

**Schlüsselwörter**

Stabile Isotope  
Tiefengrundwasser  
Altersbestimmungen  
Steirisches Becken  
Oberösterreichische Molasse

# Vergleich von Isotopenuntersuchungen an Tiefengrundwässern des Steirischen Beckens und des Oberösterreichischen Molassebeckens

J. E. GOLDBRUNNER\*)

6 Abbildungen

## Inhalt

Zusammenfassung .....	31
Abstract .....	31
1. Einleitung .....	32
2. Steirisches Becken .....	32
2.1 Trinkwasserführende Horizonte .....	32
2.2 Tiefere Horizonte .....	35
3. Oberösterreichisches Molassebecken .....	35
3.1 Trinkwasserführende Horizonte .....	35
3.2 Tiefere Horizonte .....	37
4. Vergleich der beiden Becken .....	38
Literatur .....	39

## Zusammenfassung

Im Steirischen Becken und im Oberösterreichischen Molassebecken werden bereits seit ca. 25 Jahren Isotopenmessungen an Tiefengrundwässern durchgeführt. Dabei haben sich besonders die stabilen Isotope Deuterium und  $^{18}\text{O}$  als wertvolles Hilfsmittel bei der Untersuchung der Zirkulationsbedingungen im Untergrund erwiesen. Die beiden Sedimentbecken weisen trotz Unterschiede in der Stratigraphie, der Absenkungsgeschichte und den tektonischen Strukturen hydrogeologische Gemeinsamkeiten auf. Die hangenden Stockwerke führen in beiden Becken Tiefengrundwässer mit Trinkwassereigenschaften, jedoch reichen die Systeme mit intensivem Wasseraustausch, welche die Voraussetzung für das Vorkommen von für den menschlichen Genuß geeigneten Tiefengrundwässern darstellen, im Molassebecken mit ca. 500 m tiefer als im Steirischen Becken, wo örtlich bereits ab 200 m höher mineralisierte Wässer vorkommen. Die stabilen Isotope Deuterium und  $^{18}\text{O}$  zeigen in beiden Gebieten eine Abfolge von rezenten bis pleistozän abgereicherten Wässern; die Unterschiede in den Isotopengehalten werden durch die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen im Jungpleistozän erklärt.

Signifikante Unterschiede sind im zweiten hydraulischen Stockwerk, das in beiden Becken höher mineralisierte Wässer führt, feststellbar. Im Oberösterreichischen Molassebecken wurden in der Haller und Puchkirchener Serie Formationswässer gefunden, die besonders bei  $^{18}\text{O}$  eine deutliche Anreicherung gegenüber dem SMOW aufweisen. Sie markieren den Endpunkt einer Mischungslinie zwischen konnaten und meteorischen Wässern. Bei den Wässern des Steirischen Beckens existiert eine ähnliche Mischungslinie, jedoch fehlen die isotopisch schweren Endglieder. Die Mischwässer des Steirischen Beckens sind höher mineralisiert als die isotopisch schweren Formationswässer des Oberösterreichischen Molassebeckens. Eine schlüssige geochemische Erklärung hierfür ist noch ausständig.

Die Gesteine des prätertiären Beckenuntergrundes in beiden Sedimentbecken (Kalke und Dolomite des Malm im Oberösterreichischen Molassebecken bzw. des Grazer Paläozoikums im Steirischen Becken) führen örtlich gering mineralisierte Wässer mit überwiegender meteorischer Komponente. Die Übereinstimmung in den Gehalten der stabilen Isotope und der chemischen Zusammensetzung deutet eine ähnliche Genese mit einer dominierenden Regeneration von den Beckenrändern an.

## Comparison of isotope investigations on deep groundwaters of the Styrian basin and the Upper Austrian Molasse basin

### Abstract

Isotope measurements on deep groundwaters have been carried out in the Upper Austrian Molasse basin and the Styrian basin for 25 years. The stable isotopes deuterium and  $^{18}\text{O}$  have proved to be a suitable tool for investigating underground circulation. Both sedimentary basins show common hydrogeological features, despite differences in the stratigraphic sequence, subsidence history and tectonic structures. The hydraulic roof in both basins is dominated by flushing groundwater systems, which reach greater depths in the Molasse basin, where drinking waters are encountered at an underground level of 500 m. In some parts of the Styrian basin higher mineralised waters can be found from

\*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. JOHANN GOLDBRUNNER, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz und Geoteam Ges.m.b.H., Technisches Büro für Hydrogeologie, Geothermie und Umwelt Ges.m.b.H., Weizerstraße 19, A-8200 Gleisdorf.

200 m downwards. Downgradient isotopically depleted waters exist in both basins in regional aquifer systems. Differences in the deuterium and  $^{18}\text{O}$  content are explained by different climatic conditions during the younger Pleistocene.

Significant differences do exist in the second hydraulic level of both basins. The more mineralised waters in the Upper Austrian Molasse basin are distinctly enriched in  $^{18}\text{O}$  in respect to SMOW. They represent the endpoint of a mixing line between connate and meteoric waters. In the Styrian basin such a mixing line also exists but without the enriched endpoints. This occurs despite the fact that the mixing waters of the Styrian basin show a higher salinity than the isotopically heavy waters of the Molasse basin.

In the carbonate basin floor of both basins low mineralised, meteorically dominated waters have been found in some areas. This suggests a similar origin. Regeneration from the basin borders is very likely to occur in both basins.

## 1. Einleitung

In regionalen Tiefengrundwassersystemen, wie sie in großen Sedimentbecken ausgebildet sind, ist die Erfassung der Grundwasser-Zirkulation mit hydraulischen Methoden allein nicht möglich, da die den langsamen Bewegungsabläufen adäquaten Beobachtungszeiten und ein den gesamten Tiefengrundwasserleiter umfassendes Pegelnetz nicht zur Verfügung stehen (TOTH, 1963). Zur Klärung hydrogeologischer Fragen bei Tiefengrundwasseruntersuchungen können isopenhydrologische Methoden einen Beitrag leisten. Ziele der Isotopenuntersuchungen sind die Erfassung der Grundwasser-Altersverteilung mit direkten (absolute Altersbestimmung mit instabilen Isotopen) und indirekten Methoden (stabile Isotope, Edelgase) und die daraus abzuleitenden hydraulischen Aussagen (z. B. Fließrichtung, Abstandsgeschwindigkeit, Zusammenhänge zwischen einzelnen hydraulischen Stockwerken, Ausscheidung von Einzugs- und Entlastungsgebieten etc.).

Die stabilen Isotope Deuterium und  $^{18}\text{O}$  sind wichtige Indikatoren für klimatische Änderungen im Zeitraum von 50.000 Jahren bis heute. Über Grundwasserproben sind Informationen über Paläoniederschläge möglich, wodurch Aussagen über die Verweildauer getroffen werden können. Durch die nunmehr bereits über mehrere Dekaden laufenden Isotopenuntersuchungen an Tiefengrundwässern des Steirischen Beckens und des Oberösterreichischen Molassebeckens liegt eine große Anzahl von Isotopen-Meßdaten – besonders von den in ihrer Anwendung bereits als „klassisch“ anzusehenden Isotopen Deuterium und  $^{18}\text{O}$  vor –, sodaß Vergleiche zwischen den beiden Sedimentbecken möglich und nützlich erscheinen.

