

# OESTERREICHISCHE WASSERWIRTSCHAFT

Jahrgang 35

Wien, Juli/August 1983

Heft 7/8

## 5. Grundwasserbelastung durch persistente Stoffe am Beispiel der Mitterndorfer Senke Fischer-Deponie (W. KASPER & F. SEIDELBERGER)

Mit 2 Abbildungen

### Kurzfassung/Summary

Am Beispiel einer Grundwasserkontamination in Bereichen der Mitterndorfer Senke durch Lösungsmittel (chlorierte Kohlenwasserstoffe) wird über die Feststellung des Schadensfalles berichtet. Nach einer Beurteilung des Kontaminationsausmaßes werden aus den gewonnenen Erfahrungen Folgerungen aufgezeigt.

Groundwater was contaminated through solvents (chlorinated hydrocarbons) in some parts of the Mitterndorfer Senke basin. The damage caused was ascertained. Following an assessment of the extent of contamination, the authors present consequences drawn from the experience gained.

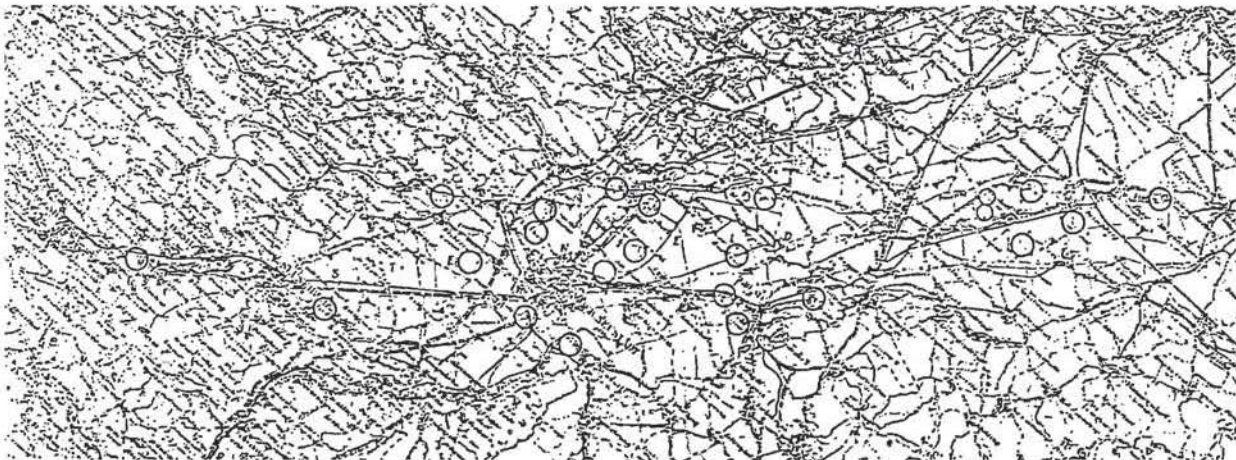
### 1. Die Feststellung des Schadensfalles

Im August 1981 ereignete sich bei Arbeiten in einem Feuerlöschbrunnen im Areal eines mit dem Umschlag von Chemikalien befaßten Betriebes in Wiener Neustadt ein tödlicher Arbeitsunfall. Ohne

diese Annahme: Im Grundwasser wurden Lösungsmittel verschiedener Art in hoher Konzentration gefunden.

Eine Grundwasserverunreinigung mit CKW war in Niederösterreich bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht festgestellt worden, aus Österreich war

## Zentrale Trinkwasserversorgungen



○ Brunnen  
 ..... geologische Bruchlinie

Abb. 1

Zusammenhang mit diesem Todesfall ergab eine Untersuchung der Luft im Brunnenschacht eine hohe Belastung mit Dämpfen flüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe (in der Folge CKW genannt). Dies ließ vermuten, daß auch der Boden bzw. das Grundwasser in der Umgebung des Brunnens verunreinigt sein könnten. Untersuchungen bestätigten

lediglich ein vergleichbarer Fall aus Salzburg (seit Januar 1981) bekannt. In der Bundesrepublik Deutschland war, aufgrund erster Schadensfeststellungen im Jahre 1977, etwa 1980 in verschiedenen Gebieten mit gezielten Untersuchungen hinsichtlich der Belastung des Grundwassers durch CKW begonnen worden (Roth, 1981; Neumayr, 1981).

