.

Bei den Stoffen, die durch Adsorption an der Oberfläche des Bodenkorns zurückgehalten werden können, ist die gesamte Kornoberfläche des Bodens von größter Bedeutung und mithin die Korngröße und die Porengröße. Beim vertikalen Durchtritt von Wasser im Boden ist bei solchen adsorbierbaren Stoffen die Reinigungskraft direkt proportional der inneren Kornoberfläche des Bodens. Sie ist weiter direkt proportional der Wegstrecke zwischen Versickerungsniveau, bzw. Lage der Beseitigungsstätte im Boden und dem Grundwasserspiegel, das ist der vertikalen Wegstrecke sauerstoffhältigen, aber *nicht* mit Wasser erfüllten Bodens. Ob das Grundwasser dauernd von Verunreinigungen freigehalten werden kann, hängt aber noch wesentlich davon ab, ob die dem Boden anvertrauten Stoffe biochemisch zu harmlosen Stoffen abgebaut werden können. Dies ist, wie erwähnt, bei häuslichen Abwässern möglich, soferne der Boden nicht überladen wird. Es ist jedoch bekannt, daß zwischen der biochemischen Aufarbeitung gelöster, organischer Stoffe und der Beseitigung krankmachender Erreger keine zwingende Parallelität besteht, so daß ein Grundwasser scheinbar schon von organischen Stoffen befreit sein, aber immer noch pathogene Keime in nennenswerter Menge enthalten kann.

Die erwähnte Gefahr der Überladung des Bodens mit organischen Stoffen, wo dann ein Abbau nicht mehr in ausreichendem Maße erfolgen kann, ist bei den Abfällen der Lebensmittelindustrie schon wesentlich größer. In der Textilindustrie fallen neben chemischen Abfallstoffen Schmutzstoffe ähnlicher Art an, wie bei häuslichen Abwässern, bzw. wie im Straßenstaub und Hausmüll. Für uns sind jedoch jene Abfallstoffe von besonderem Interesse, die in der Grundindustrie, z. B. bei der Verarbeitung des Holzes zu Zellulose anfallen und die sich gegenüber anderen organischen Abfällen dadurch auszeichnen, daß sie nur sehr langsam und allmählich auf biochemischem Wege zu harmlosen Stoffen abgebaut werden können (Ligninverbindungen). Damit ist der Übergang zu jenen Stoffen hergestellt, die im Grund und Boden angesichts des dort herrschenden Milieus überhaupt nicht mehr nennenswert abgebaut zu werden pflegen. Es handelt sich dabei in der chemischen Industrie vor allem um die Abfallstoffe und Abwässer der Kohlenindustrie mit ihren Teerbestandteilen, Phenolkörpern usw. und um die Abfallstoffe der Erdölindustrie einschließlich der Raffinationsrückstände. Diese werden zum großen Teil im Boden adsorbiert. Da sie jedoch kaum abgebaut werden können, wird der Boden in zunehmendem Maße meist zunächst in vertikaler und später in horizon-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

taler Richtung im Sinne des Grundwasserstromes mit diesen Stoffen überladen. Ein Abbau ist auf sehr lange Strecken nicht mehr möglich.

Bezüglich des Verhältnisses der Bodenstruktur zu der Durchgängigkeit des Bodens ist zu sagen, daß wasserdichte Zwischenlagen naturgemäß tiefere Grundwasserschichten vor dem oberflächlichen Grundwasser und den in ihm befindlichen Verunreinigungen schützen. Bei den öligen Substanzen und den in Ölen löslichen Stoffen spielt die Dichtigkeit der wasserdichten Schichten eine untergeordnete Rolle. Viele dieser öligen Substanzen können auch durch dichteste Lehmschichten hindurchgehen, aber solche Lehmschichten können auch als außerordentlich langwirkende Speicher solcher Stoffe dienen, von denen dann die Abgabe ins Grundwasser auf lange Zeit verteilt erfolgen kann, mit periodischer Mehrabgabe bei Grundwasserhochstand.

Im zweiten Teil werden Erfahrungsberichte über solche Vorkommnisse im einzelnen angeführt.

V. Die Lage, wo die betreffenden Stoffe den Boden erreichen, ist wichtig, z. B. an der Oberfläche eines gewachsenen Bodens, und zwar über oder unter dem Humus oder in ausgehobenen Sandgruben, Sickergruben, Erdgräben und hier wieder entweder direkt in die Grundwasserschicht, bzw. in eigenen Sickeranlagen, oder oberhalb des Grundwasserspiegels und in welchem Höhenabstand oberhalb desselben.

Zu I. Feste Stoffe können im allgemeinen vom Boden am leichtesten zurückgehalten werden; im Wasser gelöste oder in Wasser lösliche Stoffe werden am schnellsten ins Grundwasser gelangen. Wenn die Substanzen für einen Abbau durch Organismen zugänglich sind, dann kommt der Angriff auf gelöste Stoffe ceteris paribus leichter zustande. Erfolgt ihr Abbau im Boden schwierig oder zeitraubend, dann ist die Wahrscheinlichkeit für eine Belastung des Grundwassers mit ihnen größer, als wenn sie in fester Form vorliegen. Hingegen währt diese Grundwasserbelastung dann kürzer als beim Auflegen oder Vergraben fester Stoffe auf oder in den Boden. Siehe Punkt II. und V.

Zu II. Was die Art der Stoffe anlangt, so sei vorweg — ohne Rücksicht auf Ausmaß und Artung ihrer allfälligen Schadenswirkung — die Wichtigkeit der Frage hervorgehoben, ob und wie sie beim Durchwandern des Bodens zurückgehalten und durch Umbau, Abbau oder Mineralisation verändert oder unschädlich gemacht werden können (natürliche Bodenfiltration siehe Punkt I., A, B, C und III. und IV.).

Je nach der Natur dieser Stoffe kann ihr Angriff auf Mensch, Tier oder Pflanze

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

A) dank ihrer Eigenschaften als mehr oder weniger parasitisch lebende *Organismen* zustande kommen. Als tierische Makroorganismen kommen besonders im Wasser lebende Würmer oder deren Larven, bzw. Wurmeier in Betracht. Die einen können durch die Haut (z. B. Hakenwürmer), andere durch den Darm eindringen (z. B. Bandwürmer und Spulwürmer). Neben einer mäßigen Zahl tierischer Mikroorganismen (z. B. Ruhramoeben) kommen vor allem in sehr großer Zahl pflanzliche Mikroorganismen in Betracht, die in das Grundwasser übertragen werden können, so z. B. besonders Typhus-, Paratyphus-, Ruhr- und Choleraerreger und viele andere, dann aber auch Viren (z. B. der Poliomyelitis, Hepatitis, Maul- und Klauenseuche).

Im Boden spielt hier vor allem die einfache mechanische Filtration die größte Rolle. Je kleiner die Formen, desto leichter können sie durch die Bodenporen hindurchschlüpfen, aber um so mehr wächst die Rolle der Adsorption. Ihr letztlicher Abbau im Boden erfordert Zeit, meist viel Zeit, bei Sporen ist er oft nach Jahren und Jahrzehnten (Milzbrand) nicht beendet. Er kann nach Sistieren der Vermehrung infolge Nahrungsmangel usw., durch Autolyse oder infolge Konkurrenz mit anderen Bodenbakterien und -pilzen, auch -tieren durch Antibiose erfolgen, worüber wir bisher nur kümmerliche Kenntnisse besitzen.

B) Bei den Viren ist der Übergang von der *organismischen* Wirkungsart zum *molekularen* Wirkungsbereich gegeben. Organische Stoffe liegen häufiger in kolloidaler, anorganische häufiger in echter Lösung vor. Die ersteren können im Boden noch gut durch Adsorption festgehalten werden, die letzteren wohl weniger. Ihr Umbau und Abbau erfolgt fast ausschließlich durch pflanzliche Mikroorganismen (Pilze, Bakterien), z. T. durch höhere Pflanzen und niedere Tiere im Rahmen der Bodenbiozoenose durch gegenseitiges Zusammenwirken zahlreicher Formen. So wenig wir über diese Vorgänge im einzelnen wissen, so sicher ist die Tatsache, daß viele organische Substanzen im Boden abgebaut werden können — aber andere wieder *nicht* — abhängig von Temperatur, Sauerstoffgehalt, pH und vielem anderen.

C) Liegen die Störungskräfte im *atomaren* Bereich, also in radioaktiven Stoffen oder Isotopen mit ionisierenden Eigenschaften, dann hat der Boden und das Grundwasser keinerlei Wirkung zur Naturalisierung oder Zerstörung solcher ionisierender Eigenschaften.

Bei der Erörterung der Art der dem Boden überantworteten Stoffe ist für die gewählte Fragestellung, wie erwähnt, von größter Bedeutung, ob diese Stoffe ihrer eigenen Natur nach und im Hinblick auf die Struktur des Bodens, seine Adsorptionskraft, die Belüftungsverhältnisse, die Reak-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

tionslage usw. in ihm zu unbedenklichen Stoffen um- oder abgebaut werden können (siehe II. Teil, V.). In diese Gruppe gehören:

a) *häusliche oder städtische Abwässer.* Diese können gesundheitlich für das Grundwasser direkt gefährlich sein, wenn sie mit pathogenen Keimen beladen sind, was bei den Abwässern von größeren Siedlungen mit Sicherheit angenommen werden muß. Ihre unmittelbare Giftigkeit für Mensch und Tier wird hingegen durch ihre chemische Charakterisierung, vor allem durch den hohen Gehalt an organischen Substanzen charakterisiert, ferner durch den bei ihrer Verarbeitung erforderlichen Sauerstoffbedarf, ausgedrückt in der Sauerstoffzehrung oder dem BSB_5 und damit schließlich in der Gefahr der Entwicklung von Sauerstoffschwund im Grundwasser und Entwicklung von Fäulniserscheinungen in ihm.

