

Grundwasserverunreinigung durch Chlorkohlenwasserstoffe

Gefährdung des Trinkwassers – Sanierungsmaßnahmen

Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe haben zu erheblichen Grundwasserkontaminationen und vielerorts zu einer Gefährdung der öffentlichen Trinkwasserversorgung geführt. Wie groß ist die Gefahr tatsächlich? Was kann man tun, wenn trotz aller Vorsicht Chlorkohlenwasserstoffe in den Boden gelangt sind?

In den letzten fünf Jahren wurden vielerorts großräumige Grundwasserverunreinigungen mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) entdeckt, deren Ursache oft schon viele Jahre zurückliegt. Allein in Baden-Württemberg wurden über 150 Grundwasserverunreinigungen festgestellt, die vereinzelt zu schwerwiegenden Beeinträchtigungen der Trinkwasserversorgung geführt haben [5]. Insbesondere finden sich im Grundwasser die Substanzen Trichloräthylen, Tetrachloräthylen, 1,1,1-Trichlorethan und Dichlormethan (Me-

thylenchlorid). Diese Substanzen finden Anwendung in Gewerbe und vor allem in der metallverarbeitenden Industrie als Löse- und Reinigungsmittel.

Von den in der Bundesrepublik Deutschland jährlich produzierten einigen 10 000 Tonnen jeder dieser Substanzen werden rund zwei Drittel über die Abluft in die Atmosphäre emittiert; der Rest wird über die Abfälle und Abwässer beseitigt. In das Grundwasser können CKW gelangen

- durch Schadensfälle in der Produktionsstätte, während des Transports, bei der Verarbeitung und Lagerung bis hin zur Entsorgung;
- durch Sickerverluste aus undichten Kanalisationen, aus denen CKW-belastete Abwässer ins Grundwasser gelangen können;
- durch Auswaschung der CKW aus der Atmosphäre mit dem Niederschlag, was zu einem großflächigen, diffusen Schadstoffeintrag niedriger Konzentration führen kann.

Ein weithin bekanntes Beispiel einer großräumigen Grundwasserkontamina-

tion ist in *Bild 1* dargestellt. CKW sind kanzerogen. Während hohe Konzentrationen zu akuten Gefährdungen führen können, ist hingegen über die chronische Toxizität bei vergleichsweise niedrigen Konzentrationen im Bereich von $\mu\text{g/l}$ wenig bekannt. Trotz unzureichender wissenschaftlicher Erkenntnisse besteht jedoch Einigkeit darüber, daß CKW nicht in das Trinkwasser gehören und somit vorerst als unerwünschte Stoffe bezeichnet werden müssen [5]. Als aktueller Richtwert wird vom Bundesgesundheitsamt angegeben, daß im Trinkwasser eine Gesamtkonzentration von $25 \mu\text{g/l}$ im Jahresmittel nicht überschritten werden soll. Die Erfahrungen der zurückliegenden Jahre haben gezeigt, daß das Grundwasser vielerorts diesen Grenzwert übersteigt.

Die Aufbereitung CKW-haltiger Grundwässer im Wasserwerk ist mit großem technischem und finanziellem Aufwand verbunden. Es erhebt sich deshalb die Frage, ob durch geeignete Maßnahmen im Vorfeld eine ausreichende Rohwasserqualität sichergestellt werden kann. Dies bedingt einerseits das Verhindern bzw. das Reduzieren des Eindringens von CKW in das Grundwasser sowie andererseits Überlegungen zu geeigneten Sanierungsmaßnahmen am Schadensherd.

Da CKW bei der Bodenpassage im Untergrund nicht oder nur extrem langsam abgebaut werden, muß bei jedem Schadensfall im Einzugsgebiet des Wasserwerks früher oder später damit gerechnet werden, daß die in den Untergrund gelangten CKW im Wasserwerk ankommen. Da kein Abbau stattfindet, sind die gebräuchlichen Schutzzoneüberlegungen für CKW bedeutungslos.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe sind deutlich schwerer als Wasser. In der Regel dringen sie im Schadensfall durch die Bodenschichten in den Untergrund ein und sickern dort aufgrund der Schwerkraft nach unten (*Bild 2*). Der durchsichtige Porenraum wird hierbei einen Teil der Substanz zurückbehalten.