## 2. Steirisches Becken

### 2.1 Trinkwasserführende Horizonte

Die Untersuchung artesischer Wässer des Steirischen (Oststeirischen) Beckens auf ihren Gehalt an den sogenannten „Umweltisotopen“ (Deuterium,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) begann Mitte der sechziger Jahre mit den großflächigen Untersuchungen der International Atomic Energy Agency (IAEA) am Nordwestrand und im Zentrum des Fürstenfelder Beckens (DAVIS et al., 1968). Die Aquifertiefen liegen zwischen wenigen Zehnermetern und 300 m. Stratigraphisch gehören die Horizonte dem Pont, Pannon und Obersarmat an. Bedingt durch das generell flache Einfallen der jüngeren miozänen Schichten Richtung Südosten treten die Schichten des Sarmat westlich der Linie Ilz-Feldbach zutage bzw. liegen unter nur geringmächtiger Bedeckung durch pannone Schichten, während im Bereich der steiermärkisch-burgenländischen Landesgrenze die Mächtigkeit des Unterpannon bereits über 300 m erreicht. Im Raum Fürstenfeld streichen Aquifere des Unterpannon C aus, jenseits der Landesgrenze bereits pontische Schichten (Taborer Schotter). Sowohl im Obersarmat als auch im Unterpannon C

sind grobklastische Horizonte (Kapfensteiner, Kirchberger und Karnerberger Schotter) regional verbreitet und bilden wichtige Aquifere für die gespannten Tiefengrundwässer. Bedingt durch die Schüttung aus Nordwesten ist eine Abnahme der Schichtmächtigkeiten und der Korngröße Richtung Südosten festzustellen (KOLLMANN, 1965; SKALA, 1967).

Erste Auswertungen der Isotopenwerte unter Berücksichtigung paläoklimatischer Aspekte erfolgten durch ZÖTL, 1971 und MOSER et al., 1972, wobei jedoch die mit Hilfe der  $^{14}\text{C}$ -Alter und Deuteriumgehalte vorgenommene Differenzierung innerhalb des Holozäns durch Ausweisung eines „Holozänen Klimaoptimums“ einer kritischen Prüfung nicht standhält.

Im Zeitraum 1977 bis 1984 wurden der Raum Großwilfersdorf-Blumau (Feistritztal und Safental, Fürstenfelder Becken) im Rahmen eines internationalen Forschungsprojektes der IAEA bearbeitet (ZOJER, 1981, ANDREWS et al., 1984, ZETINIGG & ZOJER, 1987). Hauptziel der Untersuchungen war die Klärung der Regenerationsbedingungen und der Fließvorgänge im sogenannten „Blumau-Aquifer“, der stratigraphisch dem Kirchberger Niveau des Unterpannon angehört. Die Synopsis der Meßergebnisse brachte insofern ein ermutigendes Ergebnis, als die durch die Isotope  $^{39}\text{Ar}$  und  $^{14}\text{C}$  ermittelten radiometrischen „Grundwasseralter“ im Faktor 10 (700 gegenüber 7.000 Jahre) differierten, wobei die nur für einzelne Bereiche vorhandenen hydraulischen Daten keine eindeutige Klärung erlaubten. Mit den Isotopen Deuterium und  $^{18}\text{O}$  sind wegen der geringen Variationen der Infiltrationstemperaturen im gegebenen Zeitraum keine Aussagen möglich.

Die von ANDREWS (in ANDREWS et al., 1984) aufgrund von Edelgasuntersuchungen berechneten Recharge-Temperaturen bestätigten jedoch die paläoklimatische Aussagekraft der stabilen Isotope für den Zeitraum Holozän-Pleistozän. Proben mit Deuteriumgehalten von  $-75,6 \delta\text{‰}$  und  $-83,4 \delta\text{‰}$  unterscheiden sich durch Paläo-Infiltrationstemperaturen von  $4,7$  bzw.  $4,6^\circ\text{C}$  deutlich von Wässern mit Deuterium-Gehalten zwischen  $-63,8$  und  $-66,5 \delta\text{‰}$ , deren Neubildungstemperaturen mit Werten zwischen  $8,2$  bis  $9,0^\circ\text{C}$  nicht signifikant von den heutigen mittleren Jahrestemperaturen abweichen. Unter Berücksichtigung der vorhandenen radiometrischen Altersdatierungen (DAVIS et al., 1968, ANDREWS et al., 1984) ist abzuleiten, daß Wässer des Steirischen Beckens mit Deuteriumgehalten kleiner als  $-70 \delta\text{‰}$  pleistozäner Herkunft sind und somit unter klimatischen Bedingungen neugebildet wurden, die sich von den rezenten deutlich unterscheiden. Seichtliegende, junge Grundwässer des unteren Feistritz- und Safental zeigen Deuteriumwerte zwischen  $-60$  und  $-65 \delta\text{‰}$  (ZETINIGG & ZOJER, 1987).

Abb. 1 zeigt eine Gegenüberstellung von Deuteriumgehalten und  $^{14}\text{C}$ -Modellalter ausgewählter europäischer Tiefengrundwassersysteme (ROZANSKI, 1985). In dieses Diagramm wurden die vorhandenen Werte aus dem Steirischen Becken eingetragen. Bei allen Aquiferen ist im Bereich von ca. 10.000 Jahren, also an der Grenze Pleistozän zu Holozän, eine deutliche Abreicherung der Deuterium-Werte zu erkennen. Somit können die stabilen Isotope Deuterium und  $^{18}\text{O}$  bei Tiefen-

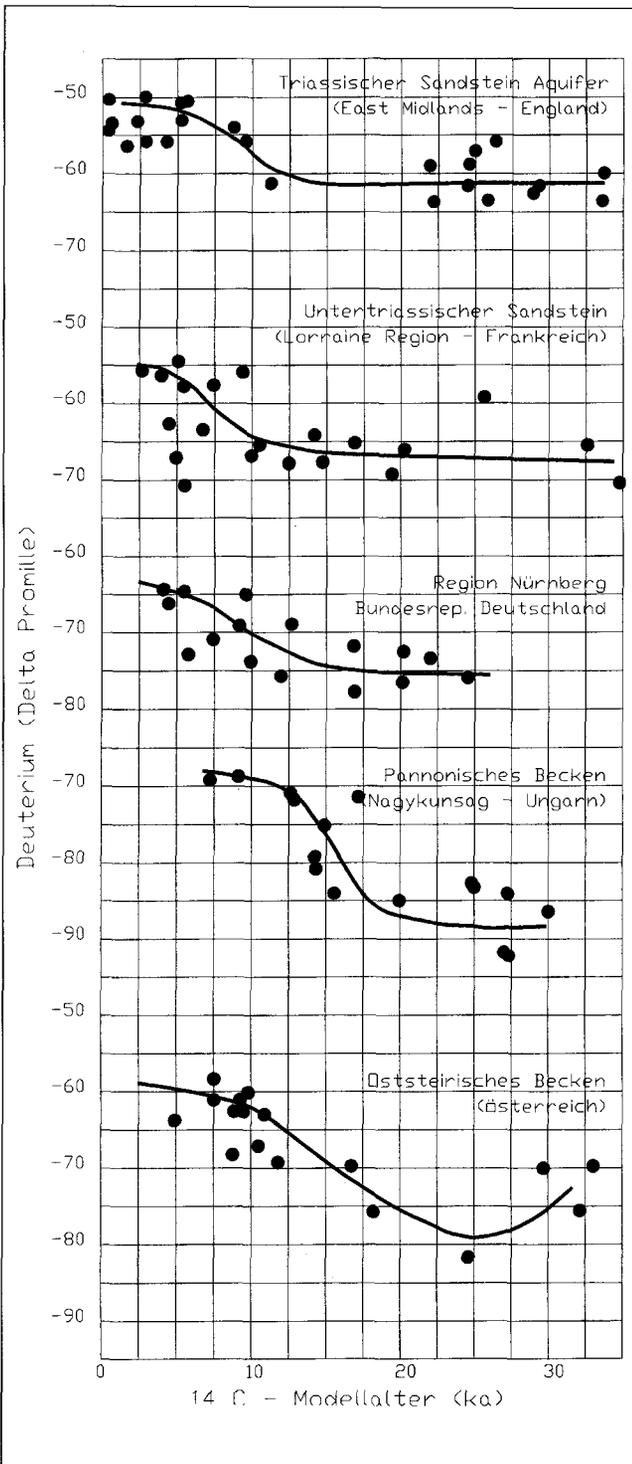


Abb. 1  
Gegenüberstellung der Deuteriumgehalte und der  $^{14}\text{C}$ -Modellalter ausgewählter europäischer Tiefengrundwassersysteme (entnommen aus R. ROZANSKY, 1985; Daten für das Oststeirische Becken ergänzt nach DAVIS et al., 1968 und ANDREWS et al., 1984).

grundwässern bei Vorliegen einer ausreichenden Datenmenge für relative Altersaussagen herangezogen werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Untersuchung trinkwasserführender artesischer Horizonte im steiermärkisch-burgenländischen Grenzraum (Bezirke Fürstenfeld, Jennersdorf und Güssing; GOLDBRUNNER et al., 1994) wurden weitere Isotopendaten von artesischen Wässern gewonnen. Zusammen mit den bereits publizierten Werten liegen nunmehr von über 70 Wässern Meßdaten vor. Wiederholungsmessungen,

die eine Zeitspanne von 25 Jahren abdecken, zeigen durchwegs nur Abweichungen im Rahmen der Meßgenauigkeit. Dies ist einerseits ein Beweis der geringen Bewegungen und der guten vertikalen Durchmischung in den Aquiferen, zeigt andererseits aber auch den hohen Standard der Meßtechnik.

