

Isotopengehalte in Tiefengrundwässern aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süddeutschen Molassebecken

Isotope contents of deep groundwater from oil and gas wells located in the South German Molasse basin

W. STICHLER¹⁾

Inhalt

	Seite
1. Einleitung.....	81
2. Geologische Gegebenheiten	82
3. Beprobung.....	82
4. Durchgeführte Messungen	84
5. Schlußbemerkung	86
Zusammenfassung.....	86
Literatur.....	86
Summary.....	87
Dank.....	87

1. Einleitung

Im Rahmen des Forschungsvorhaben „Hydrogeothermische Energiebilanz und Grundwasserhaushalt des Malmkarstes im süddeutschen Molassebecken“ wurden zur Erkundung der Tiefengrundwasserzirkulationssysteme vor allem Isotopenuntersuchungen in Kombination mit hydrochemischen Untersuchungen an Tiefengrundwässern vorgenommen (J. WERNER, 1987, W. STICHLER et al., 1987). Gewöhnlich existiert nur eine geringe Anzahl von Tiefbohrungen, aus denen Wasserproben für solche Untersuchungen entnommen werden können. Aus diesem Grund war man angewiesen, auch Wasserproben aus Erdöl- und Erdgasbohrungen heranzuziehen. Im folgenden sind die Ergebnisse von hydrochemischen und isopenhydrologischen Untersuchungen an Tiefengrundwässern aus dem Liegenden und Hangenden des Oberjura (Malm-Aquifer) im Bereich des süddeutschen Molassebeckens (Baden-Württemberg und Bayern) zusammengestellt.

¹⁾ Dipl.-Phys. W. STICHLER, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für Hydrologie, P.O.1129, D-95756 Oberschleißheim, Deutschland.

2. Geologische Gegebenheiten

Für Erdöl- und Erdgaslagerstätten sind im süddeutschen Molassebecken Schichten des Mesozoikums (vor allem Muschelkalk und Keuper) als mögliche Muttergesteine von Bedeutung. Als Speichergesteine treten neben diesen Schichten im Tertiär auch Sande und Kalke des Eozäns und des oberen Oligozäns (Bausteinschichten, UMM) sowie Sande des oberen Oligozäns und unteren Miozäns (USM und OMM) auf.

In Sedimentationsbecken wie das der süddeutschen Molasse stammt das Porenwasser zum größten Teil aus diagenetischer Verdichtung anderer Schichten. Speziell die hydrochemische Beschaffenheit dieser Tiefengrundwässer wird durch Ionenaustausch, Auflösung und Umsetzung mit Mineralien sowie Ultrafiltration durch tonige Sedimente verändert (W. V. ENGELHARDT, 1973). Deshalb sind die Tiefengrundwässer im Molassebecken normalerweise im engeren Sinne keine connaten Grundwässer mehr. Wie sich diese Wässer entwickelt haben, hing maßgeblich von Druckverteilungen und Druckpotentialen und von den vorherrschenden geologischen und geochemischen Verhältnissen ab.

3. Beprobung

In Fig. 1 ist die geographische Lage der Entnahmestellen dargestellt, wobei es sich bis auf eine Ausnahme (Thermalwasserbohrung Bad Endorf) ausschließlich um Erdöl- bzw. Erdgasbohrungen handelt. Die Gruppierung in Beprobungsstellen östlich und west-