Da die CKW in geringem Umfang wasserlöslich sind, wird im Laufe der Zeit durch das versickernde Niederschlagswasser bzw. durch das vorbeiströmende Grundwasser der Schadstoff allmählich in gelöster Form ausgewaschen und von der Grundwasserströmung großräumig mittransportiert. Während CKW in Phase auf die unmittelbare Umgebung des Schadensherds beschränkt bleiben, kann sich der Transport in gelöster Form über viele Kilometer erstrecken.

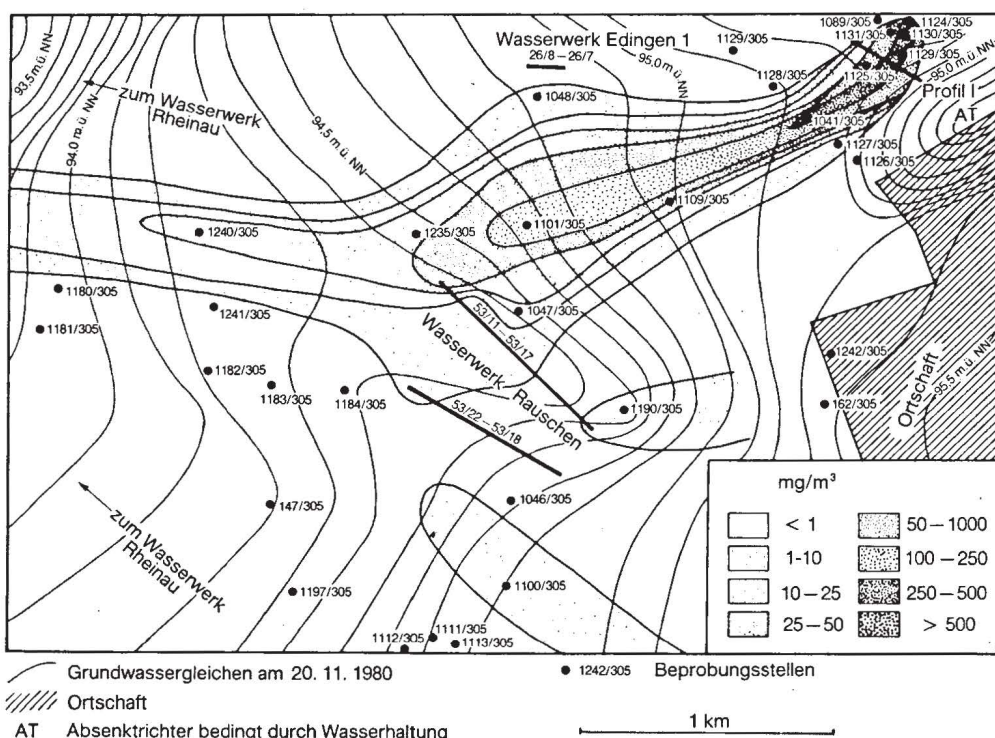


Bild 1: Schadensfall Heidelberg-Wieblingen, Verteilung von 1,1,1-Trichlorethan im Grundwasser. Aus [5].