Die Deuterium- und  $^{18}\text{O}$ -Daten der genannten Untersuchung wurden in Abb. 2 einander gegenübergestellt. Sie orientieren sich an der sogenannten „Globalen meteorischen Linie“, welche durch die Gleichung  $\delta\text{D} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$  (DANS-GAARD, 1964) definiert ist. Austauschreaktionen mit dem Aquifergestein bzw. mit juvenilem Kohlendioxid spielen für diese Wässer keine Rolle.

Da jahreszeitliche Schwankungen im Isotopengehalt aufgrund der erwähnten Wiederholungsmessungen auszuschließen sind und auch die topographischen Unterschiede zwischen den einzelnen Einzugsgebieten im Untersuchungsgebiet nicht signifikant sind, können die Isotopenwerte in Bezug auf den temperaturabhängigen Zeiteffekt interpretiert werden.

Die Spanne, die durch den schwersten und den leichtesten Wert umfaßt wird, beträgt beim Deuterium ca. 28 ‰. ZÖTL, 1971 schließt aus der Dauerbeobachtung von Quellen des Steirischen Randgebirges in unterschiedlicher topographischer Position auf eine rezente Abnahme des Deuteriumgehaltes von 2-3 ‰ pro  $1^\circ\text{C}$ . Zieht man den Mittelwert von 2,5 ‰ heran, so resultiert daraus für die beobachtete Deuteriumspanne ein Unterschied von ca.  $11^\circ\text{C}$  in den Infiltrationstemperaturen.

Nach FRENZEL, 1967 trat an der Grenze Pleistozän/Holozän eine Erwärmung um ca.  $4\text{-}5^\circ\text{C}$  (mittlere Jahrestemperatur) auf. Ein weiterer deutlicher Temperatursprung mit einer Temperaturdifferenz von bis zu  $12^\circ\text{C}$  gegenüber heute ergibt sich im Zeitraum zwischen 18.000-22.000 Jahren v.h., im sogenannten „Hochglazial B“ (FRENZEL, 1967). Da die Temperaturunterschiede zum Holozän in diesem Zeitraum am deutlichsten ausgeprägt sind, werden die am stärksten abgereicherten Wässer, d.h. jene mit Deuteriumgehalten  $< -80$  ‰ (Gruppe III in Abb. 2) mit aller Wahrscheinlichkeit dem Hochglazial zuzuordnen sein, woraus Grundwasseralter von über 18.000 Jahren resultieren.

Aufgrund der vorhandenen  $^{14}\text{C}$ -Altersdatierungen sind Wässer mit einem Deuterium-Gehalt von  $> -70$  ‰ dem Holozän zuzuordnen (Gruppe I). Sie unterscheiden sich bezüglich ihrer Neubildungsbedingungen nicht signifikant von den rezenten, seichtliegenden Grundwässern. Ihre Verweildauer beträgt daher weniger als 10.000 Jahre. Die Zwischengruppe (Gruppe II) mit Deuteriumgehalten zwischen  $-70$  bis  $-80$  ‰ wird der Periode 18.000-10.000 Jahre zugeordnet, welche nach FRENZEL, 1967 durch Erniedrigungen der mittleren Jahrestemperatur von  $3\text{-}6^\circ\text{C}$ , entsprechend einer Abreicherung des Deuterium von 7,5 bis max. 15 ‰, gekennzeichnet sind.

Wässer der Gruppe I mit einer Verweildauer von unter 10.000 Jahren werden durch Brunnen mit Tiefen von weniger als 92 m gefördert. In Abb. 3 wurde die Entfernung der Brunnen von den Ausbissen der jeweiligen Grundwasserleiter, d.h. ihr Abstand von den Einzugsgebieten, den Deuteriumgehalten gegenübergestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß diese Wässer eine Entfernung von weniger als 5 km vom Einzugsgebiet haben. Aus dem Grenzwert von  $-70$  ‰ resultiert ein Maximalalter von 10.000 Jahren. Die aus diesen Eckdaten berechnete Abstandsgeschwindigkeit beträgt  $0,5$  m/a (Minimalwert), woraus sich bei einer angenommenen nutzbaren Porosität von 2% eine Gebietsdurchlässigkeit von  $2 \cdot 10^{-7}$  m/s rückrechnen läßt. Dieser Wert spricht für örtlich schluffig-tonig dominierte Sande und Kiese.

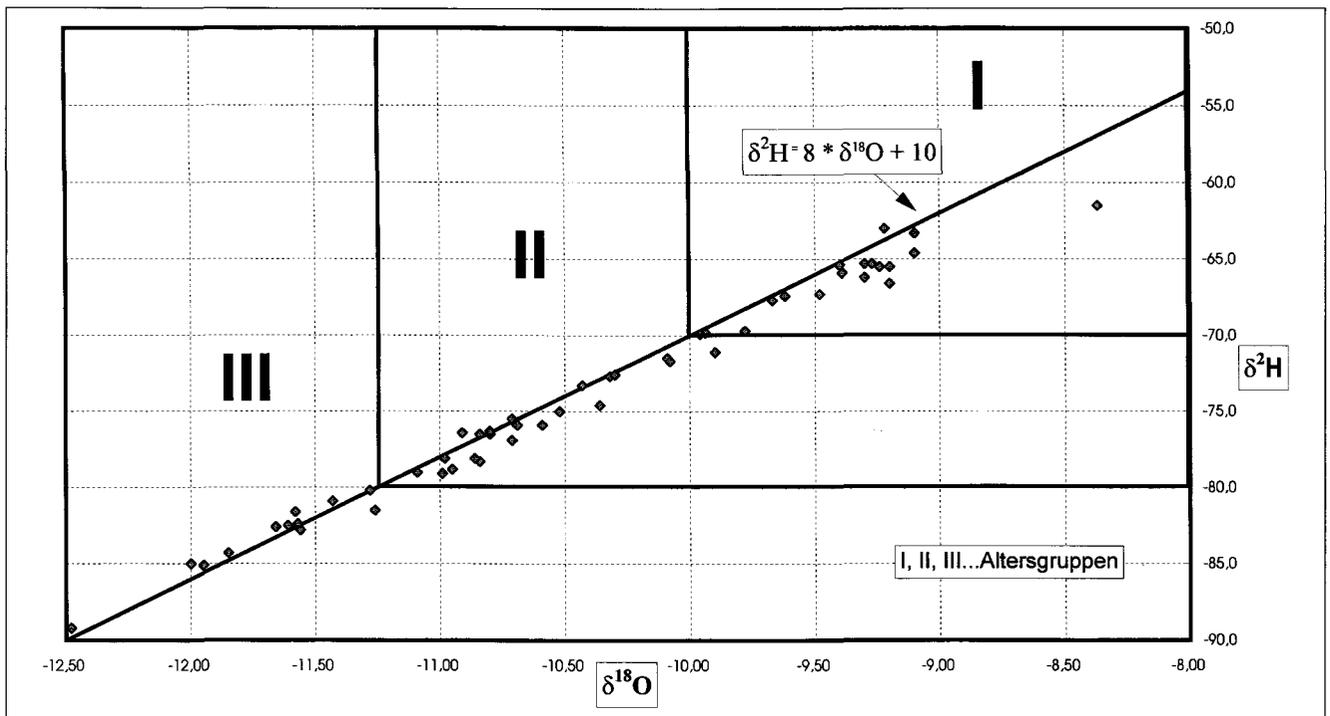


Abb. 2  
 $\delta^{18}\text{O}$ - $^2\text{H}$ -Verhältnis artesischer Wässer des zentralen Fürstenfelder Beckens (steirisch-burgenländischen Grenzgebiet).

