

# Zur Hydrogeologie des oberösterreichischen Molassebeckens

Von

J. E. GOLDBRUNNER (Graz)

## Inhalt

	Seite
1. Einleitung und Begriffsklärung .....	83
2. Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung der wichtigsten tiefen- grundwasserführenden Aquifere des oberösterreichischen Molassebeckens.	84
2.1. Das Kristallin der Böhmisches Masse .....	88
2.2. Die Karbonate des Oberjura (Malm) .....	89
2.3. Die Oberkreide .....	89
2.4. Die Untere und Obere Puchkirchener Serie .....	90
2.5. Die Haller Serie .....	90
2.6. Die Innviertler Serie .....	90
2.7. Die Obere Süßwassermolasse .....	91
3. Hydrochemische Gliederung der Molasse und des autochthonen Beckenun- tergrundes .....	91
4. Hydrodynamik des Malmkarstes in Oberösterreich .....	96
Zusammenfassung und Schlußfolgerungen .....	100
Literatur .....	101
Summary and Conclusions .....	102
Danksagung .....	102

## 1. Einleitung und Begriffsklärung

In den letzten Jahren sind die in den großen Sedimentbecken lagernden Tiefen-  
grundwässer immer mehr in das Zentrum des wasserwirtschaftlichen Interesses ge-  
rückt, weil einerseits durch die zunehmende anthropogene Verschmutzung die Trink-  
wassergewinnung aus seichtliegenden Grundwässern bei ständig steigendem Bedarf  
immer schwieriger wird, so daß man gezwungen ist, auch tieferliegende Wässer zu  
erschließen, was mit höheren Kosten und Risiken verbunden ist; andererseits bestehen  
Bestrebungen, Tiefengrundwässer als Träger für die Gewinnung geothermaler Ener-  
gie zu nutzen.

Im oberösterreichischen Molassebecken ist in Form der gering mineralisierten  
Tiefengrundwässer der Innviertler Serie eine äußerst wertvolle Trinkwasserreserve

vorhanden, während die teilweise hochtemperierten Wässer aus den verkarsteten Karbonaten des Oberjura (Malm) des autochthonen Beckenuntergrundes energiewirtschaftliche Bedeutung erlangen könnten.

Grundvoraussetzung für eine planmäßige wasser- und energiewirtschaftliche Nutzung der Tiefengrundwässer ist die Erfassung aquiferspezifischer Parameter wie Porosität und Transmissivität sowie die Kenntnis der Genese, der Regeneration und Bewegung der Wässer.

Unter **Tiefengrundwässern** werden im Rahmen dieser Arbeit jene Grundwässer verstanden, welche aufgrund einer weiträumigen Überdeckung durch minderdurchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Infiltrationen von der Oberfläche alimentiert werden. Daraus resultieren im allgemeinen längere Verweilzeiten im Untergrund und die Ausprägung spezifischer chemisch-physikalischer Eigenschaften, von denen die augenfälligsten Sauerstofffreiheit und fehlende Tritiumgehalte ( $^3\text{H} < 1 \text{ T.U.}$ ) sind.

Der Wert von 1 T.U. entspricht der Nachweisgrenze ( $3\sigma$ ) der heute routinemäßig eingesetzten Flüssigkeitsszintillationszähler (H. MOSER & W. RAUERT, 1980). Wässer mit derartigen Tritiumgehalten haben Mindestalter von über 50 Jahren.

J. ZÖTL (1978) war der erste, der auf den Tritiumgehalt als eine einfache Differenzierungsmöglichkeit zwischen Grund- und Tiefengrundwässern hingewiesen hat, wobei bei dieser Abgrenzung die Tiefenlage des Aquifers keine Rolle spielt. Unter bestimmten Voraussetzungen, wie z. B. im Vorflutbereich (Discharge-Gebiet), wo es zu einem Aufsteigen von älteren Wässern aus tieferen Aquiferen kommt, können tritiumfreie Wässer sehr oberflächennahe auftreten. Die regionale Festlegung einer Tritiumuntergrenze als Trennungslinie zwischen dem oberflächennahen (= seichtliegenden) und tiefem Grundwasser, wie sie von K.-P. SEILER (1983) vorgeschlagen wird, muß aus diesem Grund auf Schwierigkeiten stoßen.

Als Besonderheit unter den Tiefengrundwässern sind die **Formationswässer** anzusehen. Darunter sind Wässer zu verstehen, die seit der Einwanderung in die Schichtfolge, in der sie aufgeschlossen werden, keine Verbindung mit einem oberirdischen Einzugsgebiet hatten. Bei Abwesenheit evaporitischer Gesteine im Untergrund sind Formationswässer gegenüber den mobilen und regenerierbaren Tiefengrundwässern durch eine erhöhte Mineralisierung gekennzeichnet.

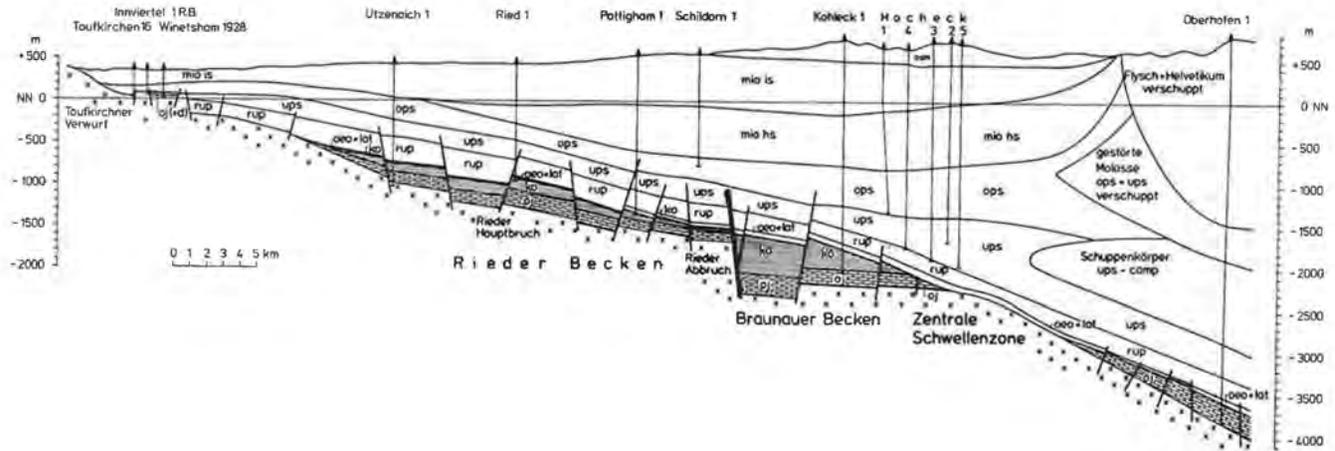
## 2. Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung der wichtigsten tiefengrundwasserführenden Aquifere des oberösterreichischen Molassebeckens

Die oberösterreichische Molassezone zwischen den Flüssen Salzach und Enns stellt einen ca. 130 km langen Teilabschnitt der alpin-karpatischen Tertiärvortiefe dar. An der Oberfläche wird sie im Norden durch das variszisch konsolidierte Kristallin der Böhmisches Masse, im Süden durch den Nordrand von Flysch und Helvetikum begrenzt (Fig. 1).

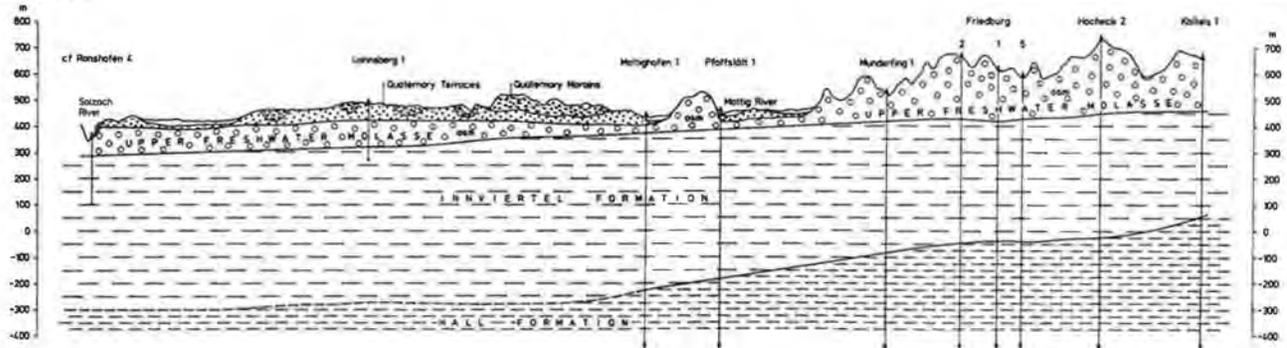
Die ungefähr N-S-orientierten, 5fach überhöhten Profile in Fig. 2 zeigen den stark asymmetrischen Bau des Molassebeckens, wobei im Süden Tiefen von über 4000 m erreicht werden. Über dem Kristallin der Böhmisches Masse liegt, am nördlichen Beckenrand erosiv stark reduziertes autochthones Mesozoikum (Oberkreide und Oberjura), dessen Mächtigkeit gegen das Becken hin zunimmt. Diskordant darüber folgen die eigentlichen Molassesedimente, deren stratigraphischer Umfang vom Obereozän bis zum oberen Pliozän reicht (Tab. 1). Prätertiäre Brüche mit