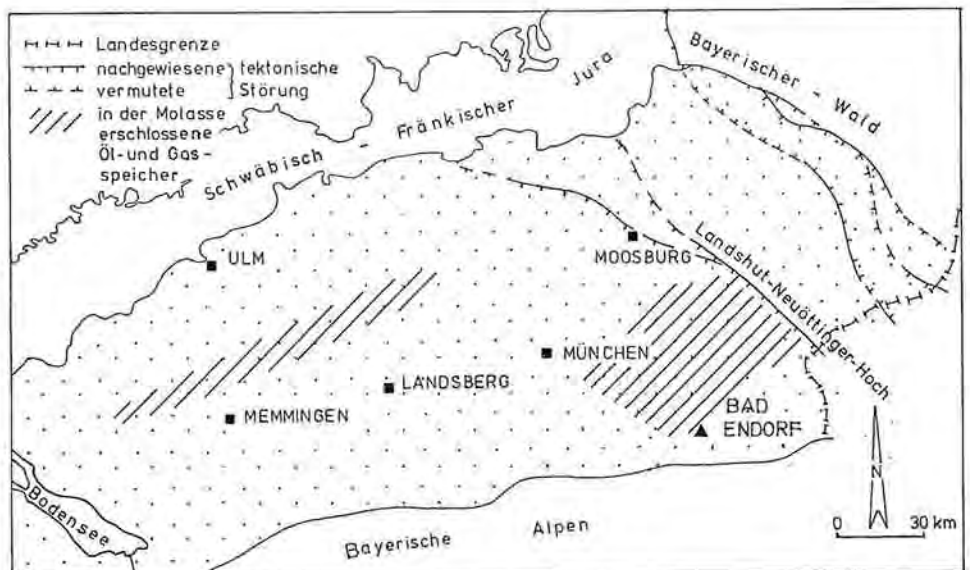


Fig. 1: Lage der untersuchten Tiefengrundwässer aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süddeutschen Molassebecken sowie der Entnahmestelle Bad Endorf.
Location map of the investigated deep groundwater sampled in oil and gas wells of the South German Molasse basin together with the sampling point Bad Endorf.

lich München ist rein geographisch bedingt und besitzt keinen Bezug zu den geologischen Formationen, aus denen die Entnahme stattfand.

Bedingt durch den geologischen Aufbau des süddeutschen Molassebeckens werden nur im westlichen Bereich des Untersuchungsgebietes die liegenden Schichten des Oberjuras erschlossen. Die übrigen Bohrungen im W von München liegen in der Unteren Meeresmolasse (UMM) und der Unteren Süßwassermolasse (USM).

In den tertiären Ablagerungen östlich von München stammen die Tiefengrundwässer, mit Ausnahme von zwei Bohrungen, die die Kreide (Gault-Sandstein) erschließen, nur aus der UMM und USM.

In Fig. 2 sind die Chloridgehalte gegen die Aufschlußtiefe aufgetragen. Eine Beziehung der Chloridgehalte mit der Aufschlußtiefe der Entnahmestellen läßt sich nur bei Wässern aus dem Liegenden des Oberjuras im westlichen Bereich des Molassebeckes erkennen. Dabei handelt es sich um höher mineralisierte Tiefengrundwässer aus dem Lias, Keuper und Muschelkalk. Die Unterschiede im Chloridgehalt bzw. der Gesamtmineralisation sind nicht formationsspezifisch, z. B. sind im Keuper Wässer mit 11 und 35 g Cl/l vertreten. Die Grundwässer aus dem Hangenden des Oberjuras im gesamten Untersuchungsgebiet weisen alle niedrigere Chloridgehalte in Vergleich zum Grundwasser der Bohrung Bad Endorf auf (Fig. 4). Sie sind teilweise gänzlich ausgetüft. In diesen Tiefengrundwässern besteht keine Korrelation mit der Aufschlußtiefe sowie mit den erfaßten Formationen.

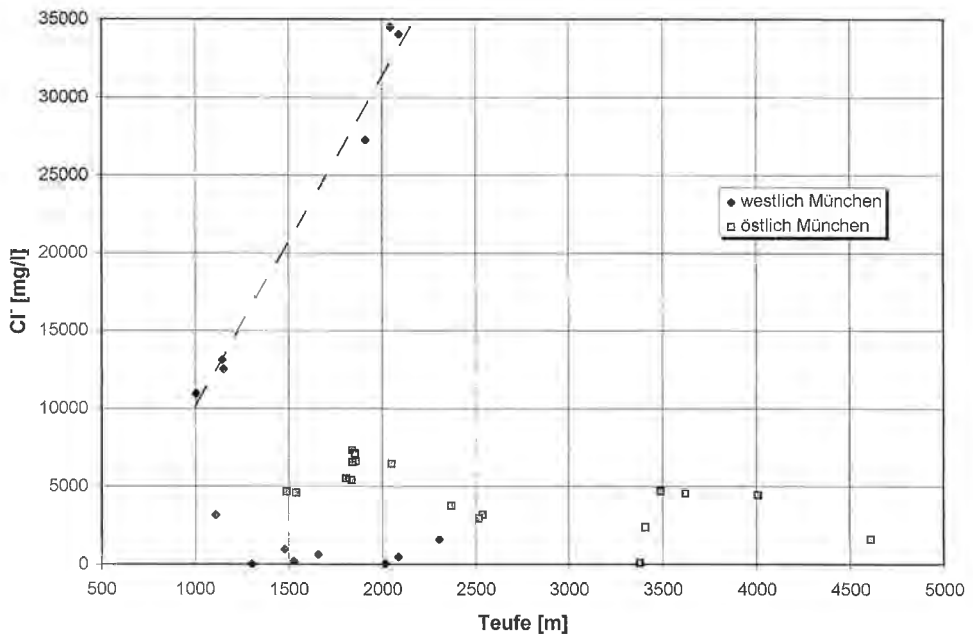


Fig. 2: Die Beziehung zwischen dem Chloridgehalt der untersuchten Tiefengrundwässer und der Aufschlußtiefe der Erdöl- und Erdgasbohrungen. □ - östlich von München; ◆ - westlich von München.

