

# WWF SACHINFORMATION HAINBURG

TRINKWASSER - ABWASSER - GRUNDWASSER

JG-NPPL-047

WWF - Symposium am 22. Sept. 1984

NATIONALPARK DONAU-AUEN GmbN 2304 Orth/Donau, Schlossplatz 1 Telefon 02212 / 3450 Fax 17 nationalpark@donauauen.at

NATIONAL PARK DONAU-AUEN GmbH 2304 Orth/Donau, Schlossplatz 1 Telefon 02212 / 3450 Fax 17 nationalpark@donauauen.at

### **EINLEITUNG**

Die Vorhaben Donaustau bei Hainburg, Marchfeldkanal und Trinkwassergewinnung auf der Donauinsel stehen sachlich in einem engen Zusammenhang. Die sich mit der Verwirklichung dieser Projekte ergebenden Fragen müssen daher gemeinsam diskutiert werden. Vor allem sollten die möglichen Auswirkungen eines Staus der Donau unterhalb von Wien auf jetzige und künftige Trinkwasserhoffnungsgebiete in hygienischer Sicht untersucht werden. Einwandfreies Trinkwasser in ausreichender Menge ist eines der großen Probleme der Zukunft. Dieses Symposium stellt einen Beitrag dazu dar, die wissenschaftlichen Grundlagen für künftige Entscheidungen zu verbreitern.

## **INHALTSVERZEICHNIS**

	Seite	
Vorwort	1	
VOIWOIT.	. 1	
Zur hydrologischen Situation der oberflächennahen Grundwässer im südlichen Wiener Becken und im Marchfeld	3	
Kohlenwasserstoffe in aquatischen Systemen	. 6	
Das Vorkommen von chlorierten Kohlenwasserstoffen im Großraum des Wr.Beckens	21	
IIII GTOISTAUTII des WT. Deckens	21	
Probleme der Trinkwasserhygiene	. 27	
Kurzfassung der Diskussion im Anschluß an die Vorträge von	31	
Dr.Boroviczeny, Dr.Giger, Dr.Bolzer, Prof.Weber	31	
Die Bedeutung von Feuchtgebieten für die Trinkwasserversorgung mit besonderer Berücksichtigung der Probleme Abwasservirologie	35	
init ocsolideter berdeksientigding der Frobletile Abwasservirologie	55	
Kurzfassung der Diskussion		
im Anschluß an den Vortrag von Frau Prof.Lund	, 47	
Qualitative und quantitative Änderung im Trinkwasserangebot als Folge von Donau-Flußkraftwerken	48	
in Fage von Donat Hamitattworken	70	
Kurzfassung der Diskussion		
im Anschluß an den Vortrag von Dipl.Ing. Jung	57	
Anhang	. 58	
Literaturverzeichnis	. 64	

### **VORWORT**

Die Einladung zu diesem Symposium erging an etwa 100 Personen aus dem Bereich Wissenschaft, Umweltschutz und Politik.

Mit dieser Veranstaltung wollten die IUCN und der WWF darauf hinweisen, daß großtechnische Eingriffe in den Wasserhaushalt einer Region, wie die Projekte Kraftwerk Hainburg, Trinkwassergewinnung für Wien, Grundwasseranreicherung des Marchfeldes durch den Marchfeldkanal, Trinkwasser für landwirtschaftlich genutzte Zonen sowie Ufergemeinden und nördliches Burgenland, sachlich in engem Zusammenhang stehen. Diese Wechselwirkung zu erkennen und zu bedenken, richtig zu bewerten und Prioritäten zu setzen, ist für den politischen Entscheidungsträger eine unlösbare Aufgabe.

Das Eingreifen des Menschen in hydro-geo-chemische Kreisläufe und die ständige Zunahme von Chemikalien führen zu einer immer größer werdenden Belastung der Umwelt. Die humanund ökotoxikologische Beurteilung und das damit unwillkürlich in vieler Hinsicht eingegangene Risiko ist eine der schwierigsten und dringlichsten Aufgaben der Hygiene.

Die Wasserbilanz eines Großraumes zu erstellen, den natürlichen Regenerationszyklus in allen Details herauszuarbeiten, hätten den Rahmen und die Möglichkeiten dieser Tagung gesprengt. Sinn und Zweck dieses Symposiums war es, einen Beitrag zu den wissenschaftlichen Grundlagen zu leisten, die für künftige Entscheidungen hoffentlich maßgeblich sein werden.

Eine UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung) sollte vom Gesetzgeber verlangt werden, zu erstellen von unabhängigen Instituten in interdisziplinärer Zusammenarbeit, notfalls unter Beiziehung ausländischer Fachkollegen, die bei ähnlich gelagerten Problemen schon Erfahrungen haben. Der Gesetzgeber als solcher ist rein zeitlich überfordert, da die Entwicklungen schneller, und oft, wenn endlich gesetzlich verankert, schon überholt sind. Da man diese Flexibilität von Ämtern und Behörden nicht verlangen kann, trifft hier eine noch nie dagewesene Verantwortung die Fachstellen: die freiwillige Selbstkontrolle, die unabdingbare Ehrlichkeit, alle Fakten lückenlos auf den Tisch zu legen, qualitativ wie quantitativ mehr Untersuchungen zu machen, als vorgeschrieben sind und in wesentlich weiterem Rahmen zu denken und zu planen, als die ursprüngliche Fragestellung erforderte.

Somit scheint es unzulässig, daß Einzelpersonen, die den wissenschaftlichen Kontext nicht beurteilen können, Prioritäten setzen. Dies ist ausschließlich Sache der wissenschaftlich profilierten Sach- und Fachgremien, die unabhängig und unbeeinflußbar sind. Immerhin geht es heute um Lebensgrundlagen weiter Bevölkerungskreise und, da gegenwartsüberschreitend, um die zukünftiger Generationen.

Konsequenzen heute gesetzter Faktoren kommen erst nach Dezennien zum Tragen, daher können die Promotoren von heute als Verantwortungsträger weder personell noch finanziell belangt werden — da sie die Konsequenzen in den meisten Fällen nicht mehr erleben werden.

Entscheidungen dieser Größenordnung erhalten somit eine ethische Dimension, eine moralische Verantwortung. Unter Umständen ist ein totales Umdenken und eine Verlagerung der Entscheidung auf eine andere Ebene sowie das Tragen der Verantwortung von anderen Gremien eine möglich erscheinende Notwendigkeit.

n'edente lesais Moul Wagner

Dr. Friederike Pesaro

für die IUCN CH-1196 Gland Karl Wagner

für den WWF

A-1160 Wien, Ottakringerstr. 114-116/9

Univ. Prof. Dr. Hermann Willinger

für die Österr. Ges. f. Hygiene und Mikrobiologie

Vet. Med. Universität, Wien A-1030 Wien, Linke Bahngasse 11

Veranstalter:

IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Österreichische Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie World Wildlife Fund

# ZUR HYDROGEOLOGISCHEN SITUATION DER OBERFLÄCHENNAHEN GRUNDWÄSSER IM SÜDLICHEN WIENER BECKEN UND IM MARCHFELD

Dr. Franz Boroviczeny Geologische Bundesanstalt, Wien

Im Gebiet des südlichen Wiener Beckens und des Marchfeldes lebt nahezu ein Drittel der österreichischen Bevölkerung. Die Wasserversorgung der Haushalte und Industrien in diesem Gebiet erfolgt, abgesehen von der Wiener Hochquellenleitung und einigen Quellfassungen am Kalkalpenostrand aus dem Grundwasser. Für den Großraum Wien haben daher die Grundwasserverhältnisse im südlichen Wiener Becken und im Marchfeld eine ausschlaggebende Bedeutung.

Das Wiener Becken ist ein in den Alpen-Karpaten-Körper eingesenktes Becken. Im zentralen Teil des südlichen Wiener Beckens liegt die "Mitterndorfer Senke". Sie ist eine vorwiegend mit Schottern aufgefüllte grabenartige Rinne von 40 km Länge (Neunkirchen — Mitterndorf), 2 bis 8 km Breite und erreicht eine Tiefe bis 160 m. Die Grundwassereinspeisung erfolgt vorwiegend im Bereich des Neunkirchner und Wöllersdorfer Schotterkegels durch die aus den Kalkalpen zufließenden Flüsse. Dieses Grundwasservorkommen wird von vielen Gemeinden in NÖ und im nördlichen Burgenland genutzt und ist auch die Grundlage der III. Wiener Wasserleitung. Die Entwässerung des Wiener Beckens erfolgt durch die Schwechat, die Fischa und die Leitha, die sich in den wasserstauenden Schichten (Ton, Mergel) der Rauchwarter Platte, des Arbestaler Hügellandes und der Brucker Pforte eingetieft haben.

Abgesehen von den Mülldeponien im Raum Wiener Neustadt und Neunkirchen ist eine Belastung des Grundwasserkörpers in der Mitterndorfer Senke durch Industrieabwässer in weiten Gebieten, wenn auch unterschiedlich, vorhanden.

Eine wasserwirtschaftliche Bedeutung haben auch die an den südlichen Donau-Uferbereich anschließenden Talböden, die durch den "Steilabfall" des Arbestaler Hügellandes und der Rauchwarter Platte zur Donau begrenzt werden. Hier werden die Grundwasservorkommen hauptsächlich durch Uferfiltrat der Donau gespeist. Die Wasserversorgung der Ufergemeinden und einiger wichtiger Industriebetriebe erfolgt aus diesem Grundwasser.

Nördlich der Donau liegt das Marchfeld. Die Grundwassereinspeisung erfolgt hier großteils aus der Donau im Bereich zwischen Langenzersdorf und Wien, weiters aus dem Grundwasserstrom aus dem Weinviertel im Norden. Unterhalb von Wien fließt einerseits bei hohem Wasserstand der Donau Wasser in den Uferbereich ab, andererseits bei Niederwasser Grundwasser in die Donau. Generell ist die Grundwasser-Fließrichtung im Marchfeld von NW nach SO, parallel zum Rußbach, im Donaubereich von W nach O. Das Wasserwerk Lobau ist im nördlichen Donau-Uferbereich die große Wasserentnahmestelle, die aus Donau-Uferfiltrat angespeist wird. Durch den steigenden Wasserverbrauch, besonders durch die Landwirtschaft, ist der Wasserspiegel im Marchfeld stark abgesunken. Eine qualitative Beeinträchtigung der Grundwässer erfolgt durch die landwirtschaftliche Nutzung (Düngung). Dadurch werden stellenweise hohe Nitratwerte erreicht. Die zahlreichen Mülldeponien verschärfen hier zusätzlich die qualitative Beeinträchtigung des Grundwassers. Wie die Untersuchungen im 22. Gemeindebezirk zeigten, verläuft entlang der Donau ein 1 bis 3 km breiter Streifen mit niedrigen Nitratwerten.

Wegen der angespannten Trinkwasser-Situation im südlichen Wiener Becken und im Marchfeld gibt es derzeit nur mehr entlang der Donau ein noch ausbaubares oberflächennahes Trinkwasservorkommen. Daher ist es zwingend notwendig, die Wasserqualität der Donau und ihrer Zubringer nicht zu beeinträchtigen, sondern sie vielmehr zu verbessern.

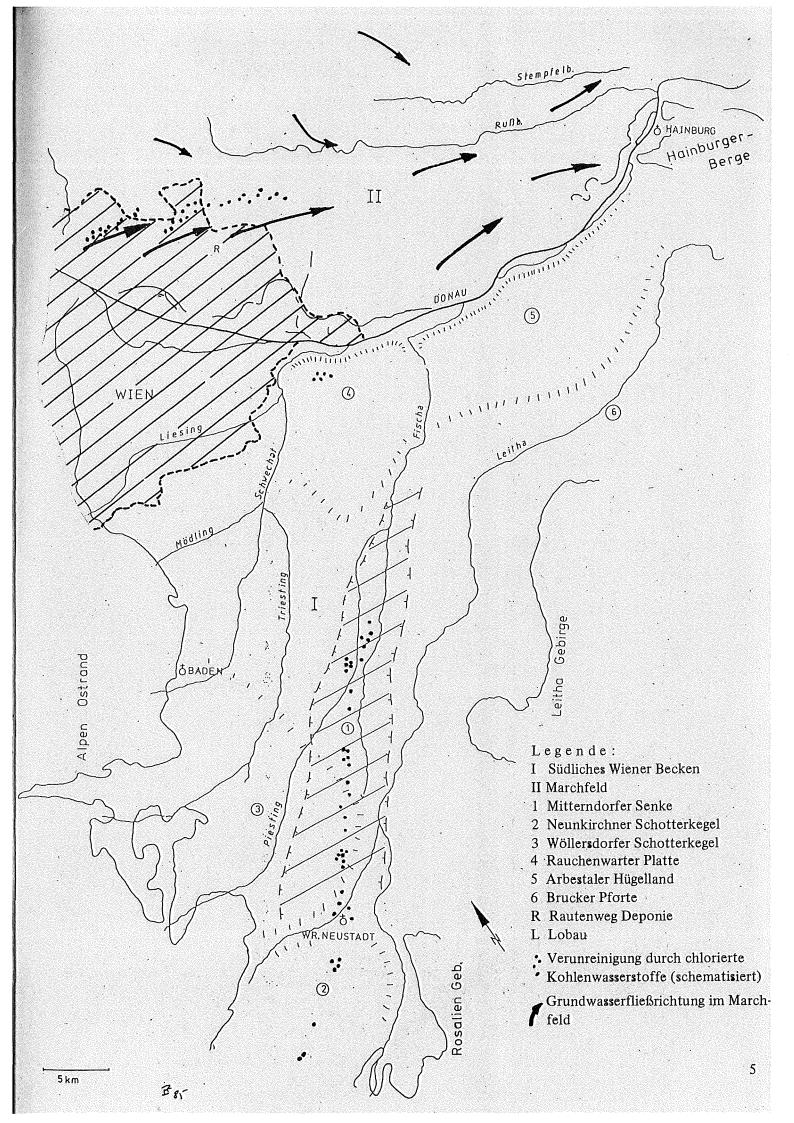
Bei großräumigen Bauvorhaben, besonders im Marchfeld, die eine Änderung der Grundwasserfließrichtung herbeiführen könnten, ist eine Verunreinigung von Bereichen mit Trinkwasservorkommen durch Zufließen von verunreinigten Wässern zu vermeiden.

Großtechnische wasserbauliche Maßnahmen, die die bereits jetzt angespannte Trinkwasser-Situation durch ihren Eingriff in den Grundwasser-Haushalt noch mehr verschärfen, sind zu unterlassen. Vor allem im Großraum Wien ist jede weitere Beeinträchtigung im Grundwasser zu vermeiden, weil eine Ersatzwasserbeschaffung aus dem Marchfeld und dem südlichen Wiener Becken fraglich ist.

### Trinkwasser hat Vorrang!!

Es ist nicht sinnvoll, Wasser durch Nutzung oder durch Auswirkungen von Baumaßnahmen qualitativ und quantitativ zu beeinträchtigen und dann wieder mit z. T. hohen Kosten aufzubereiten und anzureichern.

Wichtig wäre es daher, ein Trinkwasserkonzept für die Region Wien, östliches NÖ und nördliches Burgenland zu erstellen.



### KOHLENWASSERSTOFFE IN AQUATISCHEN SYSTEMEN

Dr. Walter Giger EAWAG, ETH Zürich

Mein Thema sind die Kohlenwasserstoffe in aquatischen Systemen. Ich werde mein Referat folgendermaßen einteilen: in einem ersten Teil werde ich versuchen, Ihnen einige chemische Begriffe darzulegen, so daß Sie verstehen, was ich unter den relativ komplizierten chemischen Bezeichnungen verstehe. Ich werde Ihnen einige Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe aufzeigen, aber auch Eigenschaften der Umweltsysteme, mit denen wir es zu tun haben, und ich werde insbesondere auf die Transport- und Transformationsvorgänge hinweisen.

Im zweiten Teil werde ich mich dann auf das Problem der Grundwasserverunreinigungen konzentrieren. Ich möchte Ihnen aufzeigen, was wir heute verstehen über das Verhalten der Kohlenwasserstoffe, wenn sie ins Grundwasser gelangen.

Abb. 1:

Strukturformel von Kohlenwasserstoffen und chlorierten Kohlenwasserstoffen

Kohlenwasserstoffe sind die einfachsten organischen Verbindungen oder Moleküle. Sie setzen sich zusammen aus Kohlenstoff und Wasserstoff (C und H). Ich werde gleichzeitig auch die chlorierten Kohlenwasserstoffe behandeln, die zusätzlich verschiedene Chloratome enthalten. Die Abbildung 1 zeigt die Sturkturformeln einiger Kohlenwasserstoffe und chlorierter Kohlenwasserstoffe. Die Kohlenwasserstoffmoleküle sind aufgebaut durch Einfachbindungen von Kohlenstoff zu Kohlenstoff und von Kohlenstoff zu Wasserstoff. Es gibt auch Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffen. Einfachbindungen verbinden Kohlenstoff- und Chloratome. Ringförmige Verbindungen sind möglich mit lauter Einfachbindungen sowie mit Doppelbindungen.

Das ist ein erster Überblick über die chemischen Strukturen, mit denen wir es zu tun haben. Die Strukturen beeinflussen wesentlich die Eigenschaften dieser Stoffe, die nachher dafür verantwortlich sind, was mit diesen Stoffen passiert, wenn sie in die Umwelt oder in ein aquatisches System eingetragen werden. Wenn Sie im Chemiebuch nachschauen, wo überall Kohlenwasserstoffe vorkommen, dann sehen Sie, daß diese strukturmäßig einfache Substanzklasse - sie besteht ja nur aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen - in sehr vielen Verbindungen vorkommt. Erstens finden Sie Kohlenwasserstoffe als Naturstoffe: der einfachste Vertreter, das Methan, auch Biogas genannt. Auch Erdöl, Erdgas und Kohle gehören im Prinzip zu den Naturstoffen, obwohl dies ein bißchen im weiteren Sinn zu nehmen ist, weil diese Stoffe ursprünglich biogene Stoffe sind, dann aber geochemisch umgewandelt wurden. Daneben finden Sie technische Stoffe, die aus Erdöl und Erdgas gewonnen werden, Benzin, Heizöl, die modernen fossilen Brenn- und Heizstoffe, dann gibt es Lösemittel, Tetrachlorethylen als Stichwort hier, Insektizide — bekanntes Beispiel DDT —, Isolierstoffe, z. B. die polychlorierten Biphenyle, die PCB. Einige dieser technischen Stoffe, oder, ich möchte fast sagen alle diese technischen Stoffe, können zum Teil in die Umwelt gelangen, und man bezeichnet sie dann als Umweltstoffe.

Aus den Naturstoffen können durch chemisch-technische Umwandlungen technische Stoffe hergestellt werden. Die technischen Stoffe können zu Umweltstoffen werden, weil bei der Produktion, bei der Lagerung, beim Transport, beim Verbrauch und bei der Abfallbeseitigung dieser Stoffe immer gewisse Anteile in die Umwelt gelangen können, und zwar einerseits durch Unfälle, durch Unachtsamkeit, Havarien, andererseits aber auch durch chronischen Eintrag. Zu den Umweltstoffen gehören auch verschiedene Verbrennungsprodukte, die bei der unvollständigen Verbrennung entstehen. Bekanntester Vertreter dieser Stoffe ist das kanzerogene Benzopyren. Damit möchte ich meinen Überblick über die Stoffklasse der Kohlenwasserstoffe abschließen und möchte Ihnen nun zeigen, in was für ein System diese Substanzen eingetragen werden.

Die Umweltsysteme im allgemeinen und die aquatischen Systeme im speziellen kann man in verschiedene Kompartimente einteilen. Die Abb. 2 zeigt ein prinzipielles Schema, nach dem wir unsere Überlegungen ausrichten müssen.

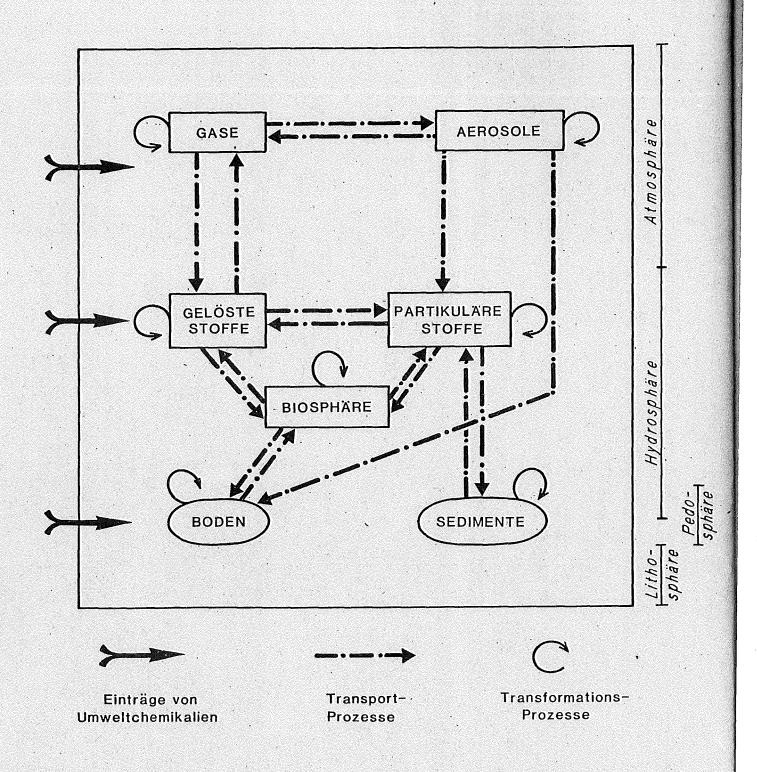


Abb. 2 Verteilung von Umweltchemikalien in der Umwelt

Im rechteckigen Rahmen ist ein aquatisches System oder auch ganz generell ein Umweltsystem dargestellt. In dieses System werden gewisse Umweltstoffe eingetragen, und sie unterliegen dann verschiedenen Prozessen. Sie werden transportiert und transformiert. Das führt zu bestimmten Konzentrationen in bestimmten Teilen des Systems, und wenn diese Konzentrationen genügend hoch sind, können eben auch Schadwirkungen entstehen, und zwar Schadwirkungen ganz ausdrücklich am Ökosystem selbst und Schadwirkungen, wenn man dieses Wasser als Trinkwasser benutzt. Die Abb. 2 zeigt vereinfacht gezeichnet unsere Umwelt und die Umweltchemikalien, die wir in unsere Umwelt eintragen. Man kann die Umwelt auch einteilen, wie das am rechten Rand der Abb. 1 eingezeichnet ist. Wir haben eine Atmosphäre, eine Hydrosphäre und eine Pedosphäre – eine Bodenumwelt – sowie eine Lithosphäre (Gesteine). Durch weite Bereiche hindurch reicht die belebte Umwelt, die Biosphäre. Man muß diese Systeme miteinander gekoppelt sehen. Es wäre falsch, wenn wir nur das Wassersystem herausnähmen und isoliert betrachten würden. Neueste Beispiele zeigen sehr deutlich, daß diese Systeme eng gekoppelt sind. Beispielsweise können aus dem Regen Einträge auf den Boden kommen, die dann plötzlich zu Schadwirkungen im System Boden führen. Das Umweltsystem kann aber auch mehr chemisch oder physikalisch aufgeteilt werden in eine Gasphase, in eine Aerosolphase, in der Luft und im Wasser in eine gelöste und in eine partikuläre Phase (siehe Abb. 2). Und innerhalb dieser verschiedenen Phasen werden die Umweltstoffe verteilt. Wenn jetzt irgendein Kohlenwasserstoff in die Umwelt eingetragen wird, dann passieren mit ihm verschiedene Vorgänge, und zwar Transportprozesse, die diesen Stoff in die verschiedenen Kompartimente verteilen, oder Transformationsprozesse, die Umwandlungen der Chemikalien bewirken und die zum Teil im gleichen Kompartiment ablaufen. Diese Transport- und Transformationsprozesse werden durch die chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften der Stoffe beeinflußt. Welche sind nun die wichtigsten Prozesse, insbesondere, wenn wir an unsere Kühlwasserstoffe denken? Man kann im Prinzip vier Prozesse anführen. Es sind erstens einmal zwei Transportprozesse, die Verflüchtigung (ein teilweise nicht ganz korrektes Wort) – damit meine ich den Übergang von der gelösten oder flüssigen Phase in die Gasphase. Also, wenn wir zurückgehen zu unserem systematischen System in Abb. 2, ist das der Übergang von den gelösten Stoffen in die Gasphase. Dann die Adsorbtion. Damit meine ich Festkleben, Adsorbieren an der Festphase – das ist der Übergang von der gelösten zur partikulären Phase. Dann gibt es Transformationen: vor allem biochemische, aber auch photochemische sind hier sehr, wichtig. Alle diese Vorgänge werden beeinflußt durch die Schadstoffeigenschaften. Die Flüchtigkeit entscheidet zusammen mit der Löslichkeit im Wasser darüber, ob eine Substanz in der Wasserphase bleibt oder ob sie in die Luft übertragen wird. Die Löslichkeit wiederum ist wesentlich dafür verantwortlich, ob eine Substanz mehr im Wasser gelöst, oder ob sie mehr in den Festkörpern, die im Wasser enthalten sind adsorbiert. Die biologische Abbaubarkeit bestimmt, ob eine Substanz lange in einem System Kompartiment bleibt, oder ob sie rasch durch biologische Vorgänge eliminiert oder zumindest umgebildet wird. Vielleicht ist das ganze jetzt zu allgemein formuliert, aber Sie müssen sich das anhand einzelner Beispiele vorstellen. Nehmen Sie an, daß Sie eine Kohlenwasserstofffraktion beurteilen wollen, d. h. daß Sie z. B. abschätzen müssen, was mit Benzin passiert, wenn es als Umweltverschmutzung in einen Fluß eingetragen wird. Dann wissen Sie von der Flüchtigkeit her, daß viele Komponenten dieses Benzins sehr leichtflüchtig sind und Sie können voraussagen, daß ein Teil des Benzins in die Atmosphäre übertragen wird. Man weiß aber auch, daß gewisse Komponenten des Benzins relativ gut wasserlöslich sind und damit mit dem Wasser transportiert werden. Im Vergleich dazu: Was passiert mit einer Heizöl- oder Dieselölfraktion? Sie können direkt vorhersagen, daß von der Heizölfraktion nur ein kleinerer Teil in die Luft gehen wird. Es gibt aber auch im Heizöl relativ gut wasserlösliche Komponenten, die werden vom Wasser wegtransportiert. Andererseits haben