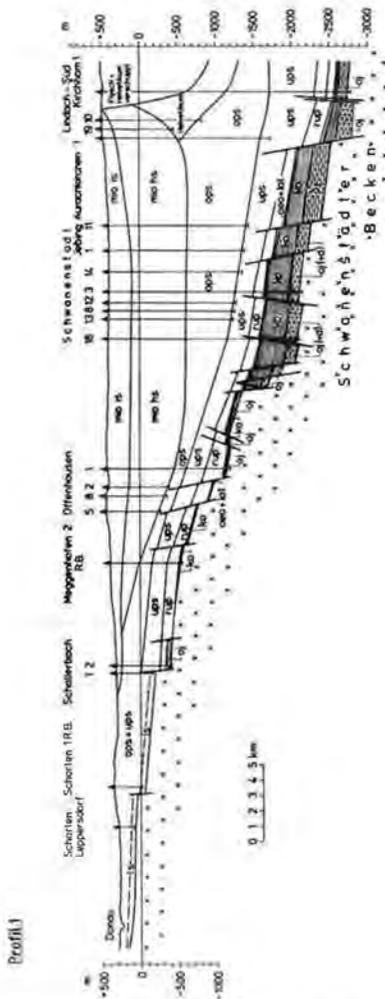


Profil 2

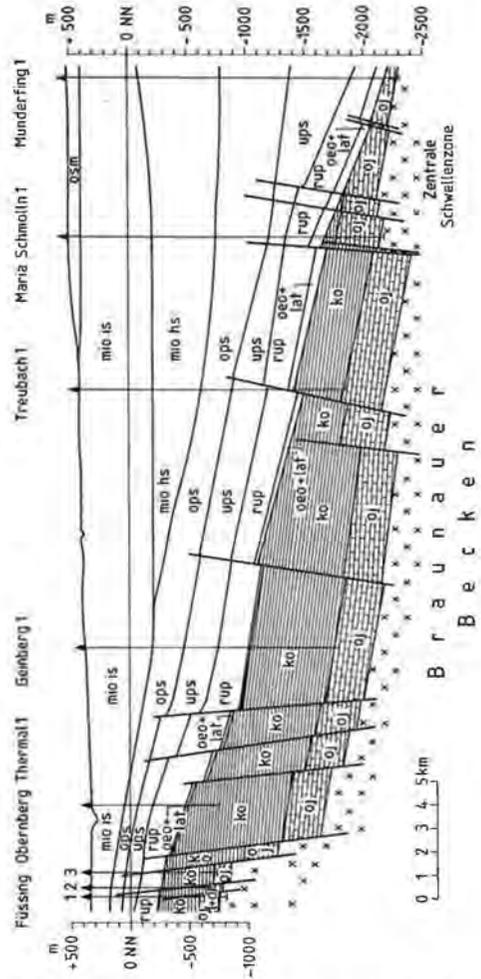


Profil 4





Prof. 1



Prof. 3

Fig. 2: Geologische Profile durch das oberösterreichische Molassebecken (J. E. GOLDBRUNNER), (Lage der Profile siehe Fig. 1) nach R. GRILL & L. WALDMANN (1950), H. GUDDEN & J.-H. ZIEGLER (1965), K. KOLLMANN (1977), H. POLESNY (1983) und V. JENISCH (unpubl.). *mio is* = Innviertler Serie, *mio hs* = Haller Serie, *ops* = Obere Puchkirchener Serie, *ups* = Untere Puchkirchener Serie, *ls* = Linzer Sande, *rup* = Rupelien, *oee + lat* = Obereozän + Lattorfien, *ko* = Oberkreide, *o(+d)* = Oberjura/Malm (+Dogger), *xxx* = Kristallines Basement.

Sprunghöhen bis 1000 m und allgemein NW-SE-Streichrichtung durchsetzen den mesozoischen Untergrund. Teilweise erfuhren die Brüche im Tertiär eine Wiederbelebung, wie z. B. der große Rieder Abbruch (H. POLESNY, 1983).

Bereits prätertiär angelegt wurde auch die Zentrale Schwellenzone (K. KOLLMANN, 1977), die NW-SE-streichende Fortsetzung des bayerischen Landshut-Neuöttinger Hochs.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die stratigraphische Einordnung der Schichtfolgen des oberösterreichischen Molassebeckens, wobei die wichtigsten Aquifere hervorhe-

TERTIÄR	PALÄOGEN - NEOGEN	Holozän			Terrassen und Moränen			0 - 300		
		Oligozän	Pliozän	Oberes Pliozän					0 - 300	
			Pannonien bis Karpatien		Kohleführende Süflwasserschichten				0 - 300	
			Oftnangien		Innvierfler Serie				0 - 700	
			Eggenburgien		Haller Serie				0 - 800	
			Egerien		Obere Puchkirchener Serie				0 - 1050	
					Untere Puchkirchener Serie				0 - 1000	
			Rupellen		Tonmergelstufe Bändermergel				0 - 550	
		Lattorfien		Heller Mergelkalk				0 - 40		
		Eozän	Obereozän		Lithothamnienkalk				0 - 120	
					Sandsteinstufe					
		MESOZOIKUM	JURAKREIDE	Oberkreide	Campan-Turon					0 - 1000
					Cenoman					
Malin				Karbonatgruppe				0 - 450		
Dogger										
Permo-Trias				Terrestrische Abfolge von Perwang				0 - 230		
PAL.		Kristallin d. Böhmisches Masse		Granite Gneise						

● Ölführung      ☀ Gasführung      ≡ Aquifer

Tab. 1: Stratigraphische Tabelle des oberösterreichischen Molassebeckens (Stratigraphie hauptsächlich nach H. POLESNY, 1983).

hoben wurden. Als zusätzliche Information ist auch die Öl- und Gasführung der einzelnen Einheiten eingetragen.

## 2.1. Das Kristallin der Böhmisches Masse

Im kristallinen Basement ist nur mit sekundären Porositäten in der präjurassischen und präeoänen Verwitterungszone und im Bereich der großen Brüche zu rechnen. H. WIESENER et al. (1976) geben die Mächtigkeit der Verwitterungszone im Untergrund mit 80 m an. Direkte Hinweise auf eine Kluftwasserführung im Kristallin der Böhmisches Masse geben Stollenbauten, wie z. B. der Wasserkraftstollen Partenstein im Mühlviertel, bei dem bei einer maximal 160 m mächtigen Überlagerung im Bereich von Kluftzonen Wasserzutritte mit einer Ergiebigkeit von über 4 l/s zu beobachten waren (L. KÖLBL & G. BEURLE, 1925; J. STINI, 1950).

## 2.2. Die Karbonate des Oberjura (Malm)

Die Kalke und Dolomite des Malm, die im Bereich des Beckenuntergrundes Mächtigkeiten von über 400 m erreichen können, sind aufgrund ihrer besonders in den Hangendbereichen ausgeprägten Verkarstung die wichtigsten Tiefengrundwasserleiter des oberösterreichisch-bayerischen Molassebeckens. Zu Verkarstungsvorgängen kam es während Regressionsphasen zur Zeit der Unterkreide und des Paleozäns. Ein rezentes Fortschreiten der Verkarstungsvorgänge wird postuliert (H. CRAMER, 1953; G. EINSELE et al., 1983), es dürfte jedoch nur im unmittelbaren Einzugsgebiet der Tiefenwässer des Tiefen Karstes Bedeutung haben.

Aus den Ergebnissen der bis in den Malmkörper abgeteufte Tiefbohrungen ist abzuleiten, daß die Verkarstung und damit die Wasserführung in den Oberjurakarbonaten nicht flächenhaft entwickelt ist, woraus auch kleinräumig beträchtliche Unterschiede in der Ergiebigkeit von Tiefbohrungen resultieren können. Dies hat besonders eindrucksvoll die Bohrung Reichersberg 1 gezeigt, die, obwohl weniger als 1 km von den ergiebigen Heißwassererschließungen von Füssing gelegen (freier Überlauf der Bohrungen 1, 2 und 3 zusammen 100 l/s; H. GUDDEN, 1983), großlumige Wasserwege im Malm verfehlte und nur unerhebliche Zuflüsse erzielte.