Bei dieser ganzen Gruppe der im Boden abbaubaren organischen Substanzen kann als Grundregel gesagt werden, daß ihre Gefährlichkeit um so größer ist, je seichter das Grundwasser steht und je weiter entfernt von der Bodenoberfläche die Abfuhr der Abfallstoffe und Abwässer in den Boden hinein erfolgt und je geringer der Vertikalabstand bis zum Grundwasserspiegel ist. Das Gefahrenmoment ist demnach am größten, wenn solche Stoffe direkt und unmittelbar in das Grundwasser oder in unmittelbarer Nähe über der Grundwasseroberfläche zur Ablagerung gelangen. Am geringsten ist die Belastung des Grundwassers dann, wenn es selbst tief unter der Bodenoberfläche steht und wenn die Abfuhr der Stoffe über dem vollbelebten Humus der oberflächlichen Schichten erfolgt. Gelangen sie jedoch direkt in den Grundwasserstrom, dann währt die Belastung in der Regel lange Zeit und die Verschleppung der Stoffe erfolgt auf weite Strecken, ehe — teils durch Verdünnung, teils durch Sedimentationen, teils durch wirklichen Abbau — dem Grundwasser die gesundheitliche Gefahr und die Gefahr der Belästigung für Mensch und Tier genommen werden kann. Die Möglichkeit zum Abbau im Boden besteht hier immerhin.

b) Ähnlich und in ihrer Charakteristik von der Gruppe a) nicht grundsätzlich entfernt sind die *Abfallstoffe* aus verschiedenen *Lebensmittelbetrieben,* so insbesondere aus den Molkereien, Käsereien, den Brauereien, Konservenfabriken und aus den Fischmarinadenbetrieben. Schließlich muß hier noch die Ablagerung von städtischen festen Abfallstoffen in Form des Straßenkehrichts und des Hausmülls erwähnt werden. Für alle gilt eine weitgehende Erschwerung des Abbaus im Boden.

c) *Die Abfallstoffe der Textilindustrie* sind zum Teil den unter a) und b) genannten verwandt, zum Teil zeichnen sie sich dadurch aus, daß der Abbau auch unter optimalen Verhältnissen der Temperatur und der Sauerstoffzufuhr *erheblich längere Fristen* in Anspruch nimmt,

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

d) Die *Abfallstoffe der Holz-, Zellulose- und Zellwollindustrie* werden zum größten Teil im Boden *nicht* abgebaut und sind daher besonders störend (siehe II. Teil).

e) *Abwässer aus der chemischen Industrie* sind in ihrer Art so vielgestaltig, daß es schwierig ist, sie unter einem gemeinsamen Nenner zu beurteilen. Unter ihnen nehmen

f) jene eine besondere Stelle ein, die aus der Verarbeitung der *Steinkohle, in Gaswerken, Kokereien* usw. anfallen und weiter jene, die bei der Trennung der Erdöle und ihrer Raffination anzufallen pflegen und vielfach als wertlose Stoffe beseitigt werden müssen.

Zu III., IV. u. V. Stoffe, die im Wasser in echter Lösung vorliegen, weisen die größere Wahrscheinlichkeit auf, bis ins Grundwasser vorzudringen, auch wenn sie an der Bodenoberfläche abgelagert werden. Liegt eine genügende Humusschicht vor, dann kann in dieser — also bei Belastung des Bodens an seiner mit Humus bedeckten Oberfläche mit Dung oder Abwässern — eine außerordentlich große Menge von organischen suspendierten und kolloidal gelösten Stoffen zurückgehalten werden, besonders auch von Bakterien. Aber auch gelöste Nitrate, Nitrite, Ammoniumverbindungen, Kalisalze und Phosphate werden im Humus zu einem großen Teil zurückgehalten und von den Pflanzen dieser Schicht verwertet. Gelangen jedoch die gleichen Abfallstoffe unter der Humusschicht in den Boden oder fehlt eine solche Humusschicht, z. B. in schottrigem, sterilen Gelände oder werden sie in Schottergruben nahe der Grundwasseroberfläche oder in Sickergruben direkt ins Grundwasser abgelagert, dann entfällt diese Zurückhaltung ganz oder teilweise. Bei festen Abfallstoffen, die auf oder im Boden abgelagert werden, erfolgt die Auslaugung durch Niederschlagswässer meist allmählich, dafür aber auf wesentlich längere Zeiten verteilt. (Teerfabriksabfälle, Müll, Fischabfallstoffe.)

II. Teil

Im folgenden sollen an einer Reihe von mir beobachteter und zum Teil sorgfältig mit wissenschaftlichen Methoden untersuchter Fälle die vorstehenden allgemeinen Ausführungen erläutert und belegt werden.

1. Eine ähnliche Epidemie, wie sie in der Schweiz in Nyon und in Bayern in Neu-Ötting im Zusammenhang mit dem letzten Weltkrieg oder nach ihm durch Trinkwasserverseuchung infolge Abwasserversickerung aufgetreten waren, ist auch in Österreich in Hartberg beobachtet worden. Sie bietet keine nennenswerten neuen Gesichtspunkte und soll hier übergangen werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

2. Interessanter ist eine Beobachtung, die im Jahre 1945 in einem Wiener Vorort (Kagran) gemacht werden konnte. Durch Bombentreffer war dort die gesamte Kanalisation zerstört, die Abortabgänge stauten sich in den Abfallstutzen. In zwei benachbarten Miethäusern war es bei dieser Sachlage zu folgender Einigung gekommen: Beide Häuser besaßen in etwa 20 m Abstand voneinander je einen Schachtbrunnen. Der alte Schachtbrunnen des einen Hauses wurde als Trinkwasserspender erklärt und der 20 m entfernte Schachtbrunnen des Nachbarhauses sollte zur Aufnahme des Abortinhaltes und der Küchenabfälle beider Häuser verwendet werden. Prompt trat bei den von dem ersten Schachtbrunnen mit Trinkwasser versorgten Einwohnern eine Reihe von Typhusfällen auf, deren Ursache in den Abfällen zu finden war, die in den Nachbarbrunnen entleert wurden. Die 20 m Bodenabstand waren demnach kein Hindernis für das Durchtreten lebender Typhusbakterien in den Schachtbrunnen.

3. Über das räumliche Ausmaß, das eine solche Verunreinigung des Grundwassers durch häusliche Abwässer erreichen kann, haben genaue Ermittlungen in einer kleinen Stadt in Niederösterreich Auskunft gegeben. Der Rand dieser Siedlung ist locker mit Einzelhäusern und dahinter liegenden Gärten verbaut und inmitten dieser befand sich eine Siedlung mit etwa 120 Einwohnern, auf vier bis fünf Objekte verteilt. In diesem Bereich war es zu einer Typhusausbreitung gekommen. Diese kleine Siedlung mit 120 Einwohnern wurde zentral mit Trinkwasser versorgt und die Abwässer gelangten ebenfalls in eine gemeinsame dreikammrige mechanische Kläranlage mit kurzfristiger Faulung und von dort in einen Sickerschlitz, der auf 15 m Länge und ½ m Breite bis knapp über den in etwa 2 bis 2,5 m Tiefe befindlichen Grundwasserstrom, bei steigendem Grundwasserstand bis in den Grundwasserspiegel, reichte. Der Sickerschlitz selbst war senkrecht zur Richtung des Grundwasserstromes ausgerichtet. Hier wurden sämtliche Abwässer aus den Aborten, von den Wandbrunnen, von der Waschküche und auch ein Teil der Regenwässer zur Versickerung gebracht. Durch zweimalige Untersuchung aller im Umkreis der Sickergrube gelegenen Schlag- und Schachtbrunnen, ganz besonders grundwasserstromabwärts, konnte sowohl im chemischen Befunde (Kaliumpermanganatzahl, Chloride, Stickstoff in Form von Ammoniumsalzen, Nitriten und Nitraten) und schließlich durch bakteriologische Untersuchung einschließlich des Nachweises von Bact. coli nach Beendigung der Epidemie festgestellt werden, daß ein schmaler Grundwasserstreifen im alluvialen Schotter von nicht mehr als 15 bis 20 m Breite von dieser Sickeranlage verunreinigt wurde. Für die seitliche Begrenzung dieses Grundwasserstreifens erwies sich die Bestimmung der Chlorionen als entscheidend. Für die Grenze der Verunreinigung in longitudinaler Richtung war diese Methode ungenügend.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Hier war im chemischen Befund der Nitratgehalt einerseits und andererseits der Bact.-coli-Nachweis entscheidend. Die Belastung durch Bact. coli konnte in den vorhandenen Schachtbrunnen dieser Gegend bis zu einem Abstand von 135 m von der Sickerstelle nachgewiesen werden. Der Coli-Titer nahm mit zunehmender Entfernung von der Sickerstelle mehr und mehr ab. Anläßlich von drei Untersuchungen konnten in dem Belastungsstreifen Brunnen bis über 60 m Abstand und bis etwa 80 m Abstand von der Sickergrube noch mit Ammoniak und Nitriten belastet gefunden werden, während die beiden nächsten in 100, bzw. 135 m Abstand von diesen Stoffen frei waren. Der Sauerstoffgehalt in 60 bis 80 m Abstand war außerordentlich klein (2,26 und 2,52 mg/l), die Zehrung hoch (1,1 mg/l). Dagegen wies der Sauerstoffgehalt in 135 m Abstand mit über 5 mg/l bereits wieder einen ziemlich ansehnlichen, die Zehrung mit 0,25 mg/l einen erträglichen Wert auf. Dennoch enthielten alle diese Brunnen, auch der in 135 m Abstand, trotz verschiedener Grundwasserstände, immer erhebliche Mengen Coli-Bakterien. Der Wert der obigen Feststellungen konnte noch erhärtet werden: als anläßlich des Endes der Typhuswelle die erwähnte Sickergrube der Siedlung mit Chlorkalk intensiv desinfiziert worden war, kam es von dieser mit Chlor behandelten Sickergrube aus zu einer Infiltration von Chlor und organischen Chlorverbindungen im Untergrund, und zwar in demselben Grundwasserstreifen; sie hielt sich hier durch ein bis zwei Wochen deutlich. Der Geschmack war zum Teil so stark, daß er außerordentlich störend wirkte. Diese Geschmacks- und Geruchsbelastung erfolgte jedoch nur bis zu einem Abstand von knapp 100 m, während der letzte, im bakteriologischen und chemischen Sinne noch als verunreinigt erkannte Brunnen damals keine Geruchsbelastung mehr aufwies, obwohl er in der geraden Fortsetzung des verseuchten Grundwasserstromes lag.

