# Isotope im Wasserkreislauf Isotopes dans le cycle de l'eau Isotopi nel ciclo dell'acqua **Isotopes in the Water Cycle**

Autoren / Auteurs / Autori / Authors: Aurèle Parriaux, David Etcheverry, Julien Vaudan Laboratorium für Geologie, Abteilung für Bauingenieurwesen der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Lausanne Laboratoire de géologie, Département de génie civil de l'Ecole polytechnique fédérale, Lausanne

HYDROLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ ATLAS HYDROLOGIQUE DE LA SUISSE ATLANTE IDROLOGICO DELLA SVIZZERA HYDROLOGICAL ATLAS OF SWITZERLAND 



### Anwendungsbeispiele **Exemples d'application**

### Fig. 9

Bestimmung der Grundwasser-Verweilzeit mittels Tritium Détermination du temps de séjour des eaux souterraines à l'aide du tritium



#### Fallbeispiel der Quelle Lutry (Savigny, Nr. 549), nach [3] Exemple de la source de Lutry (Savigny, Nº 549), d'après [3]



#### Modellwahl: Exponentialmodell Modèle choisi: modèle exponentiel

Aquifertyp: Molassegesteine, s. Tafel 8.4 Type d'aquifère: roches molassiques, v. planche 8.4

- Berechnete Tritiumkonzentration an der Austrittsstelle Concentration en tritium calculée à l'exutoire Zur Berechnung angenommene mittlere Verweilzeit
- 15 a Temps de séjour moyen, supposé pour le calcul Gemessene Tritiumkonzentration an der Austrittsstelle Concentration en tritium mesurée à l'exutoire

Der Vergleich der gemessenen mit den berechneten Tritiumkonzentrationen liefert die Grundlage zur Bestimmung der mittleren Verweilzeit. Im vorliegenden Fall beträgt diese ca. 3.5 Jahre, was einer jährlichen Erneuerungsrate von ca. 30 % entspricht. La comparaison des valeurs mesurées et des résultats du modèle donne un temps de transit moyen de l'eau proche de 3.5 années, soit un taux de renouvellement de 30 % par année.

# Fig. 10 (nach/d'après [7]) Fallbeispiel Härkingen



nº 228, et le nº 227 dans une moindre mesure. En revanche, le nº 229 ne semble pas touché.

#### Fig. 11 (nach/d'après [13]) Décomposition d'un hydrogramme de crue à l'aide d'oxygène-18 Fallbeispiel Rietholzbach (Fläche 3.3 km<sup>2</sup>) Exemple de Rietholzbach (surface 3.3 km<sup>2</sup>)

15.7.1995 mm/5 min 15.7.1995

### Fig. 12 (nach/d'après [8]) Fallbeispiel Gotthard-Strassentunnel Exemple du tunnel routier du St-Gothard





von den lokalen Niederschlägen bestimmt l'infiltration locale des précipitations.

#### Analyse der Grundwasserverschmutzung im Bereich einer tritiumbelasteten Abfalldeponie Marquage de la pollution des eaux souterraines par le tritium dans une décharge

In einer ehemaligen Kiesgrube wurden Abfälle unterschiedlicher Herkunft deponiert. Die Ausbreitung der Grundwasserverschmutzung lässt sich anhand des Tritiums, das aus den Abfällen stammt, verfolgen. Die Messstelle Nr. 225 oberhalb der Deponie dient dabei als Referenz. Nr. 226 im Zentrum der Abfalldeponie zeigt anormal hohe Tritiumkonzentrationen. Im Abstrom der Deponie sind ausserdem die Stationen Nr. 228 und, wenn auch in geringem Ausmass, Nr. 227 betroffen. Die Station Nr. 229 scheint unbeeinflusst zu sein. Une ancienne gravière a été utilisée comme dépôt de déchets de différentes natures. L'extension de la pollution des eaux souterraines est suivie par mesure de la concentration en tritium provenant des déchets. Le piézomètre nº 225 en amont de la gravière sert de référence locale. Le nº 226 situé au coeur des déchets présente des concentrations en tritium anormalement élevées. En aval, le tritium montre que la pollution affecte surtout le

# Trennung der Abflusskomponenten bei Hochwasser mittels Sauerstoff-18

\_ \_ \_ .