Die rezente hydrologische Wirksamkeit der Verkarstung wurde bis dato auch nur im Norden des oberösterreichischen Molassebeckens (vor allem im niederbayerisch-oberösterreichischen Grenzraum), teils durch Erschließung ergiebiger, gering mineralisierter Heißwasservorkommen wie z. B. in Geinberg, teils durch Spülungsverluste von Kohlenwasserstoffbohrungen, nachgewiesen, während im Südteil des oberösterreichischen Molassebeckens der Malm nach den Erfahrungen der Erdölexploration keine Süßwässer führt, wodurch Hinweise auf differierende hydrodynamische Bedingungen im Norden und Süden des Molassebeckens gegeben sind.

Im Jahre 1981 wurde erstmals in den Karbonaten des Jura Öl gefunden (Bohrung Haindorf 1, W Offenhausen; H. POLESNY, 1983).

## 2.3. Die Oberkreide

Die hydrologische Wirksamkeit der Oberkreideablagerungen, die im Braunauer Becken Mächtigkeiten von nahezu 1000 m erreichen können, beschränkt sich weitgehend auf Deckschichtfunktionen für den liegenden Malmaquifer mit Ausnahme der sandigen Transgressionsbildungen des Cenoman, die mit den Malmkarbonaten hydraulisch in Verbindung stehen können, wie dies F. WEBER (1980) durch Loginterpretation für die Bohrung Geinberg 1 nachgewiesen hat. Auch in der bayerischen Bohrung Birnbach T 3 bilden die Oberjurakarbonate und die Sandsteine des Cenoman einen zusammenhängenden Aquifer (H.-J. EXLER, frdl. mdl. Mitt.).

Erwähnenswert ist auch eine im Raum Obernberg auftretende Sandsteinfazies des Santon-Untercampan (K. KOLLMANN, 1977), die ebenfalls wasserführend ist (Bohrung Obernberg Thermal 1, Fig. 2).

Aufgrund der starken Schollenverstellungen im Bereich des Pockinger Abbruches (vgl. Fig. 2, Profil 3) ist eine hydraulische Verbindung der Sandsteine der Bohrung Obernberg Thermal 1 mit dem Malmaquifer von Füssing nicht auszuschließen; hydrochemische Indikationen und die Druckverhältnisse sprechen dafür.

## 2.4. Die Untere und Obere Puchkirchener Serie

Besondere Bedeutung als Aquifer hat die im Süden des Molassebeckens auftretende Grobsedimentfazies der Unteren und Oberen Puchkirchener Serie, welche als Sand-Schottergruppe (K. KOLLMANN, 1977; O. MALZER, 1981) bezeichnet wird. Genetisch handelt es sich nach O. MALZER um am nördlichen Schelfrand der Alpen abgelagerten alpinen Schutt, der durch Schlammströme in tiefere Beckenbereiche gelangte und dort in Form von Schutfächern resedimentiert wurde. Aufgrund regionaler Akkumulationen erreichen die einzelnen Grobsedimentschüttungen Mächtigkeiten bis zu 1500 m.

Wechsellagerung und Verzahnung mit Peliten bilden ideale Vorbedingungen für die Entstehung von KW-Lagerstätten, aus denen derzeit 75% der oberösterreichischen Erdgasproduktion stammt (O. MALZER, 1981).

Aufgrund ihrer Tiefenlage von über 1000 m nahe der Flysch-Helvetikum-Überschiebung wären die in der Sand-Schottergruppe auftretenden Tiefenwasseraquifere auch für eine geothermische Nutzung in Betracht zu ziehen.

Von besonderer wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind auch die am nördlichen Beckenrand als Strandfazies des Egerien abgelagerten Linzer Sande; sie führen freies und gespanntes Grundwasser.

## 2.5. Die Haller Serie

Die Haller Serie (Eggenburgium) wird überwiegend von feinklastischen Ablagerungen aufgebaut, die nach ihrem typischen Auftreten im Raume Bad Hall als „Haller Schlier“ (V. PETTERS, 1936) bezeichnet wurden. Siltig-arenitische Schüttungen sind auf das Liegende beschränkt; sie bilden die Ausfüllung der alten Trogachse. Die stratigraphisch höher liegenden, meist gut porösen Sandhorizonte, welche nach ihrem örtlichen Auftreten als „Treubacher Sand“, „Gendorfer Sand“, „Schildorn Sand“ etc. bezeichnet werden, sind Träger bedeutender Gaslagerstätten, ihre Aquifereigenschaften sind jedoch noch zu wenig untersucht.

Als für die Lagerstättenentwicklung und die Hydrodynamik der Haller Serie äußerst bedeutsam ist neben dem vertikalen Korngrößenaufbau die Tatsache anzusehen, daß die Serie im allgemeinen den nördlichen Beckenrand nicht erreicht (von lokalen Erosionsresten abgesehen, siehe H. POLESNY, 1983) und im oberösterreichischen Raum von den Ablagerungen der Innviertler Serie überlagert wird. Erst östlich der Enns streicht die Haller Serie frei aus (A. KRÖLL, 1980, Abb. 98).

## 2.6. Die Innviertler Serie

Im Gegensatz zur Haller Serie greift die Innviertler Serie des Ottnangiums am nördlichen Beckenrand mit sandigen Transgressionsbildungen („Natternbacher Sande“, „Enzenkirchner Sande“, F. ABERER, 1958) auf das kristalline Grundgebirge über. Im zentralen Beckenteil, in dem die ottnangischen Sedimente Mächtigkeiten von über 600 m erreichen, dominiert die feinklastische Schlierfazies. Von Bedeutung sind die zyklthemartig auftretenden arenitischen Schichtfolgen, die liegend nach hangend als „Atzbacher Sande“, „Mehrnbacher Sande“ und „Treubacher Sande“ (nicht zu verwechseln mit den gleichnamigen Sanden der Haller Serie, vgl. Kap. 2.5.) bezeichnet werden. Sie sind die wichtigsten für Trinkwasserzwecke genutzten Tiefenwasseraquifere des gesamten oberösterreichischen Alpenvorlandes. Die Zahl der

Brunnen, die gespanntes und artesisch gespanntes Tiefengrundwasser aus der Innviertler Serie nutzen, beträgt über 1000.

Das Einzugsgebiet der Tiefengrundwässer liegt in den vornehmlich aus grobklastischen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse aufgebauten orographischen Erhebungen des Hausruck und Kobernaußerwaldes. Aufgrund des positiven Druckgefälles, das zum Tiefenwasser der Innviertler Serie vorhanden ist, vollzieht sich hier die Regeneration der Tiefenaquifere.

Die Vorfluter der nach Norden abströmenden Wässer stellen nach den Druckbeobachtungen Salzach und Inn dar (vgl. Fig. 3), in die die Tiefengrundwässer über eine Stau- und Mischzone exfiltrieren. Östlich des Hausruck ist ein Abströmen der Wässer zur Donau festzustellen. Darüber hinaus existieren auch lokale Systeme, die auf die kleineren Vorfluter eingestellt sind.

## 2.7. Die Obere Süßwassermolasse

Die Schichten der Oberen Süßwassermolasse greifen von W nach E fortschreitend mit immer jünger werdenden Ablagerungen über ein Paläorelief der Oberen Meeresmolasse bzw. Brackwassermolasse (Oncophora-Schichten) hinweg, dessen Oberfläche von +290 m NN im Westen an der Salzach bis auf ca. +450 m NN im Raume des Kobernaußerwaldes und des Hausruck ansteigt (Fig. 2, Profil 4).

In den unter dem allgemeinen Vorflutniveau liegenden Bereichen der Oberen Süßwassermolasse treten artesisch gespannte Tiefengrundwässer auf, die jedoch nur vereinzelt erbohrt wurden.

## 3. Hydrochemische Gliederung der Molasse und des autochthonen Beckenuntergrundes

In Tab. 2 wurden die Tiefengrundwässer der einzelnen Einheiten der Molasse und des Beckenuntergrundes nach der durchschnittlichen Gesamtmineralisierung und dem vorherrschenden Wassertypus charakterisiert. Naturgemäß ist durch die zahlreichen Trinkwasserversorgungen aus der Innviertler Serie die höchste Informationsdichte gegeben, wogegen nur wenige Wassererschließungen aus den tieferen Einheiten vorliegen. Hier konnte auf die Analysenergebnisse der von der Rohöl-Aufsuchungsgesellschaft bei Förderversuchen erschroteten Wässer zurückgegriffen werden. Für die hydrochemischen und hydrodynamischen Verhältnisse des Molassebeckens äußerst wertvolle Erkenntnisse lieferten außerdem die aus in Förderung befindlichen Öl- und Gassonden gezogenen Wasserproben.

Die geringste Mineralisierung aller Tiefengrundwässer des oberösterreichischen Molassebeckens weisen jene der **Innviertler Serie** auf. Infolge kongruenter Lösung von Kalzit und kongruenter und inkongruenter Lösung von Dolomit dominieren im einzugsgebietsnäheren Bereich gering mineralisierte Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Wassertypen, welche gegen die Tiefe bzw. grundwasserstromabwärts durch die Wirkung von Kationen-Austauschvorgängen zu höher mineralisierten Na-HCO<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)-Wässern umgewandelt werden.