Die Grundwasserverunreinigung erreichte, bzw. überschritt daher in einem schmalen Streifen von etwa 15 bis 20 m Breite einen Abstand von 135 m, wobei wegen des relativ sparsamen Wasserverbrauches in dieser Siedlung mit einer verhältnismäßig hohen Konzentration der Verunreinigung aber einer geringen seitlichen Streuung zu rechnen war.

4. In der Regel erfolgt bei Ausbreitung von Dünger auf der mit Humus überzogenen Bodenoberfläche eine um so bessere Filtration, je tiefer der Grundwasserspiegel unter der Bodenoberfläche steht. Daß dies aber nicht immer der Fall sein muß, zeigen die folgenden zwei, jeweils mehrfach von mir untersuchten Wassergewinnungsanlagen.

In einer Ortschaft im Talboden eines größeren Flusses erfolgt die zentrale Wasserversorgung aus einer tadellos gefaßten Quelle, etwa 300 m höher in einem ziemlich steilen, bewaldeten Hang aus Gehängeschutt. Das

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser zeigte zeitweise Verfärbungen und jauchige Geruchsveränderung. Später stellte sich heraus, daß diese Veränderungen immer dann auftraten, wenn wenige Tage vorher auf einer ausgedehnten, mit etwa 100 Stück Rindvieh bestückten Alpe die Jauche in Form von Gülle ausgebreitet worden war. Der tiefste Punkt dieser Alpe liegt noch etwa 200 bis 250 m höher als die Quellfassung. Die chemischen Befunde ergaben eine beträchtliche Belastung, kenntlich am hohen Kaliumpermanganatverbrauch, auch an zeitweise vorhandenen Stickstoffverbindungen, aber immer an einem sehr hohen Coli-Titer bei wechselnder Keimzahl. Lediglich längere Zeit nach dem Almabtrieb waren die Befunde besser.

5. In einem im welligen Hügelland gelegenen Ort, der auf einem aus Kalkschotter bestehenden Schwemmlandboden liegt, erfolgte die zentrale Wasserversorgung aus zwei Schachtbrunnen. Der Boden zeigt meist eine mittelgute Humusauflage und wird im allgemeinen intensiv gedüngt und gejaucht. Die beiden Tiefbrunnen für die zentrale Wasserversorgung lagen beiderseits der Straße etwa 50 m von der Hangsole entfernt. Als ich zugezogen wurde, waren die Wasserbefunde bakteriologisch stets schlecht, der Coli-Titer sehr hoch, die chemischen Befunde kaum zu beanstanden. Die Einwohner erklärten jedoch, zeitweise durch ausgesprochen jauchige Geschmacksveränderung belästigt zu werden. Durch genaue Ermittlung konnte festgestellt werden, daß diese Klagen immer dann auftraten, wenn auf dem sanft geneigten Hang ober der Talsohle — der aus ähnlichen Kalkschottern zusammengesetzt ist wie der Talboden selbst und der sich im Osten des Tales allmählich sanft erhebt — von den Bauern Jauche ausgebreitet wurde. Eine genaue örtliche Erhebung erbrachte noch folgenden Tatbestand: In diesem sanft geneigten Hang waren in einem schmalen Bereich, der senkrecht zur Hangneigung lag, kleine trichterförmige Löcher gefunden worden, deren Böschungen zum Teil mit Rasen bewachsen, deren Boden jedoch stets von schottriger Beschaffenheit war. Manche von diesen Trichtern waren erst vor wenigen Jahren entstanden und das Einsinken konnte direkt beobachtet werden. Hier war auch die Böschung der Trichter zum Teil noch schottrig. Dort, wo dieser Streifen die Tallage erreicht, befindet sich ein Baum, unter dessen Wurzeln bei starken Regengüssen vorübergehend eine Quelle trüben Wassers entspringt. Sie fördert sehr viel sandiges Material zu Tage und der Wiesenboden unterhalb dieser Austrittsstelle ist stets intensiv versandet. Der Abstand dieser Talstelle von den beiden Brunnen beträgt 100 bis 140 m, der tiefste Trichter ist noch 55 m weiter von dem Brunnen entfernt.

Es handelte sich demnach darum, daß in diesem Hangboden vielleicht infolge laufender und durch Jahrzehnte geübter Jauche- und Regenwasserinfiltration im Schotter weite Wasserwege ausgeschwemmt wurden, die

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

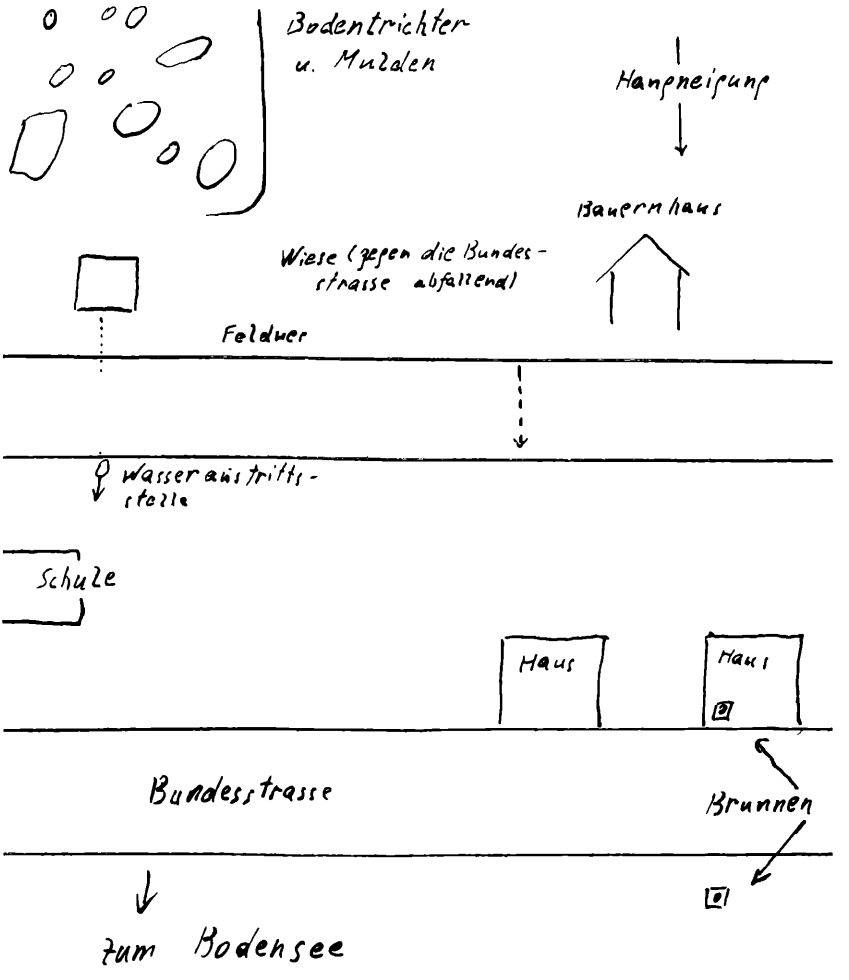

Abb. 1.

zum Teil so weit waren, daß es zu Einbrüchen in Hohlräume gekommen war, in denen Schmutzstoffe und Bakterien ohne Filtration in den Talgrundwasserstrom gelangten und in diesem bis zu den Brunnen selbst. Obwohl hier direkt von einer unterirdischen Infiltration nicht die Rede

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

war, entsprechen die Verhältnisse tatsächlich denen, als ob die Jauche direkt in den Grundwasserstrom gelangt wäre.

6. Die Verunreinigung des Grundwassers unterhalb von *Müllableerstätten* ist uns ebenfalls in zwei Fällen begegnet. Der Grundwasserstrom schwankte mit den hier in Flußnähe wechselnden Grundwasserständen, erreichte aber immerhin Werte von mindestens 800 Metern bis 1 km Abstand. Diese weitreichende Belastung nahe dem Überschwemmungsbereich der Donau erklärte sich daraus, daß im vorliegenden Fall umfangreiche Schottergruben mit Müll aufgefüllt wurden, die zeitweise vom Grundwasserspiegel erreicht und überflutet werden.

7. *Abfallstoffe aus Lebensmittelbetrieben* werden meist verwertet oder bringen keine unmittelbare Grundwasserbelastung. Zwei wirklich ernste Verunreinigungen des Grundwassers, die in beiden Fällen bis zur Genußuntauglichkeit geführt hatten, waren von Fischmarinadenerzeugungsstätten verursacht worden. Im ersten Fall wurden die nicht verwertbaren Teile von eingesalzenen Fischen, nämlich Köpfe, Schwanzteile, Wirbelsäulen und sonstige Grätenteile, in seichter Lage von etwa ½—¾ m Tiefe vergraben. Der Grundwasserspiegel stand hier mindestens 1,75 m, meist 2 m unter der Bodenoberfläche, also relativ tief. Es kam erst einige Zeit nach Beginn der Ablagerung zur Verunreinigung eines relativ schmalen Grundwasserstreifens bis etwa 80 oder 100 m Abstand. Die Verunreinigung war durch einen intensiven Geschmack nach marinierten Fischen erkennbar, während im chemischen Befund dieser Streifen sich sehr deutlich durch eine Erhöhung der organischen Substanzen und der Chlorionenwerte abgrenzen ließ. Die Verunreinigung erwies sich als zäh. Alle Abfälle mußten erst wieder ausgegraben werden; dennoch kam es erst nach Monaten zum Schwinden der Belastung des Grundwassers.

