

### III.4.4. Muttergesteine, Speichergesteine, Migration und Lagerstättenbildung in der Molassezone und deren sedimentärem Untergrund

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, in welchen Gesteinen der Molassezone sich das dort gewonnene Erdöl und Erdgas gebildet hat und etwa wo in diesem Becken und zu welcher Zeit das geschehen sein kann. Dann werden die Speichergesteine behandelt. Zu den wichtigsten Eigenschaften von Speichergesteinen zählen deren effektive Porosität (= Nutzporosität in Volumsprozentsen) und deren Durchlässigkeit (Permeabilität in Millidarcy = mD). Nähere Erläuterungen werden in den Kapiteln II.1.4.1. und II.3.5.3. gegeben.

Speichergesteine sind Naturkörper, die schon, bedingt durch die Art ihrer Entstehung, über größere Entfernungen nicht völlig homogen (gleichartig) sein können. Sowohl in vertikaler wie in horizontaler Erstreckung werden daher Unterschiede auftreten, die sich in Gestalt geänderter Porositäts- und Permeabilitätswerte äußern werden. Das bedeutet, daß z.B. ein gut poröser und permeabler Sandsteinhorizont, der eine KW-Lagerstätte enthält, in wenigen Kilometern Entfernung, geologisch bedingt, keine oder schlechte Speichergesteinseigenschaften aufweisen kann und hier daher kein Prospektionsziel darstellt.

Eine umfassende Beschreibung der wichtigen Eigenschaften eines Speichergesteins ist nur dort möglich, wo entsprechend viele Bohrkerne vorhanden sind. Porositätswerte sind auch aus einigen geophysikalischen Bohrlochmessungen ableitbar (siehe die Hauptkapitel II.3.3. und II.3.4.). Daten, die in den folgenden Unterkapiteln III.4.4.1.2. bis III.4.4.3.2. angegeben sind, bedeuten daher eine Selektion entsprechend den zur Verfügung stehenden Bohrkerne und Bohrlochmessungen.

Bei der Beschreibung der Speichergesteine ist ausdrücklich zu vermerken, daß keinesfalls alle angeführten Schichten überall, wo sie vorkommen, auch öl- oder gasführend sein müssen. Die KW-Führung

wird jedoch im Abschnitt IV.4. ausführlich beschrieben.

Schließlich wird überlegt, auf welchen Wegen die Kohlenwasserstoffe an die heutigen Fundorte gelangt sein können. Der besseren Übersicht wegen und weil es, wie man sehen wird, deutliche Unterschiede gibt, wird nach der natürlichen Dreiteilung der österreichischen Molassezone in Abschnitte westlich der Böhmisches Masse, auf dem Sporn der Böhmisches Masse (östlich Steyr bis St. Pölten) und östlich der Böhmisches Masse, vorgegangen. Einen geologischen Überblick mit den zitierten Bohrungen gibt Beilage 5.

Zum besseren Verständnis der Angaben über die Speichergesteine sollen die nachfolgenden Bemerkungen dienen.

#### III.4.4.1. Molasse westlich und südwestlich der Böhmisches Masse – Oberösterreich

von Otto MALZER

##### III.4.4.1.1. Muttergesteine

Nach mindestens 35 Jahren intensiver Suche nach KW und deren Förderung in der Molassezone, sollte eigentlich der Ursprung der Kohlenwasserstoffe bekannt sein, bietet doch wie in den Kapiteln II.1.1. bis II.1.3. beschrieben, die moderne Erdölgeochemie die Möglichkeit, Rohöle und auch Erdgase mit möglichen Muttergesteinen zu vergleichen und mit Hilfe von chemischen und isotopischen Markern den „Mutterschaftsbeweis“ mit ziemlicher Sicherheit zu liefern. In der Molasse gibt es damit zumindest im oberösterreichischen Anteil noch Komplikationen.