Gegenüber den rezenten seichtliegenden Grundwässern stark abgereicherte Deuterium- und Sauerstoff-18-Werte<sup>1)</sup> und deutlich erniedrigte Edelgas-Infiltrationstem-

<sup>1)</sup> Messungen ausgeführt durch das Institut für Radiohydrometrie, GSF München (Prof. Dr. H. MOSER).

Tab. 2: Hydrochemische Charakterisierung der Wässer der tertiären Molasse und des autochthonen Beckenuntergrundes.

	Einheit	Zahl der Analysen	Mittelwert	Standardabw. mg/l	vorherrschender Wassertypus	Charakterisierung
Molasse	<i>Innviertler Serie</i>	720	287	137	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> bzw. Na-HCO <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> )	Wässer meteorischer Herkunft, Formationswasserkomponente geflushed
	<i>Haller Serie</i>	23	13.603	8.529	Na-Cl	Formationswässer (Gaslagerstätten)
	<i>Obere Puchkirchener Serie</i>	38	16.709	3.722	Na-Cl	Formationswässer (Gaslagerstätten)
	<i>Untere Puchkirchener Serie</i>	30	15.122	1.838	Na-Cl	Formationswässer (Gaslagerstätten)
	<i>Obereozän</i>	87	14.954	7.784	Na-Cl (Na-Cl-HCO <sub>3</sub> )	Formationswässer, in einzelnen Bereichen Zumischung von Regenerationswässern erkennbar
Beckenuntergrund	<i>Oberkreide (gesamt)</i>	33	8.316	5.932		
	gering mineralisierte Gruppe	19	3.544	2.096	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl bzw. Na-Cl-HCO <sub>3</sub>	Mischung von Formations- und Regenerationswässern
	hoch mineralisierte Gruppe	14	14.790	1.455	Na-Cl	Formationswässer (Öllagerstätten)
	<i>Malm (gesamt)</i>	38	8.093	6.296		
	gering mineralisierte Wässer („Nordgruppe“)	18	2.250	1.566	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	Wässer meteorischer Herkunft, Formationswasseranteil gering
	hoch mineralisierte Wässer („Südgruppe“)	20	13.683	3.089	Na-Cl	Formationswässer

peraturen (J. ANDREWS et al., in Vorb.) weisen auf eine wärmzeitliche Infiltration der einzugsgebietsfernen Wässer hin. Die sich damit andeutende Altersverteilung bestätigt die hydraulischen Berechnungen, nach denen die Abstandsgeschwindigkeiten in den Aquiferen der Innviertler Serie unter 1 m pro Jahr liegen.

Besonders auffällig an der hydrochemischen Zusammensetzung sind die fast durchwegs unter 1 mg/l liegenden Chloridgehalte, die auf einen intensiven Wasseraustausch in der marinen Innviertler Serie hinweisen. Ebenfalls in Konzentrationen unter 1 mg/l liegen die marinen Spurenelemente Brom, Bor und Jod.

Auf die Vorflutwirkung des Inns dürfte der augenfällige Gegensatz in der Ionenzusammensetzung und Mineralisierung zwischen den in Niederbayern und Oberösterreich im innahen Raum in vergleichbaren Tiefenlagen (Bohrtiefen bis 250 m) aus der Innviertler Serie erschroteten Wässer zurückzuführen sein (vgl. Fig. 3 und 4).

Die in den niederbayerischen Bohrungen auftretenden hohen Chlorid- und Kaliumgehalte geben den Hinweis auf eine von den südlich des Inns auftretenden Wässern völlig abweichende Genese, wobei als weiteres Unterscheidungsmerkmal das in den niederbayerischen Bohrungen auftretende Methangas kommt, das nach den Beschreibungen von H. NATHAN (1949) für Koch- und Heizzwecke verwendet wurde; dies ist im oberösterreichischen Innviertel unbekannt.

Relativ seichte Gasbohrungen, die allerdings aus der Haller Serie fördern, bestehen seit der Jahrhundertwende im Raume Wels (H. BÜRGL, 1950).

Im oberösterreichischen Raum ergibt sich zwischen den Wässern der Innviertler Serie und jenen der **Haller Serie** ein Mineralisationssprung, der in der Größenordnung von mindestens 1:15 bis zu 1:100 liegt und Ausdruck vollkommen unterschiedlicher hydrodynamischer Bedingungen ist. Die zumeist in Gaslagerstätten aufgeschlossenen Wässer sind vom Na-Cl-Typus mit erhöhten Ammonium-, Brom- und Borgehalten und einer durchschnittlichen Gesamtmineralisierung von 13.603 mg/l.

Einen sehr einheitlich hohen Mineralisierungsgrad weisen die Wässer der **Oberen und Unteren Puchkirchener Serie** auf. Sie stammen überwiegend aus der auf den Südrand des Molassebeckens beschränkten Grobsedimententwicklung der Sand-Schottergruppe. Diese Na-Cl-Wässer sind ihrem Typus nach Formationswässer ohne Regeneration.

Daß das Auftreten hochmineralisierter Formationswässer kein tiefenabhängiger Effekt ist, beweisen die Wässer von Bad Hall. Die in ihrer lateralen Verbreitung durch eine intensive Schuppentektonik (E. BRAUMÜLLER, 1959) limitierten oberoligozänen Aquifere führen auch sehr oberflächennah (Paracelsusquelle 15 m unter Geländeoberfläche) hochmineralisierte Na-Cl-Wässer mit Anreicherungen der biophilen Elemente Jod und Brom (A. SCHMÖLZER, 1955), was nur durch fehlende Regeneration durch meteorische Wässer erklärt werden kann.

Aus den Schichten des Rupel und Lattorf lagen zu wenige und somit statistisch nicht repräsentative Analysen vor, so daß auf eine Mittelwertbildung verzichtet werden mußte.

Aufgrund der großen Zahl von Öllagerstätten in den Ablagerungen des **Eozäns** liegen auch sehr viele Wasseranalysen vor, deren gemittelte Gesamtmineralisierung von nahezu 15.000 mg/l jedoch eine hohe Standardabweichung von 7784 mg/l aufweist.

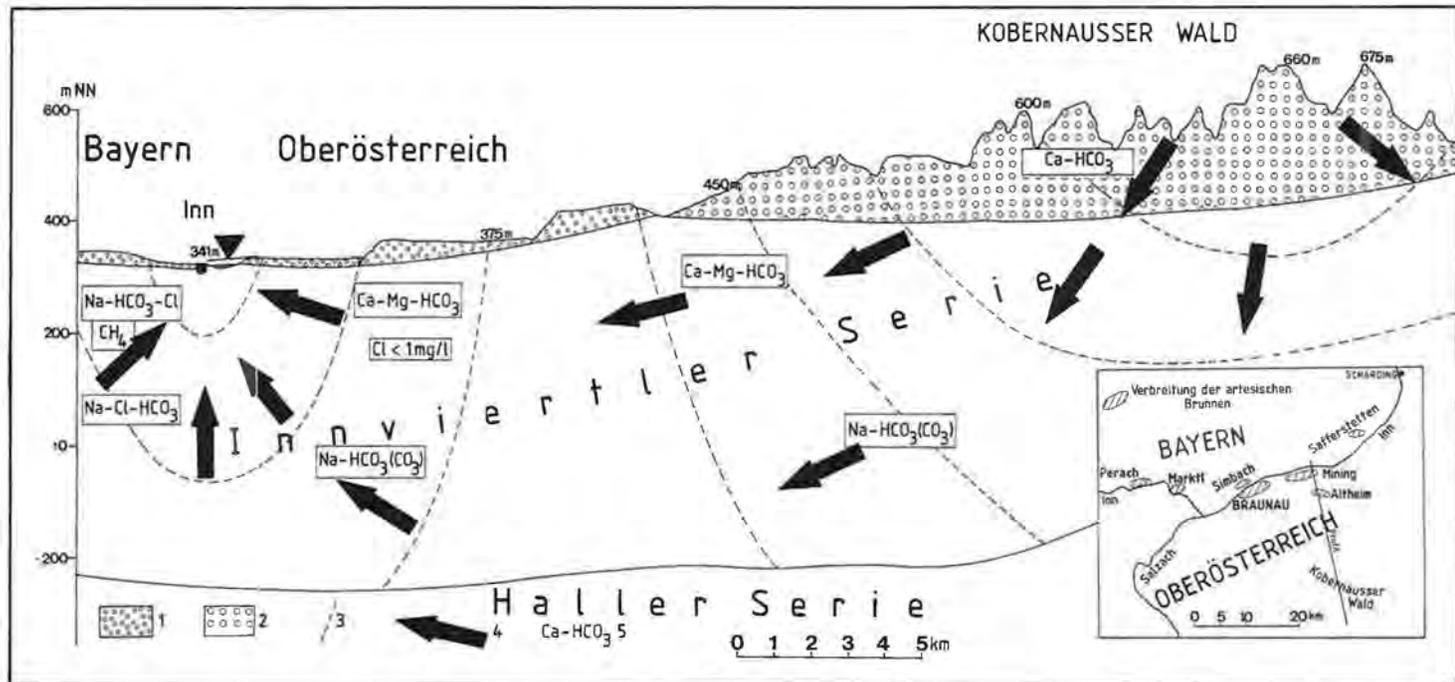


Fig. 3: Hydrogeologisch-hydrochemischer Profilschnitt durch die Innviertler Serie im nördlichen Innviertel und im angrenzenden niederbayerischen Raum. 1 = quartäre Terrassen, 2 = Obere Süßwassermolasse, 3 = Potentiallinie, 4 = Fließrichtung, 5 = vorherrschender Wassertypus.