Gruppe II umfaßt Wässer mit Deuterium-Gehalten zwischen -70 und -80 ‰, d.h. mit einer Verweildauer von 10.000 bis max. 18.000 Jahren. Von den Entnahmetiefen her ergibt sich für diese Gruppe die weiteste Streuung zwischen knapp über 15 m und 244 m. Nach ihrer Position kann es sich auch um Mischwässer zwischen älteren, stärker an Deuterium abgereicherten Wässern und rezenten Wässern handeln. Die Darstellung der Entfernung der Wässer von den jeweiligen Ausbiffen in Abb. 3 läßt jedoch einen eindeutigen Trend erkennen.

Die Wässer in den regional entwickelten Aquifersystemen des Sarmat haben Entfernungen von den Einzugsgebieten von bis zu 19 km. Daraus resultiert unter Heranziehung eines max. Alters von 18.000 Jahren eine Abstandsgeschwindigkeit von ca. 1,06 m/a. Eine Berechnung des  $k_1$ -Wertes nach der Vorgangsweise wie bei der Gruppe I ergibt  $3 \cdot 10^{-7}$  m/s.

Wässer mit Deuterium-Gehalten von  $< -80$  ‰ stammen aus Brunnen mit Tiefen zwischen 46 und 168 m (Gruppe III), wobei die überwiegende Zahl der Brunnen eine Tiefe von un-

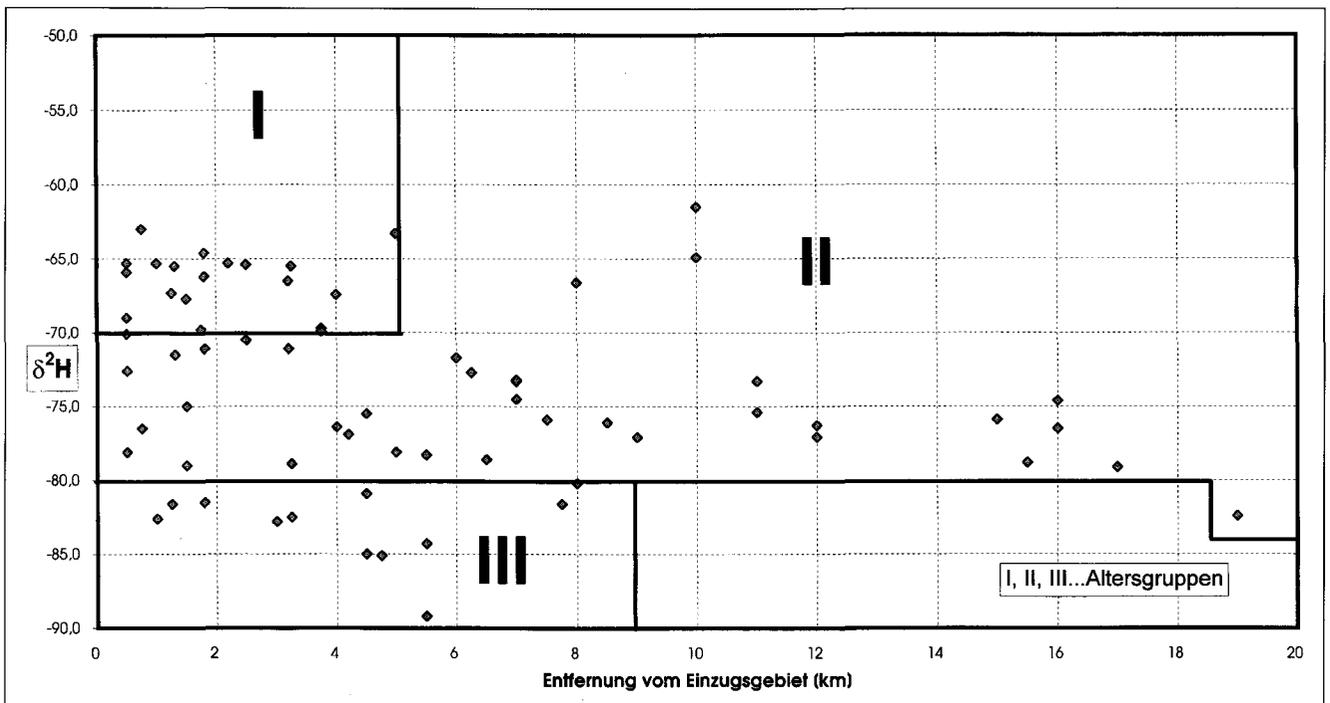


Abb. 3  
Zusammenhang  $\delta^2\text{H}$ /Entfernung vom Einzugsgebiet von artesischen Wässern des zentralen Fürstenfelder Beckens.

ter 100 m aufweist. Die Brunnen konzentrieren sich auf den steirisch-burgenländischen Grenzraum an der Lafnitz und der Rittschein. Ein in der Gemeinde Königsdorf gelegener, nur 82 m tiefer Brunnen, führt mit einem Deuterium-Wert von  $-89,2 \delta\%$  das am deutlichsten abgereicherte Wasser des gesamten Steirischen Beckens. Die Aquifere liegen in Schichten des Unterpannon C (Steiermark) bzw. des Pont (Burgenland).

Der Gegenüberstellung der Entfernung der Brunnen der Gruppe III zu den Einzugsgebieten (Abb. 3) ist zu entnehmen, daß die Wässer, die aufgrund ihrer temperaturbedingten Abreicherung des Deuteriumgehaltes als die ältesten des Untersuchungsgebietes eingestuft werden, nur eine Entfernung von den Einzugsgebieten von maximal 8,5 km aufweisen. Erklärbar ist diese deutlich geringere Entfernung vom Einzugsgebiet gegenüber den Wässern der Gruppe II (hauptsächlich Aquifere des Obersarmat) durch die Existenz einer Tiefgrundwasser-Entlastungszone im Raum östlich und südlich von Fürstenfeld. Die geologischen Voraussetzungen für den mit der Entlastungszone verbundenen Aufstieg älterer Wässer in höhere Horizonte sind durch die bereits beschriebene Reduktion der Transmissivität durch Abnahme der produktiven Mächtigkeit und der Durchlässigkeit in den unterpannonen grobklastischen Schüttungen gegeben. Die Vorflutfunktion der Flüsse Lafnitz und Rittschein ist die wesentliche hydraulische Bedingung. Direkte Hinweise darauf sind die flußnah ausgebildeten Vernässungszonen und der durch Flußregulierungsarbeiten nachgewiesene Zusammenhang zwischen dem Flußwasserspiegel und dem Druckspiegel der artesischen Systeme. Diese Erscheinung ist für Discharge-Zonen charakteristisch.

## 2.2 Tiefere Horizonte

In Abb. 4 wurden die Deuterium- und  $^{18}\text{O}$ -Werte bzw. die Deuterium- und Chloridgehalte (als Ausdruck der Salinität) von Wässern aus tieferen, thermalwasserführenden Aquiferen des Steirischen Beckens und der Landseer Bucht einander gegenübergestellt. Bei der Gruppe mit Chloridgehalten unter 380 mg/l liegen alle Wässer mit Ausnahme jenes der Tiefbohrung Radkersburg 2 (Triasaquifer), dessen Abreicherung an  $^{18}\text{O}$  auf den Austausch mit juvenilem  $\text{CO}_2$  zurückzuführen ist, auf der globalen meteorischen Linie. Für diese Wässer ist somit eine Herkunft aus atmosphärischen Niederschlägen erwiesen.