8. In einem zweiten Fall wurden die Abwässer eines größeren Betriebes unter dem Grundwasserspiegel zur Versickerung gebracht. Hier wurden alle Abfallstoffe, auch die festen Teile und auch die primären Salzlaugen über eine einfache mechanische Kläranlage geschickt und dann unter der Grundwasserspiegeloberfläche versickert. Hier kam es wesentlich früher, jeweils kurze Zeit nach Beginn der saisonbedingten Produktionsspitze zu einer sehr intensiven Verunreinigung eines relativ schmalen Grundwasserstreifens. Zunächst ließen sich die stark kochsalzhältigen Abwässer bis zu 250 m Entfernung von der Versickerungsstelle chemisch nachweisen. Der Chlorionengehalt der Grundwässer betrug hier oberhalb und seitlich der Versickerungsstätte etwa 10—12 mg/l. Im verseuchten Grundwasserstreifen lagen in 250 m Abstand die Werte noch bei 30 mg. Im näheren Abstand schwankten sie bis um 300 mg/l. Die geschmackliche und geruchliche Verschmutzung war bis 160 m Abstand zunächst stark zu spüren. Bis hieher

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

erfolgte auch eine bakteriologische Belastung des Wassers. Der Grundwasserspiegel schwankte hier in ziemlicher Tiefe von 6 bis 7 m unter der Bodenoberfläche. Auf die Beschwerden hin hat die Firma zunächst einmal alle Innereien, die Kopfteile, Gräten etc. und dann die ersten Waschlaugen nicht mehr in die Kläranlage geschickt, sondern in Tonnen gesammelt und anderswo beseitigt. Daraufhin nahm die Verunreinigung in longitudinaler Richtung sichtlich ab. Auch jetzt waren die gleichen Veränderungen im gleichen Grundwasserstreifen, aber nur mehr bis zu einem Abstand von 160 m zu bemerken. Bis zu 115 m Abstand waren und blieben die Belastungen unerträglich und das Wasser war selbst zu einfachen Kochzwecken und zum Spülen des Geschirrs nicht mehr brauchbar. Aber in 130 und 160 m Abstand waren die Gerüche meist nicht mehr so deutlich und zeitweise überhaupt nur mehr im Laboratorium nachweisbar. Auch die bakteriologischen Befunde erwiesen sich hier als etwas besser. Immerhin traf man an einzelnen Tagen auch in 160 m Abstand noch Gerüche und schlechte bakteriologische Befunde an. Für die Häuser bis 115 m Abstand mußte daher ein Ersatzwasser bereitgestellt werden. Die durchschnittliche Grundwassergeschwindigkeit schwankte hier etwa zwischen 20 und 30 m im Tag. Die Verunreinigung der Brunnen trat etwa entsprechend dieser Grundwassergeschwindigkeit bei zunehmender Entfernung von der Sickerstelle um so später auf, verschwand aber auch nach Schluß der Kampagne etwas später. Im ganzen war der Verlauf der Grundwasserverunreinigung stürmischer als im ersten Fall, wo die Belastung das grundwasserfreie Gelände betraf. Da aber der Betrieb auch im Sommer nicht völlig ruhte, sondern gewisse Arbeiten an Fischen dauernd durchgeführt werden, war eine gewisse, wenn auch erträgliche Belastung selbst im Sommer und Frühjahr nicht zu vermeiden. Jedenfalls ist anzunehmen, daß die organischen Substanzen im Boden zum Teil adsorbiert, daß sie aber auch abgebaut werden, wobei sich jedoch die Geruchstoffe durch die geringere Angreifbarkeit auszeichnen; denn die Geruchsbelastung konnte hier zeitweise auch dann festgestellt werden, wenn der Gehalt an organischen Substanzen bereits weitgehend abgesunken war.

9. Sehr ungünstige und nachhaltige Auswirkungen konnten gelegentlich bei Versickerungen von *Molkereiabwässern* erhoben werden, wobei ich in einem Falle eine stinkende Fäulnis in einem Schachtbrunnen ermitteln konnte, der etwa 25 m von einer durch ein Versehen erfolgten Versickerung der Molkereiwaschwässer gelegen war. Das Angriffsvermögen dieser Wässer war so stark, daß die Eisenteile des Brunnens mit einer schwarzen Eisensulfidschicht überzogen waren. Die Abhilfen waren hier immer durch Ableitung in einen Kanal gegeben.

10. Ein interessantes Phänomen konnten wir einer Talsperre in

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Kärnten beobachten, die im Zuge der Wildbachverbauung errichtet und anläßlich eines einzigen gewaltigen Wolkenbruches völlig mit Geröll, entwurzelten Bäumen, Erde, Sand und Schotter beladen worden war. Das manganfreie und eisenarme Bachwasser versickert zu einem Teil in diesem Schotterkörper. Am Grunde der 10 m hohen Talsperre kann dieses durch den Schotterkörper hindurch gesickerte ursprüngliche Bachwasser wieder gewonnen werden. Infolge Abbaues vieler organischer Substanzen schwindet der gesamte Sauerstoffgehalt des Wassers, so daß es nunmehr sauerstofffrei und mit einem Schwefelwasserstoffgeruch behaftet zutage tritt. Wesentlicher aber ist, daß nun der Eisengehalt in der Regel weit höher, vor allem aber stets ein beträchtlicher Mangangehalt festzustellen ist, der nur infolge der veränderten biochemischen Zusammensetzung des Wassers aus den Schottern in Freiheit gesetzt worden sein kann. Leider lag dieses Mangan und Eisen zu einem ansehnlichen Teil in huminsaurer Bindung vor, so daß ihre Beseitigung recht schwierig war. Die Verhältnisse werden an dieser Talsperre von mir durch über 3 Jahre verfolgt; in dieser Zeit ist zwar eine Besserung im allgemeinen (besonders bakteriologisch), jedoch noch keine merkliche Abnahme des Mangangehaltes festzustellen gewesen. Es handelt sich hier demnach um Veränderungen des Grundwassers, die keine unmittelbare, sondern eine sekundäre Folge der Verunreinigung des Wassers und offenbar der großen Sauerstoffverarmung des Grundwassers sind.

11. Störungen durch Abwässer aus *Zellulosefabriken* und *Zellwollefabriken* wurden bisher im wesentlichen nur an offenen Gewässern, Flüssen oder Seen und Talsperren beschrieben. In der Tat konnte ich in zahlreichen Besichtigungen in Westdeutschland, Schweden, Finnland und England immer nur Klagen über Verunreinigungen von Flüssen und Seen hören. Allerdings waren in den von mir besuchten Anlagen — wegen der Bodenverhältnisse — wenig Möglichkeiten zu einer Versickerung gegeben.

Ich darf hier das Augenmerk auf die Grundwasserverunreinigungen durch Abwässer der Sulfit-Zellulosefabrikation und aus der Zellwollindustrie (Viskosewerke) lenken, die ich hier in Österreich nachweisen konnte.

Während eine Verunreinigung eines Flußwassers die Fischwelt in grober Weise in Form eines *Fischsterbens* dezimieren kann, kommt bei geringeren Mengen der Effekt der *Fluchtwirkung auf Fische* in Betracht. Es muß festgehalten werden, daß Wässer auch dann schon als *untauglich* für den *menschlichen Genuß* anzusehen sind, wenn die Konzentration solcher Abfallstoffe noch lange nicht *die* Grenze erreicht hat, die die Fluchtreaktion der Fische veranlaßt. Nun liegen in der Tat in manchen Flüssen nicht unerhebliche Mengen von Ligninsulfonsäuren, in gewissen Fällen

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

auch von Abfallstoffen der Zellwolleindustrie mit den bekannten Auswirkungen auf die Fischwelt vor. Wir konnten nachweisen, daß solche Flußwässer in den umgebenden Grundwasserstrom zu infiltrieren in der Lage sind und Brunnen erreichten, die seit eh und je zu Trinkzwecken dienten. So war es in mehreren Fällen leider zu einem Zustand gekommen, bei dem solchen flußnahen Brunnen die Trinkfähigkeit nun abgesprochen werden mußte. Dabei spielt die Tatsache eine große Rolle, daß manche dieser Stoffe durch Adsorption nicht im Boden festgehalten werden, aber andere, die durch Adsorption festgehalten werden, nach Sättigung des Bodens ohne nennenswerten Abbau weit abtransportiert werden können.

Außer dem direkten, durch die Abfallbelastung bedingten „Untauglichwerden" konnte aber noch eine indirekte solche Wirkung zur Untauglichkeit des Wassers führen, bzw. diese verstärken. Gerade die Ligninsulfonsäuren zeichnen sich dadurch aus, daß sie einem nur sehr langsamen biologischen Abbau unter den üblichen Oberflächenwasserbedingungen und erst recht im Grundwasser unterliegen. Wir mußten feststellen, daß Brunnen, die früher, *vor* dieser Belastung, noch sauerstoffhältiges Wasser führten, nunmehr nach längerer Belastung sauerstoffarm oder praktisch *sauerstofffrei* geworden sind. Die neuere Wasserhygiene stimmt mit der neueren Hydrogeologie darin überein, daß ein solcher Verlust des freien Sauerstoffes in von Oberflächenwasser infiltrierten Gebieten die Trinkfähigkeit ausschließt. Ich darf hier auf die übereinstimmenden Gutachten der Herren Prof. Küpper, Dr. Schadler und Dr. Huck und mir im Salzburger Land verweisen.

Doch damit nicht genug. Sorgfältige, noch im Gang befindliche Untersuchungen zeigten uns, daß manche beobachtete Grundwasserverunreinigung nicht allein vom benachbarten Flußwasser herrühren konnte, da in manchen Brunnen Konzentrationen bestimmter industrieller Abfallstoffe erreicht wurden, wie sie in dem benachbarten Flusse im Laufe längerer Untersuchungen nie zu beobachten waren. Wir konnten einen Grundwasserstrom begrenzen, der durch Natriumsulfat intensiv belastet war, das hier nur aus Zellwolleabwässern stammen konnte (siehe Abb. 2).

Gewiß ist ein Hunjady-Janos-Bitterwasser als Heilwasser für hartleibige Personen anzusehen. Ein künstliches Erzeugnis, noch dazu ein durch Abwässerbelastung in gleicher Richtung wirkendes Brunnenwasser kann ein Hygieniker aber niemals als „Trinkwasser" anerkennen.