Relation between the chloride content and the exploration depth of the investigated deep groundwater sampled in oil and gas wells of the South German Molasse basin. □ - east of Munich; ◆ - west of Munich.

4. Durchgeführte Messungen

Die Meßergebnisse der stabilen Isotope ^2H und ^{18}O an den Tiefengrundwässern aus den Erdöl- und Erdgasbohrungen sind in Fig. 3 als $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm dargestellt. Die unterschiedlichen Symbole kennzeichnen die geographische Lage der Entnahmestellen. Zusätzlich sind die Isotopenergebnisse der Grundwasserprobe aus der Bohrung Bad Endorf, die in der UMM (Rupel) steht, eingetragen. Die Isotopenwerte dieses Grundwassers stellen aufgrund ihrer Absolutgehalte eine Endkomponente (Punkt F in Fig. 3) dar, die im folgenden als „Formationswasser“ bezeichnet wird. Eine weitere Begren-

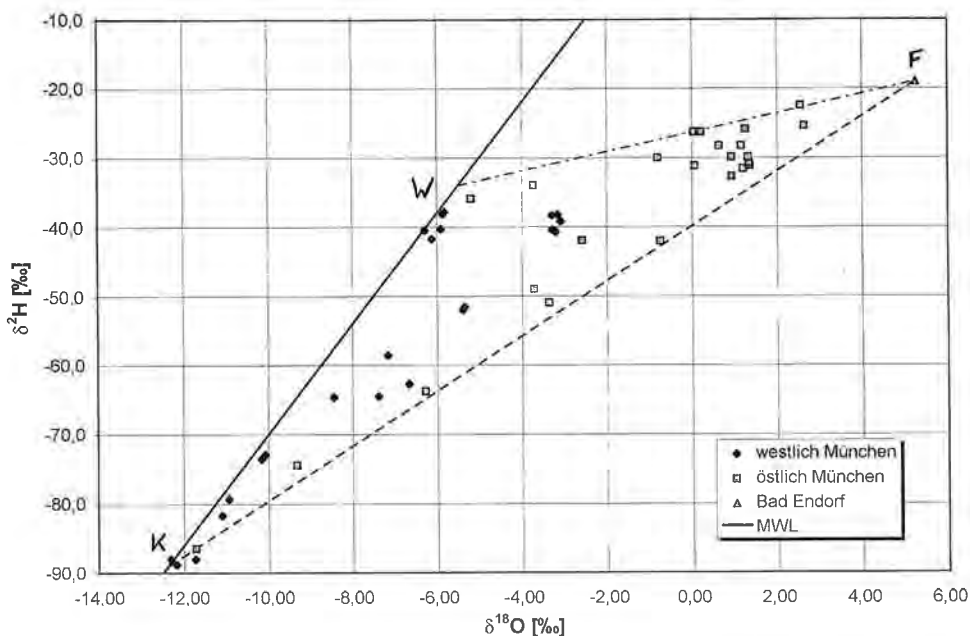


Fig. 3: $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm der untersuchten Tiefengrundwässer aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süddeutschen Molassebecken sowie der Entnahmestelle Bad Endorf. \square – östlich von München; \blacklozenge – westlich von München; \triangle – Grundwasser aus der Bohrung Bad Endorf; MWL – $\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$.

$\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -diagramme of the investigated deep groundwater sampled in oil and gas wells of the South German Molasse basin together with the sampling point Bad Endorf. \square – east of Munich; \blacklozenge – west of Munich; \triangle – groundwater from the well Bad Endorf; MWL – $\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$.

zung der gefundenen Isotopenwerte bildet die sogenannte „Meteoric Water Line“ (MWL). Tiefengrundwässer, deren Isotopengehalte sich entlang dieser Geraden aufreihen, sind keinem Isotopenaustausch nach ihrer Infiltration unterlegen. Die Streubreite im $\delta^2\text{H}$ von -90 ‰ bis -35 ‰ bzw. im $\delta^{18}\text{O}$ von -12 ‰ bis -6 ‰ belegt, daß die vorherrschenden Temperaturen während der Infiltration unterschiedlich waren. So deuten die niedrigen δ -Werte (Punkt K in Fig. 3) auf Infiltration während einer Kaltzeit

des Pleistozäns und die hohen δ -Werte (Punkt W in Fig. 3) auf Neubildung während eines Interglazials hin. Sämtliche im Molassebecken beprobten Tiefengrundwässer aus Erdöl- und Erdgasbohrungen besitzen Isotopengehalte, die in einem Dreieck, gebildet durch K, W und F, liegen, welches den Mischungsbereich dieser Wässer widerspiegelt.