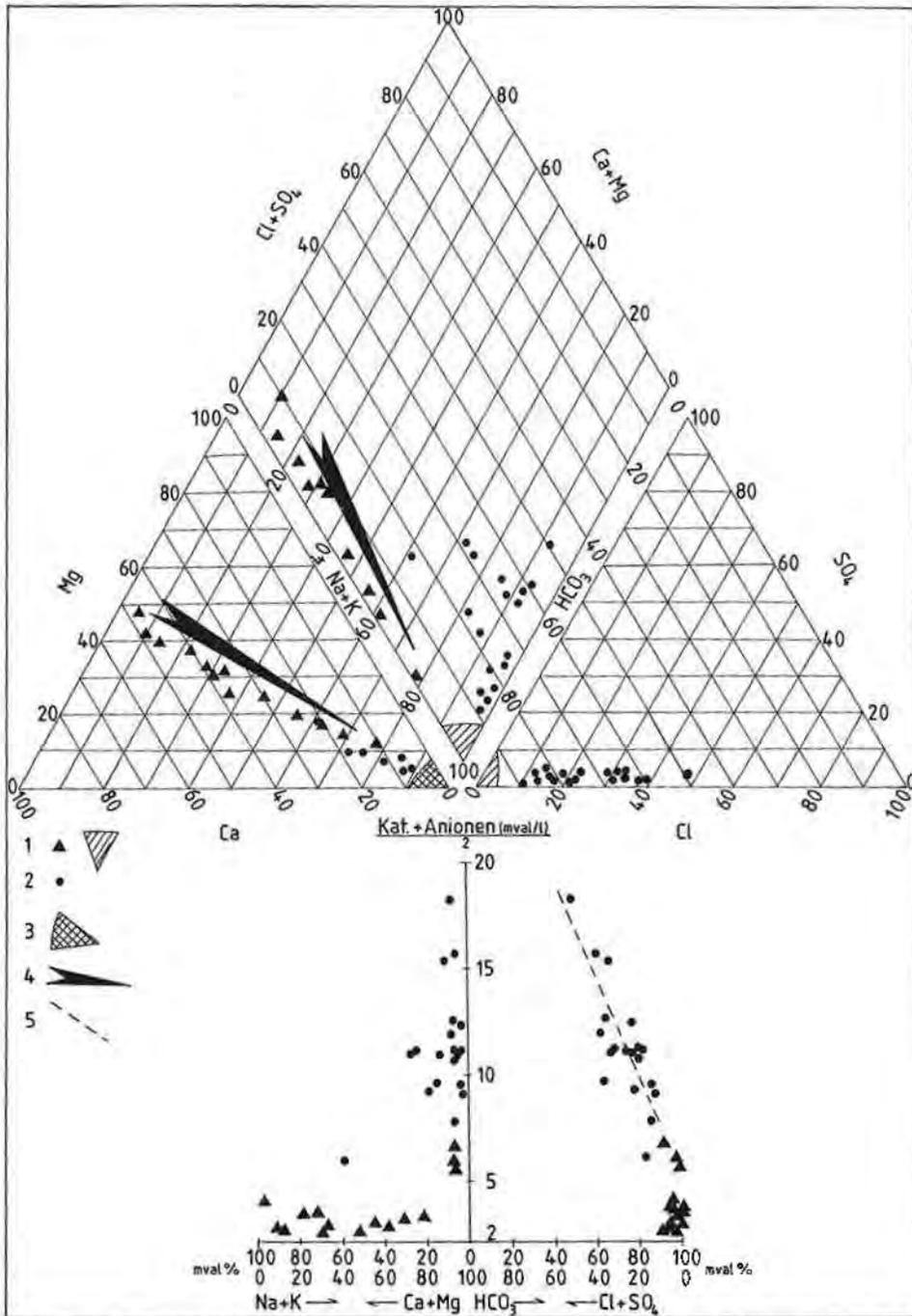


Fig. 4: Kationen- und Anionenverteilung von artesischen Wässern der Innviertler Serie aus dem innahen Raum Oberösterreichs und Niederbayerns (Verbreitung siehe Fig. 3 Kte). - 1 = oberösterreichische Wässer, 2 = niederbayerische Wässer, 3 = oberösterreichische und niederbayerische Wässer, 4 = Trend der hydrochemischen Evolution in den oberösterreichischen Wässern, 5 = Verdünnungstrend in den niederbayerischen Wässern.

Während in den Ölfeldern Voitsdorf, Lindach und Sattledt Wässer mit Mineralisierung von über 30.000 mg/l auftreten, sinken die Salinitäten in einigen im nördlichen Beckenbereich situierten Sonden deutlich ab. Als Beispiel sei die Bohrung Maria Schmolln 1 angeführt; die Mineralisierung des mitgeführten Ölbegleitwassers liegt bei nur 4000 mg/l.

Noch geringere Salinitäten wurden im Ölfeld Engenfeld registriert, in dem der eozäne Ölträger direkt über dem kristallinen Basement liegt. In der Sonde Engenfeld 1 liegt die Gesamtmineralisierung bei einem Öl-Verwässerungsgrad bei 96% knapp über 3000 mg/l.

Der Trend der starken Differenzierung hinsichtlich Mineralisierung und Ionenverteilung setzt sich in den Schichten der **Oberkreide** fort, so daß eine Differenzierung in zwei Gruppen unterschiedlicher Salinität angebracht schien.

Die hochmineralisierten Na-Cl-Wässer stammen überwiegend aus dem Süden des Molassebeckens, wie z. B. aus den cenomanen Öllagerstätten der Felder Voitsdorf, Oberaustall und Eberstallzell.

Hingegen wurden im seichteren Nordteil des Molassebeckens Na-HCO<sub>3</sub>-Cl-Wässer bzw. Na-Cl-HCO<sub>3</sub>-Wässer erschlossen, deren Salinität bedeutend erniedrigt ist, wie der berechnete Mittelwert von 3544 mg/l zum Ausdruck bringt. Besonders bemerkenswert ist die Mineralisierung des Ölbegleitwassers der Cenoman-Lagerstätte Trattnach. Eine aus der Sonde Trattnach 4 entnommene Probe wies nur eine Mineralisierung von knapp über 2 g/l auf (Verwässerungsgrad des Öles zum Zeitpunkt der Probenahme 84%).

Diese auffallend geringe Mineralisierung des Ölbegleitwassers ist auf einen hydraulischen Kontakt der cenomanen Öllagerstätte mit den liegenden **Oberjurakarbonaten** zurückzuführen, die ebenso wie im bayerischen Molassebecken überwiegend Süßwasser führen (durchschnittliche Gesamtmineralisierung: 2250 mg/l). Der Mineralisationssprung zur hangenden Molasse liegt in der Größenordnung von 1:8.

Wie jedoch bereits erwähnt wurde, führt der Malm im Südteil des Molassebeckens **keine Süßwässer**, sondern **hochmineralisierte Na-Cl-Wässer**, die sich hydrochemisch nicht von jenen der hangenden Oberkreide und des Tertiärs unterscheiden.

#### 4. Hydrodynamik des Malmkarstes in Oberösterreich

Das entworfene hydrochemische Bild gibt den Hinweis auf differenzierte hydrodynamische Bedingungen im Malmkarst des oberösterreichischen Molassebeckens. Als erste Interpretation müssen wir einem **mobilen System im Norden** mit einer aktiven Ergänzung ein **stagnierendes System im Süden** mit fehlender oder nur geringfügiger Regeneration gegenüberstellen.

Einige grundsätzliche Aussagen über die Hydrodynamik des mobilen Systems im Norden sind trotz der geringen Anzahl von verwertbaren Druckdaten von Bohrungen, die den Malm aufgeschlossen haben, möglich.

