

Deponien und Isotope



WASSER

GEOthermie

MARKIERVERSUCHE

SCHADSTOFFE

FILTERTECHNIK

LEBENSMITTEL

NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

ISOTOPE

GASE

FESTSTOFFE

ANALYTIK

HYDROISOTOP GMBH
Woelkestraße 9
85301 Schweitenkirchen

Tel. +49 (0)8444 / 92890
Fax +49 (0)8444-928929
eMail info@hydroisotop.de
Web: www.hydroisotop.de

akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Isotopie & Chemie in Umwelthydrologie & Lebensmittel



DEPONIEREN UND ISOTOPE

In besiedelten und industrialisierten Gebieten erweist sich die exakte Identifizierung der Quellen von Inhalts- oder Schadstoffen, die ins Grundwasser gelangt sind, häufig als äußerst schwierig. Die zumeist eingesetzten rein hydrochemischen Untersuchungsverfahren sind nur bei einfachen Herkunfts- oder Eintragsbedingungen bzw. bei eindeutigen Schadstoff-fahnen und einfachen Umsetzungsprozessen geeignet, die Herkunftszusammenhänge zu klären. Liegen komplexe hydrogeologische Rahmenbedingungen und eine Mehrzahl von möglichen Quellen vor, können hierfür ergänzende Isotopenuntersuchungen an den Inhalts- oder Schadstoffen des Grundwassers herangezogen werden.

Grundlagen

Viele chemische Elemente besitzen Isotope. Wasserstoff z.B. besitzt zwei stabile Isotope, ^1H (99,99 %) und ^2H (Deuterium) sowie das radioaktive Isotop ^3H (Tritium).

Durch physikalische, chemische und biologische Prozesse werden Isotopenverhältnisse geändert. Diese Isotopeneffekte führen zu einer örtlichen und zeitlichen Markierung der unterschiedlichen Stoffsysteme.

Bei der Analyse von stabilen Isotopen wird in der Regel nicht der absolute Gehalt sondern ein Isotopenhäufigkeitsverhältnis bestimmt. Dies wird im Vergleich zu einem internationalen Standard angegeben.

Beim radioaktiven Isotop Tritium wird der radioaktive Zerfall gemessen und in Tritium Units (TU) angegeben. Dies entspricht 23 Bq/L Wasser.



Ausgangssituation

Die Reaktion zwischen dem Inhalt einer Hausmülldeponie und der Umwelt erfolgt im wesentlichen über die Abgabe von Gas und Sickerwasser. Die Isotopensignaturen von CH_4 und CO_2 in den Sickerwässern von Hausmülldeponien unterscheiden sich in den meisten Fällen signifikant von den natürlichen Isotopenverhältnissen. Die Praxis hat gezeigt, dass die Isotopenmethoden ein sehr brauchbares Instrumentarium zur Bestimmung der in einer Deponie ablaufenden Prozesse sind. Abströmende Sickerwasser und deren Verbindung zum Grundwasser können so identifiziert werden.



DEPONIEREN UND ISOTOPE

Deuterium ($\delta^2\text{H}$) und Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}$) im Wasser

Trägt man in einem Diagramm $\delta^2\text{H}$ gegen $\delta^{18}\text{O}$ auf, so liegen die Werte für meteorisch beeinflusste Wässer auf der sog. mittleren Niederschlagsgeraden.