In Fig. 4 ist die Beziehung zwischen den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten und den Chloridgehalten dargestellt. Es zeichnet sich deutlich eine Gruppierung ab. Die Grundwässer im Hangenden des Oberjuraaquifers lassen sich durch Einhüllende mit den Endpunkten „Formationswasser“ und „meteorisches Niederschlagswasser“ begrenzen. Dagegen liegen die Grundwasserproben aus dem Liegenden außerhalb.

Betrachtet man die geographische Lage der Probenentnahmestellen und die ent-

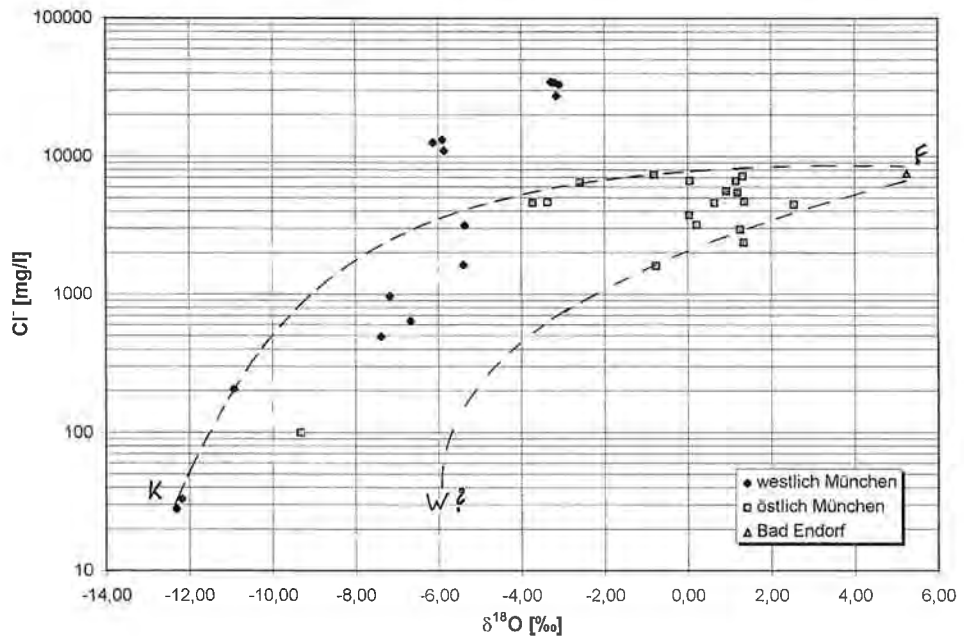


Fig. 4: Die Beziehung zwischen dem ^{18}O -Gehalt und dem Chloridgehalt der untersuchten Tiefengrundwässer aus Erdöl- und Erdgasbohrungen im süddeutschen Molassebecken sowie der Entnahmestelle Bad Endorf. □ – östlich von München; ◆ – westlich von München; △ – Grundwasser aus der Bohrung Bad Endorf.

Relation between the ^{18}O content and the chloride content of the investigated deep groundwater sampled in oil and gas wells of the South German Molasse basin together with the sampling point Bad Endorf. □ – east of Munich; ◆ – west of Munich; △ – groundwater from the well Bad Endorf.

sprechenden δ -Werte, so zeigt sich, daß im Gebiet westlich von München eine stete Aussüßung begleitet von einer Abnahme im Isotopengehalt von W nach E auftritt.

Östlich von München wurden die geringsten Isotopengehalte in den Tiefengrundwässern aus der Kreide gefunden, was durch aufsteigendes Karstwasser aus dem Oberjura erklärt werden kann, die durch die Druckentlastung infolge der Erdölförderung hervorgerufen wird.

5. Schlußbemerkung

Sämtliche im süddeutschen Molassebecken erfaßten sonstigen Grundwässer, die im Rahmen des o. g. Forschungsvorhabens erfaßt wurden (B. BERTLEFF et al., 1987), weisen Isotopengehalte auf, die im Schwankungsbereich der Isotopengehalte der Tiefengrundwässer aus den Erdöl- und Erdgasbohrungen (Fig. 3) liegen. Die Isotopenmessungen an solchen Tiefengrundwässern können somit einen zusätzlichen Beitrag zum Verständnis der Entwicklung von Grundwässern in großen tiefen Sedimentationsbecken leisten.