wir im Heizöl Komponenten, die schlecht wasserlöslich sind und eine hohe Tendenz zur Adsorption zeigen. Diese Komponenten werden Sie in den partikulären Stoffen finden. Bezüglich biologischer Abbaubarkeit ist es so, daß man heute zunehmend gute Kenntnisse hat, wie sich die Strukturen der Kohlenwasserstoffe auf die biologische Abbaubarkeit auswirken. Man weiß z. B. sehr gut, daß, je mehr Chloratome in einem Molekühl eingebaut sind, dessen Abbaubarkeit desto schlechter wird. Wenn Sie ein Ethylen nehmen, also eine Verbindung mit einer Doppelbindung, und wenn Sie da nur ein Chloratom einfügen, haben sie eine noch relativ gut abbaubare Substanz. Wenn Sie aber Ethylen voll chlorieren, also alle vier Kohlenstoffe mit Chlor verbinden, dann haben Sie eine sehr schlecht abbaubare Substanz. Man kennt auch weitere Regeln, man weiß z. B. daß geradkettige Verbindungen, d. h. Kohlenwasserstoffe, die geradkettig aufgebaut sind, viel leichter abbaubar sind, als Kohlenwasserstoffe, die kompliziert verzweigt sind. Das hat man z. B. im Falle der in den 60er Jahren problematischen anionischen Tenside ausgenutzt, die solche verzweigte Ketten enthielten. Diese Chemikalien wurden nicht abgebaut und führten zu Schaumwirkungen auf den Flüssen. Diese Tenside hat man durch Moleküle mit geraden Ketten ersetzt, die nun in den heutigen Kläranlagen und auch in den Flüssen weitgehend abgebaut werden, sodaß keine Schaumbildung mehr auftritt.

Sie sehen, wir haben ein kompliziertes Zusammenspiel von verschiedenen Transport- und Transformationsprozessen, die schließlich dafür verantwortlich sind, was mit einer Verschmutzung in einem aquatischen System passiert.

Diese Prozesse sind generell brauchbar. Man kann das Schema in Abb. 2 verwenden für Seen und Flüsse. Man kann es aber auch für die Vorgänge in einer biologischen Kläranlage brauchen, oder in einer Wasseraufbereitungsanlage.

Nun möchte ich zum Thema Grundwasser übergehen. Und hier möchte ich Ihnen einige Forschungsprojekte und Resultate von Forschungsprojekten vorstellen, die wir an der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) durchgeführt, bzw. erarbeitet haben. Unsere Forschungsarbeiten werden immer direkt durch Vorgänge in der Gewässerschutzpraxis beeinflußt. Wir hoffen, daß unsere Forschungsergebnisse auch wieder eine Wirkung auf die praktischen Belange des Gewässerschutzes und auf die Praxis der Wasseraufbereitung haben.

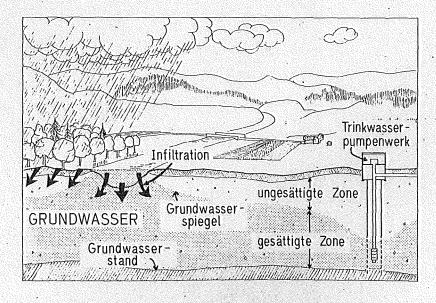


Abb. 3 Grundwasserbegriffe

Zuerst möchte ich kurz wiederholen, was ein Grundwasser ist, wie es aufgebaut ist und welche Begriffe häufig gebraucht werden (Abb. 3). Die Abbildung 3 zeigt in einer vereinfachten Darstellung ein Grundwasser-führendes Flußtal. Wir haben oft die Situation, daß ein Fluß in ein Grundwasser infiltriert, dabei wird Wasser aus dem Fluß in das Grundwasser eingetragen. Es kann auch das Umgekehrte vorkommen, daß Wasser exfiltriert. Wir sprechen von einer ungesättigten oder gesättigten Zone des Grundwassers und die untere Begrenzung des Grundwassers wird als Grundwasserstauer bezeichnet. Wenn wir Trinkwasser herauspumpen, dann bilden wir in der Regel eine Absenkung im Grundwasserspiegel. Die Grundwasserverunreinigungen sind dadurch charakterisiert, daß man im Prinzip 2 Typen unterscheiden kann. Es gibt einerseits diffuse Einträge aus verunreinigten Flüssen, aus der Landwirtschaft das Nitratproblem, das im vorhergehenden Vortrag schon angesprochen wurde. Man muß aber zunehmend damit rechnen, daß der Regen eben auch Verunreinigungen in verschiedenstem Sinne ins Grundwasser eintragen kann. Daneben gibt es punktförmige Einträge; Havarien, Unfälle, Ölunfälle, Lösemittelunfälle und bereits angesprochene Deponien, die im Prinzip das Grundwasser an einem Punkt verunreinigen. Die Arten der Verunreinigungen, die bis heute in Grundwässern bekannt sind, sind einerseits bakterielle Verunreinigungen, dann anorganische Verunreinigungen (Nitrat, Chlorid). Schließlich traten organische Chemikalien häufig aus Grundwasserverunreinigungen auf, da es in den letzten 10 bis 20 Jahren sehr viele Öl- und Benzinunfälle gegeben hat. In der Schweiz hat sich die Situation bezüglich Öl- und Benzinunfälle wesentlich gebessert durch massive und auch teure Maßnahmen durch die Vorschriften, die heute für Öl- und Benzintanklager gelten. Es gibt auch Probleme mit Herbiziden. So werden z. B. in der Schweiz an Bahndämmen Herbizide eingesetzt, die direkt ins Grundwasser eindringen. Im landwirtschaftlichen Bereich ist dies weniger kritisch, weil dort eine gute Bodenpassage verhindert, daß die Herbizide in das Grundwasser eindringen. Wir haben auch immer wieder Probleme mit Jauche, die das Grundwasser verunreinigt. Wir haben Probleme mit Deponiesickerwässern und schließlich hat sich über die letzten Jahre eine Entwicklung ergeben, daß überall organische Lösemittel als Grundwasserverunreinigungen erkannt werden. Heute gibt es viele Fälle, in denen organische Lösemittel, diese flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe für das Grundwasser ein Problem sind.

Tab. 1 Übersicht über die wichtigsten untersuchten organischen Verbindungen

trivial	Name IUPACa)	Summen- formel	Strukturformel	Wasser- löslichkeit <sup>b)</sup>	Oktanol/ Wasser- Verteilungs- koeffizient <sup>c)</sup>	Verwendung, Herkunft
THE CONTRACT				(mg//)	log K <sub>ow</sub>	
Tetrachlorethylen Perchlorethylen	-Kohlenwasserstoffe Tetrachlorethen	C₂ Cl₄	$c_{CI} = c_{CI}$	150	2.88	
PER Trichlorethylen TRI	Trichlorethen	C₂HCl₃	CI C H	1 100	2.29	Lösemittel
Trichlorethan Methylchloroforr	1,1,1-Trichlorethan n	C₂H₃Cl₃	CI-C — C-H	1 600	2.17	
Γetrachlorkohlen:	stoff Tetrachlormethan	CCI <sub>4</sub>	a-ç-a a	. 800		
Chloroform	Trichlormethan	CHCl <sub>3</sub>	CI CI-C-H CI	8 200 .	1.97	Lösemittel, Produkt der Was-
Methylenchlorid	Dichlormethan	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	СІ СІ-С-Н Н	13 700	1.25	serchlorung Lösemittel
Aromatische Koh	lenwasserstoffe					
	Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		1 780	2.13 - )	Lösemittel
Γoluol	Methylbenzol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	(C)−CH₃	535	2.69	Lösemittel
n-Xylol	1,3-Dimethylbenzol	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>		3.15	Wasserlösliche Be- standteile der Mineral- öle und Benzine
C <sub>n</sub> -Benzole <sup>b)</sup>			(G) C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub>	90b.		
	Naphthalin	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	<u> </u>	32	3.30 J	
Chlorierte Benzo	le .		30			
	Chlorbenzol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	<b>⊘</b> -α	460`	2.71	Lösemittel
-Dichlorbenzol	1,4-Dichlorbenzol	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	a- <b>⊘</b> -a	80	3.38	Deodorant
DCB .	· Chlorierte Benzole		Q CIn			
НСВ	Hexachlorbenzol	· C <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	a -	0,005	6.06	Fungizid
Chlorierte Pheno	le					
	Chlorierte Phenole		CI <sub>n</sub> ∕O−OH CI CI		2.6-4.87 <sup>d)</sup>	Produkte der Was- serchlorung
	Pentachlorphenol	C <sub>6</sub> HOCl <sub>5</sub>	CI CI CI CI	. 14	5.25 <sup>d)</sup>	Holzschutzmittel Fungizid Bakterizid

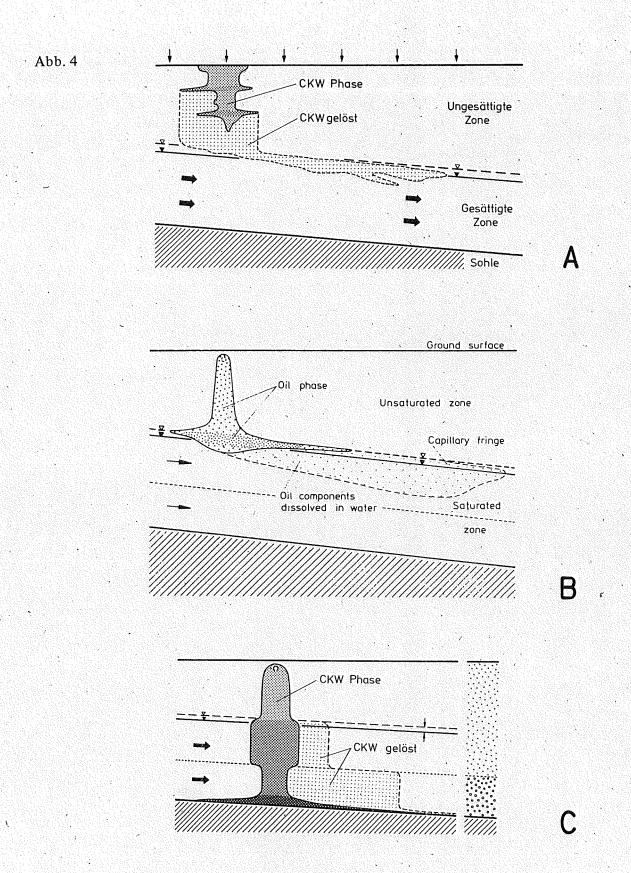
Gaż - Eaux - Eaux usées 63 e année 1983 no 9

(GIGER et al. 1983)

a) IUPAC = International Union for Pure and Applied Chemistry
b) Als C<sub>n</sub>-Benzole werden Alkylbenzole bezeichnet, welche in den Alkylsubstituenten n Kohlenstoffatome enthalten.
c) Hansch, C., und Leo, A., Substituent Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, Elsevier, Amsterdam, 1979.

d) Leuenberger, Ch., and Schellenberg, K., Chemosphere, 12, 1983.

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Substanzen, die als Grundwasser-problematische Stoffe in Frage kommen. Da sind erstens das Tetrachlorethylen, das vollchlorierte Ethylen, dann Trichlorethylen und das 1,1,1 Trichlorethan. Das sind drei sehr wichtige Lösemittel, die generell gebraucht werden und gar nicht nur in der Industrie, sondern auch in vielen Gewerbe- und Kleinbetrieben. Jede chemische Reinigung braucht Tetrachlorethylen, fast jeder Metallbetrieb braucht diese Lösemittel, um Metallteile, die gefettet waren, wieder zu entfetten. Dann gibt es auch Methylenchlorid, Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff als Lösemittel und schließlich das 1,4-Dichlorbenzol (s. Abb. 2). Diese Chemikalie wird z. Z. sehr häufig in WC-Reinigern eingesetzt. Diese ganze Klasse hier bezeichnen wir als flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe. Flüchtig deshalb, weil sie relativ niedrige Siedepunkte haben. Ich werde im folgenden hauptsächlich von den chlorierten flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen sprechen, vor allem von Tetrachlorethylen und Dichlorbenzol. Es handelt sich hier um in großem Maßstab eingesetzte Chemikalien, welche industriell hergestellt wurden. Die Weltproduktion an Tetrachlorethylen ist 600.000 Tonnen pro Jahr. Allein in der Schweiz werden 10 bis 15.000 Tonnen pro Jahr verbraucht. Nun, wie hat sich diese Problematik der Grundwasserverunreinigungen durch chlorierte Kohlenwasserstoffe entwickelt? Ich möchte Ihnen ganz kurz einen Überblick geben, wie diese Geschichte sich ergeben hat. Der erste Fall in der Schweiz ereignete sich 1974 im Hardhof, am Rande der Stadt Zürich. Direkt neben Grundwasserfassungen der Wasserversorgung der Stadt Zürich hatte eine Kadaverentfettungsanlage Tetrachlorethylen gebraucht und über Jahre hinweg durch mangelnde Sorgfalt das Grundwasser verunreinigt. 1976 haben wir dann in Dübendorf mehr oder weniger neben der EAWAG entdeckt, daß eine chemische Reinigung das Grundwasser massiv mit Tetrachlorethylen verunreinigt hatte. In der Folge hat man an verschiedenen Orten in der Schweiz in industriell und gewerblich genutzten Gebieten gemerkt, daß die Grundwässer stark durch diese chlorierten Kohlenwasserstoffe belastet sind. Wir haben in Kaiseraugst einen Fall bearbeitet, wo chlorierte Substanzen aus einer chemischen Fabrik in das Grundwasser eingedrungen sind, und wo dann auch Schwefelverbindungen entstanden. In einem andern Fall untersuchten wir die Folgen einer alten Sondermülldeponie, die 1957 bis 59 in der Stadt Basel betrieben worden war. Nach den Aussagen der hydrogeologischen Experten hätte die Deponie dicht sein sollen. Man hat jedoch nach 2 Jahren gemerkt, daß dies nicht zutraf, und die Deponie wurde geschlossen. Das deponierte Material verblieb jedoch dort, das Gelände wurde überbaut, und man kann das Deponiematerial heute nicht mehr entfernen. Es wird dort ständig Grundwasser von einer Firma gepumpt, die das Wasser gratis bekommt, es aber nur zu Kühlzwecken verwenden darf. Heute, nach mehr als 25 Jahren, enthält das Grundwasser immer noch chlorierte Kohlenwasserstoffe, die aus der Deponie ausgewaschen werden. Das soll Ihnen eine Vorstellung über die Zeiträume, mit denen wir es zu tun haben, geben. Im Falle der Grundwasserverunreinigung durch chlorierte Kohlenwasserstoffe geht es nicht um Jahre, sondern um Jahrzehnte, wenn nicht sogar um mehr. Abschließend sei hier noch ein Fall aus dem Jahr 1984 angeführt. Die Grundwasserverunreinigung im Dorfe Weißlingen wurde gerade vor zwei Wochen entdeckt. Man war sehr erstaunt, daß ausgerechnet in dem kleinen Bauerndorf das Grundwasser mit Tetrachlorethylen verunreinigt ist. Der Grund dafür ist, so glaube ich, noch nicht ganz aufgezeigt, aber für solche Verunreinigungen braucht es eben keine große Industrie, sondern nur einen Betrieb, z. B. nur eine Garage, die nicht vernünftig operiert, und schon ist das Grundwasser stark belastet. Es sind in ganz Europa und Amerika solche Grundwasserverunreinigungen durch flüchtige Halogenkohlenwasserstoffe aufgetreten. Sie alle kennen die Fälle von Wiener Neustadt, Graz und Salzburg wahrscheinlich besser als ich. Ich möchte Ihnen noch kurz einen Schweizer Havariefall schildern und aufzeigen, wie schnell wichtige Grundwasserversorgungen beeinträchtigt werden. Der Fall handelt von der Stadt Basel, der "Chemiestadt" der Schweiz, wobei aber dieses Mal die chemische Großindustrie nichts mit der Umweltverunreinigung zu tun hat. Die Wasserversorgung der Stadt Basel beruht sehr stark auf zwei künstlichen Grundwasseranreicherungen, in denen Rheinwasser relativ einfach aufbereitet, und nachher künstlich damit das Grundwasser angereichert wird. Die eine Grundwasseranreicherungs-Anlage befindet sich nahe der Grenze zu Deutschland. Bei der routinemäßigen Überwachung dieser Brunnen hat man. gemerkt, daß in den grenznahen Brunnen hohe Gehalte von Trichlorethylen auftreten. Man konnte dann zeigen, daß hier in Deutschland (Lörrach) zwei Betriebe Trichlorethylen verwenden, die das Grundwasser verunreinigt haben. Dieses Trichlorethylen ist dann über weite Strecken, also über mehrere Kilometer hin, im Grundwasser gewandert und ist schließlich als Grundwasserverunreinigung in den Trinkwasserbrunnen aufgetreten. Das zeigt einen zweiten sehr wichtigen Punkt bei den chlorierten Kohlenwasserstoffen. Sie sind relativ mobil. Sie werden also nicht stark an die Oberflächen der Festkörperphase gebunden, sondern sie sind relativ gut wasserlöslich. Tetrachlorethylen hat eine Wasserlöslichkeit von 150 mg/l. Daher können diese Mikrogramm- bis Milligramm-Konzentrationen sehr leicht mit dem Wasser wegtransportiert werden. Also, flüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe werden mit dem Grundwasser über weite Distanzen transportiert. Man hat in der Folge das Grundwasser abgepumpt, um den Grundwasserkörper wieder zu sanieren, und plötzlich hat man in gewissen Beobachtungsrohren gemerkt, daß das Grundwasser viel höhere Gehalte an Tetrachlorethylen aufwies. Es erwies sich dann, daß mitten im Grundwasserschutzgebiet eine weitere Verschmutzung in einem Haus stattgefunden hatte, das der Stadt Basel gehört. Im Keller dieses Hauses wurde eine nicht bewilligte chemische Reinigung betrieben - mitten auf diesem Grundwasserschutzgebiet - und hat das Grundwasser während mehrerer Jahre verunreinigt. Diese beschriebenen Fälle beruhten im Prinzip immer auf Havarien, auf akuten, massiven Einträgen dieser Stoffe in das Grundwasser. Ich möchte im folgenden einige Ausführungen über das Verhalten der organischen Schmutzstoffe machen, im speziellen der Kohlenwasserstoffe im Grundwasser. Ich werde als erstes schildern, was passiert, wenn diese Kohlenwasserstoffe als Phase, als massive Verunreinigung, in ein Grundwasser eingetragen werden. Anschließend möchte ich darstellen, wie sich Stoffe verhalten, wenn sie bereits im Wasser gelöst sind, und als gelöste Kohlenwasserstoffe ins Grundwasser gelangen. Das Verhalten der Kohlenwasserstoffe als getrennte Phase wurde sehr gründlich und illustrativ von Dr. Schwille an der Deutschen Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz studiert. Er hat auf diesem Gebiet sehr gute Publikationen gemacht. Er hat auch in einem Film das Verhalten der flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe festgehalten. Nun muß man im Prinzip drei Fälle unterscheiden, die in Abb. 4 A,B,C dargestellt sind.

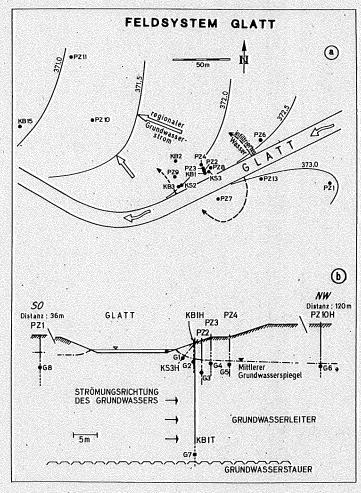


Verhalten von Öl und flüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) bei akuten Grundwasserverunreinigungen (nach SCHWILLE 1975, 1982).

Ich möchte jetzt Öl und flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe miteinander vergleichen. Es gibt den Fall A, in dem Öl oder chlorierte Kohlenwasserstoffe in das Grundwasser oder in die ungesättigte Phase eingetragen werden, und hier in der ungesättigten Phase hängenbleiben. Dies gilt sowohl für Öl als auch für flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe. Durch das Durchsickern des Sickerwassers wird ein Teil dieser Stoffe als Verunreinigungsfahne ausgewaschen. Diese Fahne bleibt dann im Normalfall in der obersten Schicht des Grundwassers hängen. Wenn Öl in größeren Mengen eingetragen wird, sodaß die ungesättigte Zone hier durchstoßen wird, dann bleibt das Öl nachher auf der Oberfläche des Grundwassers sitzen (Fall B, Abb. 4). Es dringt nicht durch das Grundwasser hindurch, weil die Öl-Kohlenwasserstoffe leichter sind als Wasser. Dies bewirkt dann, daß das Öl mit dem Grundwasser in der Richtung des Grundwasserstromes abtransportiert wird. Wiederum werden gewisse Substanzen herausgewaschen und können größere Gebiete verunreinigen. Das Bild sieht wesentlich anders aus bei den chlorierten Kohlenwasserstoffen (Fall C). Diese Substanzen sind schwerer als Wasser, und wenn sie in die gesättigte Zone kommen, dringen sie durch das ganze Grundwasser hindurch bis auf die Sohle des Grundwassers. Ich glaube, daß viele der heute beobachteten Fälle zurückzuführen sind auf solche durch die grundwassergesättigte Zone hindurchgedrungenen Kohlenwasserstoffe, die auf dem Grundwasserstauer ein Depot gebildet haben, und die nun langsam, über Jahre hinweg, durch das vorbeiströmende Grundwasser ausgewaschen werden. Im Fall Dübendorf haben wir zufällig durch eine Beobachtungsrohr-Bohrung das Zentrum der Verschmutzung direkt getroffen und wir haben durch Schöpfproben aus dem Beobachtungsrohr eine Schicht Tetrachlorethylen und eine Schicht Wasser herausnehmen können. Das hat natürlich auch Konsequenzen, wenn man solche Öl- oder Chlorwasserstoffunfälle sanieren will. Im Prinzip muß man bei einem Ölunfall einen Sanierungsbrunnen so bauen, daß man die oberste Schicht des Grundwassers anbohrt und herauspumpt. Bei einem Chlor-Kohlenwasserstoffunfall hingegen muß man den Sanierungsbrunnen im Prinzip bis auf den Grundwasserstauer bohren. Wenn man nur oben wegpumpen würde, würde man von dem Tetrachlorethylen, das da unten liegt, gar nichts wegbekommen. Soviel zum Verhalten dieser Stoffe, wenn sie ins Grundwasser eindringen.