Sowohl in der BRD wie auch in Salzburg und Niederösterreich waren es letztlich Zufälligkeiten, die zur Aufdeckung der jeweils ersten derartigen Grundwasserverunreinigungen führten, eine Untersuchung auf CKW war in keinem routinemäßigen Untersuchungsprogramm für Grundwasser enthalten.

Weitere Probennahmen in Wiener Neustadt und der gesamten Mitterndorfer Senke ergaben eine flächenmäßig ausgedehnte Belastung des Grundwassers in Teilen dieses Gebietes.

Aufgrund der ersten Ergebnisse mußten verschiedene Brunnenanlagen für die weitere Entnahme von Trinkwasser gesperrt werden.

## 2. Die Mitterndorfer Senke

Die Mitterndorfer Senke ist ein Teil des südlichen Wiener Beckens, ein zirka 40 km langer, 2—8 km breiter, im wesentlichen von Südwesten nach Nordosten verlaufender Grabenbruch, der während seiner Entstehung laufend mit Kiesmaterial aufgefüllt wurde und sich daher oberflächlich praktisch nicht abzeichnet (Abb. 1).

Der die Senke füllende Kieskörper hat bei stark wechselnder, im allgemeinen jedoch guter Durchlässigkeit eine Mächtigkeit bis zu 150 m.

Das Geländegefälle bedingt, daß im südlichen Bereich (Neunkirchner Schotterkegel) der Grundwasserspiegel tief unter Gelände liegt (30 m und mehr), im Bereich Wiener Neustadt sich auf 5—10 m der Geländeoberfläche nähert und im nördlichen Teil der Mitterndorfer Senke stellenweise nur knapp darunter liegt.

Das den Kieskörper füllende Grundwasser wird im Bereiche Neunkirchen—Wiener Neustadt überwiegend durch Aussickerung aus Oberflächengewässern sowie durch unterirdische Zuflüsse und durch Niederschläge angereichert. Im nördlichen Teil der Mitterndorfer Senke tritt das Grundwasser zunehmend in Oberflächengewässer über.

Das leicht zu erschließende und quantitativ sehr reiche Grundwasservorkommen führte dazu, daß die Mitterndorfer Senke der maßgebliche Wasserspender für die Versorgung nicht nur der südlich von Wien und östlich des Wienerwaldes gelegenen Teile Niederösterreichs, sondern auch für Teile des Burgenlandes und (in Zukunft) der Stadt Wien geworden ist.

## 3. Die Schadstoffe

### 3.1 Flüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe als Lösungsmittel

Aus der tausende unterschiedliche Verbindungen zählenden Gruppe der organischen Halogenverbindungen haben in jüngster Zeit im Zusammenhang mit Verunreinigungen des Grund- und des Trinkwassers die Trihalogenmethane und jene leicht flüchtigen Chlorkohlenwasserstoffe, die in Industrie, Gewerbe und Haushalt als Lösungsmittel verwendet werden, Bedeutung erlangt.

Während Trihalogenmethane (etwa Chloroform) unmittelbar bei der Aufbereitung von organisch höher belastetem Rohwasser zu Trinkwasser durch Chlorung entstehen können (Rook, 1974; Bellar et al., 1974), kommen die genannten Lösungsmittel als Abfallprodukte aus Industrie, Gewerbe und Haushalt in die Luft, in Oberflächen- oder Grundwasser und in der Folge manchmal in das Trinkwasser.

Zu dieser Gruppe werden vier Stoffe gerechnet:

1. *Trichlorethen*,  $C_2HCl_3$ , weitere Namen auch *Trichlorethylen*, *Trichloräthylen* oder *TRI*;
2. *Tetrachlorethen*,  $C_2Cl_4$ , weitere Namen auch *Tetrachlorethylen*, *Tetrachloräthylen*, *Perchloräthylen* oder *PER*;
3. *1,1,1-Trichlorethan*,  $C_2H_3Cl_3$ , auch *Trichloräthan*;
4. *Dichlormethan*,  $CH_2Cl_2$ , auch *Methylenchlorid*.

Alle diese Stoffe sind anthropogenen Ursprungs, d. h. sie kommen in der Natur nicht vor und werden erst durch den Menschen in den ökologischen Kreislauf eingeführt. Die wichtigsten Stoffdaten sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Bei der Erstellung einer Bilanz über die quantitative Verwendung der Stoffe ist davon auszugehen, daß, sieht man von einer Zwischenspeicherung ab, die gesamte Produktion der CKW an die Umwelt abgegeben wird.