Ein Vergleich mit Tiefengrundwässern aus Erdöl- und Erdgasbohrungen von Oberösterreich zeigt, daß diese Grundwässer gegenüber den hier vorgestellten eine völlig abweichende Genese besitzen müssen. Sie fallen mit ihren Isotopengehalten nicht in den in Fig. 3 vorgegebenen Schwankungsbereich. Außerdem sind die oberösterreichischen Tiefengrundwässer bedeutend höher mineralisiert (J. E. GOLDBRUNNER, 1988).

Messungen an Tiefengrundwässern aus der Molasse der Nordostschweiz hingegen liegen im Schwankungsbereich der Isotopengehalte aus Fig. 3 (W. BALDERER, 1990). Die Isotopenmessungen an den hier vorgestellten Tiefengrundwässern der Erdöl- und Erdgasbohrungen aus dem süddeutschen Molassebecken bildeten dabei eine wesentliche Grundlage für die Interpretation der Isotopendaten der in der schweizerischen Molasse erfaßten Tiefengrundwässer.

Zusammenfassung

Bei Untersuchungen von Tiefengrundwässern ist die Anzahl der vorhandenen Aufschlüsse, die eine Probenahme ermöglichen, meist gering. Anlässlich einer Studie der thermalen Karstwässer aus dem Oberjura im süddeutschen Molassebecken wurden Isotopengehalte von begleitenden Wässern aus Erdöl- und Erdgasbohrungen untersucht. Die Isotopengehalte dieser Wässer geben einen Schwankungsbereich vor, in den alle Isotopengehalte der Tiefengrundwässer fallen, die in o. g. Studie untersucht, aber hier nicht weiter diskutiert wurden. Isotopengeochemische Untersuchungen an Erdöl- und Erdgas-Begleitwässern können somit einen Beitrag zur Klärung hydrologischer Fragestellungen in großen Sedimentationsbecken leisten.

Literatur

- BALDERER, W. (1990): Hydrogeologische Charakterisierung der Grundwasservorkommen innerhalb der Molasse der Nordostschweiz aufgrund von hydrochemischen und Isotopenuntersuchungen.– Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 41, 35–104, Graz.
- BERTLEFF, B., J. E. GOLDBRUNNER, W. STICHLER, J. N. ANDREWS & G. DARLING (1987): Characterization of Deep Groundwater in South Germany and Upper Austria by Means of Isotopic and Hydrochemical Investigations.– Proceedings of Symp. Isotope Techn. in Water Resources Development, 705–706, Wien.
- ENGELHARDT, W. V. (1973): Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgestein. Sediment-Petrologie Teil III.– 1–378, Stuttgart (Schweizerbart).
- GOLDBRUNNER, J. E. (1988): Tiefengrundwässer im Oberösterreichischen Molassebecken und im Steirischen Becken.– Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 39, 5–94, Graz.

- STICHLER, W., W. RAUERT, S. WEISE, M. WOLF, G. KOSCHEL, P. STIER, R. PRESTEL, K. HEDIN & B. BERTLEFF (1987): Isotopen-hydrologische und hydrochemische Untersuchungen zur Erkundung des Fließsystems im Malmkarstaquifer des süddeutschen Alpenvorlands.– Z. dt. geol. Ges., **138**, 387–398, Hannover.
- WERNER, J. (1987): Das Forschungsvorhaben „Hydrogeothermische Energienutzung und Grundwasserhaushalt des Malmkarsts im Süddeutschen Molassebecken“ – Ziele und Zwischenergebnisse.– Z. dt. geol. Ges., **138**, 399–409, Hannover.

Summary

Investigations of deep groundwater in sedimentation basins are sometimes limited by the lack of wells which can be used to collect water samples. Within the framework of a thermal karst water study performed in the South German Molasse basin isotope measurements were carried out on water samples from oil and gas exploration wells. These isotope data define a range for the isotopic composition of all deep groundwater collected in the above mentioned study. Such isotope measurements become, in combination with hydrochemical investigations, an additional tool to clarify hydrological questions in large sedimentation basins.

Dank

Bei der Planung, der Beprobung und der Interpretation war Dr. B. BERTLEFF (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg) maßgeblich beteiligt. Für sein weit über das Wissenschaftliche hinausgehende persönliche Interesse und Engagement sei ihm recht herzlich gedankt.