Wir konnnten aber auch den Nachweis führen, daß Ligninsulfonsäuren in anderen Brunnen in solchen Konzentrationen angetroffen wurden, wie sie auch nicht zeitweise in den Flußwässern nachzuweisen waren. Auch diese waren hygienisch eindeutig als Trinkwässer auszuschließen.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

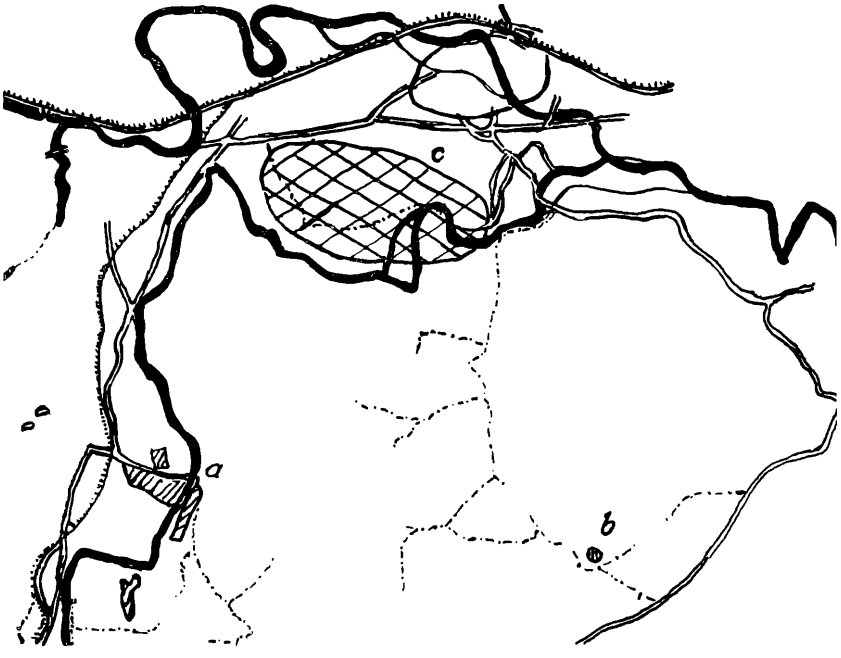

Abb. 2.

Ich muß gestehen, daß die Infiltration von Abwässern aus Sulfit-, Zellulose- und Zellwolle-Industrien ins Grundwasser nicht nur aus benachbarten Flüssen, sondern noch viel mehr direkt aus undichten Abwasseranlagen — hygienisch gesehen — zu den bedenklichsten Gefahrenquellen für das Trinkwasser und für eine Benutzung für Mensch und Tier zu zählen ist, sowohl, wenn diese Belastung auf direktem Wege zustandekommt, als auch soweit Störungen in indirekter Weise, z. B. durch Sauerstoffverarmung, Lösen von Eisen und Mangan, zustandekommen.

Ist der biochemische Abbau der Sulfit-Zellulose-Abwässer schon in normalen *Oberflächenwässern* sehr *mangelhaft* und *ungemein langwierig*, im *Grundwasser* scheint ein Abbau kaum zu erfolgen.

12. Die unerfreulichsten Erfahrungen habe ich bei Grundwasserverunreinigungen mit solchen organischen Verbindungen und Stoffen gemacht, die aus der *Steinkohlenindustrie*, der *Erdölindustrie* und verwandten chemischen Betrieben stammen.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Die ersten Erfahrungen lagen aus einem Altersheim vor, wo infolge Bruch einer Steinzeugrohr-Kanalleitung aus dem Bad nach Reinigung der Baderäume und -wannen mit Lysollösung eine Infiltration aus dem Kanal in den Boden und von hier in einen benachbarten, von der 5 m langen Bruchstelle 5 bis 10 m entfernten Schachtbrunnen erfolgte. Der Schachtbrunnen war durch viele Tage durch Lysolverunreinigungen unbrauchbar geworden, obwohl die bakteriologischen Befunde nach Ausschaltung des Kanals längst gebessert erschienen.

Eine langfristige Verunreinigung eines Schachtbrunnens von 6 m Tiefe in einem Grundwasserkörper, der bis fast 1 m unter die Bodenoberfläche stand, erfolgte durch Umstürzen eines halbvollen Behälters mit Karbolineum mit etwa 1,5 Liter Inhalt in 2 m Abstand vom Brunnen. Das Karbolineum war zum Imprägnieren von Scheunenwänden und Holzteilen im Hof verwendet worden. Trotz kräftigem, dauerndem Abpumpen des Brunnens währte es über eineinhalb Jahre bis Geschmack und Geruch soweit wieder abgenommen hatten, daß die Bewohner das Wasser wenigstens zum Geschirrspülen und zum Kochen verwenden konnten.

13. Im Bereich der großen *Erdölraffinerie Nova* in Wien waren die vorhandenen Brunnen mit Ölresten mehr oder weniger stark dauernd — solange hier der Betrieb bekannt und zugänglich war — verunreinigt, und zwar soweit, daß das Wasser nicht trinkbar war. Es mußte eigens Trinkwasser von auswärts zugeleitet werden. Diese Verunreinigung erstreckte sich zu unserer Verwunderung auch auf einen großen Brunnen, der in einem benachbarten Lebensmittelbetrieb in etwa 100 m Abstand von der Grenze des Betriebes entfernt war, und zwar *entgegen der Stromrichtung* der einige 100 m entfernt fließenden Donau. Der Brunnen war ziemlich stark beansprucht. Es kommt allerdings in dieser Gegend vor, daß der Grundwasserstrom zeitweise sehr langsam fließt oder gar stagniert, besonders wenn der Eisstoß die Donau aufstaut. Wohl waren auch auf weitere Strecken grundwasserstromabwärts die Brunnen durch Ölspuren verunreinigt; aber auf größere Abstände fehlten hier Brunnen und die Möglichkeit der Untersuchung war nicht gegeben.

14. Nach dem Kriege glich das Nova-Gelände einem Bombentrümmerfeld. Alle Brunnen waren sehr intensiv mit Öl belastet. Interessant war hier ein außerhalb des Geländes gelegener Filterrohrbrunnen, der sein Wasser aus 22 m Tiefe, knapp ober der wasserundurchlässigen Tegelschichte bezog. 150 m im Grundwasserstrom oberhalb befand sich ein Kalkwasserteich, der zur Aufnahme der Abwässer und des Kalkschlammes aus der Treibstoffneutralisation diente und als dicht galt. Dennoch konnten wir in diesem Brunnenwasser eine milchige Trübung und die verschiedensten Fraktionen von Erdölderivaten auch im Fluoreszenzverfahren

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

nachweisen, mit $KMnO_4$-Werten zwischen 21,5 und 73 mg/l. Dieser Tatbestand ließ erkennen, daß „wasserdichte" Schichten keineswegs „öldicht" sind.

15. In den Jahren 1951 und 1952 wurden wir im „Donaufeld", nördlich der Donau, zu einer Reihe von Gärtnerbrunnen gerufen, die hintereinander in einer Reihe im Grundwasserstrom angeordnet lagen. Schon im August 1946 waren in diesem Bereich in einem Brunnen (Donaufelderstraße 107) Geruchs- und Geschmacksveränderungen aromatischer Art von mir ermittelt worden. Die Wässer schäumten, waren hart — wie hier üblich — und verbrauchten viel $KMnO_4$ (15 mg/l). (Abb. 3.)

Im Jahre 1951 wurden diese Untersuchungen wiederholt, weil eine nur etwa 100 bis 200 m oberhalb im gleichen Grundwasserstrom gelegene Lackfabrik beschuldigt wurde, mit ihren Abwässern und Abfallstoffen diese Grundwasserveränderungen zu verursachen. Es wurde festgestellt, daß diese Firma zur Verwendung von weicherem Hochquellwasser übergegangen war; das in die Sickergrube eingeleitete Kühl- und Hofwasser erwies sich als, in Spuren, mit aromatischen Stoffen belastet, die gerade noch mittels der Fluoreszenzprobe nachgewiesen werden konnten. Hingegen war sowohl das Grundwasser 60 m unterhalb als auch in mehreren Brunnen oberhalb bis zu 15 m Abstand an die Sickerstelle heran wesentlich härter, dem örtlichen Grundwasser und nicht dem Hochquellwasser entsprechend, wie es in den Sickerschacht einfloß. Alle diese Wässer waren so intensiv mit den erwähnten aromatischen Stoffen belastet, wie die Gärtnerbrunnen weiter oberhalb und unterhalb des Werkes. Die Ursache dieser oberhalb und unterhalb der Lackfabrik nachgewiesenen Grundwasserverunreinigung konnte dann über 1,7 km oberhalb ermittelt werden, wo ein Lagertank mit einer Million Liter Benzin im April 1945 durch Bombentreffer zerstört worden und dessen Inhalt ausgeflossen war. Der Boden muß hier mit diesen Stoffen so beladen worden sein, daß in den neun dazwischen gelegenen Jahren keine wesentliche Abnahme nachzuweisen war. Die Fluoreszenzreaktion war in diesen Wässern stark positiv, der Geruch und Geschmack war sowohl im kalten, wie im angewärmten Zustand deutlich in diesem Sinne verändert; die Wässer schäumten bei leichtem Schütteln deutlich und die $KMnO_4$-Werte schwanken noch immer zwischen 14 und 17 mg/l.