Niederschlag W ' W Précipitation <sup>18</sup>O-Konzentration im Fliessgewässer Concentration en <sup>18</sup>O dans le cours d'eau <sup>18</sup>O-Konzentration im Grundwasser Concentration en <sup>18</sup>O dans l'eau souterraine Basisabfluss (aus dem Grundwasser), berechnet Contribution des eaux souterraines, calculée Gesamtabfluss, gemessen Débit total, mesuré

Die Auftrennung einer Hochwasserganglinie in zwei Komponenten basiert auf dem Gesetz der Massenerhaltung, das hier auf den Gehalt an Sauerstoff-18 im Niederschlag, im Grundwasser und im Oberflächenwasser am Ausfluss aus dem Einzugsgebiet des Rietholzbaches angewendet wird. Die Isotopen-Zusammensetzung des Grundwassers wird dabei als konstant vorausgesetzt und entspricht derjeniger des Oberflächen ewässers vor dem Hochwasser. Die Ganglinier trennung zeigt, dass der Anteil des Grundwassers am Gesamtabfluss während eines Hochwassers mehr als 40 % erreichen kann.

La décomposition d'un hydrogramme de crue en deux composantes est basée sur les équations de conservation de la masse appliquées à l'oxygène-18 des pluies, des eaux souterraines, et de l'eau à l'exutoire du bassin versant (ruisseau du Rietholzbach). La composition isotopique des eaux souterraines est considérée constante et correspond à la valeur mesurée à l'exutoire du bassin versant avant la crue. La décomposition montre que la contribution des eaux souterraines pendant la crue peut atteindre plus de 40 % de l'écoulement total.

#### Bestimmung der mittleren Infiltrationshöhe mittels Sauerstoff-18 Détermination de l'altitude moyenne d'infiltration à l'aide d'oxygène-18

Die Wasseraustritte im Tunnel senkrecht unterhalb des Monte Prosa sind mit Sauerstoff-18 angereichert (2). Dies ist eine Folge der direkten Infiltration aus dem Stausee Lucendro in die Spalten und Verwerfungen im Gneis. Der Sauerstoff-18-Gehalt ist im Wasser des Stausees infolge der Verdunstung angereichert. Im März, wenn die direkte Infiltration von Niederschlagswasser gering ist, zeigt sich dieser Effekt besonders deutlich. Das Wasser der Reuss hingegen scheint nicht in die Aaregranite zu infiltrieren (1); die Sauerstoff-18-Gehalte der Wasseraustritte sind weitgehend

L'enrichissement en oxygène-18 des venues d'eau à l'aplomb du Monte Prosa (2) met en évidence l'infiltration d'eau du lac de Lucendro à la faveur de failles dans les gneiss. L'eau du lac d'accumulation est sujette au phénomène d'évaporation et par conséquent d'enrichissement en oxygène-18. Le phénomène est très bien marqué au mois de mars, période où l'infiltration directe des eaux de pluies est moins importante. Par contre, les eaux de la Reuss ne semblent pas s'infiltrer dans les granites de l'Aar (1). Le signal isotopique des venues d'eau dépend avant tout de

Isotope im Wasserkreislauf

Isotopes dans le cycle de l'eau

Autoren / Auteurs: Aurèle Parriaux, David Etcheverry, Julien Vaudan

Abschluss der wissenschaftlichen Bearbeitung 1999 Elaboration scientifique achevée en 1999



Charakteristische Aspekte des Sauerstoff-18 im Niederschlag Aspects charactéristiques de l'oxygène-18 dans les précipitations Fig. 1 (nach/d'après [11, 12]) Gleitende Monatsmittel ausgewählter Stationen 1972-1996

Moyennes mensuelles lissées de quelques stations 1972–1996



1995 1974 1990

#### Fig. 2 Quantile der Monatswerte in den Jahren 1970–1998 Quantiles des valeurs mensuelles dans les années 1970–1998



1970 1975 1980 1985 1990 1995

Fig. 4 (nach/d'après [10]) Räumliche Variation der Höhenabhängigkeit, Mittelwert 1974–1983 Variation spatiale de l'effet d'altitude, moyenne 1974-1983