Der Hauptgrund dafür ist, daß nicht mehr das gesamte Sedimentbecken untersucht werden kann. Denn während der offene Vorlandteil des Beckens schon recht genau bekannt ist und aus dem Mittelteil, der unter den Alpen begraben ist, auch schon einige Daten vorliegen, wird der Südtteil des Beckens unzugänglich blei-

ben, weil er während des Vorschubes der Alpen zerstört worden ist. Bestenfalls sind noch Reste innerhalb der verschuppten Molasse unter dem Alpenkörper vorhanden. Man ist bei der Suche nach den Kohlenwasserstoff-Muttergesteinen der Molasse also im wesentlichen auf Vorlandaufschlüsse angewiesen. Die Vorgangsweise ist vorgezeichnet: Es wird die Sedimentfolge über dem kristallinen Grundgebirge auf Gesteine untersucht, die Muttergesteineseigenschaften besitzen, mögliche Muttergesteine werden auf ihre Reife überprüft und schließlich werden deren mögliche Produkte mit den vorhandenen KW verglichen.

Die Molasse westlich der Böhmisches Masse in Oberösterreich ist der bisher produktivste Teil der österreichischen Molasse, in dem sich ganz eindeutig zwei völ-

lig verschiedene „Generationen“ von Kohlenwasserstoffen nachweisen lassen. Es gibt eine chemisch und isotopisch ziemlich einheitliche Familie von Erdölen und ein dazugehöriges Erdölgas. Eine Reihe von Merkmalen, wozu das Verhältnis bestimmter Einzelkohlenwasserstoffe zueinander, oder die Anreicherung des Kohlenstoffatoms  $C^{13}$  gehört, läßt erkennen, daß alle bekannten Öle und das Begleitgas aus einem Muttergestein, oder einer Mischung von Muttergesteinen, gebildet wurden, dessen Organstoffgehalt überwiegend aus marinen Lebewesen und Algen stammte und das einen mäßigen Reifegrad, entsprechend dem Vitrinit-Reflektivitätskoeffizienten  $R_o = 0,7-0,8$  erreicht hatte. Abb. 138 zeigt das charakteristische Spektrum eines solchen Molasseöles. Daneben wird in wirtschaftlich be-

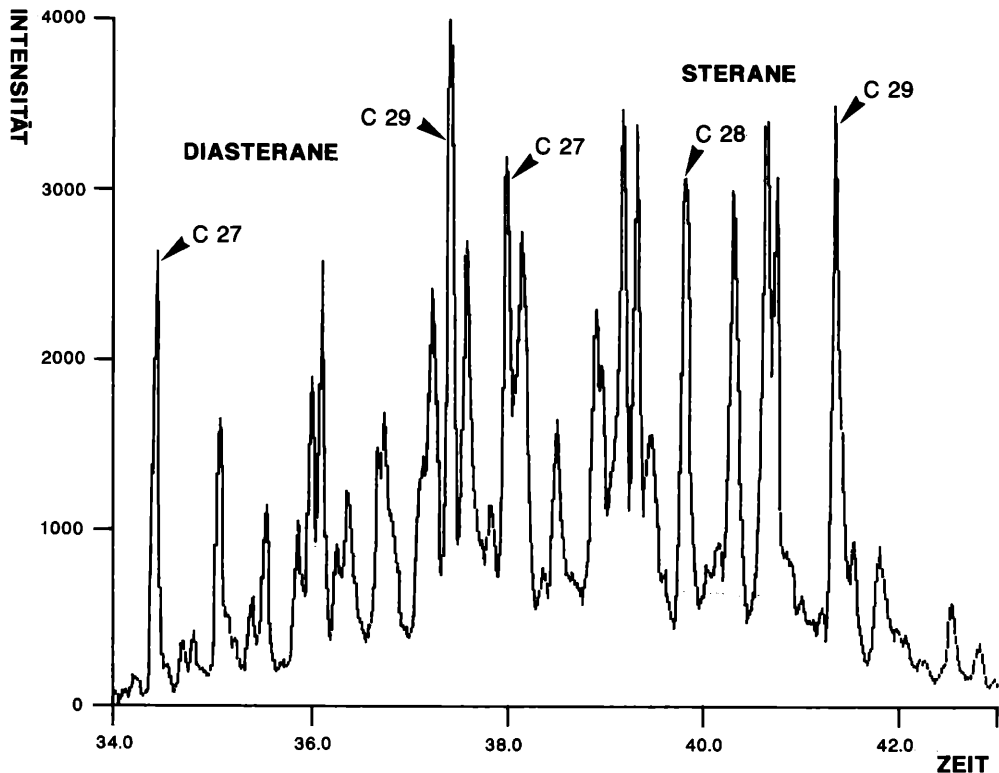


Abb. 138. Massenchromatogramm eines Obereozän-Öles aus dem Feld Ried in Oberösterreich: Das Massenverhältnis von Diasteranen zu Steranen ist für oberösterreichische Molasse-Öle sehr charakteristisch, es deutet mit anderen Merkmalen zusammen auf eine relativ geringe Reife des Muttergesteines hin. Nach M. A. NORTHAM, Dallas Research Laboratory, 1984