Der Unterschied im Deuteriumgehalt zwischen dem isotopisch schwersten Wasser dieser Gruppe (Stegersbach Thermal 1, Sarmat mit  $-66,7 \delta\%$ ) und dem leichtesten Wasser aus der Bohrung Lutzmannsburg Thermal 1 (Landseer Bucht südöstlich von Oberpullendorf nahe der ungarischen Grenze mit  $-87,1 \delta\%$ ) beträgt  $20,4 \delta\%$ . Legt man den bereits bei den trinkwasserführenden Horizonten angewandten Deuteriumgradienten von  $2,5 \delta\%$  pro  $1^\circ\text{C}$  zugrunde, so resultiert daraus eine Spanne in den Neubildungstemperaturen von über  $8^\circ\text{C}$ . Zu dieser Gruppe meteorisch dominierter Wässer gehören auch die Wässer von Bad Waltersdorf (Waltersdorf 1 u. 2), die aus dem paläozoischen Beckenuntergrund stammen.

Die abseits der meteorischen Gerade liegenden Wässer unterscheiden sich in ihren Chloridgehalten deutlich von den als meteorisch eingestuften Wässern. Durch ihre Lage im Chlorid –  $^{18}\text{O}$ -Diagramm deutet sich für die Wässer von Loipersdorf (7), Blumau 1a (6), Stegersbach Sandschalerzone (5) und Radkersburg Sandschalerzone (14) eine Mischung zwischen meteorischen Wässern und Formationswässern an; diese Mischungslinie kommt auch im Deuterium –  $^{18}\text{O}$ -Diagramm zum

Ausdruck (die Abweichung des Wassers Radkersburg Sandschalerzone ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Verdunstungseffekte aufgrund der langen Aufbewahrungszeit der Probe zurückzuführen). Durch den über der Meerwasserkonzentration liegenden Chloridgehalt, welcher eine Genese unter Beteiligung hochkonzentrierter Formationswässer anzeigt, unterscheidet sich das Wasser von Fürstenfeld Thermal 1 deutlich von dieser Gruppe.

Aus den Isotopenuntersuchungen ist der Schluß zu ziehen, daß in den tieferen Bereichen des Fürstenfelder Beckens (Blumau, Fürstenfeld, Stegersbach) Wässer erschlossen wurden, die Mischwässer zwischen Formationswässern und regenerativen Wässern darstellen und daher möglicherweise aus limitierten Aquiferen stammen.

## 3. Oberösterreichisches Molassebecken

### 3.1 Trinkwasserführende Horizonte

Im Zeitraum 1980 bis 1987 wurde eine vollständige Aufnahme der artesischen Brunnen des Oberösterreichischen Molassebeckens vorgenommen. Dabei wurden über 1.000 Brunnen aufgenommen, die zum Großteil für die Trinkwasserversorgung herangezogen werden. Von ausgewählten Brunnen wurden im Rahmen internationaler Forschungskooperationen (Institut für Hydrologie der GSF München, Universität Bath und Reading, British Geological Survey, Großbritannien) Isotopenuntersuchungen durchgeführt (ANDREWS et al., 1985).

Abb. 5 zeigt das Verhältnis der stabilen Isotope Deuterium und  $^{18}\text{O}$  gespannter und artesisch gespannter Grund- und Tiefgrundwässer der Innviertler Serie des Otttnang. In dieser lithostratigraphischen Einheit liegen die wichtigsten trinkwasserführenden Tiefgrundwasserleiter. Die Brunnentiefen bewegen sich zwischen wenigen Zehnermetern und 450 m. Als Vergleich wurden auch Meßwerte von ungespannten, seichtliegenden Grundwässern (Mittelwert  $-75,5 \delta\%$  für Deuterium bzw.  $-10,5 \delta\%$  für  $^{18}\text{O}$ ) aus dem Raum Braunau und Geinberg im Diagramm dargestellt. Diese Werte werden als repräsentativ für die unter rezenten Klimaverhältnissen gebildeten Grundwässer mit einem Einzugsgebiet mit einer Seehöhe zwischen 300 und 600 m angesehen.

Die Maximal- und Minimalwerte der Wässer aus der Innviertler Serie liegen für Deuterium zwischen  $-92,3 \delta\%$  und  $-69,4 \delta\%$ , für  $^{18}\text{O}$  zwischen  $-12,63 \delta\%$  und  $-9,57 \delta\%$ . Die Werte orientieren sich unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit an der globalen meteorischen Linie,  $\delta\text{D} = 8 \text{ \AA } ^{18}\text{O} + 10$  (DANSGAARD, 1964).

Die Tiefgrundwässer der Innviertler Serie wurden aufgrund des Grades ihrer hydrogeochemischen Evolution in 3 Gruppen eingeteilt, wobei ihre temperaturabhängigen Deuterium- und  $^{18}\text{O}$ -Gehalte als zusätzliches Differenzierungskriterium herangezogen werden konnten (GOLDBRUNNER, 1988).

Die Wässer der Gruppe 1 wurden unter ähnlichen klimatischen Bedingungen neugebildet wie die seichtliegenden Grundwässer des Raumes Geinberg-Braunau. Teilweise meßbare Tritiumgehalte zeigen ein Grundwasseralter von unter 50 Jahren an. Die kurze Verweildauer kommt auch in der geringen hydrogeochemischen Evolution zum Ausdruck.

Die hydrochemische Gruppe 2 zeigt sowohl nach den Isotopenwerten als auch nach den chemischen Parametern den Charakter einer Übergangsguppe auf. Dies zeigt sich in der starken Streuung der Isotopengehalte. Diese Differenzierung entspricht zum Teil der regionalen Position der Wässer (Einzugsgebietsnähe – Einzugsgebietsferne), zum Teil handelt es