Fig. 3 Saisonale Schwankungen der Monatswerte in den Jahren 1992-1998 Variations saisonnières des valeurs mensuelles, 1992-1998



J F M A M J J A S O N D

Zeitliche Variation der Höhenabhängigkeit Variation temporelle de l'effet d'altitude



-16 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 δ<sup>18</sup>Ο [‰]





Maritime Tropikluft Air maritime tropica

Maritime Polarluft Air maritime polaire Cemperatur (ANETZ-Station La Chaux-de-Fonds) Température (Station ANETZ de La Chaux-de-Fonds) Niederschiag Précipitations Niederschlag  $\begin{tabular}{|c|c|c|c|} \hline Messwerte $\delta^{18}O$ \\ \hline Valeurs mesurées $\delta^{18}O$ \\ \hline \end{tabular}$ 1 Eintreffen einer mässigen Warmfront; Westwind Arrivée d'un front chauc

2 Eintreffen einer mässigen Kaltfront; Westwind Arrivée d'un front froid modéré; vent d'ouest

<sup>3</sup> Eintreffen einer starken Kaltfront; Westwind

Arrivée d'un front froid fort; vent d'ouest 4 Eintreffen einer schwachen Kaltfront; Südwestwind Arrivée d'un front froid faible; vent du sud-ouest 5 Eintreffen einer starken Kaltfront; Südwestwind

Arrivée d'un front froid fort; vent du sud-ouest Niederschlags- und Isotopendaten aus [6] Pluviométrie et données isotopiques extraites de [6]

Zusammenhang zwischen Deuterium und Sauerstoff-18 im Niederschlag an den Stationen des eidgenössischen Beobachtungsnetzes (1995–1998) Relation deutérium/oxygène-18 dans les précipitations aux stations du réseau fédéral d'observation (1995-1998) 1995 1996 1997 1998





### 1:1100000

60 km

Redaktion und kartographische Bearbeitung: Rédaction et élaboration cartographique: Geographisches Institut der Universität Bern - Hydrologie Institut de géographie de l'Université de Berne - Hydrologie

Druck/Impression: Bundesamt für Landestopographie, Wabern-Bern Office fédéral de topographie, Wabern-Berne © Landeshydrologie, Bern 2001 Service hydrologique national, Berne 2001



Wien

1965

#### Quantile der Monatswerte ausgewählter Stationen und Perioden Quantiles des valeurs mensuelles de quelques stations et périodes

V V



Natürliche Konzentration/Niveau naturel de la concentration

1.1.70 1.1.80 1.1.90 1.1.

Herkunft und Entwicklung des Tritiums im Niederschlag Origine et évolution du tritium dans les précipitations

Séries chronologiques des valeurs mensuelles de quelques stations dès 1953

Fig. 8 Zeitreihen der Monatswerte ausgewählter Stationen ab 1953



Verwendung von Tritium in der Industrie/Utilisation du tritium dans l'indu

1970

1975

Bern 1975-1985 (Nr. / Nº 210)





Die durch die atmosphärischen Kernwaffenversuche verursachten hohen Tritiumkonzentrationen bleiben in der Atmosphäre und erscheinen in den lokalen Niederschlägen als saisonale Schwankungen (Ottawa und Wien). Das in den Niederschlägen der Station Bern beobachtete Tritium stammt, insbesondere nach 1975, vorwiegend aus den nicht-saisonalen Emissionen der lokalen Industrie In Locarno dominiert das Tritium des atmosphärischen Reservoirs; einige Emissionen der Industrie sind jedoch durch einzelne Ausschläge erkennbar. Les fortes concentrations en tritium émises par les tests thermonucléaires passent par le réservoir atmosphérique et apparaissent de façon

saisonnière dans les précipitations locales (Ottawa et Vienne). Le tritium des précipitations de Berne provient essentiellement des émissions non saisonnières des industries locales, notamment dès 1975. A Locarno, les apports saisonniers du réservoir atmosphérique prédominent, bien que des émissions industrielles soient visibles sur quelques pics.



HYDROLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ ATLAS HYDROLOGIQUE DE LA SUISSE ATLANTE IDROLOGICO DELLA SVIZZERA HYDROLOGICAL ATLAS OF SWITZERLAND