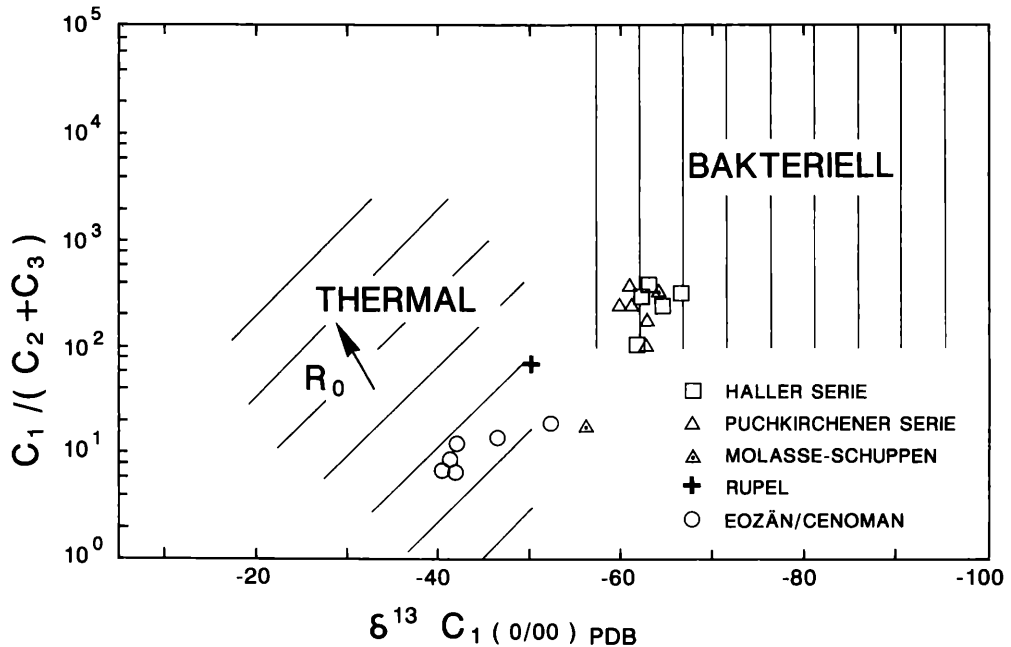


Abb. 139. Das Diagramm verdeutlicht die Unterscheidung von thermal und bakteriell entstandenen Erdgasen anhand der chemischen Zusammensetzung und der Anreicherung des Kohlenstoff-Isotopes 13, nach E. FABER 1989. Die eozän/cenomanen Gase fallen deutlich in das thermale Feld. Die Lage im rechten unteren Bereich weist auf ein eher wenig reifes Muttergestein hin. Die Gase der Puchkirchener/Haller Serie liegen knapp, aber doch deutlich im bakteriellen Bereich. Ihre Randlage hat vielleicht mit dem für bakterielle Gase relativ hohen Alter zu tun, oder deutet eine geringe Zumischung von thermalem Gas an. Die Gase im Zwischenbereich, sie stammen aus der tiefen Verschuppten Molasse, bzw. aus dem Rupel/Eozän des östlichen Oberösterreich (Steyr, Dietach) sind höchstwahrscheinlich gemischt thermal-bakteriell.

deutenden Mengen Erdgas produziert, das keinen thermalen Ursprung hat, sondern von Bakterien aus vorwiegend pflanzlich-organischen Resten gebildet worden ist. Es ist leicht an seinem hohen Gehalt an Methan (bis zu 98%) und der Armut an  $C^{13}$  zu erkennen. Das Diagramm der Abb. 139 macht die Unterschiede zwischen einem thermalen und einem bakteriellen Molassegas deutlich. Gibt es nun im bekannten Teil der Molasse zu diesen KW passende Muttergesteine?