Man weiß jedoch auch, daß diese Stoffe auch als gelöste Flußverunreinigungen in das Grundwasser eindringen können. Und auf diesem Gebiet haben wir an der EAWAG ein längeres Projekt durchgeführt mit der Fragestellung, welche Schmutzstoffe aus einem Fluß ins Grundwasser eindringen können. Dies ist eine sehr interessante und wichtige Frage, vor allem in Situationen, wo man relativ ufernah Trinkwasser entnehmen will. Wir haben dann auch die Fragen gestellt, wie sich die Substanzen verhalten und wie man sie, ohne große Experimente machen zu müssen, beurteilen kann. Wir haben hierfür einerseits Feldstudien an natürlichen Infiltrationssystemen durchgeführt. Andererseits haben wir im Labor bestimmte Transport- und Transformationsprozesse studiert. Ich möchte im folgenden Resultate unserer Feldstudien kurz vorführen und die wichtigsten Folgerungen aufzeigen. Wir haben für unsere Untersuchungen zwei Feldsysteme in der Schweiz ausgewählt, eines am Fluss Glatt bei Glattfelden. Die Glatt ist ein Fluß in der Nähe von Zürich, der sehr stark durch Abwässer aus dem Einzugsbereich der Stadt belastet wird. Bei Niederwasser enthält die Glatt im Unterteil 20 % der gereinigten Abwässer. Das meiste Wasser geht durch mechanisch-biologische Kläranlagen. Aber der Abwasseranteil im Fluß ist sehr hoch, sodaß dieser Fluß sehr stark belastet ist, und wir konnten unsere Studien hier sehr gut durchführen. Wir haben noch ein zweites Feldsystem an der Aare ausgewählt, um einen größeren, weniger belasteten Fluß zu studieren.

Hier kurz ein Überblick über das Feldsystem an der Glatt. Abb. 5



Feldsystem Glatt bei Glattfelden a: Übersichtsplan mit Isohypsen des mittleren Grundwasserspiegels, Wasserfliessrichtungen und Lage der Grundwasserbeobachtungsrohre. b: Schematisches Querprofil mit der Lage der Beobachtungsrohre und der Probenahmestellen G1-G8.

(GIGER et al. 1983)

Der Fluß ist in diesem Gebiet im sogenannten hydraulischen Anschluß an das Grundwasser. D. h., es gibt keine ungesättigte Zone, sondern das Flußwasser dringt direkt in das Grundwasser ein (auch Abb. 2). Wir haben eine ganze Reihe von Beobachtungsrohren gebohrt und im Prinzip so, daß wir ein Querprofil zum Glattufer erschlossen haben. Dieses Querprofil ist in Abb. 4 B aufgezeichnet. Wir haben in diesem Profil die Möglichkeit, Grundwasserproben zu entnehmen, die aus unterschiedlichen Abständen zur Flußsohle stammen. Wir können

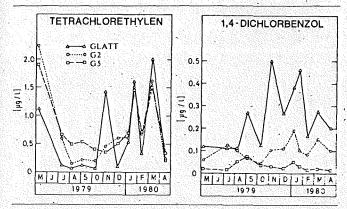
also das Wasser beobachten, das aus dem Fluß in das Grundwasser infiltriert. Wir sind ziemlich sicher, daß das Grundwasser geschichtet ist, sodaß wir im Prinzip das Verhalten einzelner Substanzen beim Infiltrieren vom Fluß in das Grundwasser studieren können. Als erstes haben wir die flüchtigen Kohlenwasserstoffe untersucht, und ich möchte Ihnen hier einige Resultate aufzeigen. Die Konzentration in der Glatt ist nicht immer gleich, die ja einmal mehr, einmal weniger Wasser führt. Wir haben über ein Jahr hinweg jeden Monat eine Probe entnommen und sie haben in Abb. 5 die Resultate für Tetrachlorethylen und Dichlorbenzol, und zwar aus dem Fluß, aus einem ufernahen Rohr (2,5 m Distanz zur Flußsohle), und aus einem Rohr, das etwa 14 m von der Flußsohle entfernt ist.

Sie sehen, daß Tetrachlorethylen im Fluß beachtliche Konzentrationsschwankungen zeigt, die auch in das Grundwasser übertragen werden. Das Dichlorbenzol zeigt ebenfalls Schwankungen, die aber nur schwach in das Grundwasserübertragen werden. Man sieht bereits in dieser Darstellung, daß mit dem Tetrachlorethylen nichts passiert, während das Dichlorbenzol deutlich eliminiert wird. Daneben haben wir auch viele andere Parameter gemessen, die auch von Interesse sind (Abb. 7). So etwa der gelöste organische Kohlenwasserstoff (DOC), der ebenfalls herabgesetzt wird. Der im Fluß reichlich vorhandene Sauerstoff wird durch biologischen Abbau und durch Nitrifikation bei der Infiltration gezehrt. Man kann die Abb. 6 zusammenfassen, indem man Mittelwerte bildet. Wir haben die Erfahrung gemacht, daß man mit ca. 12 Messungen statistisch relativ vernünftige Mittelwerte bestimmen kann. Abb. 8 zeigt solche Jahresmittelwerte. Wir haben hier in Abb. 5 die Konzentrationen im Verhältnis zum Abstand vom Fluß dargestellt.

Und Sie sehen, man kann im Prinzip drei verschiedene Substanzen unterscheiden, oder drei Typen von Verhalten unterscheiden. Wir haben einerseits das Tetrachlorethylen, das ohne irgendwie beeinflußt zu werden, in das Grundwasser eindringt. Mit dem passiert überhaupt nichts, es wird höchstens verdünnt.

Und weil die Hydrogeologie hier so ist, daß wir in den oberen Schichten keine wesentliche Verdünnung haben, bleiben die Konzentrationen gleich. Das Dichlorbenzol wird langsam abgebaut. Über die ersten drei bis fünf Meter wird diese Substanz langsam reduziert, und das 1,3 Dimethylbenzol wird sehr rasch abgebaut. 1,3 Dimethylbenzol ist repräsentativ für die löslichen Bestandteile des Heizöls oder des Benzins. Sie sehen also, mit diesen Untersuchungen kann man im Prinzip das Verhalten dieser Substanzen beurteilen und zwar aufgrund von Feldversuchen.

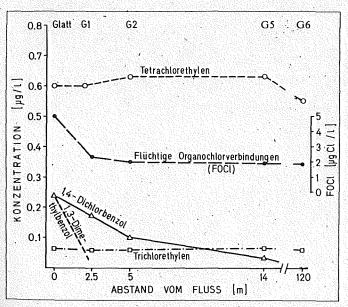
Wir haben zudem die Grundwasserinfiltration im Labor simuliert, indem wir Material aus diesen Feldbohrungen in Laborkolonnen gepackt haben. Wir haben im Labor das Verhalten von Tetrachlorethylen, Dichlorbenzol und Xylolen untersucht. Die Resultate aus den Laborkolonnen zeigen, daß Tetrachlorethylen durchschlägt und dann konstant bleibt, dem passiert auch in der Laborkolonne nichts. Das Dichlorbenzol hingegen schlägt zu etwa 60 % durch und nimmt dann ab. Die Xylole und die Ethylbenzole nehmen sofort ab und werden rasch eliminiert. Der Grund für diese Elimination muß der biologische Abbau sein — oder besser eine biologische Transformation.



Konzentrationen von Tetrachlorethylen und 1,4-Dichlorbenzol im Feldsystem Glatt

(GIGER et al. 1983)

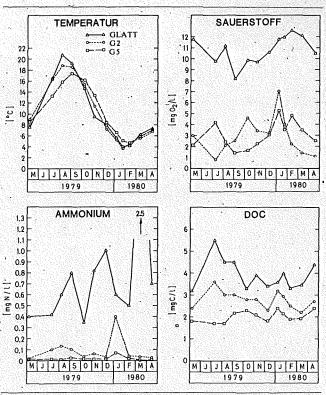
Abb. 8



Jahresmittelwerte für flüchtige organische Wasserverunreinigungen im Feldsystem Glatt

(GIGER et.al. 1983)

Abb. 7



Wassertemperaturen und Konzentrationen von Sauerstoff, Ammonium und DOC im Feldsystem Glatt.

(GIGER et al. 1983)

.

Ich möchte abschließend nochmals zusammenfassen:

Aus der Gruppe der sogenannten flüchtigen Kohlenwasserstoffe müssen wir drei Typen unterscheiden. Wir haben einerseits Substanzen, die ungehindert in das Grundwasser eindringen. Dazu gehören Tetrachlorethylen, Trichlorethylen, 1,1,1-Trichlorethylen, aber auch Chloroform. Dann haben wir gewisse Verbindungen, die unter aeroben Bedingungen abgebaut werden (z. B. Dichlorbenzol); schneller unter aeroben und anaeroben Bedingungen werden die wasserlöslichen Anteile des Heizöls abgebaut. Also nochmals: es besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen den Öl- und Kohlenwasserstoffen und den flüchtigen Halogen-Kohlenwasserstoffen in Bezug auf Biodegradibilität. Die Öl-Kohlenwasserstoffe sind entweder relativ immobil, d. h., sie bleiben an der Festkörperphase hängen, oder werden doch relativ gut abgebaut.

Die flüchtigen Halogen-Kohlenwasserstoffe, vor allem die vollchlorierten Substanzen, sind sehr persistent, sie sind aber auch mobil und werden vom Grundwasser über weite Distanzen transportiert.

Damit möchte ich abschließen und Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit danken.

# DAS VORKOMMEN VON CHLORIERTEN KOHLENWASSERSTOFFEN IM GROßRAUM DES WR. BECKENS

Dr. Wolfgang Bolzer Gemeinde Wien

Zur Präzisierung des Titels sei festgehalten, daß sich der gegenständliche Vortrag auf die Kontamination des Grundwassers im Wr. Becken und insbesondere auf die Kontamination des Grundwassers im Wr. Stadtgebiet mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen von der Art der chlorierten Lösungsmittel bezieht.

Die Substanzen dieser Stoffgruppe bestehen aus relativ einfachen Molekülen und sind hauptsächlich Abkömmlinge des Methans und des Äthans bzw. dessen ungesättigter Form des Äthers, in denen eine Reihe von Wasserstoffatomen durch Chloratome ersetzt sind. Hauptvertreter sind hiebei:

1,1,1-Trichloräthan Dichlormethan Trichloräthen (Trichloräthylen, TRI) und Tetrachloräthen (Tetrachloräthylen, PER)

Diese chlorierten Lösungsmittel haben hervorragende technologische Eigenschaften und sind mangels Feuergefährlichkeit bei den diversen Fabrikationsvorgängen relativ sicher zu handhaben.

Diese Mittel werden in 80 % aller Anwendungsfälle für die Metallentfettung verwendet. Trichloräthen auch für Lacke und die industrielle Textilreinigung, Tetrachloräthen auch zur Chemischreinigung in Putzereien und als Extraktionsmittel. Zusätzliche Anwendungen sind auch der Einsatz in Mischlösungsmitteln und in Klebstoffen

Aus diesem Grund wurden bereits Mitte der 70er Jahre weltweit etwa 3 Millionen Tonnen chlorierte Lösungsmittel jährlich erzeugt und verbraucht. In Österreich beträgt der Verbrauch etwa 10 000 bis 15 000 t/a, in der BRD etwa 200 000 t/a, was bedeutet, daß bei uns der theoretische jährliche pro Kopf-Verbrauch etwa 2 kg beträgt und in der BRD etwa 3 kg. Zu erwähnen ist hiebei, daß diese Verbindungsklasse erst etwa seit 100 Jahren bekannt ist und erst seit den 50er Jahren ihren Siegeszug bezüglich industrieller und gewerblicher Verwendung angetreten hat.

Potentielle Verwender sind die Metallindustrie (Oberflächenbehandlung, Maschinenbau, Schleifereien, Gießereien, Drehereien), pharmazeutische und chemische Betriebe, Chemisch-Reinigungen, Textilindustrie, Kunststoff- und Papier- und Zellstoffindustrie, Elektroindustrie (zur Reinigung der Platinen und Bauteilreinigung), KFZ-Hersteller und Werkstätten, Lack- und Farbenhersteller, Tierkörperverwertungsbetriebe, Futtermittelhersteller, Druckereien, Raffinerien, Labors, Hersteller von Extrakten und Flughäfen (Werkstätten und Enteisen von Flugzeugen).

Nach Schätzungen kann etwa jeder zehnte gewerbliche oder industrielle Betrieb als potentieller Anwender von chlorierten Lösungsmitteln angesehen werden.

Die "Entsorgung" dieser chlorierten Lösungsmittel geschieht großteils über Emission in die Umwelt, davon etwa 2/3 über die Abluft, ca. 1/3 über Abfälle und 1 bis 3 % über Abwässer.

Während das Abbauverhalten in der Luft mit überschaubaren Halbwertzeiten relativ gut ist, zeigt das schlechte Abbauverhalten in Wasser eine relativ hohe Persistenz an.

Die chlorierten Lösungsmittel weisen hier daher bereits eine ausgeprägte Eigenschaft eines Wasserschadstoffes auf.

3 Charakteristika zeichnen einen Wasserschadstoff aus, nämlich

Persistenz hohe Mobilität im Boden und Aquifer hygienische Relevanz

Auch in der zweiten Wasserschadstoffeigenschaft, der Mobilität, zeichnen sich die chlorierten Lösungsmittel besonders aus. Eine Rückhaltekraft der Böden und Grundwasserleiter ist fast nicht gegeben; einmal eingebrachte Verunreinigungen im Grundwasser breiten sich nach der Seite scharf abgegrenzt in langen Verunreinigungsfahnen mit der Grundwasserströmung aus.

Die dritte Eigenschaft eines Wasserschadstoffes, nämlich die hygienische Relevanz, ist die am wenigsten gut definierte Eigenschaft der chlorierten Lösungsmittel als Wasserverschmutzungsstoff. Die akuten Toxizitäten sind Dimensionen höher als die Konzentrationen, die überhaupt im Wasser infolge der nur beschränkten Löslichkeit bei den meisten der chlorierten Lösungsmittel vorkommen können. Anders verhält es sich jedoch mit der chronischen Toxizität. Auf Grund der insbesonders in Tierversuchen unter Anwendung höchster Konzentrationen und nicht immer eindeutig ermittelten tumorenauslösenden Wirkung dieser Stoffe, wurden anhand von mathematischen Modellen Richt- und Grenzwerte für die chlorierten Lösungsmittel im Wasser ermittelt, die in den Mikrogramm/Liter-Bereich zu liegen kommen.

Auch in Österreich sind solche Richt- und Grenzwerte geschaffen worden, die im Einklang mit den Vorstellungen der neuesten "WHO-Guidelines für Drinking Water" stehen.

Wie gelangen die chlorierten Lösungsmittel in das Grundwasser?

Die Gefährdung des Grundwassers ist durch den Ablaufweg "Gefährdungsquelle — Schutzmaßnahmen bei der Gefährdungsquelle — Grundwasser — Schutzmaßnahmen bei den Wassergewinnungsstellen — Aufbereitungsmaßnahmen — Trinkwasser "zu beschreiben. Systembestimmender Parameter ist hier die zeitliche und örtliche Häufigkeit der Gefährdungsmöglichkeiten.

Die Gebiete der großen österreichischen Grundwasserressourcen in den eiszeitlichen Aufschotterungen und in den Tallagen sind praktisch ident mit den Siedlungsräumen und den Zentren der Industrie, sowie auch den Flächen des intensiven landwirtschaftlichen Anbaues, aus dem jedoch andere Gefahren für das Grundwasser resultieren (Nitrate, Pestizide).

Die Wahrscheinlichkeit der Grundwasserkontamination ist daher in den großen Grundwassergebieten — und ein solches ist das Wiener Becken — allein schon von der Statistik her sehr groß.

Als Kontaminationsquellen für das Grundwasser sind hier zu nennen:

- 1) Mangelnde Abwasserentsorgung
- 2) Undichtheiten von Abwassersystemen
- 3) Versickerung der Oberflächenwässer von Verkehrs- und Betriebsflächen
- 4) absichtliche Schadstoffversickerungen in Gewerbe und Industrie als Maßnahmen unstatthafter Abfallbeseitigung
- 5) unabsichtlicher Schadstoffeintrag infolge von Unfällen in Betrieben und Verkehrsflächen
- 6) Deponien und Altlasten
- 7) kontaminierte Vorfluter im Wege des Uferfiltrates

Die konkrete Wiener Situation ist in Bezug auf die Kontamination des Grundwassers durch chlorierte Lösungsmittel, was die öffentliche Versorgung betrifft, sehr günstig. Rund 2/3 des öffentlichen Leitungswassers bezieht Wien aus den gut geschützten Bergen von Rax, Schneeberg und Hochschwab. Die in Betrieb befindlichen Grundwasserwerke Nußdorf und Lobau liegen in Donaunähe und sind von dieser her in ihrem Chemismus weitgehend beeinflußt; die Konzentration an chlorierten Lösungsmitteln in der Donau ist infolge der gewaltigen Wasserführung so gering, daß nur wenige einzelne Mikrogramm im Donauwasser, und noch etwas weniger im Wasser der ufernahen Grundwasserwerke nachgewiesen werden können (Skizze 1 im Anhang).

Ernster war und ist jedoch die Situation bei dem landseitigen Wr. Grundwasser, wie sie vom Gesundheitsamt der Stadt Wien aufgedeckt werden konnte.

Das Grundwasser insbesondere in den nördlichen Bezirken Wiens wurde in nicht unerheblichem Ausmaße für die Einzelwasserversorgung von privater Hand genutzt. Hier bestehen eine Reihe von Verunreinigungsfahnen im Grundwasser teils nebeneinander, teils sogar ineinander, der verschiedensten chlorierten Lösungsmittel (Skizze 2 im Anhang). Ausgangspunkte für die Grundwasserverunreinigungen mit leicht flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen im Wr. Stadtgebiet, von denen sogar eine importiert ist, waren nur in der Minderzahl unkontrollierte wilde Deponien sondern in der Mehrzahl Industrie- und Gewerbebetriebe.

Nach den Erfahrungen einer groß angelegten Sonderüberprüfung der einschlägigen Betriebe konnten praktisch in keinem Fall absichtliche Schadstoffversickerungen nachgewiesen werden; es kommt jedoch der Entwässerung von Betriebs- und Lagerflächen direkt in den Untergrund und nicht in ein zentrales Kanalsystem — obwohl dieses dort besteht — besondere Bedeutung zu. Gerade einmalige Unfälle mit Lösungsmitteln, die die Hauptursache für die Wr. Situation sein dürften, können bei Ableitung in das Kanalsystem weit weniger Schaden anrichten als direkte Versickerungen in den Untergrund.

Solche Versickerungen für Tagwässer von Lager- und Manipulationsflächen geben zwar dem Boden das Regenwasser zurück, das infolge der bebauten Flächen nicht direkt einsickern kann, was aus ökologischer Sicht positiv ist, öffnen jedoch auch jedem infolge von Unfällen und Unachtsamkeit verschütteten Liter Lösungsmittel den Weg in das Grundwasser.

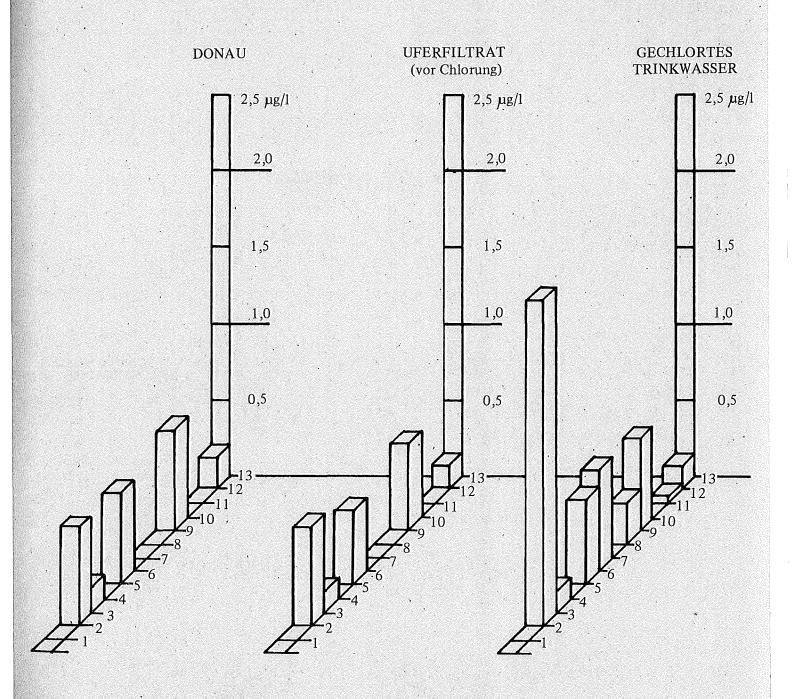
Infolge der verstärkten Kontrollmaßnahmen konnte bereits jetzt eine signifikante Verbesserung der Grundwassersituation in diesen Bezirken beobachtet werden, da in den diversen Betrieben nun auch die Gefährlichkeit der verwendeten Lösungsmittel für das Grundwasser erkannt wurde und ein weitgehender Stop eines Nachlieferns von Verunreinigungen mit chlorierten Lösungsmitteln erzielt werden konnte.

Als Sofortmaßnahme bei Bekanntwerden dieser Grundwasserverunreinigungen wurden nicht nur Notversorgungen installiert, sondern auch in schneller und unbürokratischer Weise der weitere Ausbau der zentralen Wasserversorgung vorangetrieben.

Weitet man nun den Blick von Wien auf das gesamte Wiener Becken aus, so zeigt sich erst die gesamte Tragweite der Möglichkeiten von Kontaminationen durch chlorierte Lösungsmittel. Es sind im Wiener Becken über viele Kilometer Kontaminationen zu beobachten, die in ihrem Herzstück einige 100 mg/l betragen und an ihrem unterstromigen Ende mit einigen mg/l den Brunnen der III. Wr. Wasserleitung bedrohlich nahe kommen. Hier werden seit mehr als zwei Jahren von den zuständigen niederösterreichischen Stellen engmaschige Kontrollen zur Klärung der Ursachen und der Abgrenzung in vorbildlicher Weise durchgeführt. Auch Wien kontrolliert im Nahbereich der III. Wasserleitung unter Erfahrungsaustausch mit den niederösterreichischen Stellen wöchentlich das dort befindliche Grundwasser aus zahlreichen Brunnen, um zeitgerecht allfällige Aufbereitungsmaßnahmen für das Wasser der III. Wasserleitung treffen zu können.

Wo liegen nun die künftigen Möglichkeiten zu einer Besserung der Situation?