Die im Grenzraum zu Niederbayern erschlossenen Malmwasservorkommen von Geinberg und Reichersberg laufen artesisch über und zeigen hydrochemisch äußerst starke Ähnlichkeiten mit den Vorkommen von Füssing, Birnbach und Griesbach, so daß ein Zusammenhang angenommen werden darf.

Im Raume östlich Geinberg-Altheim wurden zwar keine Wässer aus den Malm-schichten direkt erschlossen, ihre hohe Permeabilität geht aber aus den zum Teil unbehebbareren Spülungsverlusten einiger hier abgeteufter Tiefbohrungen hervor.

Das Vorhandensein gering mineralisierter Wässer zeigen die niedersalinaren Öl-begleitwässer der Cenomanlagerstätte Trattnach.

Auch die als sogenannte „Reichsbohrungen“ niedergebrachten Kohlenwasserstoff-aufschlußbohrungen Meggenhofen 1 und 2 förderten bei Tests aus den Liegend-schichten des Tertiärs, bei denen es sich nach einer Neuinterpretation der Kerne und Logs durch Viktor JENISCH ebenfalls um Malm bzw. Cenoman handelt, gering mineralisierte Wässer, deren Chemismus sich deutlich von den aus den hangenden Tertiär-schichten dieser Bohrungen erschroteten hochmineralisierten Wässern unterscheidet.

Vor kurzer Zeit wurden auch im Raum Schallerbach durch eine Suchbohrung aus über geringmächtigen Oberjura transgredierenden oligozänen Basissanden Wässer mit einer ähnlichen Mineralisierung wie jene von Füssing, Reichersberg und Geinberg erschlossen.

Der Druckspiegel dieser Bohrungen liegt mit NN +320 bereits unter dem niedrigsten beobachteten niederbayerischen Malmdruckspiegel, der nach K. LEMCKE (1976) und G. ANDRES & H. FRISCH (1981) mit einer Höhenlage von +330 m NN im Raume Straubing liegt.

Ausgehend von der Höhenlage des Malmdruckspiegels im Raume Ortenburg-Vilshofen, der in der Größenordnung von 380 m NN liegt, ergibt sich für den

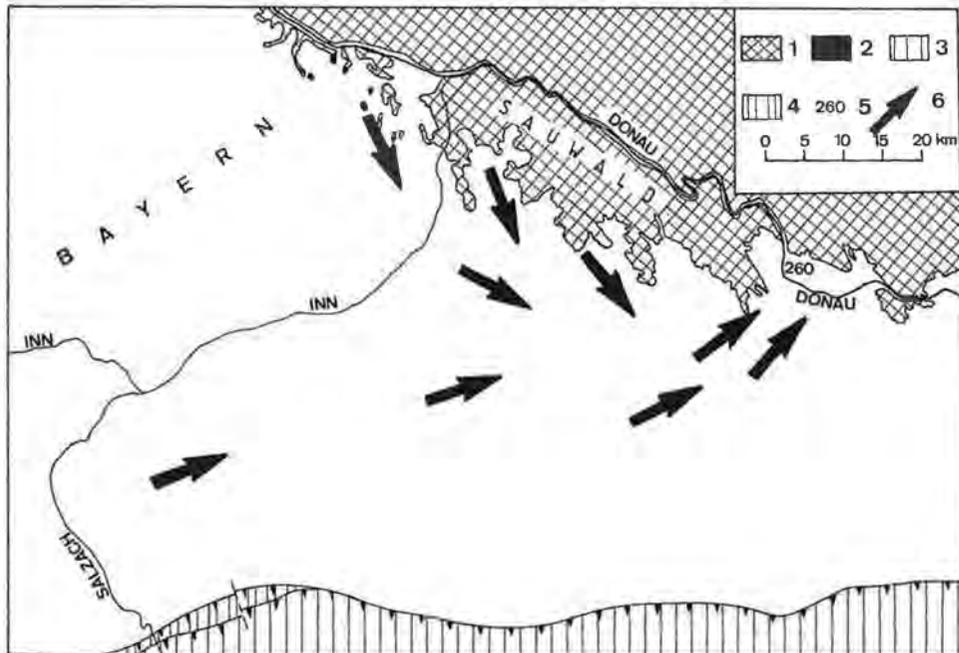


Fig. 5: Anzunehmende Tendenz der Fließrichtung der mobilen Wässer des autochthonen Beckenuntergrundes (Malm und Cenoman) bzw. der tertiären Molasse (Sande des Rupel und Egerien) im oberösterreichischen Molassebecken. – 1 = Kristallin der Böhmisches Masse, 2 = Anstehende Malm-schichten bei Ortenburg und Vilshofen, 3 = Flyschzone, 4 = Helvetikum, 5 = mittlerer Wasserspiegel der Donau bei Aschach, 6 = Fließrichtung des Tiefengrundwassers.

oberösterreichischen Raum ein Druckgefälle Richtung Osten, welches auch durch die wenigen verwertbaren Basisdruckmessungen in Kohlenwasserstoffbohrungen seine Bestätigung findet. Die Vorflut dieser im Bereich des Beckenuntergrundes generell W-E strömenden Wässer stellt die Donau nach ihrem Austritt aus dem kristallinen Grundgebirge bei Aschach dar; ihr mittlerer Wasserspiegel liegt hier bei ca. 260 m NN (Fig. 5). Infolge der weitgehenden Denudation der Malmkarbonate im Bereich des nördlichen Beckenrandes ist zwar kein direkter Kontakt Donau-Malm gegeben, eine Exfiltration der aus tieferen Beckenbereichen aufsteigenden Wässer ist jedoch über die gut durchlässigen Basissande des Rupel und besonders über die über dem kristallinen Grundgebirge transgredierenden Linzer Sande des Egerien möglich (Fig. 2, Profil 1).

Durch den flächenhaften Aufstieg von Wässern aus tieferen Beckenbereichen wird durch den konvektiven Wärmetransport die Tiefentemperaturverteilung im nördlichen Beckenbereich in Richtung einer positiven Wärmeanomalie beeinflusst, wie ein Vergleich von Basistemperaturmessungen von im Discharge-Gebiet der aufströmenden Tiefenwässer gelegenen Bohrungen zu Bohrungen in der Innviertler Serie des Raumes Altheim-Ried zeigt (Fig. 6).

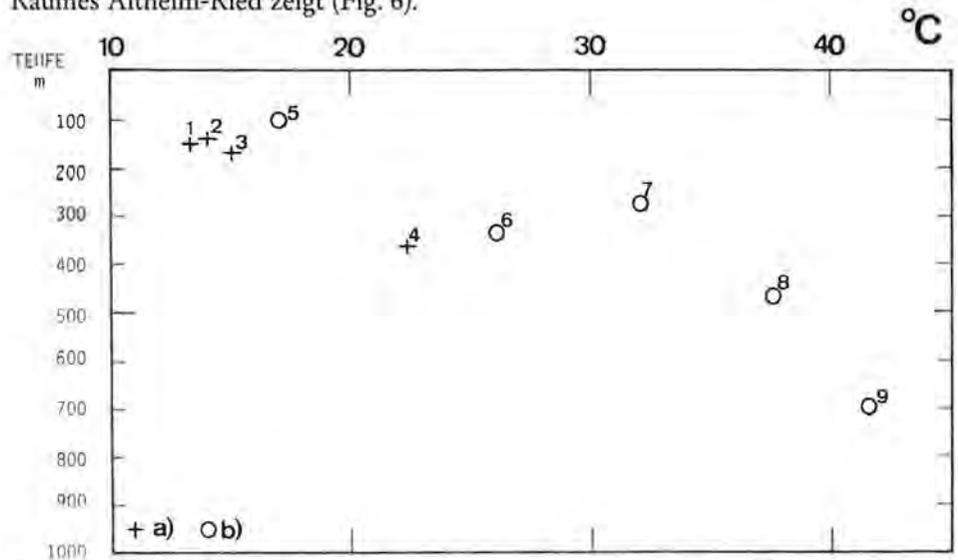


Fig. 6: Vergleich von Basistemperaturmessungen in artesischen Brunnen der Innviertler Serie des Raumes Ried-Altheim (a) und im Bereich der aufsteigenden Tiefengrundwässer (Discharge-Zone = b) gelegenen Bohrungen. - 1 = Artesischer Brunnen Mining, 2 = Artesischer Brunnen Alheim, 3 = Artesischer Brunnen Ried, 4 = Artesischer Brunnen Aurolzminster, 5 = Artesischer Brunnen St. Marienkirchen, 6 = Scharfen R. B., 7 = Wallern, 8 = Schallerbach 1, 9 = Puchberg R. B.