#### Prä-Jura

Die ältesten Sedimente, Sandsteine und Tonschiefer aus dem Karbon oder der Perm-Trias-Zeit, waren schon vor Ablagerung der nächst jüngeren Gesteine des Oberjura soweit wieder abgetragen,

daß die Reste als bedeutende Lieferanten von KW nicht in Frage kommen.

#### Der Jura

Der Jura ist in Oberösterreich bis an die 600 m mächtig und besteht aus einer Sandsteinformation an der Basis (Dogger) sowie darüber mächtigen Schwamm- und Korallenkalken (Dogger/Malm). Diese Gesteine scheiden auf Grund ihres niedrigen durchschnittlichen Organstoffgehaltes als wichtige Muttergesteine aus. Die den Basissanden zwischengeschalteten Kohlenflöze mit Kohlentonen könnten bedingt als Muttergesteine für Gas gelten. In Oberösterreich ist bisher die als „Purbeck-Fazies“ bekannte Gesteinsentwicklung wenig auf Muttergesteinsseigenschaften untersucht worden. Dieser könnte man dem äußeren Ansehen nach schon ein gewis-

ses KW-Potential zumuten. Wenn diese Gesteine auch im Vorland unreif sein dürften, könnten sie im tieferen Becken KW abgegeben haben und diese ins Vorland „migriert“ sein.

Gasspuren im Juradolomit und Cenoman der Tiefbohrung Kirchham 1, deren Isotopenzusammensetzung leider nicht bekannt ist, könnten eventuell mit einem jurassischen Muttergestein in Zusammenhang gebracht werden. Bisher unbewiesen ist das Konzept, daß die organstoffreiche Tonmergelentwicklung, die im Untergrund des Wiener Beckens – also auf der Ostseite der Böhmisches Masse – die Malmkalke gegen das tiefere Becken hin ablöst und das Hauptmuttergestein der Kohlenwasserstoffe des Wiener Beckens ist, auch westlich der Böhmisches Masse vorhanden wäre und auch hier wesentlich zur Ölbildung beigetragen hätte. Diese Fazies ist bisher in Oberösterreich nicht gefunden worden und zudem sind die Öle des Wiener Beckens und der Molasse nach neuen Analysen doch zu verschieden, um denselben Ursprung zu haben.

#### Die Kreide

Kreidesedimente sind im Molasseuntergrund westlich der Böhmisches Masse weit verbreitet; sie können sehr mächtig sein (bis zu 1000 m) und sind auch überwiegend tonmergelig ausgebildet. Trotzdem kann man weitgehend sicher sein, daß aus dieser Formation kein ins Gewicht fallender Beitrag zur Ölführung der Molasse gekommen ist. Nur wenige Kernproben turonischer Tonmergel haben im Vorland ausreichende Muttergesteins-eigenschaften gezeigt, wobei die Reifung fehlt. Günstigere Bedingungen im tieferen Becken, etwa unter den Alpen, sind nicht zu erwarten.

#### Molassesedimente

Nach dem bisher Gesagten muß der weitaus größere Teil des in der oberösterreichischen Molasse geförderten Öles und des assoziierten Gases von Gesteinen der Molassefüllung selbst generiert worden sein. Die Molassefüllung umfaßt

von N nach S (siehe Vorkapitel) einige hundert bis ca. 3000 m Sedimente, die zwischen etwa 40 und 6 Millionen Jahre alt sind (Obereozän–Jüngeres Miozän). Davon kommen auch nur die Gesteine des tieferen, südlicheren Beckens und nur etwa die untersten 200 m als Erdölmuttergesteine in Frage. Diese umfassen die Schichtglieder des Eozäns und des unteren und mittleren Oligozäns (40–30 Mio Jahre). Die jüngeren Schichten sind vergleichsweise ärmer an organischem Material und sind wegen der geringeren Überdeckung und des geringeren Alters auch nie genügend aufgeheizt worden.