Neben selbstverständlichen Maßnahmen wie Vorschreibungen, baulichen Maßnahmen, etc. ist als wichtigste die Aufklärungsarbeit zu nennen, ein Prozeß, der bereits hoffnungsvoll begonnen hat. Erst wenn jeder Verwender solcher Stoffe, und zwar bis zum einfachen Arbeiter, der damit im Betrieb umgeht, über die Grundwassergefährdung durch diese Stoffe informiert und überzeugt wurde, werden Kontaminationen echt verhindert werden. Behördenkontrolle ist zwar gut, aber man kann nicht hinter jeden, der mit wassergefährdenden Stoffen hantiert, einen Polizisten stellen. Umweltprobleme sind nur unter Konsens aller zu lösen.



- 1...Trichlorfluormethan
- 2...Dichlormethan
- 3...Trichlormethan
- 4...1,1,1 Trichloräthan
- 5...Tetrachlormethan
- 6 . . . Trichloräthen
- 7...Dichlorbrommethan

- 8...1,1,2 Trichloräthan
- 9...Chlordibrommethan
- 10...Tetrachloräthen
- 11 ... Chlorbenzol
- 12...Tribrommethan
- 13 . . . 1,1,2,2 Tetrachloräthan

### PROBLEME DER TRINKWASSERHYGIENE

Prof. Dr. med. Heinz Flamm und Prof. Dr. Gertraut Weber Hygiene-Institut der Universität Wien

Im Lauf der letzten Zeit hat erfreulicherweise ein gewaltiges Umdenken in Bezug auf Umweltbewußtsein und Umweltschutz eingesetzt. Heute ist dieses Gedankengut in der Bevölkerung wesentlich weiter verbreitet als noch vor Jahren. Die Behörden setzen sich ernsthaft mit allen Umweltfragen auseinander und holen, wo es notwendig ist, den Rat von Fachleuten für ihre Entscheidungen ein.

Die Lage ist heute sicherlich nicht erfreulich. In der Vergangenheit wurden aus Unwissenheit und Leichtsinn viel zu viele Fehler gemacht, die heute schwer zu reparieren sind. Ich erwähne hier z. B. nur die wilden Mülldeponien in aufgelassenen Schottergruben, die zu schwerwiegenden Beeinträchtigungen des Grundwassers führen können. Besonders prekär wird die Situation, wenn es sich um Giftmüll handelt. So könnte ich Ihnen aus unserem reichen Erfahrungsschatz ein ganz großes Sündenregister aufzählen. Zum Glück zeigen sich aber bereits deutliche Ansatzpunkte, die Dinge wieder ins rechte Lot zu bringen.

Was ist nun die Aufgabe des Hygienikers in dieser Situation? Hygiene bedeutet Prophylaxe, d. h. Vorsorge. Wir wollen daher durch rechtzeitig gesetzte Maßnahmen verhindern, daß irgendwelche Schäden beim Menschen und seiner Umwelt auftreten, weil hier natürlich Wechselwirkungen bestehen. Die Sanierung von Schäden kann immer nur als letzte Notlösung angesehen werden.

Die ersten Probleme, mit denen sich Wasserhygieniker befassen mußten, waren seuchenhygienische. Hier ging es darum, Krankheiten, die durch Wasser übertragen werden, wie etwa Typhus, Ruhr und Cholera zu bekämpfen. In den Dreißigerjahren des vorigen Jahrhunderts versuchte man z. B. in Wien durch Errichtung des sogenannten Cholerakanals die Seuchen zu beherrschen. Die Cholera wurde zwar nicht in gewünschtem Maß eingedämmt, aber die Typhuserkrankungen gingen wesentlich zurück. Im vorigen Jahrhundert begannen auch die Bestrebungen, außerhalb der Städte, von Fäkalien und sonstigen hygienisch bedenklichen Substanzen unbeeinflußte Standorte für die Wassererschließung-auszuwählen. Dies führte in Wien durch den Bau der Ersten (1873) und Zweiten Hochquellenwasserleitung (1910) zu einer befriedigenden Lösung der seuchenhygienischen Probleme auf dem Wassersektor.

Heute stehen uns hygienisch unbedenkliche Standorte leider nur mehr in geringem Umfang zur Verfügung. Der Grund dafür ist folgender: Der Wasserbedarf ist durch die zivilisatorischen Bedürfnisse ganz beträchtlich angestiegen. Denken Sie nur an die Einführung des Wasserklosetts. Früher führte man Jauche und Senkgrubeninhalt nach der Ernte auf die Felder aus und so wieder in den natürlichen Kreislauf zurück. Das ist heute bei dem enormen Abwasseranfall nicht mehr möglich. Die sanitären Einrichtungen wie WC, Duschen und Bäder, weiters Wasch- und Geschirrspülmaschinen sowie extremerweise Klima-Anlagen bedingen einen ungeheuren Wasserbedarf und damit Abwasseranfall. Aber auch die Landwirtschaft hat neue Probleme auf dem Wassersektor gebracht. Durch die modernen Systeme der Entmistung in den Massentierhaltungen entsteht ebenfalls reichlich Abwasser.

Die meisten Abwässer gehen mehr oder weniger gereinigt in unsere Flüsse und führen dort zu mannigfachen negativen Auswirkungen. Wir sind aber heute vielfach auf eben diese Flüsse oder auf die Grundwasserbegleitströme dieser Flüsse als Trinkwasserspender angewiesen.

Die ungünstigen Auswirkungen der Wasserverunreinigungen auf flußnahe Brunnen hat bereits im vorigen Jahrhundert die Kaiser-Ferdinands-Wasserleitung in Wien aufgezeigt. Sie bezog ihr Wasser aus Brunnen nahe dem verunreinigtem Donaukanal und war immer wieder der Anlaß von Trinkwasserseuchen, insbesondere von Typhus.

Die schweren Schäden, die Abwässer in Flußregimen bewirken, sind heute schon im Detail bekannt. Man ist daher bestrebt, durch den Ausbau der Kläranlagen eine weitgehende Besserung zu erreichen. Das ist auch möglich, wenn eine mechanisch-biologische Reinigung erfolgt. Dabei werden nicht nur alle Feststoffe entfernt, sondern auch gelöste organische Schmutzstoffe weitgehend abgebaut, d. h. mineralisiert. Aber gerade diese mineralisierten Abbauprodukte bieten den Algen hervorragende Wachstumsbedingungen und führen zur Eutrophierung. Es ist daher in vielen Fällen notwendig, durch Fällung und andere Verfahren in einer sogenannten 3. Reinigungsstufe, material- und kostenaufwendig auch die Algennährstoffe zu eliminieren.

Bis jetzt haben wir nur eine Seite der Abwasserreinigung betrachtet, nämlich das Abwasser selbst. Bei all den Manipulationen in den Kläranlagen fällt aber auch eine große Menge Schlamm an. Dieser ist hygienisch besonders bedenklich. Er enthält die Krankheitserreger in höherer Konzentration als das Abwasser. So stehen wir vor der Frage, was mit diesem Schlamm geschehen soll. Als scheinbar ideale Lösung bietet sich die Verbrennung an, weil alle Krankheitserreger abgetötet werden. Man darf dabei aber nicht übersehen, daß das Problem jetzt nur von der Abwasser- in die Boden- und Lufthygiene verlagert wurde. Bei der Verbrennung bleiben nämlich Schadstoffe in der Schlacke zurück, und sie werden auch mit den Abgasen in die Luft abgegeben. Die Schlacken werden auf Deponien abgelagert, von wo die Schadstoffe ins Grundwasser gelangen könnten. Hier müssen also entsprechende Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden. Die Luftemissionen können auch nur durch den vorsorglichen Einbau von Filtern und dergleichen unter Kontrolle gebracht werden. Das Beispiel zeigt Ihnen also deutlich, daß bei einem einzigen Problem die verschiedensten Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen, um eine umweltfreundliche und hygienisch befriedigende Lösung zu finden.

Was ist heute zur Seuchenhygiene auf dem Trinkwassersektor zu sagen? Neben krankmachenden Bakterien, wie z. B. Typhus-, Ruhr- und Cholera-Erregern, spielen heute Viren eine besondere Rolle. Parasiten sind bei uns von untergeordneter Bedeutung. Unter den Viren haben die Erreger der Kinderlähmung durch die Schutzimpfung ihren Schrecken verloren. Die Erreger der Hepatitis A, der epidemischen Leberentzündung, sowie viele andere Darmviren sind von Bedeutung. Frau Prof. Lund wird Sie in ihrem Referat noch informieren. Für alle genannten Krankheitserreger ist die Art der Infektion immer die gleiche. Sie werden mit den Fäkalien ausgeschieden und oral, d. h. mit Wasser und Lebensmitteln, geschluckt. So kann jeder Kurzschluß zwischen Fäkalien und Trinkwasser, z. B. durch Abwasserbeeinflussung, zu Seuchen führen und stellt demnach eine große Gefahr dar.

Bei Wässern einwandfreier Herkunft wird man nicht mit dem Auftreten von Krankheitserregern rechnen müssen. Besteht allerdings die Gefahr einer Wasserverseuchung, so sind sofort entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Heute stehen uns in ausreichendem Umfang wirksame Verfahren zur Verfügung, wie z. B. die Chlor- und die UV-Behandlung sowie die Ozonung, die sowohl Bakterien als auch Viren unschädlich machen. Wichtig für den Erfolg sind natürlich die richtige Konzentration und die notwendige Einwirkzeit bei Desinfektionsverfahren; dies gilt insbesondere für Viren.

Wie sieht es auf dem chemischen Sektor aus? Auch hier sind in letzter Zeit viele Fragen auf uns zugekommen. Denken wir z. B. an die Wasserchlorung, die sicherlich ein sehr einfaches, sicheres und billiges Verfahren zur Wasserdesinfektion darstellt. Aber sie hat auch ihre Probleme. Bei organisch stärker belasteten Wässern können verschiedene Organochlorverbindungen entstehen, denen man kanzerogene Wirkung zuschreibt. Diese und ähnliche Verbindungen können aber auch schon von vornherein im Grundwasser vorhanden sein, wenn dieses durch industrielle Abfälle und Abwässer beeinträchtigt ist. Mit diesen Problemen mußte sich Herr Dr. Bolzer intensiv befassen, und er hat Ihnen in seinem Referat davon berichtet.

Außer den bereits erwähnten organischen Schadstoffen können noch viele andere, wie z. B. Benzin, Mineralöle oder Schädlingsbekämpfungsmittel, sowie auch anorganische Gifte, ich nenne hier nur Schwermetalle, ins Wasser gelangen. Die Verunreinigungen können z. B. durch Unfälle, Fehlverhalten der Menschen und Nichtbeachtung gesetzlicher Vorschriften erfolgen. Im einzelnen darauf einzugehen, ist hier nicht möglich. Die zulässigen Höchstwerte sind festgelegt, z. B. durch nationale Regelungen wie etwa in einem erst kürzlich ausgesandten Erlaß des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, in OENORMEN sowie durch internationale Empfehlungen, z. B. durch die WHO oder EGW.

Ein Problem, das noch interessieren dürfte, ist die Güte der Grundwasserbegleitströme großer Flüsse. Normalerweise liegt hier ein reiches Wasserdargebot durch Kommunikation von Fluß- und Grundwasser vor. Bei mäßig verunreinigten Flüssen ist die Qualität dieser Begleitwässer meist gut. Wichtig ist dabei allerdings, daß das Flußwasser im Untergrund eine ausreichend lange Zeit zur Reinigung durch Bodenfiltration verweilt. Brunnen, die zu nahe an Flüssen liegen, saugen unzureichend filtriertes Flußwasser ein und liefern Wasser hygienisch nicht befriedigender Qualität. Handelt es sich um stärker verunreinigte Flüsse und flußnahe Brunnen, wird die Wasserbeschaffenheit im Pumpgut oft sehr schlecht. Wenn reichlich organische Schmutzstoffe vorhanden sind, kann die Selbstreinigungs- und Filtrationskraft des Bodens überfordert werden. Dadurch steht zu wenig Sauerstoff zum Abbau dieser Verunreinigung zur Verfügung.

Als Folge verändert sich der Chemismus des Untergrundes, vorhandene Eisen- und Manganverbindungen werden gelöst und gelangen ins Wasser. Dieses verfärbt sich nach der Entnahme oft bräunlich gelb und zeigt später einen braunen Bodensatz. Gelegentlich ist auch reichlich Ammonium nachweisbar. Schadstoffe und Krankheitserreger können unter diesen ungünstigen Bedingungen auch nicht mehr in gewünschtem Ausmaß zurückgehalten werden. Solche Wässer müssen daher sehr aufwendig technologisch und hygienisch aufbereitet werden, um sie für Trinkzwecke verwenden zu können.

Noch einige Worte zum Nitratproblem: Nitrate werden durch Mikroorganismen im Untergrund aus stickstoffhältigen organischen Substanzen gebildet. Wird mehr Stickstoffdünger auf den Boden aufgebracht, als die Pflanzen verwerten können, so gelangt der Überschuß ins Grundwasser. Wir haben bei Wasserversorgungen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten im Laufe von 20-30 Jahren Nitratanstiege von 20 bis 70 mg/l und mehr beobachten müssen.

Warum interessieren uns nun die Nitrate? Sie können durch den Stoffwechsel von Mikroorganismen oder durch andere chemische Umsetzungen zu Nitrit reduziert werden. Diese Nitrite sind die eigentlich hygienisch bedenklichen Substanzen, weil sie in höheren Konzentrationen giftig wirken. Der Säugling reagiert z. B. in den ersten Lebensmonaten ganz besonders empfindlich auf Nitrit. Wird in diesem Zeitraum künstliche Säuglingsnahrung mit stark nitrathältigem Wasser zubereitet, besteht die Möglichkeit reichlicher Nitritbildung. Bei Verfütterung solcher Nahrung kann die Methämoglobinämie oder Blausucht der Säuglinge auftreten.

Wie können wir das Nitratproblem beherrschen? Für Trinkwasser stehen uns heute leider noch keine technologisch und hygienisch befriedigenden Verfahren zur Nitratreduktion zur Verfügung. Ein Ansteigen der Nitratgehalte im Grundwasser muß daher unbedingt vermieden werden, d. h. Beschränkungen bei der Düngung. Es darf nur soviel Dünger aufgebracht werden, wie die Pflanzen auch wirklich verwerten können.

### Zusammenfassung

Wir haben Ihnen hier allgemeine Gesichtspunkte der Trinkwasserhygiene dargestellt. Diese allgemeine Problematik betrifft natürlich auch viele Bereiche des Wiener Beckens. Der konkrete Zustand läßt sich heute noch nicht im einzelnen darstellen, da noch nicht ausreichend Unterlagen zur Verfügung stehen. Eines ist jedenfalls klar: Sämtliche in diesem Bereich geplanten Projekte müssen unbedingt in ihrem wechselreichen Zusammen- und Gegenspiel gesehen werden, sei es nun die Erweiterung und Sicherung der Wasserversorgung der Großstadt Wien und vieler ländlicher Gemeinden, der Marchfeldkanal oder die Errichtung von Stauwerken im Raum Wien und Hainburg. Jede einzelne dieser Entscheidungen kann nur im Rahmen eines Gesamtkonzeptes, in dem die hygienischen Belange Vorrang haben müssen, getroffen werden.

# KURZFASSUNG DER DISKUSSION IM ANSCHLUß AN DIE VORTRÄGE VON DR. BOROVICZENY, DR. GIGER, DR. BOLZER, PROF. WEBER

### Trinkwasser-Aufbereitung

Es wird Kritik geübt an Trinkwasseraufbereitungsanlagen. Es können nicht alle Schadstoffe festgestellt, bzw. entfernt werden.

Weiß man, ob die Viren durch die Aufbereitungsanlage entfernt werden?

Die Stellungnahme dazu lautet, daß die Viren relativ klein sind, sodaß sie durch Absorption an die Tonmineralien gebunden werden, wenn man sie beispielsweise durch einen bündigen Boden hindurchfiltriert, während bei Bakterien der sog. Filtereffekt eintritt, d. h. die Bakterien können am Anfang durch den Boden durchgehen, beginnen dann aber in diesem Boden, tiefer unten, ein "Netz" aufzubauen, sodaß das nachfolgende Wasser, das also auch Bakterien enthält, weiter filtriert wird. Um auf die Schadstoffe im Wasser einzugehen — in den letzten 10 Jahren ist die Analytik so vielfältig und genau geworden, daß wir heute in der Lage sind, Stoffe zu bestimmen, von denen wir kaum eine Ahnung gehabt haben. Wir wissen aber, daß wenn wir sie über Aktivkohle schicken, oder andere Reinigungsverfahren, wie z. B. Umkehrosmose verwenden, wir auf diese Art und Weise reines Wasser, Trinkwasser bekommen.

### Grundwasser-Absenkung

Es wird die Frage bezüglich des allgemeinen Absinkens des Grundwasserspiegels in Österreich aufgeworfen.

Boroviczeny führt aus, daß das Problem nicht so allgemein gesehen werden darf. Absenkung des Grundwasserspiegels hängt von Witterungsverhältnissen, klimatischen Veränderungen, vom steigenden Grundwasserverbrauch für Haushalt, Industrie und insbesondere für die Landwirtschaft ab. Außerdem führen großflächige Drainagierungen sowie Fluß- und Bachregulierungen zu einer starken Verminderung des Wassernachschubs in den Grundwasserkörper.

### Grundwasseranreicherung Marchfeld

Es wird die Behauptung aufgestellt, daß durch das Kraftwerk Hainburg schon eingetretene landschaftliche Schäden gemildert werden (s. Grundwasseranreicherung Lobau und Marchfeld).

Das Gegenargument ist, daß die größte Grundwasserabsenkung im zentralen Bereich des Marchfeldes ist. Diese Absenkung wird durch die erhöhte Wasserentnahme verursacht. Durch das Kraftwerk Hainburg kann dies nicht rückgängig gemacht werden. Aus diesem Grund ist ja der Marchfeldkanal geplant.

Es wird die Frage aufgeworfen, ob das System landwirtschaftlicher Überproduktion sinnvoll sei, das zu erhöhten Wasserentnahmen und zur Grundwasserspiegel-Absenkung im Marchfeld führt.

### Einfluß von Großbauwerken

Boroviczeny erklärt, daß im Unterschied zur Mitterndorfer Senke (Wiener Becken) der Grundwasserhaushalt nördlich der Donau sowohl durch Industrie und Gewerbe als auch durch Großbaumaßnahmen beeinflußt wird. (Donaukraftwerke, Marchfeldkanal, Grundwasseranreicherungen). Weiters wurde die Ansicht vertreten, daß der Bereich nördlich der Donau durch die Neue Donau vom künftigen Stauraum Wien abgeschirmt wird.

### Verunreinigung mit chloriertem Kohlenwasserstoff

Horky stellt die Frage, warum Verschmutzer, die das Grundwasser in der Mitterndorfer Senke verseuchen, von der NÖ Landesregierung nicht bekanntgegeben werden und erklärt, daß laut Studie von Strunz an die 100 Mikrogramm TOCL im Lobauer Wasser enthalten sind. Er kritisiert weiters die Chlorgasanlage in der Lobau als Produzent von Haloformen im Trink-

Bolzer berichtet von den Schwierigkeiten, einem Betrieb im nachhinein die Verunreinigungen von Grundwasser nachzuweisen. Weiters erklärt er, daß der Gehalt an TOCL-Verbindungen nur 7 Mikrogramm im Lobauer Wasser ausmacht. Die Studie von Strunz bezeichnet er als fehlerhaft.

### Rechtsfragen

Buzzi kritisiert das System von Gutachten und Gegengutachten anhand von einigen Beispielen. Er stellt die Frage, wie sich Kraftwerksbefürworter die Aufhebung der internationalen Verträge vorstellen.

Welan meint dazu, daß dieses Problem so gelöst werde, daß die Bestimmungen einfach nicht konsequent durchgeführt werden.

Buksch ist der Ansicht, daß die internationalen Verträge den Bau nicht verhindern könnten. Erfüllungsvorbehalte seien in die Verträge eingebaut.

Wendelberger erinnert, daß Landesrat Brezovsky erklärt habe, er werde sich streng an die Gesetze halten.

### Tri- und Per-Verunreinigungen

Pesaro fragt, wie sich die Tri- und Per-Verunreinigungen im Norden von Wien weiterbewegen. Bolzer antwortet, daß mit oder ohne Stauhaltung in Wien die Grundwasserwerke in der Lobau nicht gefährdet sind.

Bolzer und Giger sind sich einig, daß bei vorliegender Konzentration die Verunreinigungen im Grundwasser gelöst vorliegen und alle Bewegungen mitmachen.

Giger erwähnt die großen Schwierigkeiten und Gefahren beim Air-strip-Verfahren, bei dem Tetrachlorethylen aus dem Wasser ausgeblasen wird. In der Luft wird das Tetrachlorethylen zwar schneller abgebaut, aber es entstehen dabei Zwischenprodukte wie Phosgen und Trichloressigsäure. Er bezeichnet die Verwendung dieser Stoffe als Fehlentwicklung der Technologie.

### Tiefengrundwässer

Raab fragt, ob flächendeckende Wasseruntersuchungen durchgeführt werden und ob es noch Tiefengrundwässer als "letzte Reserve" gäbe.

Bolzer erklärt, daß Wasseruntersuchungen nur dort gemacht werden, wo Brunnen sind. Tiefenwässer seien von der Verschmutzung nicht betroffen.

Giger stellt fest, daß in der Schweiz seit 3 bis 4 Jahren flächendeckende Untersuchungen durchgeführt werden. Sehr gefährdet sind in der Schweiz die Gebiete mit Karstwässern. Als beste Möglichkeit für eine Entsorgung der chlorierten Kohlenwasserstoffe bezeichnet er das Verbrennen bei hohen Temperaturen.

Boroviczeny erläutert die geologische Situation im Wiener Becken und die Lage der Grundwasserhorizonte. Tiefengrundwässer seien sehr wohl in guter Qualität vorhanden, aber deren Erschließung und Förderung sei viel zu teuer und komme nur für eine Notversorgung in Frage. Es wurden bis jetzt auch keine Neubildungsraten für Tiefengrundwässer untersucht.

Pesaro fragt, ob Tiefengrundwässer dotiert (erneuert) werden.

Boroviczeny erklärt, daß abgeschlossene fossile Grundwässer nicht genießbar sind (zu stark mineralisiert). Trinkbare Tiefengrundwässer befinden sich in 1000 bis 2000 m Tiefe. Über Bewegung und Neubildung ist noch alles unklar.

Reitinger stellt fest, daß die Situation im Trinkwasserbereich noch kritischer ist, als hier dargestellt. Tiefengrundwässer sind für größere Versorgung undenkbar. Weiters berichtet er über die Schwierigkeiten, bei Grundwasserverunreinigungen den Verursacher zu finden und juridisch stichhaltige Beweise dafür zu bekommen. Im wesentlichen muß man sich immer an den Grundsatz halten "vorbeugen ist besser als heilen". Praktisches Beispiel: geplante Autobahn S4 Wien — Eisenstadt. Sie dürfte seiner Meinung nach wegen der Gefährdung des Wiener Beckens z. B. durch Tankerunfälle nicht gebaut werden.

### Grundwasserspiegel-Absenkung im Marchfeld

Boroviczeny erklärt, daß diese Absenkung des Grundwasserspiegels im Marchfeld durch den erhöhten Wasserverbrauch durch Landwirtschaft, Industrie und Haushalte hervorgerufen wird. Die Donau beeinflußt nicht unmittelbar den Grundwasserstand im zentralen Teil des Marchfeldes.

### Staustufe Wien

Es wird die Frage aufgeworfen, mit welchem Wasser das Lobau Grundwasser angereichert wird.

Die Antwort lautet, daß Uferfiltrat auf der Donauinsel entnommen, ca 1 m<sup>3</sup>/s, und in das Mühlwasser eingeleitet wird.