Hier begegnete uns ein Befund wieder, der uns schon in der Nähe der *Nova* aufgefallen war: In dem Brunnen in 100 m Abstand vom *Nova-Gelände* konnten wir neben der starken Geruchsveränderung noch Ammoniumionen (0,05 mg/l), Nitritionen (3,0 mg/l), reichlich Chloride, eine hohe Keimzahl und reichlich Colibakterien nachweisen. Auch in den Gärtnerbrunnen im Donaufeld fielen uns die vielen Chloride, hohe Keim-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

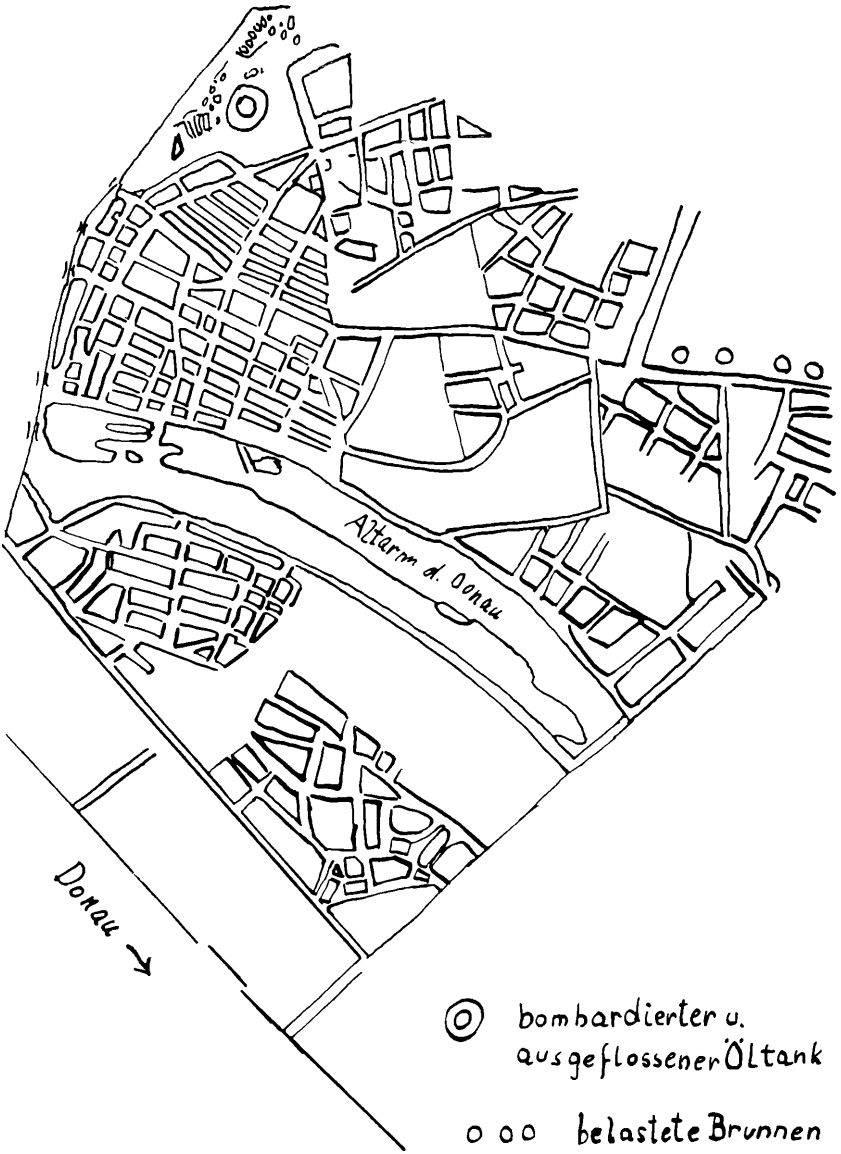

Abb. 3.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

zahlen und reichlich Colibakterien auf, während Nitrite und Ammoniumionen fehlten. Es liegt nahe, daran zu denken, daß die natürliche Bodenfiltration im Zusammenhang mit der Belastung des Bodens mit Erdölen und ihren Destillationsfraktionen wohl eine Störung im Sinne einer verzögerten oder verhinderten bakteriellen Verarbeitung der Schmutzstoffe erfährt. Am ehesten mag die Blockade der Bodenkrümmel durch Öl zur Behinderung der natürlichen Adsorption führen und die chemische Wirkung erst sekundär von Bedeutung sein. Konkrete Untersuchungen waren mir hier versagt. In der Literatur fand ich nur Berichte über die Störung der Abwasserreinigung — aber nicht im natürlichen Boden —, die in die gleiche Richtung weisen. Erst im Jahre 1957 war ich in der Lage, die Brunnen im Donaufeld neuerlich zu untersuchen. Diesmal waren alle, auch die NH_4- und NO_2-Befunde normal und kein fremder Geruch zu verspüren.

Eine mangelhafte Grundwasserfiltration, neben dem hohen $KMnO_4$-Verbrauch gekennzeichnet durch die Anwesenheit von Nitriten, durch eine hohe Keimzahl (26 000) und zahlreiche Colibakterien war auch in dem durch Karbolineum verseuchten Brunnen über ein Jahr nach der Verseuchung noch festzustellen. Ähnlich auffallend schlechte bakteriologische Befunde fielen uns schon vor den Bombenangriffen und ebenso nach dem Kriege in dem Gelände der stark bombardierten Österreichischen Mineralölwerke in der Lobau nördlich der Donau auf. Die Befunde waren überall dort verschlechtert, wo auch Geruchsveränderungen festzustellen waren, auch in dem durch Infiltration solcher Rückstände belasteten Grundwasser in der Umgebung des Werkes. Allerdings waren die Abstände zwischen den Kesselhäusern, bzw. Destillationsanlagen, relativ klein und betrugen höchstens noch etwa 100 m.

Erwähnt sei, daß für eine solche Anlage Berkefeldtfilter vor allem bezüglich der Beseitigung der Bakterien zufriedenstellend sind; hingegen blieben naturgemäß die Ammoniumionen und Nitrite unverändert hoch und auch die verschiedenen Gerüche wurden nicht beseitigt. Durch verschiedene Vorbehandlung war es hier möglich, die Anwesenheit leichter, flüchtiger Benzinfraktionen von schwereren und nicht mehr flüchtigen zu trennen.

16. Die Beladung des Bodens mit diesen aromatischen Stoffen kann sich über sehr lange Zeiten erstrecken. Die durch die Erdölversickerung bedingte, erst nach 12 Jahren anscheinend abgeflossene Verunreinigung von über 9 Jahren Dauer wurde an einer Stelle weit überboten, wo vor über 50 Jahren (1904) ein dort bestandenes Gaswerk stillgelegt worden war. Offenbar waren in diesem Gelände verschiedene, damals wertlose phenolhältige Rückstände auf dem Geländeboden oder in seichten Gruben

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

abgelagert worden. Zwei Brunnen, die eine jetzt dort ansässige Lebensmittelfabrik Tag und Nacht mit reichlich Wasser versorgen sollen, zeigen heute noch Spuren von Geruchs- und Geschmacksveränderungen. Zeitweise sind diese Veränderungen stärker, so daß sie von jedermann leicht wahrgenommen werden können. Dann zeigt das Wasser Schaumbildung und einen erhöhten Gehalt an organischen Substanzen. Hier konnten wir in kleinerer Menge flüchtige, aber mehr nichtflüchtige Phenole nachweisen. Diese stärkere Geruchsbelastung konnte stets dann beobachtet werden, wenn vorher starke und andauernde Niederschläge gefallen waren oder der benachbarte Donaukanal einen beträchtlich höheren Wasserspiegel erreichte. Offenbar kommt es bei vermehrtem Wasserdurchtritt durch die höheren Lagen des anstehenden Donauschotters zu vermehrter Ausschwemmung dieser Stoffe ins Grundwasser. Auffallend ist hier, daß auch nach 50 Jahren ein ausreichender Abbau dieser Stoffe nicht erfolgt war. Leider war der konkrete Standort und die Menge der deponierten Stoffe nicht mehr zu ermitteln.

17. Daß nicht nur Erdöle und ihre Destillate und Teer den Grundwasserstrom zu belasten pflegen, zeigt eine recht nachhaltige Beladung eines breiten Grundwasserstromes im Norden der Donau *im Wiener Feld im Bereiche von Breitenlee*. Zunächst waren im Jahre 1942 von zwei Gemüsegärtnern Klagen über den ekelerregenden Gestank bei drei Brunnen zur Anzeige gelangt (Winkler VIII und Müller IX, vgl. Abb. 4).

Unklar war, ob die Ursache in einer oberhalb gelegenen Lackfabrik (VI) oder in einer benachbarten oberhalb gelegenen Erdölraffinerie gelegen war.

Zur Prüfung dieser Frage wurde eine Reihe von Brunnen, die ungefähr in einer zur Grundwasserstromrichtung senkrechten Zeile (I bis V) oberhalb der beiden Werke vorhanden waren, untersucht und gleichzeitig die beiden Brunnen in der Lackfabrik (VI) und in der Erdölraffinerie (VII) und dann die zwei Gärtnerbrunnen (VIII und IX). Von den ermittelten Befunden sei hier nur festgestellt, daß lediglich die beiden Gärtnerbrunnen und der Brunnen der Raffinerie mit Gerüchen belastet waren, während alle anderen geruchloses Wasser lieferten. Der Gehalt an organischen Substanzen, der bei den geruchfreien Brunnen 1,9 bis 3,4 mg betrug, schwankte in den geruchbehafteten zwischen 6,5 und 9,3 mg. Auffallend war der hohe Gehalt an Sulfat-Ionen in den drei riechenden Brunnen von über 200 mg im Liter. Diese Brunnen schäumten stark. Der hohe Sulfatwert und die Verseuchung des Raffineriebrunnens ließen an die bei der Raffination abfallenden *Säure-Teerrückstände* denken. In der Tat wurde nicht nur im Gelände der Raffinerie ein *Wassertümpel, mit solchen Abfällen beschickt*, vorgefunden. Knapp östlich des Werkzaunes in der Richtung gegen die Gärtnerei befindet sich noch eine schmale, aber tiefe