#### Eozän und Oligozän

Dieses ist in seinem Verbreitungsgebiet westlich der Böhmisches Masse bis 140 m mächtig, davon macht allerdings den größeren Teil der als Muttergestein unergiebige Lithothamnienkalk aus. Es bleiben die zusammen zwischen 0 und ca. 40 m mächtigen Schichtglieder der Limnischen Serie und der Cerithienschichten. Beide enthalten neben Fluß- und Küstensanden auch Kohlenflöze und begleitende kohlige Tone, die nach Analysen wenigstens zum Teil beträchtliche Gehalte an organischen Kohlenstoff aufweisen (2–6 Prozent). Allerdings ist die Zusammensetzung des organischen Materials, von der die wirkliche Muttergesteinsqualität abhängt, sehr ungleichmäßig; viel Material ist nicht fähig Öl zu bilden und allen bisher untersuchten Proben aus dem Alpenvorland ist gemeinsam, daß sie höchstens an der Grenze zur Reife liegen. Doch ist zu erwarten, daß sowohl die Limnische Serie als auch die Cerithienschichten als küstennahe Bildungen entlang der Böhmisches Masse unter die Alpen hinein verbreitet sind, wo sie in größerer Tiefe Öl und Gas generiert haben könnten. Trotzdem ist auch das Eozän zumindest nicht als Hauptlieferant des Molasseöls anzusehen. Einerseits weil künstlich aus Eozän-Kernproben durch Pyrolyse gewonnenes Öl sich deutlich chemisch und isotopisch vom Molasseöl unterscheidet, andererseits weil die Verbreitung der Muttergesteine im Eozän für die tatsächlich vor-

handenen Ölmengen zu gering wäre. Immerhin kann man annehmen, daß aus dem Eozän des tieferen Beckens zumindest ein geringer Beitrag gekommen ist.

Somit bleiben als Hauptursprung nur noch die Gesteine des Latdorfiens und des tieferen Rupeliens mit den Schichtgliedern Fischeschiefer, Heller Mergelkalk und Bändermergel übrig. Diese Sedimente sind zwischen 36 und 32 Millionen Jahre alt und sind außer im Alpenvorland auch noch in der Molasse unter den alpinen Decken weit verbreitet, was zuletzt durch die Bohrungen der ÖMV AG Grünau 1 und Molln 1d bewiesen worden ist. Besonders der Fischeschiefer (siehe Kapitel III.4.3.2.) wurde wegen seiner dunklen Farbe noch bevor der Begriff der Reife bekannt war, für das Ausgangsgestein des Erdöles in der Vorlandmolasse gehalten. Geochemische Analysen bestätigten diesen Eindruck und wiesen ihn als ausgezeichnetes Erdölmuttergestein aus. Darüberhinaus gibt es auch sehr gute Übereinstimmung zwischen künstlichem Fischeschieferöl und dem natürlichen Molasseöl, wenn man davon absieht, daß einzelne Bestandteile des Fischeschieferextraktes sehr charakteristisch für seine Herkunft aus einem unreifen Muttergestein sind. Diese Aussage stimmt mit niedrigen Vitritreflexionswerten, die an den meisten Fischeschieferproben gemessen wurden, überein. Das bedeutet, daß der Fischeschiefer der Alpenvorlandmolasse wegen seiner ausgezeichneten Muttergesteinseigenschaften, der guten Übereinstimmung mit dem Öl und der weiten Verbreitung, das ideale Ausgangsgestein des Molasseöles sein sollte, wegen der fehlenden Reife aber nicht sein kann. Da der Reifegrad aber gegen den Alpenkörper zuzunehmen scheint und das Vorhandensein des Fischeschiefers auch in tiefen Beckenteilen gesichert ist, liegt die Annahme nahe, daß der Fischeschiefer unter den Alpen seine volle Reife erreicht und dort einen Großteil des heute im Vorland geförderten Öles abgegeben hat. Relativ wenig beachtet blieb bisher die Tatsache, daß Analysen an Kernmaterial aus dem Vorland darauf hindeuten, daß auch die Mergelkalke und Kalkmergel über dem Fischeschiefer, als