Der Vertreter der Gemeinde Wien beantwortet weitere Fragen über die Auswirkung der Staustufe Wien auf die Uferfiltrate damit, daß dann keine quantitativen Probleme mehr zu befürchten seien. Qualitative Probleme würden durch eine Aufbereitungsanlage gelöst.

### Grundwasser - Mülldeponien

Die Frage wird gestellt, ob und wie sich eine Anhebung des Grundwasserspiegels auf den Bereich des 22. Bezirkes auswirken wird (Problem Mülldeponien).

Die Antwort des Vertreters der Gemeinde Wien lautet, daß die Anreicherung der Lobau auf die Deponie Rautenweg fast keine Auswirkung hat.

## Situation Göldwörth

Kumpera (Stadtbetriebe Linz) führt aus, daß die Auswirkungen des Staus im Wasserwerk Goldwörth auf das Trinkwasser im Auftreten von Eisen und Mangan besteht, was jedoch nur ein technisches, aber nicht hygienisches Problem darstellt.

Im Wasserwerk Plesching, das sich im Bereich der Staustufe Abwinden-Asten befindet, ist bis jetzt kein Mangan aufgetreten, hygienische Belastungen sind nur bei Hochwasser festgestellt worden. In diesem Fall wird jedoch eine Desinfektion mit Ozon und Chlor durchgeführt.

# DIE BEDEUTUNG VON FEUCHTGEBIETEN FÜR DIE TRINKWASSERVERSORGUNG, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER PROBLEME ABWASSERVIROLOGIE

Prof. Dr. Ebba Lund
The Royal Veterinary and Agricultural
University of Copenhagen
Department of Veterinary Virology and Immunology

Da es offensichtlich nicht jedermann klar ist, daß es einen Zusammenhang zwischen Wasser-kraft (Stauhaltung) und Viren gibt, möchte ich versuchen, dies zu erläutern.

Beginnen wir mit dem Abwasser; woraus setzen sich Abwässer zusammen und was passiert damit in den Kläranlagen?

Im Abwasser finden wir alles, was in das Kanalsystem gelangt — und das sind unglaublich viele Dinge. Vom Standpunkt der Hygiene aus interessieren uns die mit den menschlichen Faeces ausgeschiedenen Krankheitserreger: das sind Parasiten, Bakterien und Viren. In einem Gramm Stuhl findet man  $10^5$  bis  $10^8$  infektiöse, virale Partikel. Für eine Millionenstadt liegen dann solche Werte entsprechend hoch. Ich selbst habe Konzentrationen von  $10^5$  Partikel pro Liter Abwasser gefunden.

Seit 1980 hat nun Wien eine Kläranlage, eine sogenannte Belebtschlammanlage. Was geht nun in so einer Kläranlage vor sich? Organisch abbaubare Substanzen werden mit Hilfe von Sauerstoff, aktiven Bakterien und Protozoen (Einzellern) weitgehend mineralisiert. Ein Ausdruck für diesen Reduktionsprozess ist der BOD5-Wert, eine Meßgröße, die im Wasser abbaubare Substanzen summarisch erfaßt (= Sauerstoffzehrung über 5 Tage gemessen). So lautet eine Angabe etwa: 88 % in BOD5-Werten, der Ausgangswert kann aber 200 mg/l oder 30 mg/l betragen! Abhängig vom Belebtschlammverfahren und den zugeführten Sauerstoffmengen erhält man statt organischen Stickstoffverbindungen Ammoniak (NH3) oder Nitrat (NO3). Dieser als Nitrifikation bezeichnete Prozess läuft in der Wiener Kläranlage nicht ab. Das ins Fließgewässer gelangende Ammonium verbraucht enorm viel Sauerstoff — der hoffentlich noch vorhanden ist. Die entstehenden Nitrate dienen den Algen als Dünger und Wuchsstoffe, die so ihrerseits durch ihr Wachstum zur Sauerstoffzehrung und Eutrophierung des Gewässers führen.

In nicht konventionellen Kläranlagen kann man rein methodisch denitrifizieren, d. h. Stickstoff wird am Ende in gasförmigem Zustand  $(N_2)$  in die Luft abgegeben (Nitrat =  $NO_3$ , wird zu Stickstoffgas,  $N_2$ , reduziert). Dies ist eine kostspielige Sache. Zur Trinkwasseraufbereitung bietet eutrophes Wasser Schwierigkeiten. Die technische Lösung ist zwar möglich, jedoch die Kosten erheblich. Solche Lösungen strebt man vor allem in Ländern an, deren Wasservorkommen ungenügend und deren Wasserversorgung unzureichend ist.

Abfälle, Schlamm und Abwasser werden in vielen Ländern mit gutem Erfolg in der Landwirtschaft weiterverwendet.

Das Gegenteil zu dem bisher Gesagten, den genau gegensinnig laufenden Prozess zur Abwasserreinigung, bewirkt man mit der Eutrophierung der Gewässer: eine unnötige Verschmutzung, man setzt Bedingungen, unter denen die verschiedenen organischen Selbstreinigungsmechanismen, Mikroflora wie Mikrofauna, außer Gang gesetzt werden und so der Selbstreinigungseffekt erheblich vermindert wird.

In den USA, Arizona, haben Feldstudien sowie Laboruntersuchungen gezeigt, daß die organischen Kohlenstoffverbindungen der Abwässer leicht von Erdbakterien abgebaut werden. Im Laufe dieses Prozesses werden pathogene Bakterien und Viren inaktiviert und vernichtet. Die Erdbodenpassage reinigt also Wasser viel besser als jede Belebtschlamm-Kläranlage.

Es gibt reichhaltige Literatur über den Einsatz von Feuchtgebieten im Dienste der Abwasserreinigung. Da nach der üblichen 2-stufigen Reinigung durch Kläranlagen noch reichhaltig eutrophierendes Material vorhanden ist, die nächsten Reinigungsschritte extrem kostenintensiv sind (Energie und hohe Investition) zieht man Feuchtgebiete zur Elimination von Phosphor und Stickstoff heran sowie für pathogene Keime. Nochmals sei wiederholt: in einer konventionellen, mechanisch-biologisch-chemischen Kläranlage wird Stickstoff nicht entfernt. Bei den künstlichen Feuchtgebieten bedient man sich derselben Methode, desselben Rhytmus wie die Natur: alternierend Überschwemmung — Austrocknung und Bepflanzung. Dies stimmt auch mit der mehr als hundertjährigen Erfahrung überein, die man in Deutschland und Frankreich gewonnen hat. Kläranlagen besagter Art findet man in Kalifornien, Texas und Florida. Dort wechseln Oxydationsteiche mit Pflanzenteichen, wobei die Temperatur über  $10^{\circ}$  C betragen muß, damit das Pflanzenwachstum gesichert ist: Der BOD5 wird dabei auf weniger als 10 mg/l gesenkt. (s. Abb. 1-3)

Der zugrunde liegende Mechanismus läßt sich grob in zwei Abläufen beschreiben:

- 1. Filtration und Sedimentation: Sowohl organische wie anorganische Verbindungen setzen sich ab und werden während eines relativ langsamen Vorganges durch das feinmaschige Netz von aktiven Bakterien abgebaut und dabei wird gleichzeitig Phosphor und Stickstoff als Nahrung aufgenommen. Dieser sehr komplexe Vorgang ist temperatur- und belastungsabhängig!
- 2. Abwechslung von sauerstoffarmen und sauerstoffgesättigten Zonen: der von den Pflanzen gebildete Sauerstoff diffundiert in den Boden und schafft schichtweise aerobe und anaerobe Verhältnisse, sodaß Kohlenstoffverbindungen bis zu CO<sub>2</sub> abgebaut und Stickstoffverbindungen abwechslungsweise nitrifiziert und denitrifiziert werden können. Stickstoff als Gas kann in die Luft entweichen, ein technisch schwierig zu simulierender Vorgang, der in der Natur ohne weiteres von statten geht.

Kehren wir nun zu den Viren zurück. Wie schon gesagt, uns sind über 100 verschiedene Virustypen bekannt. Bei eigenen Untersuchungen in Schweden und Dänemark (Tab. 1) fand ich folgende Verhältnisse, wie Abb. 4 zeigt. Das Diagramm macht die jahreszeitliche Verteilung von Viren im Abwasser anschaulich. Nach Passage einer Kläranlage, die ungefähr der Wiener entspricht, hat die Belastung etwa so abgenommen, wie das Diagramm (Abb. 5, 6), zeigt.

Man erkennt deutlich, daß trotzdem in den behandelten Abwässern den ganzen Spätsommer und Herbst mit einem positiven Virusnachweis zu rechnen ist. Dies überall auf der Welt.

Flußwasser hat dann vielleicht 300 infektiöse Einheiten pro Liter. Das Problem ist aber nicht, in welchem Maß die Viren reduziert werden, das Problem liegt aus hygienischer Sicht in der Frage, wieviel infektiöse Einheiten noch im Wasser verbleiben (Abb. 6).

In Abb. 7 zeigt sich, daß der BOD<sub>5</sub> für die virale Belastung ein wesentlich besserer Parameter ist als das Darmbakterium E. coli. Da von Natur aus Bakterien wesentlich empfindlicher sind als Viren, werden diese auch schneller und besser zerstört.

Was auch immer in Kläranlagen an pathogenen Keimen zerstört wird (Abb. 8-10), so bleibt doch immer eine Restfracht in Schlamm und Abwasser zurück. Abb. 11 zeigt das Verteilungsbild in Komponenten und Prozenten aufgegliedert. Allerdings kann man Rohabwässer mit Einsatz des sog. "advanced treatment", also hoher Technologie, durch Präcipitation, Filtration und Desinfektion bis zu einem akzeptablen Trinkwasser aufbereiten. Allerdings sind die Kosten dafür fabelhaft und die Genießbarkeit dieses Wassers ist nicht unbedingt überzeugend.

Was hat dies nun alles mit einem Kraftwerkbau zu tun?

Wenn man Viren nicht nur entfernt, sondern wirklich inaktiviert, liegen dem pH-Änderungen im alkalischen Bereich bis 11, Temperaturerhöhungen oder Oxydation zugrunde.

Bei Kläranlagen werden in der Primärsedimentation die Viren bis zu 100facher Konzentration im Primärschlamm angereichert und entfernt – aber nicht inaktiviert, im Belebtschlammverfahren werden sie durch Bakterien und Protozoen indirekt durch Oxydation inaktiviert. Bei chemischer Behandlung werden die Viren entnommen; aber nicht inaktiviert, sie bleiben im Präcipitat konzentriert vorhanden. Bei Faulschlammbehandlung ist die Inaktivierung eine Funktion des Zeit-Temperatur-Effektes, da anaerobe Verhältnisse herrschen. Die eigenen Untersuchungen zeigen (Abb. 12 – 14), daß die Viren von Mensch und Tier unter Sauerstoffzufuhr wesentlich schneller inaktiviert werden, als unter anaeroben Bedingungen. Allerdings gibt es einen natürlichen Effekt bei Abwässern, der die Widerstandsfähigkeit der Viren gegen Inaktivierung – künstlich wie auch natürlich – enorm steigert: die Absorption an Partikeln (s. Abb. 15). Dies sieht man z. B. unter Grundwasserbedingungen, wo sich Viren, an Erdpartikel absorbiert, wesentlich länger aktiv erhalten als im Wasser. Dies wurde auch in amerikanischen Studien über die Sedimente in Oxydationsteichen nachgewiesen. Eines hat sich als sicher und haltbar erwiesen: je verschmutzter das Wasser ist, desto größer ist die Überlebensfähigkeit, ohne ihre Infektiosität zu verlieren. Und noch viel schlimmer: der Unterschied zwischen dem Indikatorbakterium (z. B. E. coli) und den Viren in Funktion der Zeit verschiebt sich zugunsten der Viren. Das heißt, daß bakteriologisch einwandfreies Wasser mit humanpathogenen Viren belastet ist.

Der Boden verhält sich unterschiedlich, zunächst haften die Viren rein oberflächlich (Abb. 16). Dies ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit und von physikalisch-chemischen Vorgängen. Je nachdem können die Viren wieder ausgespült oder weiter transportiert werden, vor allem wenn die organische Belastung hoch ist. Unter "gewöhnlichen" Umständen haften Viren an der Bodenoberfläche und bleiben den ganzen Winter hindurch aktiv (Abb. 17). Bei viel Regen sind reine Sandböden virusdurchlässig.

In mehreren Fällen sist der Nachweis erbracht worden, daß bei hoher organischer Belastung die Uferfiltration unzulänglich wird und durch die hohe Schmutzfracht als natürliche Filterpassage permeabel für Viren wird, die dann im Grundwasser und somit im Brunnenwasser nachweisbar sind.

#### Die Konklusion ergibt sich wie folgt:

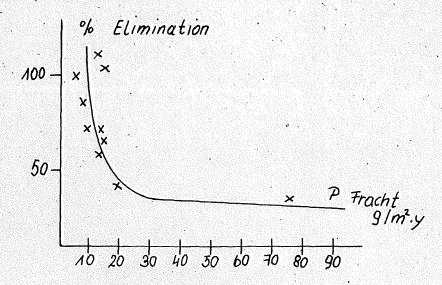
In einem hochbelasteten Fluß wie der Donau, in dem sauerstoffzehrende Prozesse stattfinden, kann es plötzlich zu dem Punkt kommen, an dem die Selbstreinigung zusammenbricht, da die anaerobe Situation die meisten biologischen Prozesse behindert. Unter mehr oder weniger anaeroben Bedingungen ist die Virusinaktivierung nicht mehr effizient, die Uferfiltration wird durchbrochen und Viren sind in Grund- und Brunnenwasser nachweisbar.

Feuchtgebiete sind wegen der bereits aufgezählten und erklärten Mechanismen wie Mineralisation und Denitrifikation eine hervorragende natürliche Wasseraufbereitung — mit Geld kaum zu bezahlen. So sollte man bei der Erstellung der Kosten-Nutzen-Rechnung von Kraftwerkbauten auch die Kosten der Verschlechterung der Wasserqualität und -quantität mitberechnen, vor allem, wenn dieses Wasser zu Trinkwasserzwecken gebraucht wird. Sehr viele Länder werden allmählich zunehmend Schwierigkeiten für ihre Trinkwasserversorgung zu erwarten haben, nicht zuletzt auch Wien und Umgebung. Es muß daher in Zukunft alles daran gesetzt werden, um Grundwasserfelder zu schützen.

Mir als Virologin ist der Zusammenhang von Kraftwerkbau, Verschlechterung des Flußwassers, Ausschalten von Feuchtgebieten und Schwierigkeiten mit der Trinkwasserversorgung sehr klar. Aber wie schon gesagt: wenn genug Geld vorhanden ist, kann man aus Abwasser direkt hygienisch einwandfreies Trinkwasser produzieren.

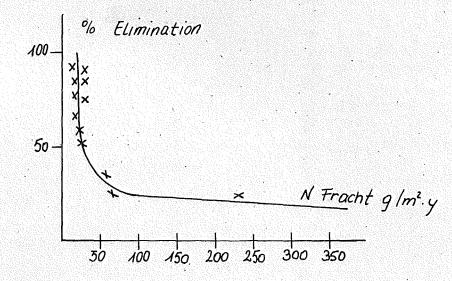
In der Presse finden sich Angaben, daß auch in Ungarn Kraftwerkbauten zur Diskussion stehen. Es wird hier befürchtet, daß das Trinkwasser für 8 Millionen Menschen bedroht wäre. Diese Pläne entstanden 1977, als man keinerlei ökologische Überlegungen anstrebte. Soweit ich informiert bin, sind die Vorarbeiten in Ungarn zur Zeit unterbrochen worden, die Fertigstellung wurde von der ungarischen Regierung von 1990 auf 1994 verschoben.

Abb. 1



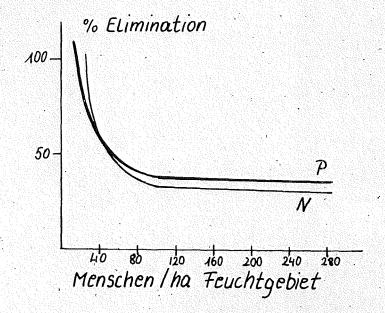
Elimination von Phosphor aus Abwässern durch Feuchtgebiete

Abb. 2



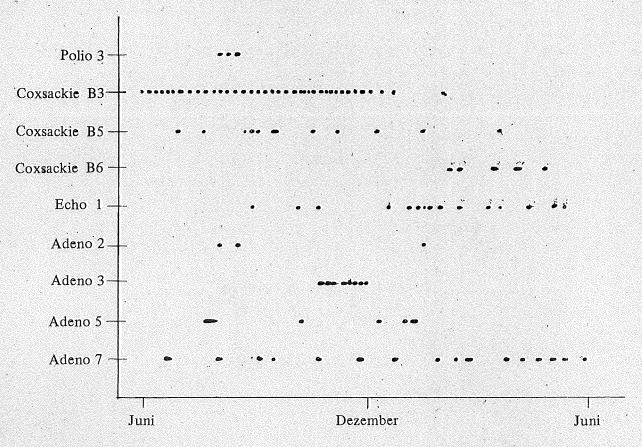
Elimination von Phosphor aus Abwässern durch Feuchtgebiete

Abb. 3



Nicols: Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastwater J.WPC 7 55,495 - 505 (1983)

Abb. 4 Übersicht von Virusvorkommen in unbehandeltem städtischen Schlamm



Eine Markierung bedeutet, daß zumindest eine der wöchentlich entnommenen Proben für das aufgezeichnete Virus positiv war.

Abb. 5 getestet wurden: Coxsackieviren, Echoviren, Adenoviren, Polioviren

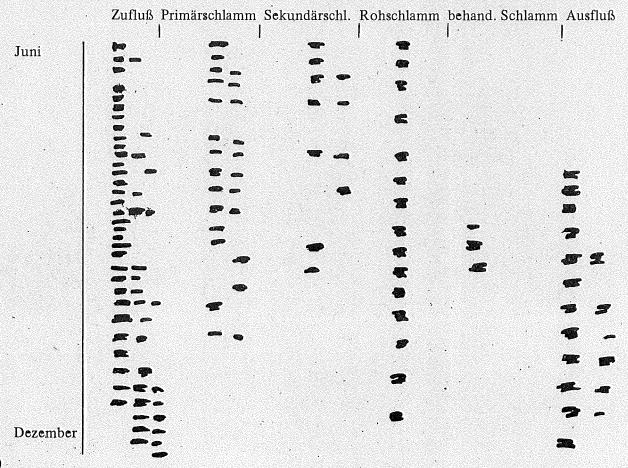
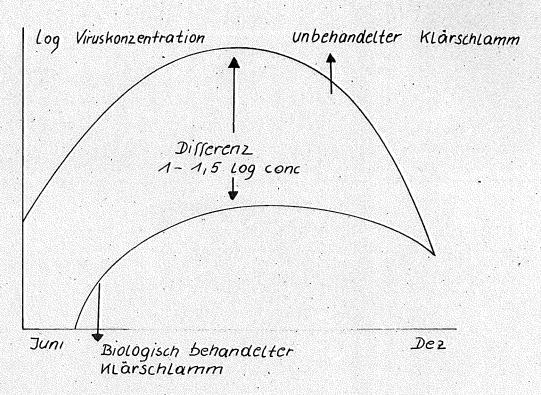


Tabelle 1: Virusgruppen im Abwasser

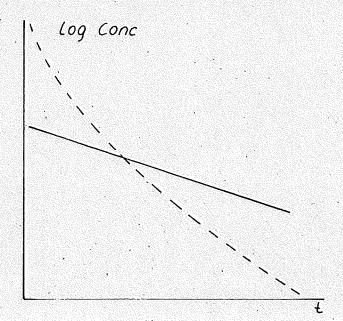
Familie		Merk	male		. Vertreter		Vorkommen im Abwasser	
•	Durchm. in nm <sup>*</sup> l	Hülle	Kern	säure-Typ	Gattung	Art	nachgewiese	i i karan di kali kali kali karan da kali karan da karan d
Picornaviridae	20 - 30	ohne	es*2	RNS	Enterovirus	Polioviren	X.	
			1			Coxsackieviren	x	
					ent to the	ECHO-Viren	X	
						Hepatitis-A-Virus	Proposition (1)	· <b>x</b>
Caliciviridae	30 – 40	ohne	es	RNS	Calicivirus	hum. Caliciviren		· x
	27 - 30			?		Norwalkvirus		X
(Astroviren)	28	wahrscl ohne	ń.	?		hum. Astroviren tier. Astroviren		X
Reoviridae	60 – 80	ohne	ds*2	RNS	Reovirus Rotavirus	hum. Reoviren hum. Rotaviren	<b>X</b> 15. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3.	•
Coronaviridae	60 — 220	mit .	es '	RNS	Coronavirus	hum. Coronaviren	X see and	<b>X</b>
. Parvoviridae	. 20	ohne	es	DNS .	Parvovirus Adeno-abhängige Viren	hum. Parovirus B19 versch. Vertreter		x x
Adenoviridae	70 – 90	ohne	ds.	DNS	Mastadenovirus	enterale Adenoviren 40 u. 41		X
Papovaviridae	45 – 55	ohne	ds	DNS	Polyomavirus	BK-Virus		X
		Stage of the Control				JC-Virus		x
Orthomyxoviridae	80 – 120	mit .	ds	DNS	Influenzavirus	hum. Influenzavirus Typ A		?

<sup>\*1</sup>  $1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$ .

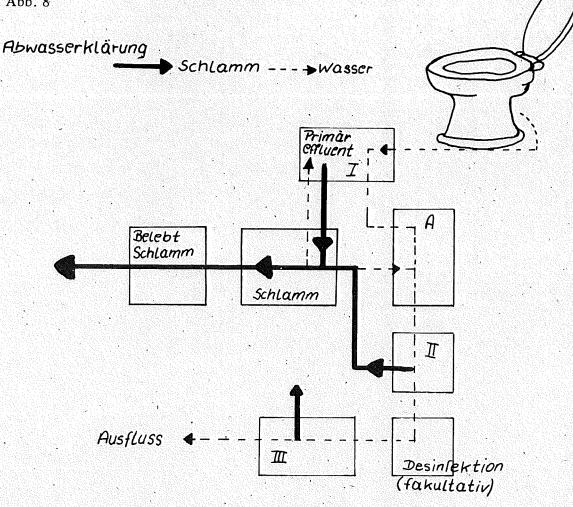
<sup>\*2</sup> es = einsträngig, ds = doppelsträngig

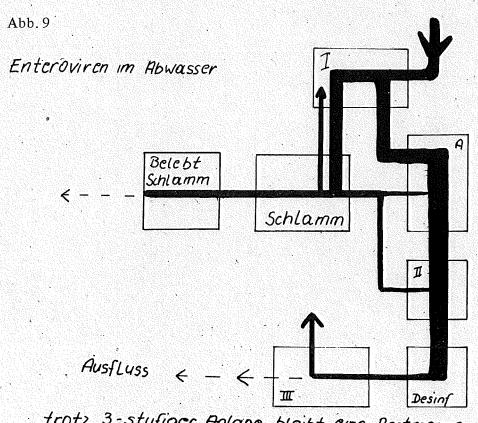






\_\_\_ Enteroviren
Eliminationsgeschwindigkeit:
Vergleich E.coli zu Enteroviren





trotz 3-stufiger Anlage bleibt eine Restmenge

Abb. 10 Muscheltiere im Übertragungsmechanismus – aus technischen Gründen nicht dargestellt.

Abb. 11

Rohabwasser - Rowwaste water	Primarschlamm – Prim Studge	Schundarschl sec. Studge	- Abbau - Decompisition	AusLauf Effluent
Im Rohabwasscr	Geschätzer	perzentueller	Anteil pro Was	sservolumen
gefundene Konzentration	PS .	Sec. S	Abbau	Auslauf
Salmonellen 100 /100 ml	5	0	<i>Десотр</i> .	<u>_</u>
Parasiten (Eier, Cysten)	50	10	<b>D</b>	<u> </u>
Viren (1000 J.D/100ml)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	. 5	, <b>D</b>	5-10
Clostridien (z.B. Cl. Perfringens) 100 000 / 100 ml	<u>L</u> 50	) ·	<b>D</b> .	35
E. CoLi 107/100 ml	<u> </u>	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	D ·	<u>i</u> 1
BOD 5 200 mg/L	50		D.	10

Schmutzfrachtverminderung bei einer effizienten Belebtschlammkläranlage.