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

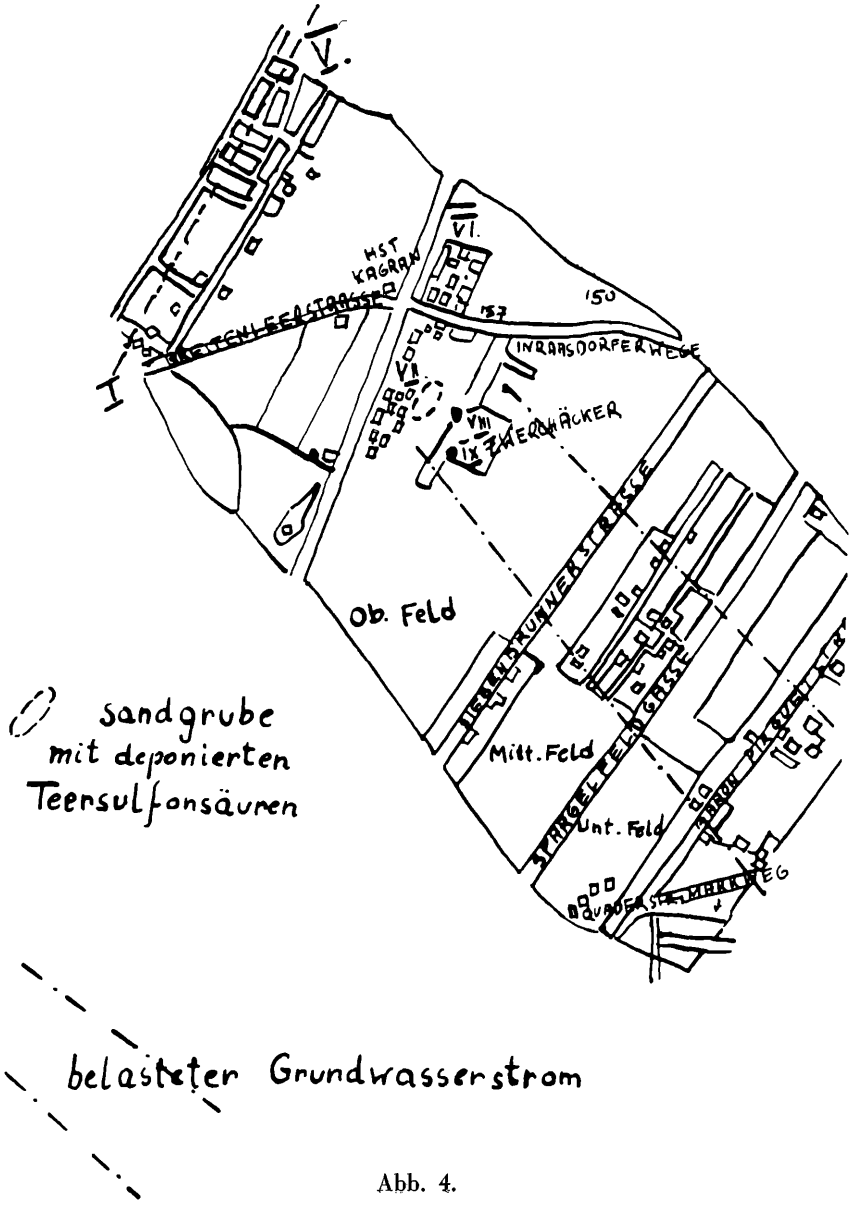

Abb. 4.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Sandgrube, in der sich ebenfalls nicht kleine Mengen solcher Teersulfonsäuren befanden. Laboratoriumsversuche ergaben, daß diese Stoffe in minimalen Mengen ins Wasser übergehen und ebenso zu einer Zunahme der Sulfate wie zu einer Belastung mit den Gerüchen führten.

Im Jahre 1941 war die Verseuchung so nachhaltig, daß das Grundwasser in einem begrenzten Streifen von etwa 150 m Breite noch in den etwa 1,7 km entfernten Siedlungen (Pirquetgründe und Talhammergründe) in solchem Maße mit diesen Gerüchen belastet war, daß die Umwohner das Wasser nicht zum Trinken verwenden konnten, noch mehr aber durch den widerlichen Geschmack von darin gekochten Hülsenfrüchten und Teigwaren gezwungen wurden, ihr Trink- und Kochwasser aus benachbarten reinen Brunnen zu holen.

Mit der Beseitigung solcher Sulfonsäuren durch einen eigens konstruierten Verbrennungsofen gelang es jedoch, hier die Grundwasserverunreinigung in weitaus kürzerer Zeit zu beenden, wobei die Gärtnerbrunnen früher und die Siedlerbrunnen auch bereits nach wenigen Monaten nicht mehr belastet waren. Es handelte sich hier um ein Gelände aus Donauschotter wechselnder Körnung.

18. Wesentlich nachhaltiger war die Belastung eines Grundwasserstromes im Gebiete von Deutsch-Wagram, wo wir erstmalig im Oktober 1947 in einem Brunnen im Bahnhofsgelände des Ortes eine gleiche Geruchs- und Geschmacksveränderung wie in Breitenlee beobachten konnten. Gegenüber einem etwa 150 m seitwärts entfernten Brunnen wies der erstere einen deutlich erhöhten Gehalt an oxydierbaren Substanzen (27 gegen 8 mg), einen doppelt so hohen Trockenrückstand, eine erhöhte Gesamthärte auf, die auf der Verdopplung der Mineralsäurehärte (14.4 gegen 7,7 ^{0} d. H.) beruht.

Die Ursache der Verunreinigung dieses Grundwasserstromes, der in 10 m Tiefe angezapft wurde, liegt in einer Schottergrube, die 300 m oberhalb jenseits der zweigeleisigen Bahntrasse liegt. Hier war vor dem 2. Weltkriege durch Tankwagen von einer Wiener *Erdölfirma* im Laufe der Jahre eine erhebliche Menge von Säure-Teerrückständen abgelagert worden. In weiterer Folge konnte ermittelt werden, daß diese Ablagerungen seit dem Jahre 1926 erfolgt und insgesamt in den späteren Jahren je 25 bis 30 Eisenbahn-Zisternenwagen zur Entleerung gebracht worden waren. Im Jahre 1934 traten die ersten Geruchsveränderungen in den Brunnen im Ort Deutsch-Wagram in Abständen von 400 bis 800 m in Erscheinung. Damals wurden endlich die Ablagerungen eingestellt. Die Brunnen lagen alle im oberflächlichen Grundwasserhorizont ca. 10 m tief.

Besonders auffallend war die Tatsache, daß Tiefbrunnen, die später im Ortsbereich von Deutsch-Wagram, aber leider im Grundwasserstrom-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

bereich dieser Schottergruben, zum Teil bis in 70 m Tiefe vorgetrieben worden waren, nach kurzer Zeit die gleiche Geruchsveränderung zeigten. Der Boden wies unter einer oberflächlichen Schotterlage nicht weniger als drei verschieden mächtige Lehm- oder Tonbänder auf. Dazwischen lagen jeweils wasserführende Schotterbänder. Alle Versuche, aus diesen Schottern bis zu 800 m Abstand auf die Dauer trinkfähiges Wasser zu erhalten, waren vergeblich; immer wieder trat früher oder später der gleiche Geruch wieder auf. Es war natürlich nicht mehr möglich, diese außerordentlichen Mengen von Säureteer aus dem Boden zu entfernen. Erst als ein Brunnen außerhalb des Grundwasserstroms, entfernt vom Ort, geschlagen wurde, gelang es, eine einwandfreie Grundwasserversorgung wiederherzustellen. Über die letzteren Ergebnisse hat Pieringer berichtet (Mitteilung. Österr. San. 1950). Im Hinblick auf die Tatsache, daß hier ausgedehnte Lehmschichten vorliegen und im Hinblick auf die riesigen Mengen, die noch immer abgelagert liegen, ist mit einem Ende der Grundwasserstörung auf lange Fristen nicht zu rechnen, weil es nicht möglich scheint, diese Stoffe künstlich aus dem Boden zu beseitigen.

19. Schließlich darf ich noch von einer Grundwasserbelästigung durch die Abfallstoffe und Abwässer einer Dachpappenfabrik berichten, die, in der Nähe von Innsbruck gelegen, einen relativ schmalen Grundwasserstreifen von kaum 100 m Breite auf weit über 1 km Länge bis zur Genußuntauglichkeit verseuchen. Diese von mir 1954 festgestellte Verunreinigung war gleichfalls im Winter 1957 nicht mehr feststellbar.

Inzwischen wurden mir auch zwei weitere Grundwasserverunreinigungen, in den letzten Jahren in Österreich durch lecke Benzintanks verursacht, bekannt, wie sie in der Schweiz (Kanton Bern und Winterthur) und in der BRD mehrfach bekannt wurden.

Die Bedeutung der Ablagerung von Abfallstoffen, die aus Erdöl, solcher, die aus Phenolen der Steinkohlenverarbeitung und solcher, die aus der Erdölraffination anfallen, ist sicher nicht identisch. Gegenüber allen anderen Grundwasserbelastungen, die ich kennen und studieren zu lernen Gelegenheit hatte, zeichnen sich diese Stoffe hauptsächlich dadurch aus, daß sie im Boden und im Grundwasser zähe haften, praktisch nicht abgebaut werden und die innere Bodenoberfläche nachhaltig blockieren. Die wahrscheinlich beachtliche gesundheitliche Gefährdung darf auch hier nicht vergessen werden.

DISKUSSION

Grubinger

Es muß immer wiederholt werden: Ein Quell- oder Grundwasserschutzgebiet kann unmöglich bei einer einmaligen Geländebegehung ohne weitere Be-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

obachtungen durch den Hygieniker allein mit einer abgrenzenden Armbewegung festgelegt werden. Hygienische Beurteilung und Vorschriften über Schutzbestimmungen sind vielmehr erst auf Grund theoretischer hydraulischer Erwägungen und praktischer hydrogeologischer Vorarbeiten und daraus resultierender Empfehlungen möglich, wobei auch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu beachten sind.

Schinzel

Die Begrenzung von Schutzgebieten für Trinkwasserversorgungsanlagen war nicht Thema meines Vortrages, denn ich habe es wegen der Abrundung des Themas und der knappen Zeit vermieden, mich diesmal damit näher zu beschäftigen.