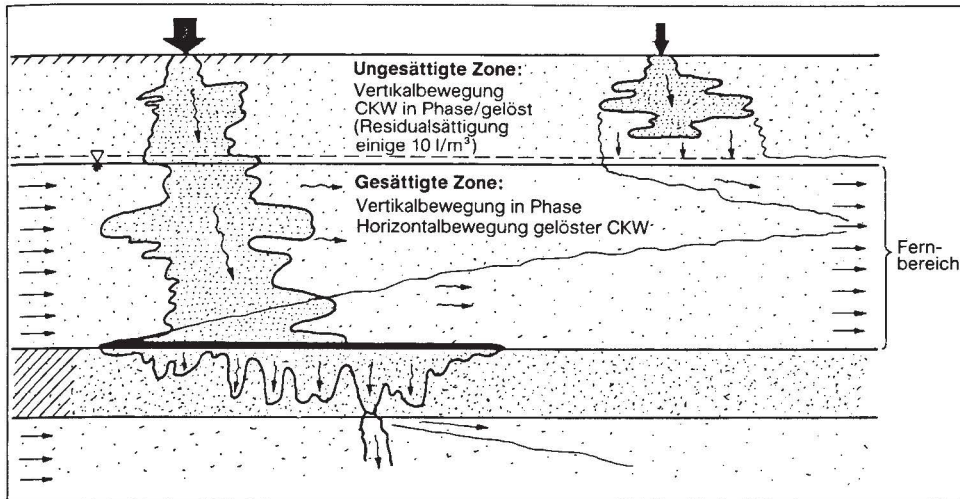


Bild 2: Ausbreitung der CKW im Nahbereich in Phase und in gelöster Form. Je nach Volumen der einsickernden CKW werden diese in der ungesättigten Zone hängenbleiben, bis in den gesättigten Porenraum des Grundwasserleiters vordringen, oder aber bis zur undurchlässigen Sohle des Grundwasserleiters absinken.

Die Vermeidung bzw. Behandlung von Grundwasserkontaminationen durch CKW kann folgende Arten von Maßnahmen erforderlich machen:

- Vorsorgemaßnahmen (Lagerung und Transport von CKW),
- Sofortmaßnahmen am Schadensherd,
- Erkundung der Kontamination,
- Abwehrmaßnahmen baulicher bzw. temporärer hydraulischer Art,
- Sanierungsmaßnahmen.

Sanierungsmaßnahmen haben zum Ziel, in das Grundwasser gelangte

Schadstoffe wieder zu entfernen. Eine Sanierung des Grundwasserleiters kann nur mit Entnahmebrunnen erreicht werden, die gelöste CKW abpumpen bzw. CKW in Phase ausspülen und damit aus dem Grundwasserleiter entfernen. Naturgemäß wird eine solche Maßnahme um so wirkungsvoller sein, je frühzeitiger und je näher am Schadensherd sie eingesetzt werden kann. Aus Bilanzgründen können die Entnahmebrunnen mit entsprechenden Infiltrationen kombiniert werden, über die gereinigtes Wasser dem Grundwasserleiter wieder zugeführt wird (Bild 3).

Das Ziel, die Schadstoffmasse unter möglichst geringem Aufwand aus dem Grundwasserleiter zu entfernen, beinhaltet zwei Forderungen [4]:

- der aus dem Grundwasserleiter zu entfernende Schadstoff muß gänzlich im Einzugsbereich des Sanierungsbrunnens liegen;
- die Sanierungsmaßnahme soll aus Wirtschaftlichkeitsgründen mit einem möglichst geringen zu pumpenden Wasservolumen bewerkstelligt werden.

Die Auslegung einer Sanierungsmaßnahme nach diesen Kriterien hinsichtlich Anordnung und Anzahl der Sanierungsbrunnen und deren Pumpraten setzt fundierte Kenntnisse über das Transportverhalten der Schadstoffe im Grundwasserleiter voraus. Dies erfordert in der Regel den Einsatz geeigneter Strömungs- und Transportmodelle zur Erfassung der strömungsmechanischen und hydrogeologischen Gegebenheiten [4].