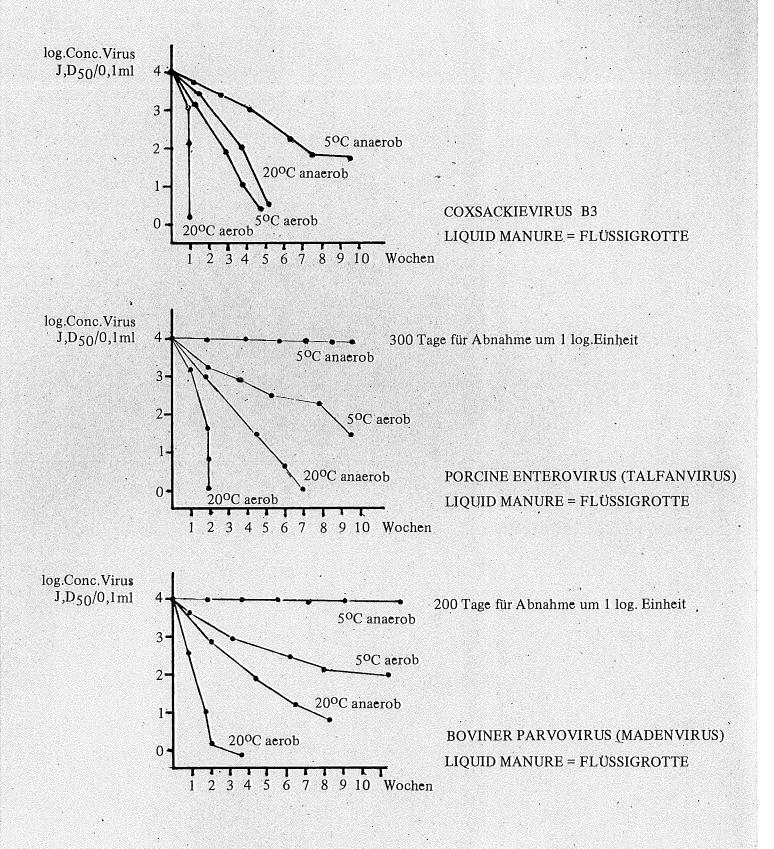
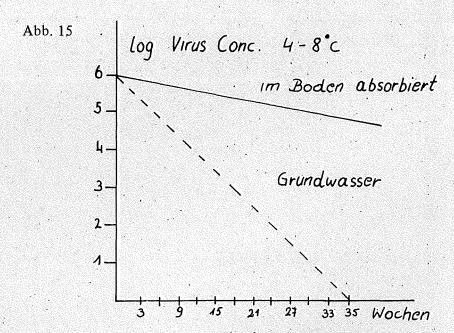


Abb. 12, 13, 14 Eliminationsrate der Virusfracht in Abhängigkeit von Typ, Temperatur, Zeit und Sauerstoff.



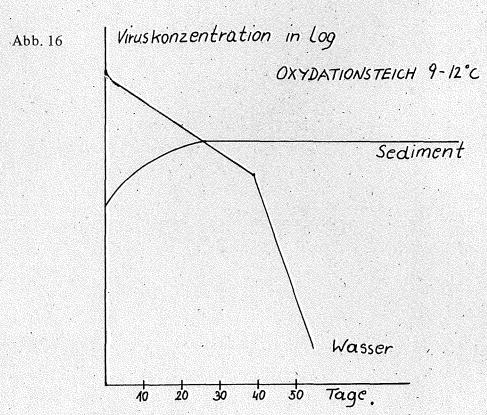


Abb. 17 Die Haftung von Viren an der Bodenoberfläche ist ein physikalisch-chemischer, reversibler Prozess, der von der im Wasser vorhandenen Ionenstärke und dem pH-Wert abhängt, sowie der Wasserdurchflußmenge und der Möglichkeit vorhandener organischer Belastung wie der Bodenbeschaffenheit.

- IONENSTÄRKE
- PH-WERT
- FLOWRATE
- ORGANISCHES MATERIAL
- BODENBESCHAFFENHEIT

## KURZFASSUNG DER DISKUSSION IM ANSCHLUß AN DEN VORTRAG VON FRAU PROF. LUND

Raab stellt die Frage, ob Mineralwasser geeignet ist, Trinkwasser zu ersetzen?

Eichler und Flamm führen aus, daß die Unterscheidung von Mineral- und Quellwasser wichtig sei. Quellwasser mit einem Gehalt von 1 bis 14 mg/l gelösten Salzen ist für den dauernden Genuß geeignet, hochmineralisiertes Tafelmineralwasser sollte nicht als Trinkwasserersatz verwendet werden. Beide Wässer werden sehr genau auf Schadstoffkonzentrationen untersucht.

#### Grenzwerte

Die Frage wird gestellt, wie die Grenzwerte, der neuen Richtlinien von der WHO von Chemikern beurteilt werden.

Bolzer antwortet, daß in einem Erlaß des Gesundheitsministeriums die Grenzwerte fixiert sind und aufgrund von neuen Erfahrungen geändert werden können.

Der Grenzwert von 30 mikrogramm/l für chlorierte Kohlenwasserstoffe darf als Ausnahme nur kurzfristig bis höchstens 100 mikrogramm/l überschritten werden. Dann muß eine Notwasserversorgung eingerichtet werden. Die Toxizität dieser Stoffe in diesen Konzentrationen zu beurteilen, ist sehr schwierig. Bei vielen Substanzen ist es gar nicht möglich, diese festzustellen. Die Grenzwerte werden z. T. mit langfristigen Tierversuchen oder mit mathematischen Modellen ermittelt und müssen dementsprechend immer auf den neuesten Stand gebracht werden. Die Grenzwerte liegen in verschiedenen Ländern verschieden hoch, BRD: 25 mikrogramm/l, Österreich: 30 mikrogramm/l, USA: 100, Kanada: 300, Italien: keine Richtlinie (bis 1000 mikrogramm/l werden toleriert).

Er ist der Meinung, daß Werte, die an der Grenze der Meßbarkeit liegen, nicht hochgespielt werden dürfen. Es kommt dabei zu Fehlreaktionen, sodaß u. U. Wässer, die bakteriologisch nicht einwandfrei sind, aus Angst vor Haloformen nicht mehr gechlort werden.

Katzmann stellt die Frage, was man mit Substanzen macht, die man nicht aus dem Wasser entfernen kann und weist auf den Zusammenhang mit anderen Belastungen wie Luft und Nahrungsmittel hin.

#### Viren

Lund führt aus, daß die Filtration von Bakterien und Viren im Boden in den obersten Schichten erfolgt. Dieser Adsorptionsvorgang ist abhängig von Leitfähigkeit, pH-Wert, organischer Belastung und Filtergeschwindigkeit im Boden. Das Rückhaltevermögen hängt im wesentlichen von den Bodentypen ab. Es kann bei Überforderung der Bodenfiltration zu Auswaschungen kommen.

## Kläranlage

Wagner stellt eine Frage betreffend die Kläranlage, 3. Reinigungsstufe.

Prof. Weber antwortet, daß der Grad der Aufbereitung von Abwasser vor der Einleitung in ein Gewässer von der Leistungsfähigkeit des Vorfluters (Verdünnung des Abwassers) und von der Nutzung des Gewässers abhängt. Bei einem schwachen Vorfluter und einer nahe liegenden Entnahme für Trinkwasserzwecke wird man bei der Reinigung des Abwassers viel mehr Maßnahmen ergreifen müssen als bei einem sehr großen Vorfluter.

Es bestehen zwei Schwerpunkte: was kann ich sinnvollerweise aus dem Abwasser herausnehmen, und was wird erst bei der Trinkwasseraufbereitung entfernt.

# QUALITATIVE UND QUANTITATIVE ÄNDERUNG IM TRINKWASSERANGEBOT ALS FOLGE VON DONAU-FLUßKRAFTWERKEN

Dipl. Ing. Helmut Jung Hochschule für Bodenkultur (BOKU)

## Einleitung

Die Donau hat in Österreich mehrere Funktionen zu erfüllen, die einander unter Umständen sehr stark beeinträchtigen können.

Einerseits stellt die Donau mit ihrem begleitenden Grundwasserstrom ein bedeutendes Trinkund Brauchwasserpotential für die Verdichtungsräume dar. Diesem Standortfaktor kommt nach der Energiesicherung weltweit wirtschaftlich höchste Priorität zu. Angesichts der Situierung der größten österreichischen Agglomerationsräume im Donaubereich des Linzer und Wiener Zentralraumes, wird seitens der OEROK (Österreichische Raumordnungskonferenz) die wasserwirtschaftliche Problematik besonders hervorgehoben: Die Sicherung von Trink- und Brauchwasser, das Freihalten der Hochwasser-Retentionsräume, die Erhaltung einer Mindestwassergüte und Intensivierung der Abwasserklärung gehören zu den von Bund, Ländern und Gemeinden einvernehmlich definierten sachbezogenen Zielen (OEROK 1978, Seite 91).

Andererseits weist die Donau in Österreich auf Grund des starken Gefälles und der bereits großen Wassermassen ein hohes Arbeitsvermögen und damit große energiewirtschaftliche Bedeutung auf. 1953 bis 1956 wurde deshalb von der DOKW ein Rahmenplan zur lückenlosen, stufenweisen Verbauung der österreichischen Donau beschlossen. In dieser Kraftwerkskette fehlen heute nur die Kraftwerke Wachau, Wien und Hainburg. Da jedoch Ballungsräume wie Linz und Wien mit ihrem steigenden Wasserbedarf auf das Wasserdargebot der Donau und ihres Grundwasserbegleitstromes nicht verzichten können, kommt es hier zu qualitativen und/oder quantitiativen sogenannten "Kalamitäten". Diese Schwierigkeiten sollen an Hand des Beispiels Brunnenfeld Goldwörth/Hagenau der Gemeinde Linz, das im Staubereich des Donaukraftwerkes Ottensheim-Wilhering liegt, dargelegt werden. Ich habe dieses Brunnenfeld zur Darstellung der Probleme bewußt ausgewählt, weil hier sehr gutes und ausreichendes Datenmaterial vorliegt (Beweissicherung der Stadtbetriebe Linz, Arbeiten von Kumpera, Reichl und Diernhofer), und weil von mir im Rahmen des Institutes für Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur bei diesem Brunnen ein Projekt zur Aufbereitung des Trinkwassers gemeinsam mit H. Frischherz, W. Rubey und W. Urban durchgeführt wurde.

Es gibt natürlich noch weitere Donau-Stauräume, in denen die gleichen Schwierigkeiten wie in Goldwörth aufgetreten sind, wie z. B. Ybbs-Persenbeug, wo das Wasserwerk geschlossen und außerhalb des Einflußbereichs der Stauhaltung neu errichtet wurde. Weiters sind zu erwähnen: Kraftwerk Altenwörth: Auftreten von Eisen und Mangan in Brunnen von Mautern. Kraftwerk Abwinden Asten: Schwierigkeiten mit Mangan und Eisen im Brauchwasser der Industrie im Bereich der eingestauten Traunmündung.

## Beschreibung von Brunnenfeld, hydrogeologische Situation, Wasserqualität

Anfangs der 60er Jahren stand die Stadt Linz vor der Aufgabe, neue Wassergewinnungsanlagen zur Sicherung des damals stark angestiegenen Wasserbedarfs zu errichten. Nach Prüfung von mehreren Hoffnungsgebieten auch in weiterer Entfernung von Linz (z. B. Attersee, Almtal, mittlere Traun-Ennsplatte) haben sich die donaunahen Augebiete des Eferdingerbeckens, rund 15 km stromaufwärts von Linz, als günstigste Standorte für entsprechend ergiebige Grundwasser bzw. Uferfiltrat-Entnahmen herausgestellt — obwohl die Pläne der DOKW zum Aufstau in Ottensheim/Wilhering bekannt, und Auswirkungen auf die ufernahen Wasserentnahmen zu erwarten waren. Folgende Gründe sprachen für diese Lösung:

- \* praktisch unbegrenzte Wasservorkommen
- \* relativ nahe Lage zu Linz
- \* große, unbesiedelte und billige Augebiete als Schutz für das Brunnenfeld
- \* gute Rohwasserqualität der Donau zur Uferfiltrat-Gewinnung.

Das Brunnenfeld liegt linksufrig der Donau im Mündungsbereich des Pesenbaches (Abb.1) und soll dreimal 250 l/s, d. i. 65.000 m<sup>3</sup>/Tag liefern.

Der geologische Aufbau des Eferdingerbeckens setzt sich aus 3 Schichten zusammen. (Abb. 2):

- \* der dichte, im Tertiär entstandene Schlieruntergrund in etwa 12 m Tiefe
- \* darüber eine 8 10 m mächtige Schicht aus Lockersedimenten, die in den Eis- und Zwischeneiszeiten gebildet wurde, und
- \* darüber die oberste Decke aus einer zusammenhängenden Schicht aus Aulehm und Ausand, die durch Hochwasserüberflutungen entstanden ist, und eine Mächtigkeit von 1-4 m aufweist.

Die örtlichen Durchlässigkeitswerte sind infolge der starken Inhomogenität des Grundwasserleiters sehr unterschiedlich zwischen 2 bis 43 x 10<sup>-3</sup>m/Sek.

Die hydrogeologische Auswertung des Hauptpumpversuches aus dem Horizontalfilterbrunnen, und die von Prof. Breiner durchgeführten potentialtheoretischen Untersuchungen zur Beurteilung der Gesamtentnahmeverhältnisse, führten zu folgenden Ergebnissen:

Bei der gesamten Entnahme von 750 l/Sek aus den 3 Brunnen wird in hohem Maße Donauwasser eingezogen. Bei mittlerer Donauwasserführung wird sich der Anteil der landseitigen Zuströmung auf etwa 20 % belaufen. Die Tracer-Versuche der Bundesversuchsanstalt Arsenal erbrachten sehr hohe Werte für die Abstandsgeschwindigkeit, die bei einer Entnahme von 250 l/Sek etwa 25 m/Tag in 100 m Entfernung beträgt.

Die Aufenthaltsdauer des Uferfiltrates, das von der Donau eingezogen wird, hat eine Größenordnung von 17 Tagen. Das Wasser hat einen Sauerstoffgehalt von 3-5 mg/l und enthält keine Konzentrationen an Eisen und Mangan.

1973 wurde mit dem Einstau des Donaukraftwerkes Ottensheim/Wilhering begonnen. Der Vollstau wurde im September 1973 erreicht. Um eine ausreichende Dotierung des Grundwasserkörpers mit Grundwasser zu garantieren, wurde ab dem Horizontalfilterbrunnen 2 Donau aufwärts als Dammdichtung keine Spundwand sondern eine Dichtungsschürze eingebaut, die etwa 1 m tief in die Sand-Kiesschichte eintaucht.

## Veränderungen im Zusammenhang mit dem Kraftwerk Ottenheim/Wilhering

#### Geohydraulische Auswirkung

Durch die Erreichung des Stauzieles des Kraftwerkes kam es zu einer grundlegenden Veränderung der hydraulischen Verhältnisse im Fassungsgebiet und dadurch in weiterer Folge zu einer Veränderung der Wassergüte.

Durch die Hebung des Wasserspiegels im Profil quer zur Donau (Abb. 2) durch den Horizontalfilterbrunnen (HFB) 2 um ungefähr 9 m ging die Funktion der Donau als Vorfluter für das andrängende Grundwasser verloren. Nun wurde der Grundwasserkörper von der Donau infolge der geänderten Druckverhältnisse mit Qualmwasser versorgt, und der relativ tiefliegende Pesenbach diente als Vorfluter. Bei einer Förderung von 165 1/Sek wurde kein landseitiges Grundwasser mehr eingezogen. Die Verweildauer des Uferfiltrates im Untergrund sank von 17 Tagen vor dem Aufstau auf 5 Tage nach dem Aufstau. Diese kurze Verweilzeit ist auch in Bezug auf die Keimelimination sehr problematisch.

#### Einfluß des Aufstaues auf die Grundwasserqualität

Die durch den Aufstau reduzierte Flußgeschwindigkeit der Donau, insbesondere im Stauraumbereich, führte zu einer stark verringerten Schleppspannung, sodaß es zu reichen Schlammablagerungen kommt. Dieser abgelagerte Schlamm, der neben mineralischen Komponenten reich an organischer Substanz ist, weist eine sehr hohe Sauerstoffzehrung auf, sodaß es im Stauraumbereich zu einer Verringerung des gelösten Sauerstoffes kommt. Es gibt Untersuchungen, die im Wasserwirtschafskataster veröffentlicht sind, daß 25 g Schlamm in 1 1 Donauwasser innerhalb von 2 Stunden 12 mg Sauerstoff auszehren.

Das, durch die Schlammschichte infiltrierte Wasser, enthält nun seinerseits gelöste organische Substanzen, welche unter Zuhilfenahme des im Wasser gelösten Sauerstoffes abgebaut werden. Solange die Mineralisierung unter Verbleib eines Restsauerstoffgehaltes möglich ist, sind bei der Gewinnung eines derartigen Uferfiltrates keine Schwierigkeiten zu erwarten. Zur Zeit erhöhter biologischer Aktivität, bei hohen Wassertemperaturen beginnend mit Ende des Hochsommers, reicht der Sauerstoffgehalt des Infiltrates aber nicht mehr aus, um eine vollständige Mineralisierung der abbaubaren organischen Kohlenstoffverbindungen zu gewährleisten, sodaß sich ein sogenanntes "reduzierendes Milieu" ausbildet. Die Sauerstofflieferanten sind in diesem Fall vor allem dreiwertige Eisen- und vierwertige Manganverbindungen und gelöstes Nitrat, welches teilweise bis zum Ammonium reduziert wird.

Das nun gelöste zweiwertige Eisen und insbesondere das zweiwertige Mangan trat vor allem im Rohrnetz nach Kontakt mit Sauerstoff als Eisenhydroxid bzw. als Braunstein und in Form von Mangan-Biologie unangenehm in Erscheinung.

Die hygienische Bedeutung des Eisens ist nicht sehr groß, es ist hauptsächlich unangenehm, denn es kann vorkommen, daß das Wasser bei großen Geschwindigkeiten im Netz schwarz oder braun zum Endverbraucher kommt. Es kann auch vorkommen, daß etwaige Filter bei Brauchwasser, und auch bei Trinkwasser, verlegt werden. Dies ist allerdings nicht gesundheitsgefährdend oder schädigend.

An der Grafik in Abb. 3 über die zeitliche Entwicklung einiger Parameter der Wasserqualität kann man ein Phänomen erkennen, daß zu der irrigen Annahme führte, es gäbe im Bereich der Donaustauräume keine Qualitätsprobleme: Nämlich die große zeitliche Verzögerung mit

der diese Veränderungen auftauchen. In diesem Fall: Einstau im Jahr 1973, Auftreten von Eisen, Mangan und Ammonium im Grundwasser im September 1977, also erst vier Jahre später. Dies konnte insbesondere von der DOKW nicht erkannt werden, da diese nach 4 Jahren bereits beim nächsten oder übernächsten Kraftwerk war.

Wir konnten im Zuge eines Forschungsprojektes für biologische Trinkwasseraufbereitung (gemeinsam mit H. Frischherz, W. Zerobin und F. Zibuschka) in den biologisch eingearbeiteten Filtern ganz ähnliche Phänomene beobachten, wie diejenigen, die sich im Boden und Grundwasser abspielen.

Bei günstigen, sauerstoffreichen Bedingungen kommt es zur Ausbildung einer mangan- und eisenoxydierenden Biologie, wobei die Manganoxydation immer mit einer Ammoniumoxydation verbunden war, und andererseits bei sauerstofffreien Bedingungen im gleichen Filter ein langsames Einstellen der Oxydation und nach einer gewissen Zeit ein Umstellen auf Reduktion des im Filter abgelagerten Eisens und Mangans bei gleichzeitiger Erhöhung der Ammonium- und Nitritwerte beobachtet werden. Das heißt, daß der Grund für das Auftreten des Mangans und Eisens nicht, wie bisher behauptet wurde, eine anthropogene Verunreinigung des Grundwassers und daraufhin eine chemische Reaktion des Eisens und Mangans im Boden ist, sondern wie die Versuche in den abgeschlossenen Filtern gezeigt haben, eine Anpassung der im Boden vorhandenen Biologie an die neuen, sauerstofffreien Verhältnisse bedeutet.

Die kurze Aufenthaltsdauer des Filtrates nach Aufstau bewirkte auch größere Temperaturschwankungen. Betrug die maximale Temperaturdifferenz zwischen höchster und tiefster Jahrestemperatur vor dem Aufstau 3°C, so beträgt sie nach dem Aufstau 11,5°C (z. B. Oktober 1977 14,5°C, Mai 1977 4,0°C). In Abb. 4 ist ein Diagramm von gelöstem Sauerstoff und Temperatur zu sehen: Nach dem Aufstau 1973 im Brunnen eine sehr hohe Amplitude der Temperatur bei ganz niedrigen Sauerstoffwerten, vor dem Aufstau ein hoher Sauerstoffgehalt und eine ganz niedrige Amplitude des Temperaturganges. Der sinusförmige Verlauf der Jahrestemperaturkurve des HFB 2 folgt leicht gedämpft, und um ungefähr 8 Wochen zeitlich verschoben, der Jahrestemperaturkurve der Donau.

Zur biologischen Beschaffenheit des Wassers ist festzustellen, daß es auf Grund des vorhandenen organischen Detritus in Verbindung mit Eisen- und Manganabscheidungen vor allem im Behälter Froschberg (Boden, Wände), sowie auch im Rohrnetz (insbesondere in Endsträngen) zu Ablagerungen kommt. Dieser abgelagerte organische Schlamm, sowie die dünne Kahmhaut auf der Wasseroberfläche im Behälter, liefern Nährstoffe für eine artenreiche und unter den günstigen Lebensbedingungen sich rasch vermehrende Biozönose. Nachgewiesen konnten werden: eisen- und manganoxydierende Bakterien, Geisseltierchen (Flagellaten), Wimpertierchen (Ciliaten), beschalte Amöben, Würmer (Nematoden und Oligochaeten), eine Kleinkrebsart (Cyclops) sowie eine Milbenart (Acari), Rädertierchen (Rotatorien) und Bauchhärlinge.

Ich möchte betonen, wie Frau Prof. Weber vor mir schon gesagt hat, daß Eisen und Mangan hygienisch nicht bedenklich sind, wohl aber Zeiger für Vorgänge im Untergrund sind, die zu einer bedenklichen Entwicklung des Grundwassers führen können.

Maßnahmen zur Erreichung einer zufriedenstellenden Wasserqualität (5,3)

Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung: Abdichtung, Aufbereitung (chemisch oder biologisch), neue Standorte festlegen, Abpumpen oder Anreichern von Grundwasser.

Seitens der DOKW wurde versucht durch Abdichten des linksseitigen Donauufers annähernd die vor dem Aufstau herrschenden Grundwasserverhältnisse wieder herzustellen.

So wurde im Jahre 1978 zwischen Strom-km 2149 und 2150 eine Schmalwand im Rückstaudamm niedergebracht, und die vorhandenen Dichtungsschürzen in der bestehenden Spundwand mittels Injektionsschleier zusätzlich gedichtet. Diese Dichtungsschürzen wurden zunächst aus Angst einer mengenmäßigen Beeinträchtigung des Brunnenfeldes bei vollständiger Abspundung angeordnet. Dadurch wurde eine Senkung des Grundwasserspiegels im ufernahen Bereich von ca. 1,0 m und im Inneren des Brunnenfeldes von ca. 0,5 m erreicht. Die Jahresamplitude der Temperaturganglinie ging von 11° C (1975) auf 4,7° C (1979) zurück. Der nach dem Aufstau ausbleibende Anteil des landseitigen Grundwasserzustromes stieg nun auf etwa 15 % an. Somit entfielen 85 % auf Donauinfiltrat.