Aufgrund der regionalen Druckverteilung ist auch ein Abströmen von Malmwässern aus dem oberbayerischen Raum über die von Malmkarbonaten bedeckte Zentrale Schwellenzone nach Oberösterreich möglich (Fig. 5), da der Donauspiegel bei Aschach mit ca. 260 m bedeutend tiefer liegt als das bayerische Druckminimum bei Regensburg bzw. Straubing (330 m NN; vgl. G. ANDRES & H. FRISCH, 1981). In Oberbayern führt der Malm bis in große Tiefen gering mineralisierte Wässer (P. UDLUFT, 1975).

Eine Regeneration des Malmaquifers aus den hangenden Schichten, wie er von P. UDLUFT (1975), K. LEMCKE (1976) und G. ANDRES & H. FRISCH (1981) postuliert

wird, ist aufgrund der vertikalen Verteilung der einzelnen Wassertypen im Nordteil des oberösterreichischen Molassebeckens nicht denkbar, da durch ein massives Absinken der hochmineralisierten Wässer des Tertiärs der Chemismus der Malmwässer nachhaltig in Richtung höherer Salinitäten beeinflusst werden müßte.

Auch geologische Gründe sprechen hier gegen ein Herabsinken von Wässern; so werden die Malmkarbonate im Raum des nördlichen Braunauer Beckens von bis zu 2000 m mächtigen, fast durchwegs tonmergelig entwickelten Sedimenten der Haller Serie, der Oberen und Unteren Puchkirchener Serie, des Rupels und der Oberkreide bedeckt.

Die geringmineralisierte Regenerationskomponente des Malmwassers, welche aufgrund der hydrochemischen Befunde die Formationswasserkomponente zumindest um den Faktor 20 überwiegt, kann nur durch das Eindringen von Wässern aus dem Bereich des nördlichen Beckenrandes erklärt werden. Die oben beschriebenen Druckverhältnisse im Nordteil des oberösterreichischen Molassebeckens lassen eine Regeneration aus dem Raum Ortenburg und auch aus dem Kristallengebiet des Sauwaldes zu, wobei diesem Raum eine besondere hydrologische Bedeutung zukommt, da er ein Gebiet höheren hydraulischen Potentials darstellt und gleichzeitig die Wässer im Molassebecken von der Hauptvorflut Donau abschirmt. Erst nach ihrem Austritt aus dem Kristallin der Böhmischen Masse kann die Donau ihre Vorflutfunktion wieder ausüben (Fig. 5). Vermutungen über eine Alimentation des Malmaquifers aus dem Kristallengebiet um Passau finden sich bereits bei H. NATHAN (1949) und H. CRAMER (1953).

Hinweise auf eine erhöhte Wasserwegigkeit der kristallinen Gesteine im Einzugsgebiet, die auf Kluft- und Störungszonen beschränkt sein dürfte, gibt die in unmittelbarer Massivrandnähe abgeteufte Wasserbohrung Rainbach (Fig. 1), welche aus einer Tiefe von ca. 70 m aus Sanden der Innviertler Serie oder möglicherweise der Puchkirchener Serie Tiefengrundwasser mit einer Ergiebigkeit von 30 l/s aufschließt. Dieser hohe Schüttungswert zeigt, daß das Einzugsgebiet des artesisch gespannten Wassers nicht auf die hier buchtörmig in das Kristallin eingreifende Molasse beschränkt sein kann, sondern auch auf das kristalline Grundgebirge zurückgreift.

Ein Zuströmen von Wässern aus dem Becken ist aufgrund hydrochemischer und isotopenhydrologischer Untersuchungen (J. N. ANDREWS et al., in Vorb.) auszuschließen.

Im Untergrund ist mit dem Auftreten erhöhter Wasserwegigkeiten im kristallinen Basement im Bereich der großen Brüche zu rechnen, als deren Folge der direkte Kontakt der Malmkarbonate untereinander verlorengeht. Im Raum Kemating konnte durch Druckbeobachtungen in auf der Hoch- und Tiefscholle des Rieder Abbruches lozierten Sonden ein Druckzusammenhang über den Bruch hinweg nachgewiesen werden (H. POLESNY, 1983), wodurch der Beweis einer hydraulischen Verbindung gegeben ist. Dadurch erscheint eine W-E-gerichtete Tiefenwasserbewegung im Untergrund möglich.

Eine Süd-Nord-Bewegung der Malmwässer mit einer Regenerationskomponente aus dem Alpenraum, wie sie von P. UDLUFT (1975 und 1981) für das bayerische Molassebecken postuliert wird, ist für den oberösterreichischen Raum aufgrund der regionalen Verteilung der Wassertypen im Malm auszuschließen, wobei auch geologische Gründe – ebenso wie in Bayern – gegen eine Regeneration des Malmaquifers aus dem Alpenraum sprechen.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Verteilung der Wassertypen im oberösterreichischen Molassebecken beweist die Existenz verschiedener hydraulischer Stockwerke, die sich hinsichtlich ihrer Hydrodynamik stark voneinander unterscheiden.

Das hangendste Stockwerk in der Innviertler Serie ist durch einen intensiven Wasseraustausch gekennzeichnet, so daß die ursprüngliche Formationswasserkomponente vollständig geflushed ist. Die Hydrodynamik dieses Systems ist durch das hydraulische Potential der orographischen Erhebungen des Hausruck und Kobernaufßer Waldes und durch die Vorflutwirkung von Inn und Donau bestimmt. Reaktionen mit Karbonatmineralien und Ionenaustauschvorgänge sind die wichtigsten hydrochemischen Vorgänge.

Die Schichten der Haller Serie und der Oberen und Unteren Puchkirchener Serie (mit Ausnahme der Strandfazies der Linzer Sande) führen durchwegs Na-Cl-Wässer höherer Konzentration (bis 25.000 mg/l). Sie sind Formationswässer mit fehlender oder nur geringfügiger Regeneration.

Im Bereich des Beckenuntergrundes (Sandsteine des Cenoman und Karbonatgesteine des Malm) zirkulieren im seichteren Nordteil des oberösterreichischen Molassebeckens gering mineralisierte Na-HCO<sub>3</sub>-Cl bzw. Na-Cl-HCO<sub>3</sub>-Wässer, die sich hydrochemisch deutlich von den Wässern des tertiären Hangenden unterscheiden und das dritte hydraulisch-hydrochemische Stockwerk des oberösterreichischen Molassebeckens bilden. Unter besonderen geologischen Bedingungen (hydraulischer Kontakt zwischen dem Eozän und dem Malm) können auch die Schichten des Eozäns, die normal hochmineralisierte Wässer führen, in die Zirkulation gering mineralisierter Wässer einbezogen werden.

Die Hydrodynamik des Malmaquifers wird durch die Vorflutwirkung der Donau nach ihrem Austritt aus dem kristallinen Grundgebirge bei Aschach und durch die Regeneration von den Beckenrändern aus dem Raum des Sauwaldes und dem Ausstrichgebiet der Malmschichten bei Ortenburg und Vilshofen in Bayern bestimmt.

Eine Regeneration dieses mobilen Systems aus dem tertiären Hangenden ist aufgrund der vertikalen Verteilung der Wassertypen im oberösterreichischen Molassebecken nicht denkbar. Weiters scheidet eine Regeneration aus dem Alpenraum aus. Im südlichen tieferen Teil des Molassebeckens führen die Schichten des Malm und des Cenoman nur hochmineralisierte Wässer.

Mit der Intensivierung der Kenntnis der Tiefenwasserzirkulation im oberösterreichischen Molassebecken soll in keinem Fall eine Behinderung der KW-Aufschlußstätigkeit, deren volkswirtschaftliche Bedeutung außer Zweifel steht, verbunden sein. Es muß auch betont werden, daß der hydrogeologischen Forschung erst durch die rege Explorationstätigkeit nach Erdöl und Erdgas Daten über den tieferen Untergrund zugänglich wurden.

Zu einer Interessenkollision könnte es im Bereich des autochthonen Beckenuntergrundes (Karbonate des Oberjura) kommen, der durch den jüngsten Gasfund in Kinsau (Bayern) nunmehr auch für die KW-Prospektion von verstärktem Interesse ist, aber auch den Hauptträger zur Gewinnung geothermischer Energie darstellt. Einer Beeinträchtigung etwaiger KW-Lagerstätten ist daher durch Reinjektionsmaßnahmen des thermisch genutzten Wassers zu begegnen.