Es konnte erhoben werden, daß in Österreich im Jahresdurchschnitt etwa 14000 t an CKW verbraucht werden, die — systembedingt — früher oder später in die Umwelt gelangen.

Von den verwendeten Mengen werden nach Angabe des deutschen Umweltbundesamtes

- über die Abluft zirka zwei Drittel,
- über Abfälle zirka ein Drittel,
- über Abwässer etwa 1—3 % emittiert.

Die Verwendungsdichte der CKW ist abhängig von

- dem Industrialisierungsgrad eines Gebietes (hauptsächlich metallverarbeitende Industrie),
- der Bevölkerungsdichte (Dienstleistungsgewerbe, Haushalte).

Aufgrund von Handhabung und Verwendung der CKW ergeben sich folgende Möglichkeiten einer Grundwasserverunreinigung (Empfehlungen ..., 1982):

- a) unbeabsichtigt:
  - durch Transportunfälle mit Auslaufen aus Behältern,
  - durch nicht erkannte Defekte an Lagerbehältern,
  - durch unbeabsichtigtes Verschütten bei der Handhabung,
  - durch Undichtwerten alter Fässer auf Deponien;



Tabelle 1. Stoffdaten

	Übliche Bezeichnung			
	Perchlor-ethylen	Trichlor-ethylen	1,1,1-Trichlor-ethan	Methylen-chlorid
Chemische Formel	$\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$	$\text{CHCl} = \text{CCl}_2$	$\text{CCl}_3 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_2 - \text{Cl}_2$
Molekulargewicht	165,85	131,40	133,42	84,94
Dichte bei 20° C	[g/ml] 1,623	1,465	1,327	1,328
Kinematische Viskosität bei 20° C	[cSt] 0,54	0,396	0,65	0,33
Siedepunkt bei 1013 mbar	[°C] 121	87	74	40
Siedepunkt des Azeotrops mit Wasser	[°C] 87	74	65	39
Beginn der thermischen Zersetzung	[°C] 150	120	150	120
Dampfdruck bei 20° C	[mbar] 19	77	133	473
Löslichkeit in Wasser bei 25° C	[mg/l] 150	1100	1300—4400 <sup>b</sup>	ca. 20 000
MAK-Wert**	[mg/m <sup>3</sup> ] 670 [ppm] 100	260 50	1080 200	720 200

\* Unterschiedliche Literaturangaben. \*\* Maximale Arbeitsplatzkonzentration.

b) durch beabsichtigte Handlungen unter Inkaufnahme der Folgen:

- Verschütten oder Ablassen ins Erdreich zum Zwecke der Beseitigung,
- Ausgießen in das öffentliche Abwassernetz,
- unerlaubtes Ablagern auf Deponien;

c) unvermeidbar:

- durch CKW-haltige Niederschläge (Auswaschen aus der Luft).

Es ergibt sich die Frage nach einem Anwendungsverbot dieser Stoffe. Da jedoch die Funktionen, welche die CKW am Markt erfüllen, nicht einfach entfallen können, handelt es sich um die Suche nach Substitutionsstoffen. Nach übereinstimmenden Aussagen sind solche Substitutionsstoffe derzeit nur für relativ kleine Einzelbereiche vorhanden bzw. in absehbarer Zeit denkbar; in den meisten Fällen wäre es erforderlich, zu jenen Technologien zurückzukehren, die vor Einführung der CKW angewendet wurden.

Hinsichtlich des analytischen Nachweises dieser Stoffe im Wasser ist von der Größenordnung der nachzuweisenden Konzentration auszugehen. Mit Hilfe der Gaschromatographie können verlässliche Analysenwerte auch in der Größenordnung von wenigen Mikrogramm pro Liter erwartet werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Meßwerte durch uneinheitliche oder unsachgemäße Vorgangsweise bei der Entnahme der Probe, deren Transport zur Untersuchungsanstalt und der eigentlichen Probenvorbereitung stark verfälscht werden können. Es ist daher davon auszugehen, daß, sind nicht alle Randbedingungen genau bekannt und erfaßt, ein einzelner Analysenwert keine echte Aussagekraft besitzt, sondern nur als Angabe einer Größenordnung anzusehen ist. Verläss-

liche Aussagen über die tatsächliche Menge derartiger Inhaltsstoffe im Wasser sind erst dann möglich, wenn mehrere Analysenwerte von zu verschiedenen Zeitpunkten, unter definierten Verhältnissen gezogenen Proben vorliegen und zueinander in Relation gesetzt werden können.