Ein Pumpversuch mit dem HFB 2 vom 16. bis 23. August 1979, der von den Stadtbetrieben Linz durchgeführt wurde, läßt ähnliches erkennen. Der Versuch wurde so durchgeführt, daß nur jeweils einer der sieben Vortriebe zur Förderung herangezogen wurde, indem die restlichen sechs abgeschiebert wurden. Es zeigt sich, daß das geförderte Wasser der landseitigen Vortriebe sauerstoffreicher, Ammonium- und Mangan-ärmer ist, und eine größere Gesamthärte aufweist.

Daraus kann geschlossen werden, daß es sich hier hauptsächlich um Hangwasser bzw. Qualmwasser seitens des Pesenbaches handelt, wogegen die donauseitigen Vortriebe vornehmlich Donau-Uferfiltrat fördern.

Eine zweite Schmalwand mit Wasserglaszusatz wurde im Sommer 1980 parallel zur ersten niedergebracht, und noch stromabwärts ungefähr bis km 2148,5 verlängert. Diese Maßnahme bewirkte eine weitere Senkung des Grundwasserspiegels um ca. 70 cm, sowie einen Anstieg des Hangwasseranteiles auf 31 %. Von den 69 % Uferfiltratanteil dürften zumindest 5 % bereits oberhalb der Schmalwand (km 2150) eingezogen werden, was in Bezug auf die Wassergüte des Filtrates vorteilhaft ist.

Ein Langzeitpumpversuch, der von der SBL durchgeführt wurde, ergab bei der Förderung aller drei Brunnenanlagen im HFB 2 einen Hangwasseranteil von 60 % nach Angaben der SBL. Dieses Verhältnis entspricht den Verhältnissen vor Aufstau bei Niederwasser- bzw. Mittelwasserführung der Donau.

Herkömmliche Aufbereitungsverfahren sind chemische Methoden, begonnen bei Sauerstoff-Einbringung zur Oxydation des Eisens und Mangans, dann härtere Methoden wie die Oxydation mit KMnO<sub>4</sub>, Chlor und Ozon. Diese Methoden bringen aber dann schon relativ große Schwierigkeiten mit sich: Ozon, z. B. eine heftige Wiederverkeimung in anschließenden Filtern, dadurch daß organische Substanzen vom Ozon zerlegt werden und als Nahrung für die Biologie aufbereitet werden.

In unserem Forschungsprojekt wurde an biologischen Trinkwasseraufbereitungsverfahren zur Enteisenung und Entmanganung gearbeitet, die in verschiedenen Gebieten, d. h. mit verschiedenen Wässern (Wasserwerk Goldwörth, Fischamend, Drösing) sehr gut funktioniert haben.

Die Biologie oxydiert Mangan und Eisen bis zu einem Wert, der praktisch nicht mehr nachweisbar ist. Die Verfahren, Mangan zu entfernen, gibt es also. Schwieriger ist abzuschätzen, welche Entwicklungen im Schotterkörper vor sich gehen, und welche Veränderungen des Grundwassers noch im Gange sind.

Durch diese Maßnahmen ist es also gelungen, die Grundwasserspiegellagen wieder an die ursprünglichen Zustände anzunähern. Die Wasserqualität im betroffenen Gebiet ist jedoch wesentlich gleich geblieben, d. h. der Eisen- und Mangangehalt in HFB 2 ist weiterhin bei 0,2-0,4 mg/l. Lediglich die Temperaturverhältnisse haben sich weitgehend normalisiert, und dem jahreszeitlichen Ablauf vor der Stauerrichtung mit Schwankungen der Jahresamplitude um  $4^{\circ}$  C angepaßt.

Die gleichbleibend schlechte Wasserqualität ist darauf zurückzuführen, daß weiterhin sauerstoffgezehrtes Wasser in den Untergrund eintritt, und der Grundwasserstand zwar dem vor dem Aufstau entspricht, jedoch immer das gleiche Niveau aufweist, und dadurch die eisenund manganführenden Schichten nicht mehr so wie früher durchlüftet werden können.

Ähnliche Probleme wie im Stauraum Ottensheim/Wilhering gab und gibt es auch in anderen Donau-Stauräumen wie z. B. Ybbs-Persenbeug, Altenwörth und Abwinden-Asten. Falls das Kraftwerk Hainburg gebaut werden sollte, wird es auch mit sehr großer Wahrscheinlichkeit im Brunnenfeld der Gemeinde Wien in der Lobau zu Schwierigkeiten kommen. Hier wird die Situation durch die äußerst starke Belastung des Stauraumes durch die Abwässer der Gemeinde Wien und insbesondere durch den oberhalb des Brunnenfeldes gelegenen Ölhafen noch weiter erschwert und gefährlich.

An Hand dieses Beispiels soll die Kette von Sachzwängen aufgezeigt werden, die sich aus den Eingriffen in die Natur und deren Auswirkung auf das Ökosystem ergeben:

Bau des Kraftwerkes Hainburg — Gefährdung des Brunnenfeldes Lobau vom Stauraum und Ölhafen — Grundwasseranreicherung in der Lobau. Dazu erforderlich der Bau von Brunnen auf der Donauinsel und Überleitung in die Altwässer der Lobau, Stauhaltung in diesen Altwässern, Regulierung des Grundwasserstandes auf verschiedenen Niveaus, Vermeidung von Selbstdichtung der Altwässer. Bau der Staustufe Wien — Schwierigkeiten bei der Entnahme von Uferfiltrat auf der Donauinsel durch die Schlammablagerungen im Stauraum und den daraus resultierenden Reduktionsvorgängen bei der Bodenpassage.

#### Zusammenfassung

Bei der Trinkwasserentnahme im Bereich von Stauhaltungen ergeben sich im wesentlichen zwei sich überschneidende Probleme. Einerseits die Beeinträchtigung der Quantität durch die Abtrennung vom Gewässer, und/oder qualitative Schwierigkeiten in Form von gelöstem Eisen und Mangan, Ammonium und organischer Substanz, falls der Uferbereich zum Stauraum nicht vollständig abgedichtet wird.

Das Auftreten von gelöstem Eisen und Mangan ist weniger ein hygienisches als ein technisches und ästhetisches Problem für die Trinkwasserversorgung. Diese Stoffe sind nicht gesundheitsschädlich, führen aber zu Verfärbung und Geschmacksbeeinträchtigung des Wassers, sowie zu sehr unangenehmen Ablagerungen im Leitungssystem. Sie sind aber eindeutig Zeiger für ein stark reduzierendes Milieu im Grundwasserkörper und für eine Entwicklung der Biozönose im Untergrund bei der auch gefährliche Stoffe (Schwermetalle) in Lösung gehen können. Es handelt sich dabei genauso wie bei Eisen, Mangan, Ammonium um eine sehr langfristige Entwicklung bei der Ort, Zeit und Intensität der Lösungsvorgänge nicht vorhergesagt werden können.

Man muß also, um diesen Schwierigkeiten vorzubeugen, den Grundwasserkörper vom Stauraum abtrennen, und versuchen durch Anreicherung bzw. Abpumpen des Grundwassers möglichst ähnliche Verhältnisse wie vor der Stauerrichtung zu erreichen.

Die bessere Variante ist auf jeden Fall, in solchen Gebieten auf eine Stauhaltung zu verzichten, und die natürlichen Verhältnisse, die ein sehr kompliziertes und labiles Gleichgewicht darstellen, so wenig wie nur möglich zu stören und zu belasten.

Abb. 1 LAGEPLAN

Donaukraftwerk Ottensheim-Wilhering

Wasserwerk Goldwörth

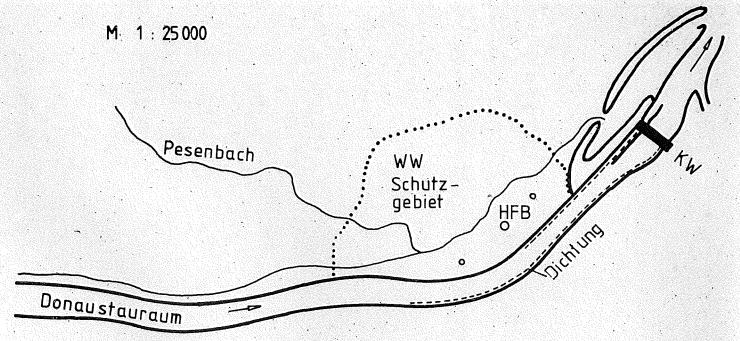
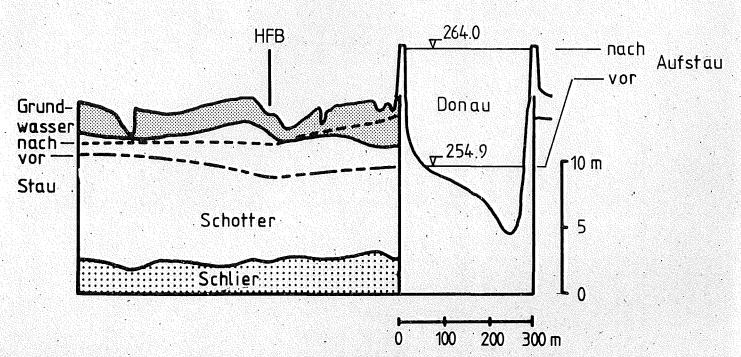
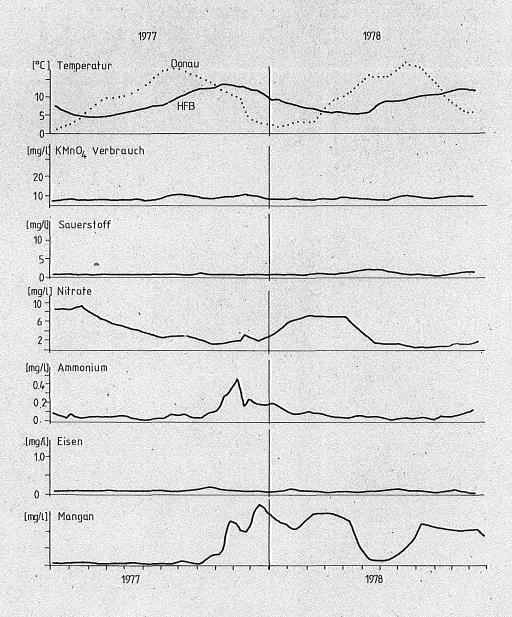


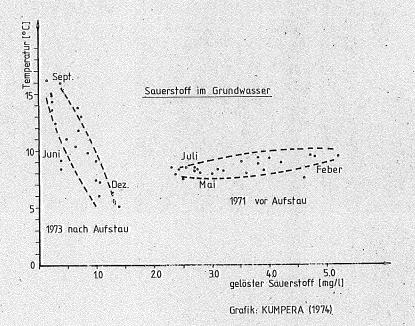
Abb.2

WW Goldwörth Querprofil









# KURZFASSUNG DER DISKUSSION IM ANSCHLUSS AN DEN VORTRAG VON DIPL. ING. JUNG

#### Stauhaltung — Trinkwasser

Wendelberger fragt nach der Situation der Brunnen im Vergleich zu den im Vortrag besprochenen und wie die Verhältnisse vor und nach dem Stau sind.

Jung erklärt, daß die Situation im Stauraum des Kraftwerkes Hainburg durch die stärkere Belastung der Donau zu viel größeren Schwierigkeiten führen wird.

Durch die Schlammablagerungen im Stauraum und das Ausbleiben der Grundwasserspiegel-Schwankungen kommt es zu Lösungsvorgängen im Untergrund und zum Auftreten von Eisen, Mangan, Nitrit und Ammonium.

Kumpera weist darauf hin, daß mit Hilfe der Temperatur von Uferfiltrat sehr gut auf die Aufenthaltszeit des Wassers im Boden geschlossen werden kann.

Eine weitere Frage lautet, wie die Erhaltung der Lobauer Brunnen technisch durchgeführt werden kann.

Jung stellt fest, daß durch die Lage des Ölhafens und die große Belastung des Stauraumes mit großer Wahrscheinlichkeit der Bereich der Lobau von der Donau total abgespundert werden müßte. Das würde natürlich als nächsten Schritt die Anreicherung und Aufbereitung des Grundwassers in diesem Bereich erfordern.

#### **ANHANG**

#### Friederike Pesaro, Zürich

## Enteroviren in Ab- und Oberflächengewässern - ein umwelthygienischer Aspekt

Kein geringerer als Dr. J. L. Melnick, der Altmeister der Abwasservirologie, formulierte im Jahre 1978 folgende Sätze, die wohl zu den meistzitierten in diesem Zusammenhang gehören: "Der Ingenieur, welcher einst kommunale Abwasser- und Wasserversorgungsanlagen baute, wußte nichts von Viren, dies ist verständlich. Aber viele moderne Ingenieure wissen noch immer nichts über Viren — dies ist weder verständlich noch entschuldbar. Es wurde kein Standard für Viren in Erholungs- und Trinkwasser festgelegt, obgleich Standardempfehlungen vorliegen, welche auf den gegenwärtigen Methoden des Virusnachweises aus dem Wasser basieren. Da sich unsere Nachweismethoden so entwickelten, haben wir die Verpflichtung …"

Dieser Verpflichtung mag auch Prof. Foliguet, Universite de Nancy, nachgekommen sein, als der Raum Lothringen und die Flüsse Meurthe, Moselle, Oise in einer großangelegten Arbeit untersucht wurden: "Seit wenigen Jahren ist das Vorkommen von Enteroviren in Ab- und Oberflächengewässern von erheblicher medizinischer Bedeutung. Bislang wurde der Zustand des Wassers mittels standardisierter, bakteriologischer Untersuchungsverfahren beurteilt ... Aber die Widerstandsfähigkeit der Viren und somit ihre Überlebensfähigkeit bzw. ihr Persistieren im Wasser ist erheblich größer, zumal Viren Desinfektionsmaßnahmen zum Teil schlechter zugänglich sind als Bakterien. Im allgemeinen kann eine gute Relation zwischem dem Vorkommen von Viren zu Bakterien angenommen werden, wobei das quantitative Verhältnis von Viren zu Bakterien zu weniger verunreinigten Gewässern immer ungünstiger, d. h. geringer wind."

Deshalb mag es hier angebracht sein, im Zusammenhang mit Umweltveränderungen im Bereich des Wasserhaushaltes, die mit dem Durchbrechen des natürlichen Regenerationszyklus des Wassers einhergehen, auf das Gebiet der Abwasservirologie zu verweisen und zu Überlegungen anzuregen.

#### Der Begriff Virus

Viren, Nucleoproteide mit hohem Molekulargewicht, sind in der Umwelt leblose Partikel. Man könnte sie als obligat parasitäre Einheiten unterhalb der Zellstufe einstufen. In einer geeigneten Wirtszelle lassen sie ihr Erbgutprogramm – unter Inanspruchnahme des Stoffwechsels der befallenen Zelle – herstellen. Die Wirtszelle wird geschwächt, ausgebeutet und geschädigt, stirbt in vielen Fällen ab. Die inzwischen frei gewordenen Viren befallen die nächsten Wirtszellen. Viren sind "Minimalisten", ohne Zelleib, haben keine Energieund Synthesemaschinerie, ein eng geschnürtes Bündel Erbinformation, bestehend aus DNA oder RNA. Optimal verpackt sind sie oft streng zellspezifisch. Auch "beschädigte" Viren können unter bestimmten Bedingungen noch infektiös sein. Jedes Virus hat im Elektronenmikroskop seine charakterische Gestalt, die ihm sein die Kernsäuren umhüllender Eiweißmantel gewährt.

## Von größter Bedeutung sind für uns Viren menschlicher Herkunft.

Die meisten dieser Viren stammen aus dem Verdauungstrakt und gelangen via Faeces ins Abwasser. Es ist bekannt, daß in den menschlichen Faeces mehr als 100 verschiedene Viren vorkommen können. Die wichtigsten davon, die als Infektionserreger in Abwasser und Klärschlamm eine Rolle spielen können, sind: Hepatitis A-Viren; Picornaviren (Koxsackie, Echo, Poli); Adenoviren; Astro-, Corona- und Rotaviren. All diese Viren werden in ganz massiven Mengen ausgeschieden,  $10^6$  bis  $10^9$  Partikel pro Gramm Stuhl, bei Rotaviren sogar  $10^{11}$  ... Diese Werte deuten schon rein theoretisch auf eine hohe potentielle Infektionsgefahr durch Viren in Abwasser oder Klärschlamm hin. Das jeweilige Risikovolumen liegt demnach im Milliliter- bis Mikroliterbereich. Da wir von keinem einzigen Virus die minimale Infektionsdosis kennen, muß angenommen werden, daß ein einziges Partikel eine manifeste Infektion auslösen kann.

(Berg, Müller)

## Spektrum der Viren

Enteroviren: Zielgewebe dieser Viren sind Epithelien des Verdauungstraktes. Sie sind sehr stabil und im Abwasser neben Reoviren am häufigsten. Medizinische Bedeutung kommt vor allem dem Erreger der Poliomyelitis wie der Hepatitis A zu. In entwickelten Ländern ist dank der Impfung die Kinderlähmung selten geworden, es mahnen jedoch sporadische Ausbrüche in Kanada, Schweden und USA zur Vorsicht.

Der Erreger der infektiösen Gelbsucht, das Hepatitis A Virus, ist eines der stabilsten Viren überhaupt. Seine Übertragung durch fäkalverunreinigtes Wasser scheint gesichert. Die ausgeprägte Tenazität befähigt diesen Erreger, Chlorierung und Hitzebehandlung zu überstehen. Diesem Erreger kommt sicherlich besondere medizinische und gesundheitspolitische Bedeutung zu.

Coxsackie- und Echoviren decken ein weites Spektrum an Erkrankungen ab, das von fieberhaften Zuständen, Sommer-Brechdurchfällen bis zu Meningitis reicht (Coxsackie-B, Echo-30).

Caliciviren: neuerdings wird auch das Norwald-Virus und einige ähnliche Viren mit ihnen in Verwandtschaft gebracht. Sie sind Verursacher der "winter-vomiting-disease", einer epidemisch auftrenden Darmstörung. Ein Durchseuchungsgrad von über 50 % weltweit spricht für ein massives Auftreten in Abwässern.

Astroviren: sind für aktue Gastroenteritis verantwortlich.

Coronaviren: sind für Erkrankungen der oberen Luftwege verantwortlich.

Reoviren: haben ein breites Wirtsspektrum. Mensch-Tier-Infektionen sind wahrscheinlich.

Rotaviren: sind mit einer doppelten Proteinhülle ausgestattet, die ihnen eine besondere Resistenz verleiht, wie auch eine besondere Raffinesse im Umgehen mit der Immunabwehr. Sie sind optimal für den faeco-oralen Übertragungsweg ausgerüstet. Diese Viren beanspruchen wohl die größte Aufmerksamkeit, da sie wie auch Influenzaviren, mutieren (Hybridformen bilden) und besonders virulente Stämme bilden können. Virale Gastroenteritiden bei Kleinkindern sind bis zu 60 % auf eine Rotavireninfektion zurückzuführen und die Kindersterblichkeit in Entwicklungsländern ist zu einem hohen Prozentsatz darauf zurückzuführen.

Adenoviren: sind ebenfalls sehr stabil, verursachen verschiedene Erkältungssymptome und Durchfallerkrankungen.

## Konzentrationen

Abwasser: Es steht fest, daß kommunales Abwasser immer Viren enthält. Die Messungen der vielen Autoren schwanken beträchtlich von 1 Virus pro Liter bis zu 10<sup>6</sup> infektiöser Viruspartikel sind beschrieben. Die Schwierigkeiten der Methodik erklären die riesigen Unterschiede. Allerdings hat sich gezeigt, je genauer die Nachweisverfahren, desto höher die virale Belastung.

Nachweisverfahren für bestimmte Virusgruppen fehlten noch bis vor kurzem, ferner bereitete die Tatsache Schwierigkeiten, daß Viren mit Feststoffteilchen Aggregate bilden und so nur enorm schwer nachweisbar sind. Toxische Substanzen in Abwässern machen oft auch eine Zellkultur unmöglich u. v. a. Auch sorgfältige Untersuchungen beschränken sich auf nur wenige Virusgruppen, oft ohne Berücksichtigung partikelgebundener Viren. So muß man rein theoretisch die eigentliche Viruskonzentration wesentlich höher ansetzen.

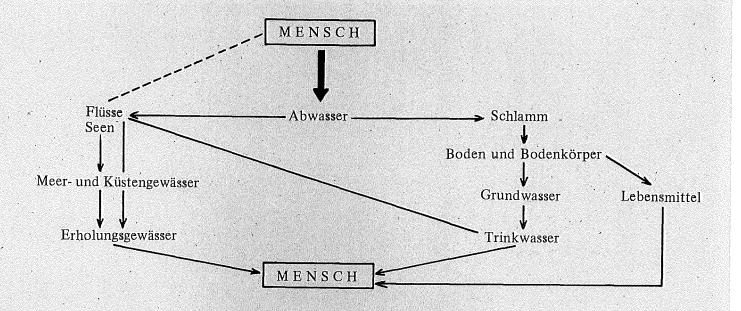
Klärschlamm: Mit einem dreistufigen Abwasserreinigungsverfahren kann man bis zu 99 % der Viruslast an den Klärschlamm binden. Abhängig von der Schlammfaulung ist die endgültige Virusfracht. Hier speziell darauf einzugehen, führte zu weit. Jedoch ist zu betonen, daß das Ergebnis sehr von der angewandten Methode der Schlammbehandlung abhängig ist (WHO, 1979).

#### Virusinaktivierende Faktoren

An Partikel gebundene Viren sind Denaturierungsvorgängen gegenüber in erheblichem Maße geschützt. Veränderungen, die das Kapsid oder die Hülle schädigen oder die Erbsubstanz verändern, können ein Virus inaktivieren. Höhere Temperaturen, starke ph-Schwankungen, ionisierende und nicht ionisierende Strahlung wirken virocid.

Dazu muß man festhalten, daß es zwar eine Unzahl von Faktoren gibt, die stark virocid sind, daß aber die Enteroviren ihrerseits unglaublich resistent sein können, da sie aus ihren Lebensbedingungen heraus an extreme Situationen (z. B. ph-Schwankungen im Magen-Darmbereich) angepaßt sind.

## Tabelle II (nach R. Walter)



Übertragungswege der humanpathogenen Viren über Wasser

#### Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Es gibt genug Verfahren der Abwasserreinigung, die Viren beseitigen oder inaktivieren können. Aus oben dargelegten Gründen ist es unbestreitbar, daß viruskontaminiertes Abwasser eine Bedeutung für die Gesundheit der Bevölkerung hat. So wie es bakteriologische Standardmethoden zur Überwachung und Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Kläranlage gibt, wäre eine virologische Überwachung von großstädtischen Kläranlagen mehr als wünschenswert. Auf den Gesetzgeber kann man sich da nicht immer verlassen, besser ist es, sich an die Erkenntnisse und Fortschritte der Wissenschaft zu halten. Es ist zu trachten, daß bei abwasserbelasteten Flüssen und Seen der natürliche Regenerationszyklus des Wassers nicht durchbrochen wird, damit die Erholung unserer Gewässer nicht beeinträchtigt oder sogar verunmöglicht wird.

# Teilnehmerliste (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Prof. Dr. Heinz Flamm, Hygiene-Institut, Wien

Prof. Dr. Hermann Willinger, Vet. med. Univ., Wien

Dr. Wolfgang Bolzer, Gemeinde Wien.