Heller Mergelkalk und Bändermergel in III.4.3.2. beschrieben, zumindest teilweise Muttergesteinscharakter haben und wahrscheinlich zur Ölgeneration beigetragen haben. Damit würde die Gesamtmächtigkeit des Muttergesteins beträchtlich erhöht und die oft lückenhafte Verbreitung des Fischeschiefers ausgeglichen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß nach dem jetzigen Stand des Aufschlusses der tief-oligozäne Fischeschiefer der jetzt unter den alpinen Decken begrabenen Molasse als Hauptmuttergestein des Molasseöles und assoziierten Gases angesehen werden muß. Die nächstjüngeren Schichtglieder des Rupeliens bis zur Tonmergelstufe können einiges beigetragen haben, wobei das von ihnen gebildete Öl sich kaum vom Fischeschieferöl unterscheiden wird. Weitere, kleinere Beiträge können aus dem Eozän und vielleicht auch aus dem oberen Jura gekommen sein. Sichere Hinweise auf Kohlenwasserstoffe, die entweder aus dem Untergrund des salzburgisch-bayrischen Salzachbeckens zugewandert sind oder aus einer spekulativen tief liegenden Malm-Mergelfazies, wie im Wiener Becken, gebildet sein könnten, gibt es nicht.

#### Das biogene Gas

Aus der Puchkirchener und Haller Serie der Molasse westlich der Böhmisches Masse sind seit 1963 ca. 10 Milliarden Kubikmeter Erdgas gefördert worden; für die Zukunft kann sicher mit nochmals der gleichen Menge gerechnet werden. Dieses Gas ist nicht durch thermische Umwandlung organischen Materials, sondern durch bakterielle Aktivität entstanden und unterscheidet sich sehr deutlich durch seine chemische und isotopische Zusammensetzung von dem in der Molasse ebenfalls geförderten Erdölgas. Abb. 140 zeigt einerseits das Vorherrschen des Methans im biogenen Gas und andererseits die gegenüber dem Erdölgas geringe Konzentration des Kohlenstoffisotops  $C^{13}$ . Es ist heute bekannt, daß dieses Gas seinen Ursprung in der Puchkirchener- bzw. Haller Serie selbst hat und sein Vorkommen dort eng mit der Ablagerungsweise der

Puchkirchener/Haller Gesteine verbunden ist.

Biogenes Methan, das auch weltweit große Bedeutung hat und etwa 20% der gesamten Erdgasreserven ausmacht, entsteht in einer komplizierten Abfolge von Umwandlungsschritten von im Sediment fein verteilten organischen Material durch Mikroorganismen. Der letzte Schritt ist die Umwandlung von Kohlendioxyd zu Methan. Dies geschieht bald nach Ablagerung des Sedimentes durch Bakterien, die keinen Sauerstoff, aber auch nicht die Gegenwart von Sulfatlösungen dulden. Ein Mindestgehalt von ca. 0,5% organischem Kohlenstoff im Sediment ist erforderlich. In Süßwassersedimenten beginnt die Methanbildung wegen des Fehlens einer Sulfatzone dicht unterhalb der Sedimentoberfläche, weshalb das neugebildete Methan, wie in jedem Sumpf zu beobachten ist, sofort in das Wasser und die Atmosphäre entweichen kann.

Die Anreicherung von biogenem Methan ist daher fast nur in marinen Sedimenten möglich, wo die Methanbildung erst unterhalb der Sulfatzone, mehrere Meter im Sediment beginnen kann. Große Wassertiefe, Ablagerung großer Sedimentmassen bei rasch sinkendem Becken und ein intensiver Wechsel von tonigem und sandigem Sediment sind Faktoren, die die Akkumulation von biogenem Methan zu Lagerstätten sehr begünstigen. Solche Verhältnisse stellen sich in der Molasse im mittleren Rupelien (-32 Mio Jahre) ein, erreichten einen Höhepunkt zur Zeit der Puchkirchener Serien (-29 bis -23 Mio Jahre) und reichten bis ins Untere Miozän (-20 Mio Jahre), also die Ablagerungszeit der tieferen Haller-Serie. Genau auf dieses stratigraphische Intervall beschränken sich die Vorkommen von biogenem Gas in der Molasse. Auf Grund ihres relativ niedrigen durchschnittlichen Gehaltes an organischem Kohlenstoff und der fehlenden Reife (geringes Alter – geringe Tiefe) ist in diesen Gesteinen kein thermisches Gas generiert worden, allerdings ist es in einigen Lagerstätten zur Vermischung von biogenem und Erdölgas gekommen.