### 3.2 Hygienische Beurteilung flüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe im Grundwasser

Nach Vorliegen der ersten Untersuchungsergebnisse folgte die Frage nach der Zulässigkeit oder Unzulässigkeit festgestellter Belastungen bzw. nach den erforderlichen Maßnahmen (Empfehlungen..., 1982; Bolzer, 1982; Galal-Gorchev, Ozolins, 1982; Roszkamp, 1981; Bolt, 1981; Ryvarden, 1983).

Aus der Sicht des Wasserwirtschafter lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. CKW sollen im Grund-(Trink-)wasser nach Möglichkeit überhaupt nicht vorhanden sein. Es muß aber in Zukunft aus verschiedenen Gründen mit einer zwangsläufigen ubiquitären Belastung des Wassers gerechnet werden.
2. Bei der Beurteilung der Zulässigkeit einer Belastung des Trinkwassers mit CKW ist die Gesamtsituation zu berücksichtigen, also insbesondere die Dauer der Inkorporation des betreffenden Wassers sowie die Möglichkeit und die Bedingungen einer alternativen Wasserversorgung.
3. Die Frage, ab welchen Gehalten an CKW Wasser einer Aufbereitung unterzogen werden soll, ist unabhängig davon zu behandeln, ab welcher Höhe der Belastung das Wasser für Trinkwasserzwecke ungeeignet ist.

### 3.3 Verhalten flüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe im Grundwasser und im Boden

In Niederösterreich wurde bisher ausschließlich in Porengrundwasserleitern eine Belastung von Grundwässern mit flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen festgestellt.

Die Ausbreitungsvorgänge von CKW in diesem Untergrund werden in der Informationsschrift „Verhalten von leicht flüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen im Untergrund und Sanierungsmöglichkeiten von Schadensfällen“, veröffentlicht im April 1982 durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten des Bundeslandes Baden-Württemberg, zusammenfassend dargestellt. Die Aussagen dieser Informationsschrift wurden durch die bisher im niederösterreichischen Raum gewonnenen Erfahrungen voll bestätigt.

### 4. Das Untersuchungsprogramm

Im März 1982 wurde durch das wasserwirtschaftliche Planungsorgan des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung für den Gesamt- raum der Mitterndorfer Senke eine Untersuchung auf den Gehalt des Grundwasser an CKW begonnen. Da zu diesem Zeitpunkt hinsichtlich Verursachers und Kontaminationsausmaßes noch keine verlässlichen Hinweise vorhanden waren, konnten die Untersuchungsmaßnahmen nicht nach einem zu Untersuchungsbeginn aufgestellten festen Plan ablaufen, sie mußten stufenweise unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Zwischenergebnisse festgelegt werden.

Mit den Untersuchungen wurde die Niederösterreichische Umweltschutzanstalt beauftragt, wobei zur Sicherung der Analysenwerte in Fällen höherer Belastung vor allem in Trinkwasserbrunnen ein Parallelauftrag an die Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung erging. Als Probeentnahmestellen wurden vorwiegend Brunnen von zentralen Wasserversorgungsanlagen und private Trink- und Nutzwasserbrunnen verwendet. Im Herbst 1982 wurde mit der Durchführung von Probebohrungen begonnen, um in bestimmten Bereichen nähere Aussagen hinsichtlich der geohydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zu erhalten bzw. in Gebieten mit wenigen bestehenden Grundwasseraufschlüssen das Probeentnahmernetz verdichten zu können.

Im Hinblick auf die Problematik und die Unsicherheit, die sich bei der Beurteilung von Analysenwerten von überbrachten Proben ergeben können, haben beide Anstalten die Probeentnahmen immer selbst durchgeführt.