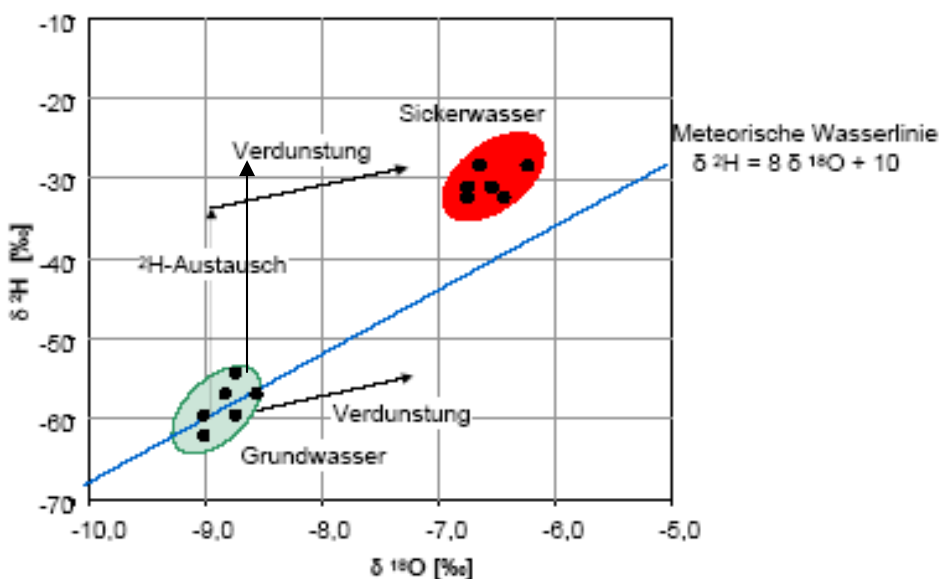
Erfährt das Niederschlagswasser eine Verdunstung, wie es z. B. bei stehenden Gewässern in heißem Klima oder bei Verrieselung von Abwasser typisch ist, kommt es im Wasser zu einer Anreicherung von ^{18}O und ^2H und damit zu einer Verschiebung der Werte von der Niederschlagsgeraden nach rechts.

In Deponien mit organischen Einlagerungen (z.B. Hausmülldeponien) wird bei der Zersetzung des organischen Materials Wasser gebildet. Die Wasserbildung erfolgt unter Bildung von Wasserstoff (H_2) und Methan (CH_4). Es tritt eine Isotopentrennung zwischen H_2/CH_4 und Wasser auf. Bevorzugt wird der schwere Wasserstoff ^2H im Wassermolekül eingelagert. Das in der Deponie gebildete Wasser ist somit im Vergleich zum Niederschlagswasser an ^2H angereichert.



Die Anreicherung an ^2H und eine eventuelle Anreicherung an ^{18}O durch Verrieselung oder Verdunstung führen zu einer spezifischen Isotopensignatur. Dies zeigt sich im Diagramm durch eine Verschiebung nach oben und nach rechts von der mittleren Niederschlagsgeraden.

Durch Bestimmung des ^{18}O und ^2H -Gehalts können also Aussagen über die in einer Deponie ablaufenden biologischen Prozesse und den Anteil des gebildeten Wassers gemacht werden. Durch Vergleich mit dem Isotopenverhältnis des Grundwassers können eventuelle Mischungsprozesse festgestellt





DEPONIEREN UND ISOTOPE

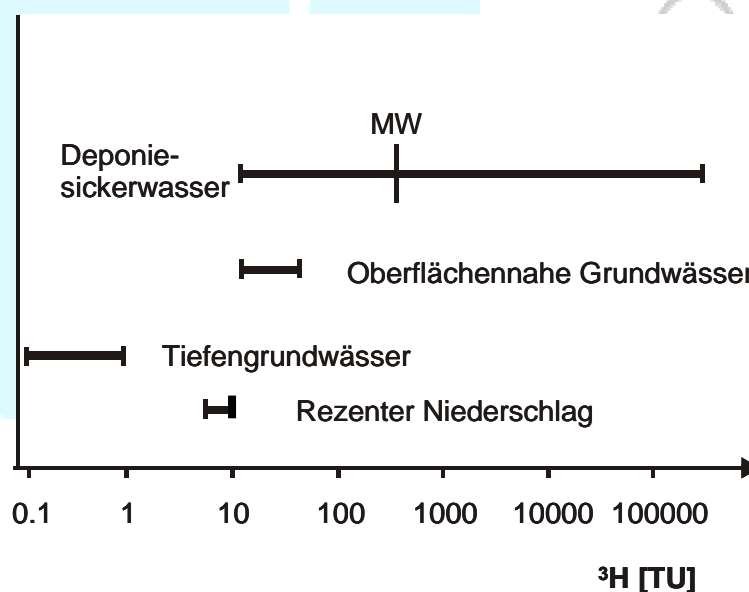
Tritium im Wasser

Die Hauptquelle des in der Umwelt vorhandenen anthropogenen Tritiums waren lange Zeit die oberirdischen Atomversuche der Jahre 1950 bis 1963. Seit Beendigung der Atomversuche nimmt der Tritiumgehalt infolge des radioaktiven Zerfalls des Tritiums kontinuierlich ab.