Die Verhütung der Grundwasserverunreinigung stellt ohne Zweifel die wichtigste Maßnahme in Grundwasserschutzgebieten dar. Ich befürworte daher wärmstens die Mitarbeit der Fachleute, die für die Ermittlung von Wichtigkeit sind und habe dabei immer in bester Kameradschaft mit Technikern und Geologen, Chemikern und Biologen zusammengearbeitet.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, muß aber gesagt werden, daß überall dort, wo es sich um *gesundheitliche Voraussetzungen* für die Güte einer Wasserversorgungsanlage handelt — also auch in Fragen des *gesundheitlichen Trinkwasserschutzes* —, der Arzt, besonders der Amtsarzt, Sanitätsdirektor und als Experte der Hygieniker verantwortlich ist. Daher muß er auch erkennen und entscheiden, was zur Fundierung seiner Aussagen und Forderungen an Voraussetzungen von anderer fachkundlicher Seite beigebracht werden muß. Im übrigen weise ich u. a. auf meine diesbezüglichen Veröffentlichungen hin, zu denen ich auch heute noch stehe. („Die Bemessung eines Schutzgebietes auf Grund der Grundwasserbewegung", Mitt. d. österr. San.-Verw., 56. Jg., Heft 10, 1955; „Die Zusammenhänge zwischen Abwasserbeseitigung und Trinkwasserversorgung", Mitt. d. öst. San-Verw., 56. Jg., Heft 10.)

Nemecek

Ich glaube, wir sind heute einen großen Schritt weitergekommen. Meine Frage voriges Jahr hat sich u. a. darauf bezogen, was der Hygieniker bezüglich der Abbaufähigkeit im Boden dem Ingenieur sagen kann. Gerade dieses Thema hat Herr Prof. Schinzel heute sehr eingehend beleuchtet, nur wurde die Zweiteilung des Problems, worauf ich damals besonders hinwies, nicht so sehr herausgearbeitet. Ich meine hier die Durchsickerung in vertikaler Richtung im durchlüfteten Boden einerseits und die Strömung in mehr horizontaler Richtung im Grundwasser selbst. Ich möchte fast sagen, Herr Prof. Schinzel hat sich heute fast ausschließlich mit dem ersten Teil beschäftigt, und zwar deshalb, wenn ich ihn richtig verstanden habe, weil er der Ansicht ist und es auch belegt hat, daß eben bei der Durchsickerung in vertikaler Richtung der größte Abbau erfolgt. Ich bitte Sie, Herr Professor, noch ein paar Worte dazu zu sagen, was Sie vom Abbau in der zweiten Zone, im Grundwasserstrom selbst halten.

Schinzel

Ich habe heute die Frage des Abbaues organischer Stoffe und anderer Verschmutzungen beim Wasserdurchtritt durch den Boden in horizontaler Richtung oder in vertikaler Richtung wohl gestreift. Richtiger wäre der Unterschied im Abbauvermögen in einem sauerstoffhältigen belüfteten Boden und in einem mit Wasser voll erfüllten Boden abzugrenzen, gleichgültig, ob die

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Fließrichtung horizontal oder vertikal erfolgt. Im einzelnen wurde von mir über diese Fragen an anderer Stelle ausführlich gesprochen. Ich stimme aber Herrn Dr. Nemecek in seiner Bemerkung im übrigen völlig zu. Man wird bedenken müssen, daß eine Bodenverschmutzung, die im Bereich des Grundwassers liegt, viel geringere Aussicht hat, im Zuge der Bodenfiltration beseitigt zu werden.

Nemecek

Mit der Teilung in vertikal und horizontal wollte ich die Trennung zweier Vorgänge kurz bezeichnen. Mit vertikal: Das Absickern des Wassers im Boden bis zum Auftreffen auf den Kapillarraum und in weiterer Folge das Einsickern in den geschlossenen Grundwasserstrom. Mit horizontal: Das Mitströmen im Grundwasserstrom, wobei die Richtung der einzelnen Stromfäden selbstverständlich für den Abbau von geringerem Einfluß ist.

Rudolf:

Herr Prof. Schinzel hat heute erklärt, daß man für Trinkwasserzwecke Grundwasser, das sauerstoffarm oder sauerstofffrei ist, nicht verwenden soll. Ist es auch die Meinung der Hydrologen und Biologen, daß dieses Grundwasser nicht verwendet werden soll? Nun steht es meiner Meinung nach in einem gewissen Gegensatz zu der modernen Trinkwassergewinnungsart aus den Seen. Denn es hat doch z. B. Stuttgart die Absicht, das Trinkwasser aus dem Bodensee aus einer Tiefe von ungefähr 60 m zu gewinnen. Nun ist es bekannt und hat Herr Dir. Liepolt auch in seinem Vortrag erklärt, daß in diesen Tiefenschichten der Seen kein Sauerstoff mehr vorhanden sein kann.

Schinzel

Es ist in der kurzen Zeit natürlich manches nicht gesagt worden, was gesagt werden müßte. Die Annahme Herrn Dr. Rudolfs, ein sauerstofffreies Grundwasser nicht als Trinkwasser anzusehen, kann ich nicht teilen. Ich habe auch eine andere Textierung gewählt. Einem sauerstoffhältigen Grundwasser, das durch Belastung durch Abfallstoffe, Abwässer oder auf irgendeine andere Weise — also auf indirektem Wege sauerstofffrei oder sehr sauerstoffarm wird — erkennen wir die Eignung zu Trinkzwecken nicht mehr zu. Es gibt aber Wässer in tiefen Horizonten, die wir überhaupt nur sauerstofffrei gewinnen können, die aber sonst ganz tadellos sind. Bitte, mich zu verstehen: Ein Grundwasser, das aus ganz großen Tiefen kommt, kann also unter Umständen, obwohl es keinen Sauerstoff mehr enthält, zu Trinkzwecken geeignet sein. Ein Grundwasser aber, das einer alluvialen Schotterschicht entstammt, ist in der Regel sauerstoffhältig. Wenn es dennoch durch eine sauerstoffzehrende Belastung sauerstofffrei wird, dann geht ihm der Charakter eines Trinkwassers in der Regel verloren. Was die Frage der Seen betrifft, so wäre darüber mehr zu sagen. Wir haben auch hier reichlich Erfahrung. Ein See, der noch im Besitze aller seiner natürlichen Umwälzkräfte ist, kann noch in der Tiefe Sauerstoff besitzen. Der Traunsee ist in 190 m Tiefe noch nahezu sauerstoffgesättigt, dagegen sind andere Seen schon bei 20 m sauerstoffarm. In diesen Fällen muß im einzelnen sorgfältig geprüft werden.

Bieling:

Sie haben mit Recht auf die Bedeutung des Petroleums, bzw. der Erdölderivate hingewiesen. Haben Sie Erfahrung darüber, daß unsere Tankstellen usw. eine Gefahr sind für das Trinkwasser und Grundwasser? Wenn ja, gibt es

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Methoden das zu verhindern, und wenn ja, ist es zweckmäßig, solche Bedingungen zu stellen für die Genehmigung von Tankstellen?

Schinzel

In Österreich war mir das massive Auslaufen unterirdischer Benzintanks bis vor kurzem nicht bekannt. Nunmehr weiß ich jedoch von zwei Fällen: in einem Fall wurden, kurz nach der Benützung, in einem anderen Falle ohne nähere Angaben nach Auslaufen eines Tankstellen-Benzintanks benachbarte Brunnenanlagen für Trinkzwecke völlig unbrauchbar gemacht. Im Laufe der letzten 1½ Jahre sind in der Schweiz nicht weniger als drei solcher Tanks ausgeronnen (einer davon in Winterthur), mit einer intensiven Belastung des Grundwassers und der Notwendigkeit, die Wasserversorgung ganzer Siedlungen völlig auszuschalten. Die Ursachen kann ich in der Eile hier nicht erörtern. Zweifellos spielt die Exaktheit, mit der bei uns Tankstellen geplant und gebaut werden, und vor allem der strenge Maßstab, mit dem unsere Behörden bei der Kommissionierung von Einzelheiten vorgehen, eine Rolle dafür, daß solche Störungen in Österreich nicht häufiger vorkommen. Eine andere Frage ist, wie weit solche Infiltrationen gehen und wie lange das Grundwasser dadurch verseucht ist. Dies hängt von der Massivität der Infiltration, von der Grundwassertiefe, von den Bodenverhältnissen, der Grundwassergeschwindigkeit und vielem anderen ab. In Ausnahmefällen gibt es in der Tat gewisse Maßnahmen, mit denen man sich helfen kann. Wir haben einmal, in der Nähe eines Wasserwerkes eine ähnliche Anlage zulassen müssen und uns da in folgender Weise geholfen. Der Tank einer Tankstelle wurde mit Doppelwänden errichtet, sozusagen in den anderen ein zweiter Tank eingebaut und nur ein 1 cm breiter Spalt dazwischen freigelassen, der mit Wasser gefüllt und nur an einer Stelle oben durch ein Loch zur dauernden Sondierung des Wasserstandes zugänglich war. Im Augenblick, wo der innere Tank Inhalt durchließ oder der äußere undicht wurde, mußte der Wasserspiegel eine Veränderung anzeigen und zu Sofortmaßnahmen zum Schutze des Grundwassers geschritten werden. In einem anderen Falle haben wir eine Senkgrube in eine doppelte Glaswanne stellen müssen und auch damit einen befriedigenden Schutz erreichen können. Das sind natürlich Notmaßnahmen, die man nur in ganz besonderen Fällen, wenn die außerordentlichen Kosten im Verhältnis zu den übrigen Lasten keine Rolle spielen, ergreifen müßte. Wo man aber ein Schutzgebiet abgrenzen muß, halte ich strenge Schutzmaßnahmen für unbedingt erforderlich, weil eine Tankstelle lächerlich wenig kostet gegenüber einer ganzen städtischen Wasserversorgung.

Ich habe in der Tat in vielen Fällen als Gutachter entweder jegliche Tankstelle im Schutzgebiet auf Grund solcher und ähnlicher Erfahrungen ablehnen oder die Eignung einer durch solche Lagerungen belasteten Grundwasseranlage für Trinkzwecke verneinen müssen und muß den Behörden danken, daß sie für diese Fragen immer das nötige Verständnis aufgebracht haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: 1957

Autor(en)/Author(s): Schinzel Alfred

Artikel/Article: Die Belastung des Grundwassers durch Abfallstoffe 192-217