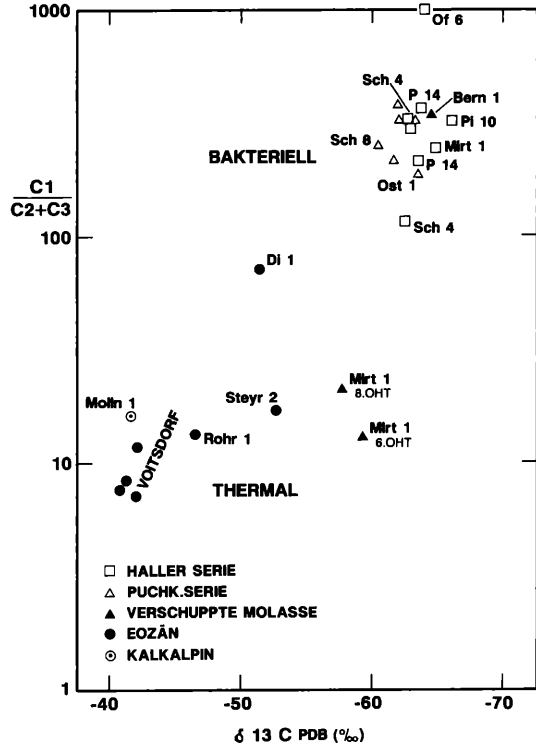


Abb. 140. Diese Darstellung betont gegenüber Abb. 139 die Vorherrschaft von Methan, erkennbar an der hohen Verhältniszahl C1 zu C2+C3, in den bakteriellen Gasen des Oligozän/Miozän der oberösterreichischen Molasse. Dietach 1, aus dem östl. Oberösterreich, enthält offenbar eine starke Zumischung von thermischem Gas.

#### III.4.4.1.2. Speichergesteine

Die Molassezone ist auf Grund ihrer geologischen Geschichte als Vortiefe der Alpen, in die gigantische Massen an alpinem Abtragsmaterial geschüttet wurden, eine Provinz der Sandsteinspeicher. Nur ganz untergeordnet sind Karbonate des mesozoischen Untergrundes beteiligt. Wieder sind die Verhältnisse in den drei Molasseabschnitten etwas verschieden.

In der Molasse westlich der Böhmisches Masse (Oberösterreich) sind nahezu alle in Frage kommenden Speichergesteine bereits produktiv. Im Durchschnitt sind sie eher geringmächtig und zeigen einen komplizierten Aufbau und differenziertes Produktionsverhalten, was sich jedoch oft erst nach längerer Fördergeschichte erweist.

### Prä-Jura

Die ältesten Speicher(= Träger)gesteine könnten vielleicht jungpaläozoische Sandsteine und Arkosen sein, die unterhalb des Dogger der Tiefbohrung Hochburg 1 in West-Oberösterreich angetroffen wurden, sowie Sandsteine unterhalb des Eozäns der Bohrung Perwang 1 in SW-Oberösterreich. In beiden Fällen liegt die Porosität bei nur etwa 6–10%. Der „Hochburg-Sandstein“ füllt wahrscheinlich eine vor-mesozoische Senke aus und könnte in fernerer Zukunft Bedeutung erhalten; die Verbreitung des Sandsteins von Perwang ist völlig unbekannt.

### Dogger-Sandstein

Das in Oberösterreich älteste Schichtglied des Mesozoikums über dem Kristallin – der Dogger-Sandstein – ist bisher in zwei Ölfeldern, Voitsdorf und Oberaustall, produktiv. Hier sind Flußsande, zum Teil als Arkosen, die insgesamt etwa 10 m mächtig sind und in zwei bis drei Ablagerungseinheiten zerfallen, ölführend. Porosität und Permeabilität, als die wichtigsten Reservoireigenschaften, sind mit etwa 15% und 50–200 mD einigermaßen günstig. Von Voitsdorf nach W sind Dogger-Sandsteine fast überall vorhanden, die Mächtigkeit kann bis zu 60 m betragen. Zuletzt ist die Einheit auch durch einige Bohrungen unter dem Alpenkörper nachgewiesen worden, etwa in Molln 1 d (ÖMV AG), dort jedoch durch starke Kompaktion und Verklebung der Poren mit Kalzit nicht speicherfähig.

Die bis zu 1000 m mächtige Kreideabfolge des Molasse-Untergrundes enthält drei Schichtglieder, die als Erdöl- und/oder Gasträger auftreten.