Es zeigt sich, dass die Sickerwässer aus Deponien ca. 10 bis 200 000 TU haben. Der Mittelwert von 800 TU für Sickerwässer liegt deutlich über den Werten wie sie aus mittleren Niederschlägen in Europa (ca. 8 TU), oberflächennahen Grundwässern und Tiefengrundwässern bekannt sind.



Für die meisten Deponien ist nicht eindeutig geklärt, woher der hohe Tritiumgehalt im Sickerwasser kommt. Ist eine Deponie allerdings mit ^3H markiert, so stellt es einen idealen Markierungsstoff für die Ausbreitung der Deponiesickerwässer dar, da es von chemischen und mikrobiellen Prozessen unbeeinflusst bleibt.





DEPONIEREN UND ISOTOPE

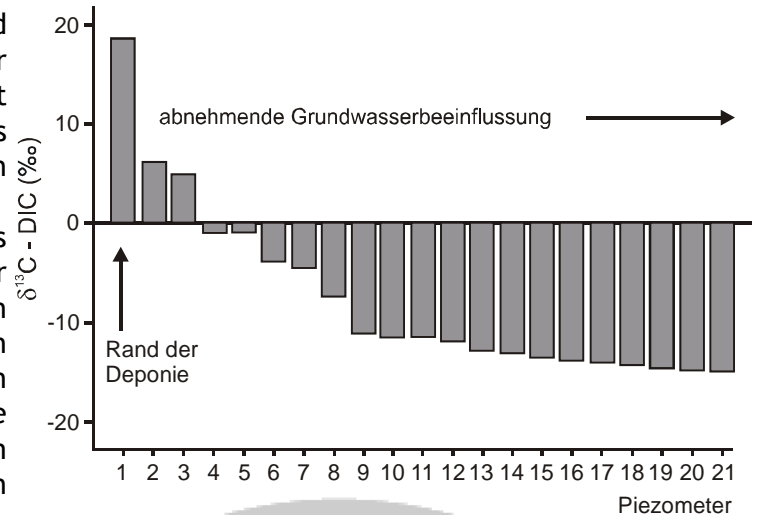
^{13}C im DIC

Der gelöste anorganische Kohlenstoff (dissolved inorganic carbon, DIC) liegt im Wasser größtenteils als CO_2 und Hydrogencarbonat (HCO_3^-) vor. Die Bildung des Hydrogencarbonats erfolgt meist durch die Auflösung von Carbonaten mit CO_2 .

Wird CO_2 unter aeroben Bedingungen aus organischem Material gebildet, so liegt der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert im Bereich des organischen Materials. Wird es aber unter anaeroben Bedingungen unter gleichzeitiger Bildung von Methan (CH_4) gebildet, so tritt bei CO_2 eine Anreicherung des schweren ^{13}C gegenüber dem ^{12}C ein (Abb. 4). Bei der Bildung von Hydrogencarbonat tritt nochmals eine ^{13}C -Anreicherung im Hydrogencarbonat gegenüber dem CO_2 auf.

Das gebildete HCO_3^- und somit auch der DIC ist in Deponiesickerwässern sehr stark mit ^{13}C angereichert. Deponiesickerwässer weisen im Vergleich zu den meisten Grundwässern zudem sehr hohe DIC-Konzentrationen auf.

Mit dieser Methode lassen sich geringe Anteile (im %-Bereich) von Deponiesickerwässern in Grundwässern nachweisen.



Die Abbildung oben zeigt $\delta^{13}\text{C}$ -Gehalte im DIC des Wassers einer Piezometerreihe. Sie beginnt am Rand der Deponie und geht nach außen. Man erkennt durch die fallenden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte eine abnehmende Kontamination des Grundwassers durch die Deponiesickerwässer.