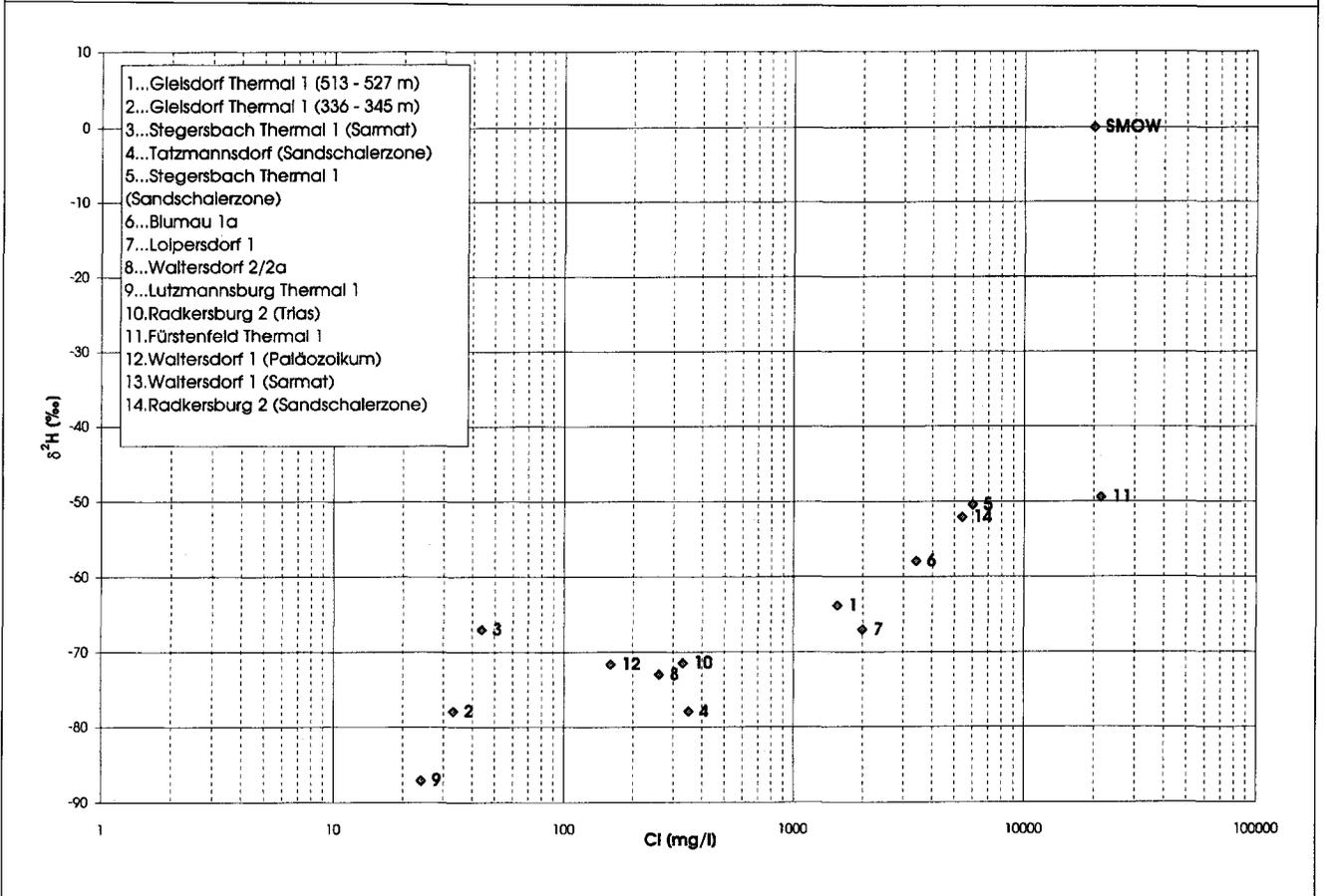
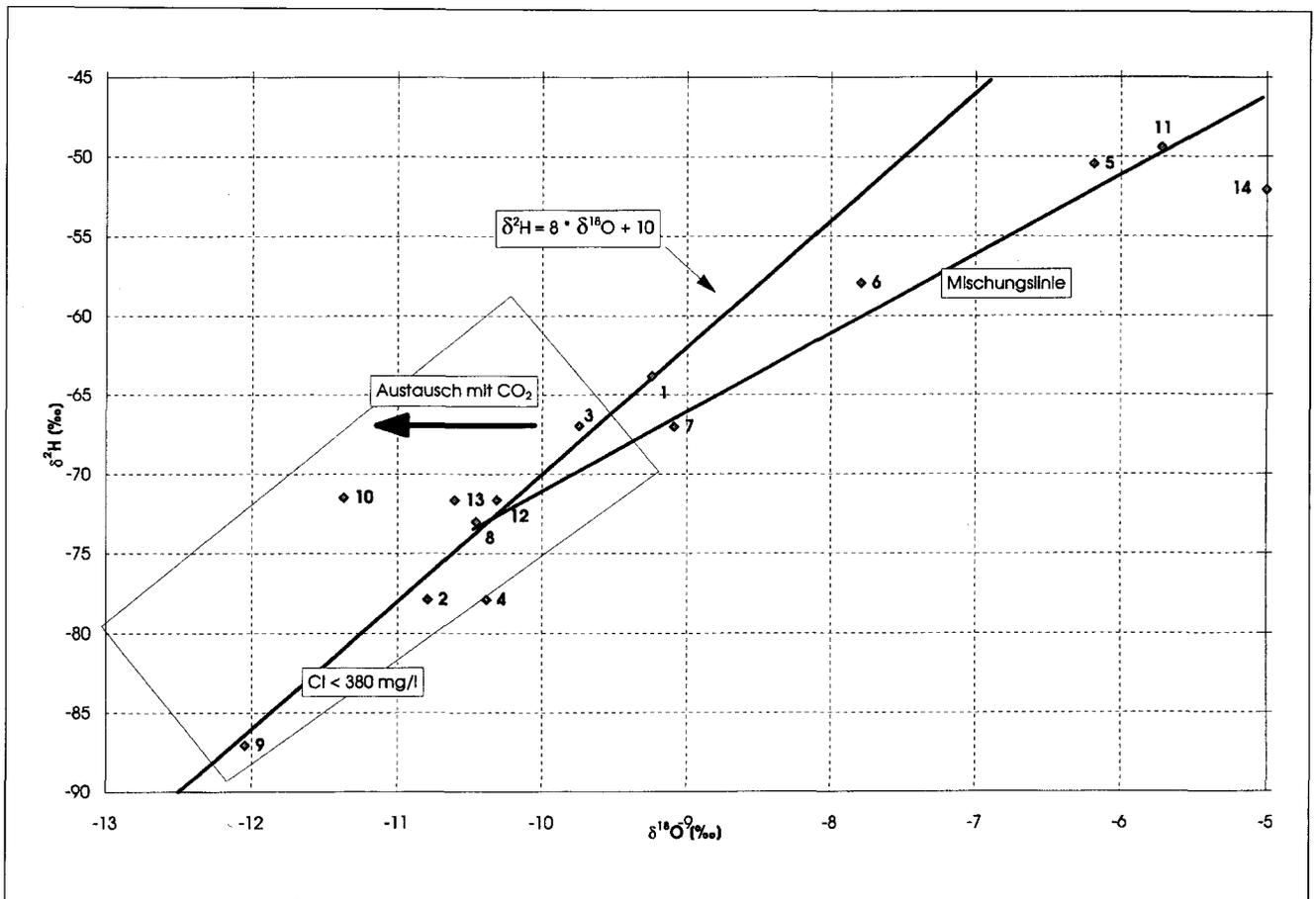


Abb. 4  
Gegenüberstellung des  $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ -Gehaltes und des  $\delta^2\text{H}/\text{Chlorid}$ -Gehaltes von Thermal- und Mineralwässern des Steirischen Beckens.

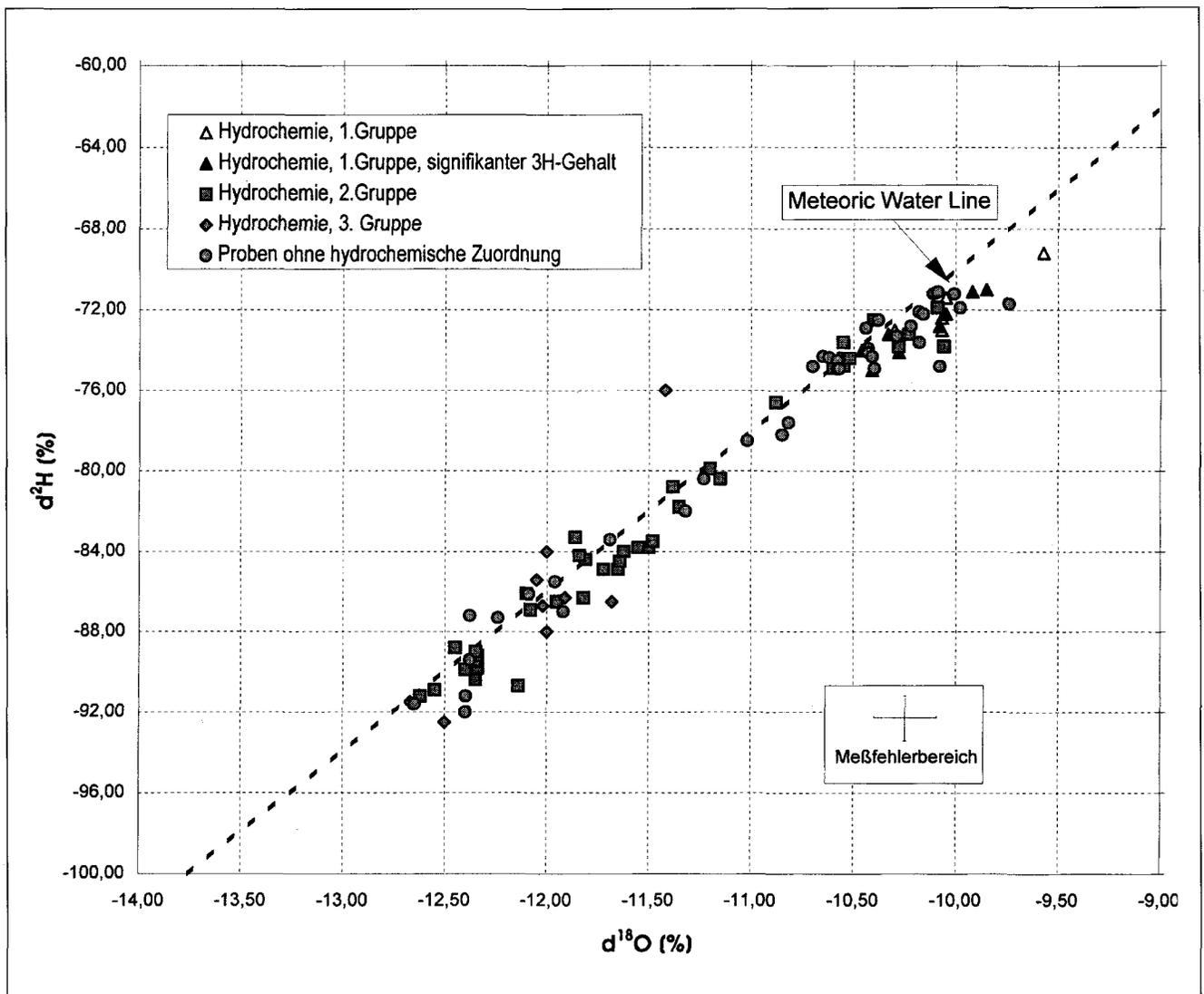


Abb. 5

Das Verhältnis der stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18 artesischer Wässer der Innviertler Serie (Oberösterreichisches Molassebecken, GOLDBRUNNER, 1988).

sich um die Mischung tieferliegender Wässer mit jenen lokaler Systeme.