## Literatur

- ABERER, F. (1958): Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 50 (1957), 23–94, 1 Kte., Wien.
- ANDRES, G. & H. FRISCH (1981): Hydrogeologie und Hydraulik im Malmkarst des Molassebeckens und der angrenzenden Fränkisch-Schwäbischen Alb. – In: G. ANDRES & H. WIRTH: Die Thermal- und Schwefelwasservorkommen von Bad Gögging. Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, H. 15, 108–117, 1 Abb. 1 Beil., München.
- ANDREWS, J. N., J. E. GOLDBRUNNER, G. DARLING, P. HOOKER, G. B. WILSON & M. J. YOUNGMAN: A radiochemical, hydrochemical and dissolved gas study of groundwaters in the Molasse basin of Upper Austria. – In Vorbereitung.
- BRAUMÜLLER, E. (1959): Der Südrand der Molassezone im Raume von Bad Hall. – Erdöl-Z., 75, 122–130, 3 Taf., Wien-Hamburg.
- BÜRGEL, H. (1950): Die Struktur des Welser Gasfeldes. – Erdöl, 66/3, 33–36, Wien.
- CRAMER, H. (1953): Thermalwasser aus tiefliegenden Karsthöhlen des Bayerischen Innviertels. – Geologica Bavarica, 17, 164–177, München.
- EINSELE, G., V. JOSOPAIT, K. P. SEILER & J. WERNER (1983): Tiefe Grundwässer – Bedeutung, Begriffe, Eigenschaften, Erkundungsmethoden. – Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau, H 61, 1–107, Abb., Tab., Hamburg-Berlin.
- GRILL, R. & L. WALDMANN (1950): Zur Kenntnis des Untergrundes der Molasse in Österreich. – Jb. Geol. B. A., 94 (Jg. 1949, 1950, 1951), 1–40, 2 Taf., Wien.
- GUDDEN, H. (1983): Über Nutzungsmöglichkeiten von Erdwärme in Bayern. – Geol. Jb., C 33, 5–25, 6 Abb., 1 Tab., Hannover.
- GUDDEN, H. & J.-H. ZIEGLER (1965): Die Thermalwasserbohrungen Füssing 2 und 3 und ihre geologischen Befunde. – Geologica Bavarica, 55, 216–230, 5 Abb., München.
- KÖBL, L. & G. BEURLE (1925): Geologische Untersuchung der Wasserkraftstollen im oberösterreichischen Mühlviertel. – Jb. Geol. B. A., 75, 331–364, 5 Abb., Wien.
- KOLLMANN, K. (1977): Die Öl- und Gasexploration der Molassezone Oberösterreichs und Salzburgs aus regionalgeologischer Sicht. – Erdöl-Erdgas-Zeitschrift, 93, ÖGEW-Sonderausgabe, 36–49, 19 Abb., Wien-Hamburg.
- KOLLMANN, K. & O. MALZER (1980): Die Molassezone Oberösterreichs und Salzburgs. – In: F. BACHMAYER (Hrsgb.): Erdöl und Erdgas in Österreich. 79–201, 9 Abb., 1 Tab., 3 Beil., Wien (Naturhistorisches Museum Wien und Fa. Berger, Horn).
- KRÖLL, A. (1980): Die Molassezone Niederösterreichs. – In: F. BACHMAYER (Hrsgb.): Erdöl und Erdgas in Österreich. 202–212, 2 Abb., 1 Tab., Wien (Naturhistorisches Museum Wien und Fa. Berger, Horn).
- LEMCKE, K. (1976): Übertiefe Grundwässer im süddeutschen Alpenvorland. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., 42/103, 9–18, 4 Abb., Basel.
- MALZER, O. (1981): Geologische Charakteristik der wichtigsten Erdöl- und Erdgasträger der oberösterreichischen Molasse. Teil II: Die Konglomerate und Sandsteine des Oligozäns. – Erdöl-Erdgas-Z., 97, 20–28, 8 Abb., Hamburg.
- MOSER, H. & W. RAUERT (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. – In: G. MATTHESS (Hrsgb.): Lehrbuch der Hydrogeologie, 8, 400 S., Abb., Tab., Berlin-Stuttgart (Borntraeger).
- NATHAN, H. (1949): Geologische Ergebnisse der Erdölbohrungen im Bayerischen Innviertel. – Geologica Bavarica, 1, 1–68, 5 Abb., 1 Tab., München.
- PETTERS, V. (1936): Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen der Eurogasco im Schlier Oberösterreichs. – Petroleum, 32, H. 5, 10–12, Wien.
- POLESNY, H. (1983): Verteilung der Öl- und Gasvorkommen in der oberösterreichischen Molasse. – Erdöl-Erdgas-Z., 99, 90–102, 16 Abb., Hamburg.
- SCHMÖLZER, A. (1955): Zur Geochemie der Jod-Sole-Quellen von Bad Hall. – Chemie der Erde, 17, H. 3, 192–210, 3 Abb., 2 Tab., Jena.
- SEILER, K.-P. (1983): Tiefe Grundwässer und Faktoren, die das Absenkungsgeschehen in tiefen Grundwässern beeinflussen. – Z. dt. geol. Ges., 134, 845–855, 4 Abb., Hannover.
- STINI, J. (1950): Tunnelbaugeologie. – 366 S., 192 Abb., Wien (Springer).
- UDLUFT, P. (1975): Das tiefere Grundwasser zwischen Vindelicischem Rücken und Alpenrand. – Geol. Jb., C 11, 3–29, 12 Abb., 1 Tab., Hannover.

- UDLUFT, P. (1981): Die Süß-Salzwassergrenze Süddeutschlands als Ausdruck der Grundwasserdynamik. – Z. dt. Geol. Ges., 132, 623–636, 6 Abb., Hannover.
- WEBER, F. (1980): Zusammenfassende Beurteilung der geophysikalischen Messungen im Raum Geinberg und in der Tiefbohrung Geinberg 1. – Unveröff. Bericht, 20 S., Abb., Leoben.
- WIESENEDER, H., G. FREILINGER, G. KITTLER & G. TSAMBOURAKIS (1976): Der kristalline Untergrund der Nordalpen in Österreich. – Geol. Rdsch., 65, 512–525, 5 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- ZÖTL, J. (1978): Tiefenwasser-Nutzung und Beherrschung. – Österr. Wasserwirtschaft, 30, H. 3/4, 46–52, 2 Abb., 1 Tab., Wien.

## Summary and Conclusions

The distribution of the water types in the Upper Austrian Molasse basin proves the existence of different hydraulic levels, which differ significantly in their hydrodynamics.

The uppermost level of the Innviertel Formation shows an intensive water exchange, so that the original water components of the formation have been completely flushed. The hydrodynamics of this system are determined by the hydraulic potential of the Hausruck and Kobernauser Forest and the base level of the Inn and the Danube. Reactions with carbonate minerals and ion exchange are the most important hydrochemical processes.

The layers of the Hall Formation and the Upper and Lower Puchkirchen Formation (with the exception of the coastal facies of Linz Sands) bear Na-Cl waters of higher concentrations throughout (up to 25.000 mg/l). They are interstitial waters with no or only slight regeneration.

In the area of the basin floor (Cenomanian sandstones and Upper Jurassic carbonate rocks), slightly mineralized Na-HCO<sub>3</sub>-Cl or Na-Cl-HCO<sub>3</sub> waters circulate in the shallower northern part of the Upper Austrian Molasse basin; they clearly differ hydrochemically from the waters of the Tertiary upper layer and form the third hydraulic-hydrochemical level of this basin. Under special geological conditions (hydraulic contact between the Eocene and the Malm), the Eocene layers, which normally carry higher mineralized waters, can become involved in the circulation of slightly mineralized waters.

The hydrodynamics of the Malm aquifer are determined by the base level of the Danube after its emergence from crystalline rocks at Aschach and by the regeneration from the basin edges in the Sauwald area and the area where the Malm layers outcrop at Ortenburg and Vilshofen in Bavaria.

A regeneration of this mobile system from the Tertiary roof layers is unthinkable owing to the vertical distribution of water types in the basin. A regeneration from the Alpine area can also be excluded. In the southern, deeper part of the Molasse basin, the Malm and Cenoman layers bear only highly mineralized waters.

Better knowledge of the deep-water circulation in the Upper Austrian Molasse basin should by no means be related to a decreased exploitation of hydrocarbons, whose economic significance is beyond doubt. It should also be emphasized that data on the deeper underground became available to hydrogeological research as a result of the very active exploration for oil and natural gas.

A collision of interests could occur in the area of the autochthonous basin floor (Upper Jurassic carbonate rocks) which owing to the recent finding of gas in the Kinsau borehole (Bavaria) is now of greater interest for hydrocarbon prospecting, but at the same time is the main source of geothermal energy. A deleterious influence upon any hydrocarbon deposits should thus be countered by reinjection of water after thermal exploitation.

## Danksagung

Der Autor dankt den Herren Dr. V. JENISCH und Dr. H. POLESNY von der Rohölaufsuchungs Ges. m. b. H. für kritische Bemerkungen und die fachliche Diskussion. Herrn Prof. Dr. J. ZÖTL sei für seine stets bewiesene Bereitschaft zur Unterstützung der Arbeit ebenfalls sehr herzlich gedankt.

Anschrift des Verfassers: Dr. Johann E. GOLDBRUNNER, Institut für Geothermie und Hydrogeologie, Forschungsgesellschaft Joanneum, Elisabethstraße 16/I, A-8010 Graz, und Institut für Technische Geologie, Mineralogie und Petrographie, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.