Das entnommene verunreinigte Grundwasser wird nach entsprechender Behandlung entweder wieder im Grundwasser versickert, in ein oberirdisches

Fließgewässer eingeleitet oder in die öffentliche Kanalisation abgegeben. Bei entsprechend hohen Schadstoffkonzentrationen macht dies in jedem Fall eine Aufbereitung des entnommenen Wassers erforderlich. Hierfür kommen nach dem derzeitigen Stand der Technik vor allem zwei Aufbereitungsverfahren in Frage [2]:

- die Entfernung der leichtflüchtigen Stoffe durch Ausblasen mit Luft (Stripanlagen als Wellbahnkolonnen, Kaskaden, Füllkörperkolonnen);
- die Adsorption an Aktivkohle bzw. Adsorberharzen.

Ein Vergleich der bei verschiedenen Verfahren erforderlichen Investitions- und Betriebsmittelkosten [2] macht deutlich, daß die einfacheren und billigeren Belüftungsverfahren bei reinen Sanierungsmaßnahmen günstig eingesetzt werden können, während die aufwendigeren Adsorptionsverfahren für die Trinkwasseraufbereitung aus mehreren Gründen besonders interessant sind.

In den Jahren 1981 bis 1983 wurde auf Veranlassung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg ein umfassendes Forschungs- und Untersuchungsvorhaben über das „Verhalten von leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen im Untergrund und Sanierungsmöglichkeiten“ durchgeführt, an dem zahlreiche einschlägig tätige Forschungsinstitutionen sowie die Behörden des Landes Baden-Württemberg zusammenarbeiteten. Diese interdisziplinären Bemühungen fanden ihren Niederschlag in dem „Leitfaden für die Beurteilung und Behandlung von Grundwasserverunreinigungen durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe“ [5], der in knapper Form die wesentlichen Erkenntnisse für den in der Praxis tätigen Wasserwirtschaftler darstellt.

Prof. Dr. Helmut Kobus

Literatur:

- [1] Kobus, H.: In: Halogenkohlenwasserstoffe in Grundwässern, DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 29 (1981) S. 91–103. [2] Sontheimer, H. (Hrsg.): Verfahrenstechnische Grundlagen für Anlagen zur Entfernung von Halogenkohlenwasserstoffen aus Grundwässern. Bereich Wasserchemie am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe, Heft 21, 1983. [3] Kinzelbach, W.: In: Vermeidung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, DVGW-Schriftenreihe Wasser, Heft 36, 1983. [4] Herr, M., Herzer, J., Kinzelbach, W., Kobus, H., Rinnert, B.: Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Universität Stuttgart, Heft 54, 1983. [5] Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Wasserwirtschaftsverwaltung, Heft 13, 1983.

Prof. Dr. H. Kobus, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, 7000 Stuttgart 80.

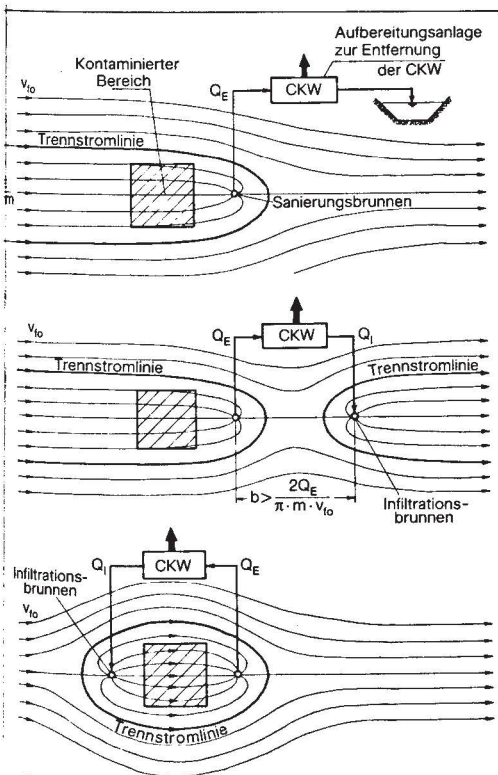


Bild 3: Hydraulische Sanierungskonfigurationen. Nach [1].