Die niedrigsten Gehalte an Deuterium ( $< -84 \delta\text{‰}$ ) weisen die einzugsgebietsfernsten Wässer des Raumes Braunau auf. Sie gehören alle der hydrochemisch höchst entwickelten Gruppe 3 an.

Für die Wässer der Gruppe 2 und 3 wurden Edelgas-Infiltrationstemperaturen zwischen 4 und 6°C ermittelt (ANDREWS et al., 1985). Diese Werte entsprechen jenen unter periglazialen Bedingungen neugebildeten Tiefengrundwässern aus dem Steirischen Becken (ANDREWS et al., 1984). Daraus wurde geschlossen, daß die pleistozänen Wässer der Innviertler Serie aus Niederschlägen neugebildet wurden. Für ein aus dem Untertage-Kohlebergbau Gumpling-Trimmelkam in der Oberen Süßwassermolasse stammendes Wasser mit deutlicher Abreicherung im  $^{18}O$ -Wert von 1  $\delta\text{‰}$  wurde jedoch eine mögliche Herkunft aus Gletscherschmelzwässern diskutiert (GOLDBRUNNER, 1988).

Altersberechnungen aufgrund der  $^4\text{Helium}$ -Gehalte unter Berücksichtigung der Helium-Produktionsrate des kristallinen Basements ergaben für die einzugsgebietsfernsten Wässer im Bereich des Inn Maximalalter von ca. 74.000 Jahren (ANDREWS et al., 1985).

### 3.2 Tiefere Horizonte

Abb. 6 zeigt die Gehalte an den stabilen Isotopen Deuterium und  $^{18}O$  von Tiefengrundwässern und Formationswässern aus tieferen Einheiten des Oberösterreichischen Molassebeckens. Die isotopisch schwersten Wässer stammen aus der formationswasserführenden Puchkirchener Serie; bei diesen Wässern sind die  $^{18}O$ -Werte gegenüber dem SMOW angereichert.

Wässer rein meteorischer Genese werden im Diagramm durch die bereits diskutierten gering mineralisierten Tiefengrundwässer der Innviertler Serie repräsentiert. Alle übrigen untersuchten Wässer des Oberösterreichischen Molassebeckens liegen auf einer Mischungslinie zwischen den Wässern der Puchkirchener Serie und der Innviertler Serie. Der Schnittpunkt der Mischungslinie mit der meteorischen Linie deutet eine Zusammensetzung des Regenerationswassers an, die zwischen jener für rezente und pleistozäne Wässer der Innviertler Serie liegt. Aufgrund der ausgebildeten Mischungslinie wurde von ANDREWS et al., 1985 geschlossen, daß in den einzelnen Aquiferen die konnaten, im Zuge der Sedimentation eingeschlossenen Wässer durch meteorische Wässer in unterschiedlicher Größenordnung ersetzt wurden.

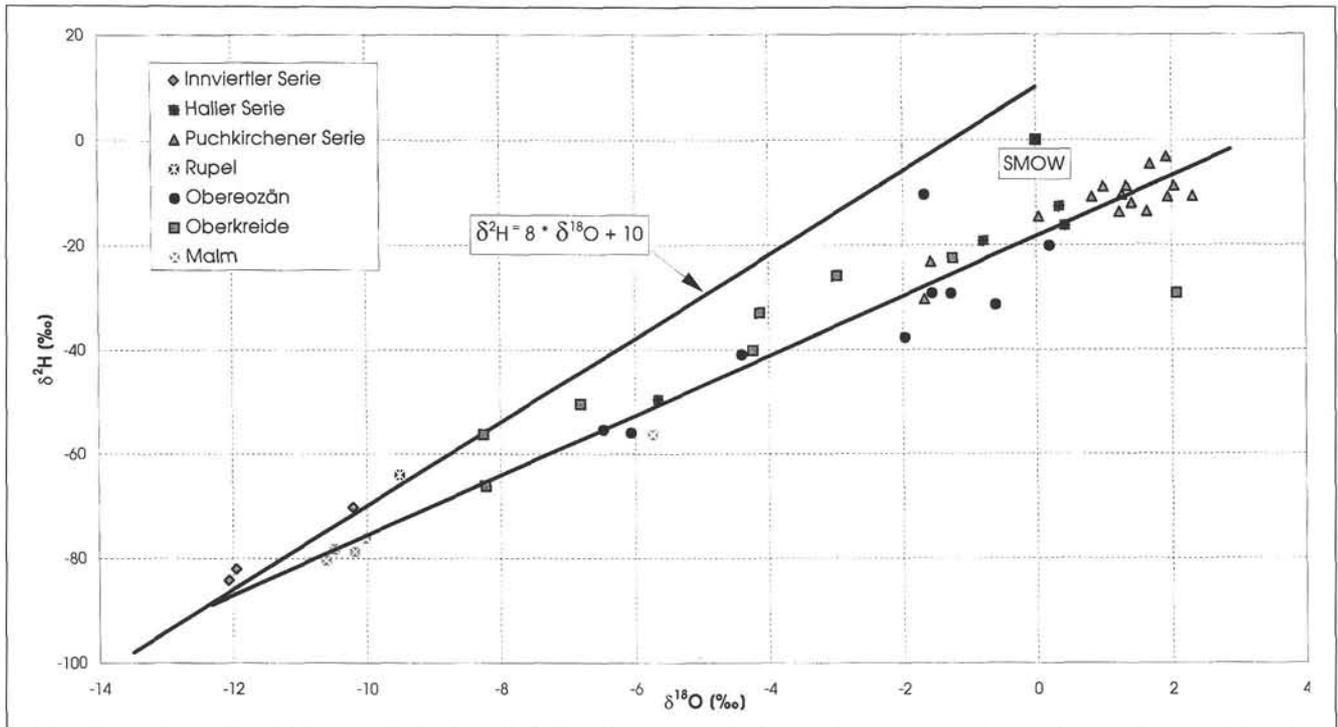


Abb. 6

Das Verhältnis der stabilen Isotope Deuterium und Sauerstoff-18 von Tiefengrundwässern und Formationswässern des Oberösterreichischen Molassebeckens.

Die Wässer aus dem karbonatischen Malm des Oberösterreichischen (und Niederbayerischen) Molassebeckens sind – obwohl sie in tieferer Position als die Formationswässer der tertiären Beckenfüllung vorkommen – zum Großteil meteorischer Genese. Ihre isotopische und hydrochemische Zusammensetzung weist auf eine geringfügige Zumischung von marinen Formationswässern hin. Deuterium- und  $^{18}\text{O}$ -Austauschprozesse sind in diesen Wässern trotz der Temperaturen von bis über  $100^\circ\text{C}$  nicht nachweisbar. Dies beweist, daß die Wässer aus den geklüfteten und örtlich verkarsteten Malmkarbonaten eine gegenüber den Wässern des tertiären Hangenden geringere Verweildauer aufweisen und Verbindung zu einem obertägigen Neubildungsgebiet haben.