### 5. Die Meßergebnisse (Abb. 2)

Bei der Darstellung der Meßergebnisse wurde zunächst vom Summenwert jener Stoffe ausgegangen, die aus hygienischer Hinsicht als relevant anzusehen sind, also der Summe der Gehalte an

Trichlorethylen, Tetrachlorethylen und 1,1,1-Trichlorethan im Grundwasser. Es wurde weiter davon ausgegangen, daß Wasser, in denen der Gehalt an diesen Stoffen  $1 \mu\text{g/l}$  nicht übersteigt, als „unbelastet“, Wasser, in denen die Gehalte zwischen  $1$  und  $10 \mu\text{g/l}$  liegen, als „gering belastet“ und Wasser, in denen die Gehalte über  $10 \mu\text{g/l}$  liegen, als „hoch belastet“ bezeichnet werden. Eine weitere Abgrenzung nach oben (vereinzelt Meßwerte liegen weit über  $1000 \mu\text{g/l}$ ) wurde nicht getroffen.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich, daß eine Zone hoch belasteten Grundwassers durch den Kieskörper der Mitterndorfer Senke zieht. Diese Zone beginnt unmittelbar am Südende der Senke, nördlich von Neunkirchen, und verläuft, offenbar exakt der bekannten Grundwasserströmungsrichtung folgend, im Nordwesten an Wiener Neustadt vorbei bis in den Bereich Ebreichsdorf. Hier tritt eine wesentliche Abschwächung der Belastung ein, die Verunreinigungsfahne läuft aus. Etwa nördlich von Mitterndorf an der Fischa wurde bei keiner Messung ein Gehalt von mehr als  $1 \mu\text{g/l}$  an den genannten Stoffen im Grundwasser gefunden. Die Breite des verunreinigten Bereiches kann noch nicht exakt festgelegt werden, sie dürfte jedoch in der Größenordnung von einigen  $100 \text{ m}$  bis mehr als  $1 \text{ km}$  liegen.

Eine Aussage über die flächenmäßige Belastung im Bereich südlich von Neunkirchen ist derzeit noch nicht möglich, da hier die genauen geohydrologischen Verhältnisse erst in Untersuchung sind und sich bei dieser Untersuchung ergeben hat, daß mit örtlich sehr unterschiedlichen Verhältnissen zu rechnen ist.

Ein weiterer Bereich mit hoher Belastung liegt im Stadtgebiet von Wiener Neustadt. Trotz einer relativ hohen Zahl von Meßpunkten ist es auch hier schwierig, die flächenmäßige Ausbreitung abzugrenzen, maßgeblich dafür könnten durch verschiedene Grundwassernutzungen in diesem Bereich diskontinuierliche Grundwasserströmungsverhältnisse sein.

Mäßige Belastungen wurden im südöstlichen Randbereich des Neunkirchner Schotterkegels, zwischen der Schwarza und der Neunkirchner Allee, festgestellt. Die Höhe der Meßwerte und die Grundwasserströmungsverhältnisse lassen hier eine diffuse Belastung vermuten.

Die Gesamtlänge der Verunreinigungsfahne vom Beginn des eigentlichen Kieskörpers der Mitterndorfer Senke bis in den Raum Ebreichsdorf beträgt zirka  $35 \text{ km}$ . Versucht man aus dieser Strecke, den denkmöglichen Verunreinigungsstellen und der Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers jenen Zeitpunkt zurückzurechnen, zu dem die ersten Verunreinigungen erfolgt sein könnten, so kommt man jedenfalls in die Größenordnung von Jahrzehnten.

An mehreren, über den ganzen Untersuchungsbereich verteilten Meßpunkten wurden innerhalb einiger Monate in regelmäßigen Abständen Probeentnahmen durchgeführt. Das Ziel war eine



kontinuierliche Überwachung dieser Stellen, um mögliche Veränderungen der Konzentrationen der Schadstoffe in der Art einer Ganglinie aufzunehmen. Aus den zur Verfügung stehenden Meßreihen können derzeit folgende Aussagen abgeleitet werden:

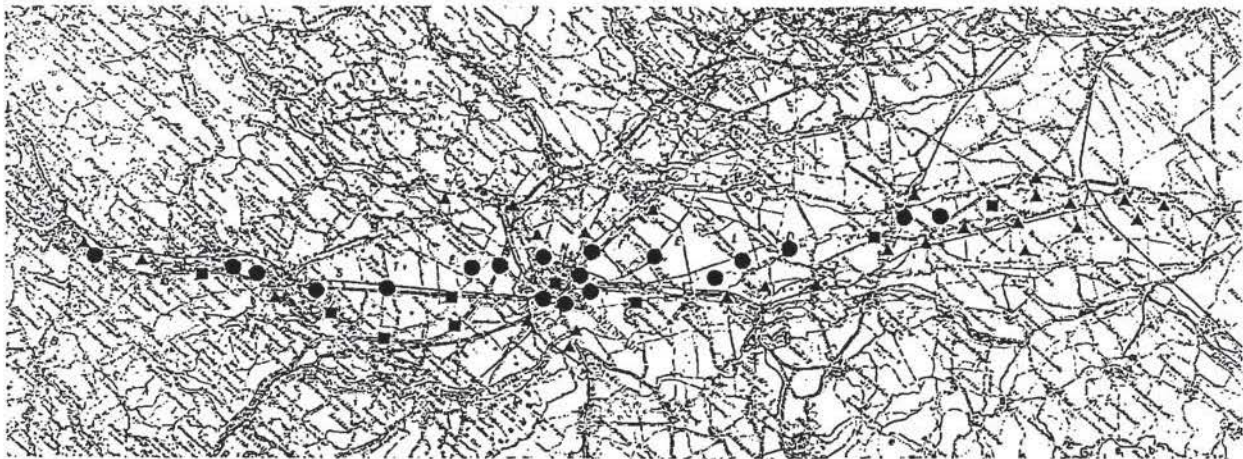
Unter Berücksichtigung einer aufgrund von Probenentnahme und -vorbereitung denkbaren Abweichung des Meßwertes um  $\pm 20\%$  vom

raschend. Es wird jedenfalls erforderlich sein, an einzelnen Punkten fortdauernde Messungen durchzuführen.

### 6. Folgerungen

Grundwasser stellt für weite Gebiete Österreichs einen der wichtigsten Bodenschätze dar, nicht zuletzt aufgrund seiner ständigen natürlichen

## Grundwasserentnahmestellen und Belastungswerte



KONZENTRATIONSBEREICHE : Summe aus Trichlorethylen  
 Tetrachlorethylen  
 1,1,1- Trichlorethan

( Mittelwerte d. Untersuchungen )

- ▲ < 1 Mikrogramm / Liter
- 1 - 10                    "-"
- > 10                     "-"

Abb. 2

wahren Wert (Kühn, 1983) sind bei jenen Meßpunkten, die nicht in der Nähe einer vermuteten Verunreinigungsquelle liegen, Schwankungen oder tendenzielle Veränderungen der Meßwerte nicht nachweisbar.

Der Versuch, bei zwei Meßstellen eine Korrelation zwischen der Grundwasserspiegellage bzw. ihrer Veränderung und der Konzentration der Belastung herzustellen, blieb erfolglos.

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes konnte an den beobachteten Meßstellen somit keine Tendenz zur Änderung der Belastungswerte festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Größe des belasteten Gebietes und der vermuteten Dauer der Belastung erscheint dieses Ergebnis nicht über-

Erneuerung, die eine nicht nur einmalige, sondern eine permanente Nutzung dieses Bodenschatzes ermöglicht.

Das Grundwasser in Porengrundwasserleitern schien bisher durch zwei Faktoren vor anthropogenen Einflüssen geschützt: einerseits durch das hohe Puffervermögen eines weitgehend stabilen natürlichen Ökosystems, andererseits (bedingt durch seine langsame Erneuerung) durch den Faktor Zeit. Diese beiden Faktoren halten sowohl quantitative wie auch qualitative Schädigungen lange Zeit von diesem Bodenschatz fern, sie bringen aber auch mit sich, daß eingetretene Schäden meist erst nach vielen Jahren erkennbar werden und dann nur sehr schwer wieder behebbar sind. In

der Vergangenheit haben wir das Augenmerk auf örtliche, massive Veränderungen im Grundwasser gerichtet, auf Veränderungen, die zu akuten Schädigungen der Quantität oder Qualität führen können.

In jüngster Zeit hat eine neue Entwicklung Platz gegriffen: sie ist dadurch gekennzeichnet, daß der Schluß vom fehlenden Schadstoffbefund zum negativen Befund in einem immer geringeren Maß zulässig ist.

Ebenso wie es bei Karstwässern nicht zulässig ist, aus dem fehlenden Nachweis einer Verbindung von Schwinde und Quelle im Rahmen eines Färbeversuches mit Sicherheit auszuschließen, daß diese Verbindung besteht, kann aus der Beurteilung der örtlichen Situation und der für die Grundwasseruntersuchung derzeit noch üblichen Parameter nicht darauf geschlossen werden, daß Schadstoffe im Spurenbereich mit Sicherheit fehlen.