Dr. Franz Boroviczeny, Geologische Bundesanstalt, Wien

Dr. Walter Giger, EAWAG, Zürich

Dipl. Ing. Helmut Jung, Universität für Bodenkultur, Wien

Prof. Dr. Ebba Lund, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen

Prof. Dr. Gertraud Weber, Hygiene-Institut, Wien

Prof. Dr. Horst Aspöck, Hygiene-Institut, Wien

Dr. Gustav Böhm, Gemeinde Wien

Prof. Dr. Roland Bucksch, Univ. f. Bodenkultur, Wien

Dir. Dr. Harald Buzzi, CA-BV, Wien

Dr. Dan Luca Danielopol, Limnol. Inst., Gaisberg

Dipl. Ing. Jorge E. Dreher, Techn. Univ., Wien

Hofrat Dr. Ingeborg Eichler, Bundesstaatliche Anstalt für experimentell-pharmakologische und balneologische Untersuchungen, Wien

Anton Fischer, Hygiene-Institut, Wien

Dr. Hellmut Fleckseder, Techn. Univ., Wien

Franz Franke, Vereinte Grüne Österreich, Wien

Dr. Helga Fuchs, Bundesstaatl. bakteriol. serol. Untersuchungsanstalt, Wien

Dipl. Ing. Josef Fürst, Univ. f. Bodenkultur, Wien

Dr. Georg Gangl, DOKW, Wien

Dipl. Ing. Josef Graf, DOKW, Wien

Mag. Wolfgang Hertenberger, Inst. für Umweltwissenschaften, Wien

Martin Hiller, WWF, Wien

Robert Höchtl, Chem. Labor, AWT, Wien

Gertie Hofbauer, Eskimo-Iglo, Wien

Ing. Leo Horky, Atlantis, Wien

SR Dipl. Ing. Max Joachimsthaler, Gemeinde Wien

Dr. Rainer Kaltenbrunner, BM. für Handel, Gewerbe und Wirtschaft, Wien

Dipl. Ing. Werner Kasper, Wien

Dr. Heinz Kaupa, Planungsgesellschaft Marchfeldkanal, Wien

Dr. Marianne Katzmann, Wien

Dr. Werner Katzmann, Österr. Bundesinst. für Gesundheitswesen, Wien

Dr. Peter Klein, Geolog. Bundesanstalt, Wien

Dr. Michel-Friedrich Klenner, Hygiene-Inst., Wien

Prof. Dr. Wilhelm Kühnelt, Wien

Dipl. Ing. Felix Kumpera, Stadtbetriebe Linz

Dr. Hilde Lang, Bundesanstalt f.Lebensmitteltechnik u. Forschung, Wien

Dr. Ruth Lashofer, NÖ Landesregierung, Wien

Oberbaurat Dipl. Ing. Roland Leiner, Gemeinde Wien

Andreas Lukasser, Geolog. Bundesanstalt, Wien

Mag. Carl Manzano, Wien

Dipl. Ing. Notburga Massiczek, Wien

Doz. Dr. Norbert Matsche, Techn. Univ., Wien

Dr. Robert Mecl, Bundesanst. f. Lebensmitteltechnik und Forschung, Wien

Dr. Hans-P. Nachtnebel, Univ. f. Bodenkultur, Wien

Dr. Franz Österreicher, Bundesanstalt f. Lebensmitteltechnik und Forschung, Wien

Dr. Friederike Pesaro, Zürich

HR Dr. Franz Pötsch, Bundesstaatl. bakteriologisch-serologische Untersuchungsanstalt, Wien

Dr. Brigitte Pivoda, NÖ Umweltschutzanstalt, Wien

Dr. Heinz Prazan, Bundesstrombauamt, Wien

Dr. Herwig Raab, Wien

Dr. Alexander Rabitsch, Vet. Med. Univ., Wien

Gerhard Redl, Wien

Dr. Johann Reitinger, Techn. Univ., Wien

Dipl. Ing. G. Roth, Wien

Dipl. Ing. Walter Scharf, ÖGNU, Wien

Dipl. Ing. W. Schiel, Gemeinde Wien

Jasna Sonne, ÖH, Öko-Institut, Wien

Rudolf Tonn, Bgmstr., Schwechat

Dr. Ingrid Wagner, NÖ Naturschutzbund, Wien

Karl Wagner, WWF, Wien

Dir. Herbert Vogl, Bad Deutsch Altenburg

Dipl. Ing. Gerhard Weber, Gemeinde Wien

Prof. Dr. Manfried Welan, Wien

Prof. Dr. Elfrune Wendelberger, Baden

Prof. Dr. Gustav Wendelberger, Inst. f. Vegetationskunde u. Pflanzensoziologie, Univ. Wien

Mag. Liselotte Woroschitz, Orth/Donau

Prim. Dr. Heinrich Zacherl, Hainburg/Donau

Dipl. Ing. Wolfgang Zerobin, Univ. f. Bodenkultur, Wien

Dr. Franziska Zibuschka, Univ. f. Bodenkultur, Wien

Rudolf Zörnpfennig, Bgmstr. Orth/Donau

#### LITERATURVERZEICHNIS

#### Weiterführende Literatur: Chemie - Kohlenwasserstoffe

- EAWAG Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz. Gewässerschutz in der Schweiz Bericht über eine Studie "Gewässerschutz 2000". Gas Wasser Abwasser, (1977) 57, (11) 745 798.
- Giger W., (1983): Informationstagung der EAWAG, Beeinträchtigung der Grundwasserqualität durch organische Chemikalien.
- Giger W., E. Molnar-Kubica, (1978): Tetrachlorethylene in Contaminated Ground and Drinking Waters. Bull. Environ, Contam. Toxicol. (19) 475 480.
- Giger W., E. Molnar-Kubica, S. Wakeham, (1978): Volatile Chlorinated Hydrocarbons in Ground and Kake Waters. In "Aquatic Pollutants", O. Hutzinger et al. (Eds) Pergamon Press, Oxford, 101 123.
- Giger W., R. P. Schwarzenbach, E. Hoehn, K. Schellenberg, J. K. Scheider, J. Westall, H. R. Wasmer, J. Zobrist, (1983): Das Verhalten organ. Wasserinhaltsstoffe bei der Grundwasserbildung und im Grundwasser Gas-Wasser-Abwasser (63) 517 531.
- Harder W., (1938): Über eigenartige Erscheinungen im Grundwasser von Wettingen. Wasserund Energiewirtschaft (30) 11 17.
- Hoehn E. und U. Bundi, (1977): Gefährdung und Schutz des Grundwassers in der Schweiz, "Gewässerschutz 2000", s. o. EAWAG.
- Jäckli H., (1974): Grundwasser und Oberflächengewässer in ihren gegenseitigen Beziehungen. Iber. u. Mitt. oberrh. geolog. Ver. (56) 125 143.
- Liebmann H., (1961): Untersuchungen über die Einwirkung von Stauhaltungen auf die natürliche Selbstreinigung. Wasser- und Energiewirtschaft (4).
- OECD Guidelines for Testing of Chemicals, OECD, Paris 1981
- Schwille F., (1977): Grundwasserbelastung durch organ. Substanzen. Österr. Wasserwirtschaft (29) 11-12.
- Schwille F., (1982): Die Ausbreitung von Chlorkohlenwasserstoffen im Untergrund, erläutert anhand von Modellversuchen. In DVGW Schriftenreihe Wasser (31) 203 232.
- Stumm W., J. J. Morgan, (1981): Aquatic Chemistry, Wiley-Interscience, New York.
- Stumm W., R. Schwarzenbach, L. Sigg, (1983): Von der Umweltanalytik zur Oekotoxikologie, ein Plädoyer für mehr Konzepte und weniger Routinemessungen. Angewandte Chemie (11) 345 355.
- Toetman B. C.J., K. Harmsen, J. Linders, C. Morra, W. Sloof, (1980): Persistent Organic Pollutants in River Water and Ground Water of the Netherlands. Chemosphere (9) 231 241.

## Weiterführende Literatur: Bakteriologie - Virologie

- Berg G., (1983): Viral Pollution of the Environment, CRC-Press.
- Böhnke B., (1984): Klärschlamm Rohstoff oder Schadstoff, Gewässerschutz Wasser Abwasser (65) Essener Tagung
- Denis F., (1973): Incidences epidemiologiques de la contamination virale des eaux. Rev. Epidem. Medic. soc. et Sante Publ. (21) 4.
- Gundermann K. O., (1980): Denkschrift zur Lage des Fachgebietes Hygiene in der Medizin. Zbl. Batk. Hyg. (1971), 575 589.
- Hartemann Ph. et al., (1981): Enteroviren in Ab- und Oberflächengewässern. Zaustechnik Bauphysik Umwelttechnik Gesundheitsingenieur (3) 102.
- Irwing L., F. A. Smith, (1981): One Year Survey of Enteroviruses, Adenoviruses and Reoviruses, Isolated from Effluent at an Activated Sludge Purification Plant. Appl. and Environ. Microb. (41).
- Kohl W., (1981): Wasser und Abwasser, Wien (24) 183 201, Hygienische Aspekte in der Wassergütewirtschaft
- Melnick J. L., (1978): Water as a Reservoir of Virus and Means of Control, III. International Conference on Comparative Virology, Quebeck, Canada (Ed), E. Kurstak, K. Maramorosch, Academic Press, N. Y.
- Smith, Ch. P. Gerba, (1982) Development of a Method for Detection of Human Rotavirus in Water and Sewage. Applied and Environmental Microbiology (43) 6.
- Steinmann J., (1981): Detection of Rotavirus in Sewage. Appl. and Environ. Microb. (41) 4.
- Traub F., (1983): Risiken der Viren im Klärschlammdünger; Nationales Forschungsprogramm Nr. 7, Institut für Virologie der Universität Zürich, Veterinärmedizin.
- Wellings F. M., A. L. Lewis, C. W. Mountain, (1974): Virus Survival following Wastwater Spray irrigation of sandy soils. Proceedings Water Res. Symp. 7.
- WHO Technical Report Series, (1979): Human Viruses in Water, Wastwater and Soil, Report of a WHO Expert Committee (639).
- Wetzler T. F. et. al., (1983): Microbiologie: detection and Occurrence of Bacterial Pathogens, Journal WPCF (55) 6.

Auf Anfragen stehen weitere Literaturangaben zur Verfügung. Dies ist die knappest mögliche Auswahl.

Die Literatur über Epidemiologie ist ganzheitlich auf englisch, betrifft:

minimale Infektionsdosis (Berg et al.)

Rotaviren Literatur

Waterborn Diseases

"The major waterborn illness in the United States continues to be gastroenteritis of suspect ethiology". Smith and Gerba 82, referring to Haley et al. (Smith and Gerba 82, AEM 43). Norwalk Agent.

## Hepatitis A – outbreaks

Center for Disease Control, (1979): Virol. Hepat. Outbreaks — Georgia Alabama, Morbid. Mortal. Weekly Rep. 28, 581,

Center of Disease Control, (1979): Follow upon Viral Hepatitis Outbreaks — Alabama, Georgia. Morbid. Mortal. Weekly Rep. 28, 594 — 595.

Crann G. F., (1976): Microbiology-waterborn outbreaks. J. Water Poll. Controll Fed. 50, 1362-1374.

Dienstag J. L. et al., (1976): Mussel-assoc. virus Hepatitis type A: serological confirmation.

Portnoy B. L. et al.; (1975): Oyster-assoc. Hepat. Failure of Shellfish, Certification programs to prevent outbreaks, J. Am. Med. Assoc. 233.

Den Arbeiten von Dr. Franz Traub und Dr. Walter Giger sind ausgezeichnete reichhaltige Literaturangaben beigefügt.

Weiterführende Literatur: Virologie (spezielle Berücksichtigung der Feuchtgebiete und Donau)

Rice R. C., H. Bomver, (1984): Soil-aquifer treatment using primary effluent. J. of Water Poll. Contr. Fed. (56) 84 - 88.

Chesmin L., (1982): Aquaculture for Waste Management, Biocycle 23, 52 - 55.

Süess M. J., R. B. Dean, (1980): Health aspects of eutrofication. Internat. Symp. on Inland Waters and Lake Restoration, U. S. EPA 356 – 358.

Parkinson G., (1981): Big Waste Treatment Job for Water Hyacinths. Chem. Engineering (88), 34-37.

Nichols D. S., (1983): Capacity of Natural wetlands to remove nutrients from waste water. J. WPCF (55) 495 - 505.

Simkova A., J. Cervenka, (1981): Coliphages as ecological indicators of water viruses in various water systems. Bull. WHO (59) 611 - 618. During two years 10 l samples of river water (Danube and Small Danube) and irrigation

canal water were taken.

Simkova A., Z. Wallnorova, (1973): Survival of small amounts of coxsacki  $A_4$  virus in Danube river water under laboratory conditions: Acta. virol. 17, 505 – 506. The virus survived in river water for more than 154 days at  $4-8^{\circ}$  C, contrary to the survival in saline of only 55 days. At  $20-22^{\circ}$  C the virus in river water was only detected up to 45 days.

Simkova A., Z. Wallnerova, (1973): Isolations of Coxsackie viruses from Danube river water. Acta Virol. 17, 363.

Grab samples of 10 l river water at Bratislava were taken above the residential area and below the effluent outfall. They were tested in mice, i. e. only for coxsackie A and B viruses, as both collection points yielded virus it is suggested,, that Danube river water may be conceivable as a vehicle for virus transmission".

Wallnerova Z., A. Simkova, (1978): Comparison of the efficiency of two methods for virus concentration from river water environment in a model experiment. J. Hyg. Epid. Microbiol. and Immun, (22) 152 – 161.

A work on methods. Viruses keep better in river samples than in saline.

# Weiterführende Literatur: Nitratbelastung

Darimont T., (1984): Wasser, Winzer und Weinberge, zur Nitratbelastung des Trinkwassers, Wechselwirkung (21).

Wehrmann J., (1983): Nitrat im Grundwasser und Nahrungspflanzen AID 136.

#### Weiterführende Literatur: Veränderung der Biozönose

- Diernhofer A., (1981): Besondere Probleme bei der Entnahme von Uferfiltrat im Rückstaubereich eines Flußkraftwerkes
- Kumpera F., A. Diernhofer, N. Reichl, (1978): Einfluß der Stauerrichtung auf das Grundwasser im Wassergewinnungsgebiet Goldwörth-Hagenau
- Rubey W., (1981): Diplomarbeit: Versuche zur biologischen Enteisenung und Entmanganung, Band 1
- Urban W., (1982): Diplomarbeit: Versuche zur Enteisenung und Entmanganung sowie zur Reduzierung der org. Substanzen mit chemischen und biologischen Methoden, Band 2
- Wösendorfer H., H. Jung, (1979): Der öffentliche Sektor: Ökosystem Auwald und Donaukraftwerke.

#### Weiterführende Literatur: Geologische Aspekte

- Bolzer W., (1984): Belastung österreichischer Trinkwässer mit gelösten organischen Verbindungen unter besonderer Berücksichtigung der Organohalogenverbindungen, Wien
- Kaspar W. und F. Seidelberger (1983): Grundwasserbelastung durch persistente Stoffe am Beispiel der Mitterndorfer Senke. Österreichische Wasserwirtschaft. Jg. 35, H 7/8 S 153-158
- Küpper H., (1954): Geologie und Grundwasservorkommen im südlichen Wiener Becken Jb. Geol. Bundesanst. Jg. 1954, Bd 97 H 2 S 161 210 Wien
- Schuch M., (1980): Beitrag zur Hydrogeologie des Marchfeldes Wiener Mitteilungen, Wasser-Abwasser-Gewässer Bd. 32 Wien 1980

YURLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE

WELTGESUNDHEITSORGANISATION REGIONALBÜRO FÜR EUROPA



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ BUREAU RÉGIONAL DE L'EUROPE

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ БЮРО

> ICP/RCE 204 03011

STUDY AND ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE RIVER DANUBE - PRELIMINARY ACTIVITIES

By WHO Consultant Mr. Ainsworth

(RER/79/013) % Greg Watters or
lan Waddington

Project findings and recommendations

Report prepared by

the World Health Organization of the United Nations acting as Executing Agency for the United Nations Development Programme

United Nations Development Programme the World Health Organization of the United Nations Geneva, 1982

# Annex 1

## SOME MULTILATERAL AND BILATERAL AGREEMENTS HAVING IMPACT ON THE DANUBE

<u>Year</u>		
1948 (1960-Austria)	(Austria), Bulgaria, Czechoslovakia, Hungary, Romania, Ukpaine, USSR, Yugoslavia	Danube Convention on navigation of R. Danube
1950	Hungary, USSR	Convention to prevent floods and regulate R. Tisza
1952 -	Romania, USSR	Convention to prevent floods and regulate R. Prut
1954	Austria, Yugoslavia	Convention concerning water economy questions relating to R. Drava
1954	Austria, Yugoslavia	Convention concerning water economy questions relating R. Mura
1955	Romania, Yugoslavia	Agreement concerning control of frontier waters
1955	Hungary, Yugoslavia	Agreement concerning water economy
1956	Austria, Hungary	Treaty concerning water economy in frontier region
1956	Albania, Yugoslavia	Agreement concerning water economy in frontier region
1957	Hungary, Yugoslavia	Agreement concerning fishing in frontier waters
1957	Romania, USSR	Agreement extending R. Prut convention (1952) to Tisza, Sucesva and Siret, and other frontier waters
1958	Czechoslovskia, Poland	Agreement concerning use of frontier water resources
1958	Bulgaria, Yugoslavia	Agreement concerning water economy
1959	Romania, USSR	Agreement extending R. Prut convention (1952) to Danube
1963	Romania, Yugoslavia	Agreement relating to navigation and power generation at Iron Gates
1967	Austria, Czechoslovskia	Treaty relating to management of frontier waters
1969	Hungary, Romania	Convention relating to control of frontier waters
1971	F.R. Germany, Czechoslovakia	Local (non-government) commission dealing with pollution and management of frontier waters

#### REFERENCES

- Study and assessment of the water quality of the Danube: report on a Workshop. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1975 (ICP/CEP 208).
- 2. Liepolt, R. Danube and its ecosystem. Water Quality Bulletin, Environment, 4(4): 78-80 (1979).
- 3. Consultation on International Drinking-Water Supply and Sanitation Decade in Europe. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1981 (ICP/BSM 003).
- 4. Czechoslovak Research and Development Centre for Environmental Pollution Control: report on UNDP (UNDP/CZE/70/502) and WHO (CZE/CEP/001) Project, Bratislava, 1977.
- 5. Benedek, P. Perspective research and technical development activities of regional water quality management in Hungary. In: Proceedings of International Seminar, "Pilot Zones for Water Quality Management".

  Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1977 (HUN/PIP 001).
- 6. Ainsworth, G. Report on visit to Hungary. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1981 (ICP/RCE 204).
- 7. IAEA Advisory group to study questions of mutual cooperation between countries in the Danube catchment area, Belgrade, 1975.
- 8. Benedek, P. et al. Water pollution control on the River Danube. In: Stiff, M.J., ed. River pollution control, London. Ellis Horwood for WRC (1980), pp 77-93.
- 9. Pilot zones for water quality management: report on a Seminar.
  Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1977 (HUN/PIP 001/80/4).
- 10. Ainsworth, G. Report on visit to Yugoslavia. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982 (ICP/RCE 204).
- 11. Anon. Canal in Limbo. Nature, London, 13 May 1982, p.47.
- 12. Anon. Cross-frontier pollution. The Economist, London. 28 November 1981, p
- 13. International studies on the radioecology of the Danube River. Vienna, IAEA-TECDOC-219, 1979.
- 14. Water pollution control: report on a WHO Conference. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1967 (EURO 159.4).
- 15. Trends and development in water pollution control in Europe: report on a Working Group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1969 (EURO 0415).
- 16. Automatic water quality monitoring: report on a Symposium. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1971 (EURO 3119W).
- 17. Accidental pollution of inland waters: report on Conference. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1971 (EURO 3105W).
- 18. Lutte contre la pollution de l'eau et de l'air: report on UNDP (UNDP/ROM/71/512) and WHO (ROM/CEP/002) project, Bucharest 1975.

- 19. Murawski, T.K. Report on preliminary activities on project: Study and assessment of the water quality of the River Danube. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1976 (ICP/CEP 208).
- 20. Pilot zones for water quality management in Hungary: report on UNDP (UNDP/HUN/71/505) and WHO (HUN/PIP/001) project. Budapest, 1976.
- 21. Community water supply, waste disposal and pollution control, SAP

  Kosovo: report on UNDP (UNDP/YUG/72/002) and WHO (YUG/EHP 001) project.

  Volume 501, Water Pollution Study, 1976.
- 22. The optimization of water quality monitoring networks: report on a Workshop. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1977 (ICP/CEP 212).
- 23. Water quality of the River Danube. Suggestion for development of an intercountry project. Geneva, UNEP, 1977.
- 24. Environmental health impact assessment: report on a Seminar. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1978 (EURO Reports and Studies, No. 7).
- 25. Reduction of water pollution in the Spreca River Basin in the Socialist Republic of Bosnia and Herzegovina; Phase I: Investigation into reduction of River Jala pollution: report on UNDP (UNDP/YUG/76/003) and WHO (YUG/RCE/001) project, Tuzla, 1979.
- 26. Reduction of water pollution in the Spreca River Basin in the Socialist Republic of Bosnia and Herzegovina; Phase II: project document, UNDP (UNDP/YUG/78/006) and WHO (YUG/RCE/002), Tuzla.
- 27. Environmental impact assessment in relation to environmental protection and physical planning: report on a Seminar. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1979 (CZE/RCE 001).
- 28. Integrated development of the Vardar/Axios River Basin. Intercountry project of the Governments of Greece and Yugoslavia. UNDP, REM/71/203/M/01/01.
- 29. European cooperation on environmental health aspects of the control of chemicals. Intercountry project of the Governments of Bulgaria,

  Czechoslovakia, Greece, Hungary, Malta, Poland, Portugal, Romania,

  Turkey and Yugoslavia. UNDP (RER/79/016/B/01/14) and WHO (ICP/RCE 204)

  project.
- 30. Hammerton, D. Report on visit to Bulgaria. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1980 (ICP/CEP 211).
- 31. Health implications of accumulations of micropollutants on river sediments: report on a working group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1980 (ICP/RCE 101(9)).
- 32. Ainsworth, G. Transboundary pollution: report on discussions held in Geneva, 14-15 October 1981, and in Paris, 1981. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.
- 33. GEMS/WATER operational guide. Geneva, World Health Organization, 1978.
- 34. Examination of water for pollution control, a reference handbook. Suess, M.J., ed., London, Pergamon Press, 1982.

#### Annex 4

#### INTERNATIONAL STAFF AND CONSULTANTS

Mr T.K. Murawski, WHO Technical Officer (preparatory)

Mr J.I. Waddington, Director, Promotion of Environmental Health, EURO

Dr A. Gilad, Environmental Systems Management, EURO

Mr G. Ainsworth, United Kingdom, WHO consultant

1 January 1976 - 31 December 1977 Preliminary activities for study and assessment of Danube water quality, (ICP/CEP 208, UNEP/0800-73-009) (19)

25-27 July 1979 - Visit to Geneva for discussions with ECE and UNEP concerning Danube activities

13-16 November 1979 - Visit to Geneva to attend intersecretariat meeting with ECE, UNDP, UNEP and WHO on Danube collaboration

5-7 November 1979 - Visit to Yugoslavia to discuss with the Yugoslav authorities the proposed UNDP-supported project "Study and Assessment of the Water Quality of the River Danube"

9-13 November 1981 - Visit to Hungary concerning water pollution, including pollution of the Danube (6)

1-3 March 1982 - Visit to Yugoslavia to assist in preparing project on Danube (10)

16 April - 7 May 1982 - Follow-up to Hungary and Yugoslavia missions; redrafting Yugoslav Danube project proposal for third UNDP planning cycle and preparation of project agency terminal report.

Impressum: World Wildlife Fund/Österreich, für den Inhalt verantwortlich: WWF-Rettet die Auen, Karl Wagner, alle: A-1162 Wien, Ottakringerstraße 114 - 116, Postfach 1, Telefon: 46 14 63