#### 4. Vergleich der beiden Becken

Die beiden Becken weisen, obwohl sie sich hinsichtlich Stratigraphie, Absenkungsgeschichte und Strukturen unterscheiden, hydrogeologische Gemeinsamkeiten auf. Die hangenden hydraulischen Stockwerke in der tertiären Beckenfüllung beider Becken führen gering mineralisierte Tiefengrundwässer mit Trinkwassereigenschaften. Der Tiefgang der meteorischen Zirkulation ist im Oberösterreichischen Molassebecken durch Trinkwasserbrunnen mit Tiefen von 500 m im Raum Ried/Innkreis direkt nachgewiesen, im Steirischen Becken dürfte sie nur örtlich, wie z. B. im Zentrum des Fürstenfelder Beckens, solche Tiefen erreichen. Im allgemeinen ist im Steirischen Becken die Liegendgrenze des Vorkommens trinkwasserführender Horizonte bedeutend seichter, in einzelnen Bereichen, wie im Raabtal bei Gleisdorf sogar bei nur ca. 200 m.

Ein wesentliches Unterscheidungskriterium bildet das Auftreten einer juvenilen  $\text{CO}_2$ -Fazies im Verbreitungsgebiet des jungtertiären Vulkanismus' im Steirischen Becken, welche durch die Dissoziation der Kohlensäure und die verstärkte

Lösungsmöglichkeit zur Entstehung von höher mineralisierten Calcium-Bicarbonat bis Natrium-Bicarbonat-Wassertypen führt.

In beiden Becken wurde bei den stabilen Isotopen Deuterium und  $^{18}\text{O}$  eine Reihe von rezenten bis pleistozän abgereicherten Wässern entsprechend ihrer hydraulischen Position und ihrer Zugehörigkeit zu Zirkulationssystemen verschiedener Hierarchie gefunden. Die stärkere Abreicherung der Tiefengrundwässer des Oberösterreichischen Molassebeckens resultiert einerseits aus der Dominanz der atlantischen NW-Wetterlagen im oberösterreichischen Alpenvorland gegenüber der teilweise signifikanten Beteiligung von mediterranen Niederschlägen bei der Grundwasserneubildung im Steirischen Becken. Der Einfluß von Gletscherschmelzwässern bei der Regeneration der Tiefengrundwassersysteme kann für einzelne Bereiche des Oberösterreichischen Molassebeckens nicht ausgeschlossen werden, während die Tiefengrundwasser-Einzugsgebiete im Steirischen Becken im Pleistozän zur Gänze periglazialen Bedingungen unterworfen waren.

Unterhalb des trinkwasserführenden Stockwerkes treten vor allem in den tertiären Horizonten beider Becken Mischwässer zwischen Formationswässern und meteorischen Wässern in Erscheinung. Die sich im Deuterium –  $^{18}\text{O}$ -Diagramm abzeichnenden Mischungsgeraden weisen eine ähnliche Steigung auf. Im Steirischen Becken ist es noch nicht gelungen, die isotopisch schweren Endglieder, d.h. meteorisch unbeeinflusste Formationswässer zu finden. Derzeit noch ungeklärt ist das Phänomen, daß die auf der Mischungslinie liegenden Formationswässer des Steirischen Beckens eine bedeutend höhere Salinität haben als die gegenüber dem SMOW angereicherten Formationswässer der Oberösterreichischen Molasse (Obere und Untere Puchkirchener Serie), deren Konzentrationsmaximum nur bei 30 g/l liegt.

Im Liegenden des hochmineralisierten hydraulischen Stockwerkes treten im karbonatischen Beckenuntergrund beider Becken überwiegend meteorische,  $\text{Na-Cl-HCO}_3$  – bis  $\text{Na-}$

HCO<sub>3</sub>-Cl – Wassertypen mit Mineralisierungen zwischen 1 und 2 g/l auf. Die chemischen und isotope-hydrologischen Übereinstimmungen deuten auf eine ähnliche Genese mit einer dominierenden Regeneration von den Beckenrändern hin.

## Literatur

- ANDREWS, J. N., W. BALDERER, A. H. BATH, H. B. CLAUSEN, G. V. EVANS, T. FLORKOWSKI, J. E. GOLDBRUNNER, M. IVANOVICH, H. H. LOOSLI & H. ZOJER: *Environmental Isotope Studies in two Aquifer Systems. A Comparison of Groundwater Dating Methods.*-Isotope Hydrology 1983, IAEA-SM-270/93, 535-575, Wien 1984.
- ANDREWS, J. N., J. E. GOLDBRUNNER, W. G. DARLING, P. J. HOOKER, G. B. WILSON, M. J. YOUNGMAN, L. EICHINGER, W. RAUERT & W. STICHLER: A radiochemical, hydrochemical and dissolved gas study of groundwater in the Molasse Basin of Upper Austria. – *Earth and Planet.Sc.Lett.*, 73, 317-332, Amsterdam 1985.
- DANSGAARD W.: *Stabile isotopes in precipitation.*- *Tellus*, 16, 436 -468, Stockholm 1964.
- DAVIS, G. H., G. L. MEYER & C. K. YEN: *Isotope Hydrology of the Artesian Aquifers of the Styrian Basin, Austria.* – *Steir.Beitr.z.Hydrogeologie*, 1968, 20, 51-62, Graz 1968.
- FRENZEL, B.: *Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters.* – 296 S., Braunschweig (Vieweg) 1967.
- GOLDBRUNNER, J. E.: *Tiefengrundwässer im Oberösterreichischen Molassebecken und im Steirischen Becken.*- *Steir.Beitr.z.Hydrogeologie*, 1988, 39, 5-94, Graz 1988.
- GOLDBRUNNER, J. E., M. EISNER & CH. KRIEGL: *Untersuchung artesischer Wässer beiderseits der burgenländisch-steirischen Landesgrenze. Endbericht.* – Unveröff.Ber., 92 S., Abb., Tab., Beil., Graz, 1994.
- KOLLMANN, K.: *Jungtertiär im Steirischen Becken.* – *Mitt.Geol.Ges. Wien*, 57(1964), 479 - 632, Wien 1965.
- MOSER, H., W. STICHLER & J. ZÖTL: *Altersgliederung von tiefliegenden artesischen Wässern.* – *Die Naturwissenschaften*, 1972, 59 (3), 122-123, 1972.
- ROZANSKI, K.: *Deuterium and Oxygen-18 in European Groundwaters - Links to Atmospheric Circulation in the Past.*-*Chem.Geol. (Isot. Geosc.Sect.)*, 1985, 52, 349-363, 1985.
- SKALA, W.: *Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger-Karnerberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken).* – *Mitt.Geol.Ges.Wien*, 1967, 60, 69-95, Wien 1967.
- TÓTH, J.: *A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins.* – *J. Geophys. Res.*, 68 (16), 4795 - 4812, 1963.
- ZETINIGG, H. & H. ZOJER: *Gespannte Grundwässer der pannonen Schichtfolge im unteren Feistritz- und Safental.* – *Ber.Wasserw. Rahmenplanung*, 1987, 68, 181 S, Graz 1987.
- ZOJER, H.: *Untersuchungen artesischer Wässer im zentralen Steirischen Becken.* – *Festschrift Josef G. Zötl*, 159-171, 7 Fig., 2 Tab., Graz 1981.
- ZÖTL, J.: *Isotopenmessungen in der Hydrogeographie als Hilfsmittel zur Untersuchung der Klimaschwankungen in der Spät- und Nacheiszeit.* – *Mitt.naturwiss.Ver.Steiermark*, 1971, 101, 195-202, Graz 1971.

Manuskript eingegangen am: 28. 12. 1994 ●

Revidierte Fassung eingegangen am: 09. 04. 1997 ●

Manuskript akzeptiert am: 02. 05. 1997 ●

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Austrian Journal of Earth Sciences](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [88](#)

Autor(en)/Author(s): Goldbrunner Johann E.

Artikel/Article: [Vergleich von Isotopenuntersuchungen an Tiefengrundwässern des Steirischen Beckens und des Oberösterreichischen Molassebeckens. 31-39](#)