Es ist für die Zukunft zu erwarten, daß die Belastung des Grundwassers mit persistenten Stoffen zunimmt. Aufbereitungsmaßnahmen, die heute nur zur „Schadensregulierung“ in Einzelfällen durchgeführt werden, könnten daher in Zukunft Standardmaßnahmen bei der Gewinnung von Trinkwasser werden. Um dies zu vermeiden, ist eine neue Strategie der Schutzmechanismen für das Grundwasser erforderlich, bei denen der Faktor Zeit für die Schutzwirkung nicht mehr bestimmend ist.

Die als Lösungsmittel verwendeten flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe sind solche persistente, in der Natur nicht vorkommende Produkte, die insbesondere aufgrund ihrer technischen Eigenschaften und der relativ problemlosen Verwendbarkeit gegenüber anderen Lösungsmitteln weitestgestreute Anwendung in Industrie, Gewerbe und Haushalt gefunden haben. Die Wasserwirtschaft und Wasserversorgung sind mit dem Problem der Verunreinigung des Grundwassers durch CKW erst seit allerjüngster Zeit bewußt konfrontiert. Die Art der im Zusammenhang mit der Anwendung der CKW verwendeten Technologien schließt auch bei bester Aufsicht und bis an die Grenze der Zumutbarkeit gehenden technischen Vorkehrungen nicht mit Sicherheit aus, daß, zumindest im Falle menschlichen Versagens, auch in Zukunft flüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe in den Untergrund gelangen können.

Eine Aufbereitung des verunreinigten Grundwassers zu einwandfreiem Trinkwasser durch Anwendung von Aktivkohlefiltration, allenfalls im Zusammenhang mit einer Strippung, ist technisch und finanziell bei größeren Wasserversorgungs-

anlagen durchaus realisierbar. Ob sich lokal Sanierungsmöglichkeiten im Bereich des Grundwasserkörpers selbst ergeben, ist von Fall zu Fall zu prüfen.

Aufgabe für die Zukunft wird es sein, neben einer laufenden Beobachtung der Situation, einer strikten Überwachung, allenfalls aufgrund zusätzlicher gesetzlicher Normen, das Problembewußtsein der gesamten Bevölkerung zu heben, um dahingehend zu wirken, daß weitere Kontaminationen des Untergrundes und des Grundwassers soweit wie möglich ausgeschlossen werden.

#### Literatur

Bellar, R. A., J. J. Lichtenberg und C. R. Pearson: The Occurrence of Organohalides in Chlorinated Drinking Waters. Am. Wat. Works Assoc. 66 (1974), S. 703—706.

Bolt, H. M.: Die toxikologische Beurteilung einiger halogenierter Kohlenwasserstoffe. WaBoLu-Berichte 3 (1981).

Bolzer, W. E.: Flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe; eine neue Gefahr für unser Trinkwasser. ÖWW 34 (1982), H. 9/10.

Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zum Vorkommen von flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen im Grundwasser und Trinkwasser. Bundesgesundheitsblatt 25, 3. März 1982.

Fricke, H.: Grundwasserverunreinigung durch Herstellung und Anwendung von chlorierten Lösungsmitteln aus der Sicht der Industrie. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 29 (1981).

Galal-Gorchev, H., und G. Ozolins: WHO Guidelines for Drinking Water Quality? Division of Environmental Health, WHO, September 1982.

Kühn, N.: Chlorkohlenwasserstoffe im Grundwasser — Probleme und Maßnahmen. Wiener Mitteilungen 51 (1983), Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft.

Neumayr, V.: Verteilungs- und Transportmechanismen von chlorierten Kohlenwasserstoffen in der Umwelt. WaBoLu-Berichte 3 (1981).

Rook, J. J.: Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Water. Wat. Treat. Exam. 23 (1974), S. 234—243.

Roszkamp, E.: Toxikologie und gesundheitliche Bewertung von Halogenkohlenwasserstoffen in Trinkwässern. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 29 (1981).

Roth, Maria: Vorkommen von leicht flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen in Trink-, Brauch- und Grundwässern. WaBoLu-Berichte 3 (1981).

Ryvarden, G.: Hygienische Bedeutung von Chlorkohlenwasserstoffen und Nitrat. Wiener Mitteilungen 51 (1983), Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft.

Anschrift der Verfasser: w. Hofrat Dipl.-Ing. Werner Kasper und Oberbaurat Dipl.-Ing. Friedrich Seidelberger, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung B/9 (Wasserwirtschaft), Operngasse 21, A-1040 Wien.