### Cenoman-Sandstein

Der Cenoman-Sandstein, der die Karstoberfläche des Malmkalkes überlagert und als etwas ältere Schutzfelschichten auch oft Karstspalten im Kalk ausfüllt, ist abgesehen von einigen Erosionsinseln, weit verbreitet. Die mit Ausnahme der Karstfüllungen marinen Sandsteine sind insgesamt bis zu 60 m mächtig

und im Durchschnitt etwa zur Hälfte speicherfähig ausgebildet mit Porositätswerten bis zu 17% und Permeabilitäten zwischen etwa 10 und 400 mD.

Meist ist auch eine Unterteilung in mehrere Ablagerungseinheiten möglich und besonders die jüngsten Horizonte sind, wie im Ölfeld Trattnach, oft stark durch Kalzit zementiert. Auch die Minerale Glaukonit, dem das Gestein die meist grüne Farbe verdankt, und Chlorit aus der Umwandlung von dunklem Glimmer (Biotit) lassen zusammen mit sehr variabler Körnung die Speichereigenschaften des Cenomans sehr rasch wechseln. In der Nähe der Kristallininsel des östlichen Oberösterreichs scheinen die Porosität und noch mehr die Durchlässigkeit durch Kaolinit, der aus dem Zerfall von Feldspatkörnern entsteht, reduziert zu sein. Aus Cenoman-Sandsteinen wird oder wurde in 10 Öllagerstätten des Vorlandes gefördert. Mit Grünau 1 (ÖMV AG) wurde ebenfalls in einem Cenomansandstein die erste subkalkalpine Öllagerstätte erschlossen. Im SW Oberösterreichs, südlich der zentralen Schwellenzone, ist das Cenoman vorerst nicht speicherfähig, doch tritt hier eine etwas ältere Sandsteinfolge auf (Apt = 110 Mio Jahre), die als Trägergestein in Frage käme.

### Unterturon-Glaukonit-Sandstein

Nur durch 10 bis 15 m Tonmergel vom Cenoman getrennt tritt über diesem in Teilen des Alpenvorlandes eine Sandsteinentwicklung des Unterturons auf, die bisher nur im Feld Voitsdorf Öl führt. Nach der starken Glaukonitführung wird diese Fazies Unterturon-Glaukonit-Sandstein genannt. Diese vollmarine Sandsteinabfolge ist im Durchschnitt 15 m mächtig, hat tonige Zwischenlagen und zeigt teilweise sehr gute Porosität bis ca. 21%, jedoch praktisch keine Durchlässigkeit, was z. T. auf das Verkleben der Porenverbindungen durch den Glaukonit und stärkere Kalzitmentation zurückzuführen ist. Versuche, die Wegsamkeit auf technischem Weg zu verbessern, haben bisher noch zu keinem durchschlagenden Erfolg geführt.

### Oberturon-Sandstein

Wirtschaftliche Bedeutung als Öl- und Gasträger hat, nur im Osten von Oberösterreich W der Enns, eine sehr mächtige, bis über 200 m erreichende Abfolge von Sandsteinen des Oberturons, die an einigen Gaslagerstätten beteiligt ist. Diese Ablagerung ist an die Nähe der Böhmisches Masse als Schuttlieferant gebunden, über die Art der Ablagerung besteht keine völlige Einigkeit. An dieser Stelle interessiert nur, daß diese Abfolge in zahlreiche Einzelschüttungen aufgesplittet ist, von denen viele ausgezeichnete Reservoirqualität haben. In der Bohrung Stadtkirchen 1 z. B. ist die Oberturonsandsteinfolge 101 m mächtig, davon sind 23 Einzelsandsteinlagen mit zusammen 32 m Dicke porös. Bis zu 23% Porenraum wurde gemessen, die Durchlässigkeit reicht bis zu mehreren 100 mD. Diese Sandsteine sind/waren in den Feldern Thann, Teufelsgraben-Stadtkirchen und Wirnzberg-Wickendorf produktiv.

### Campan-Sandstein

Im nordwestlichen Oberösterreich, im Bereich der Thermalbohrungen bei Obernberg am Inn und Geinberg 1, enthalten die jüngsten flachmarinen Campanablagerungen im Vorland ebenso mächtige Sandsteinabfolgen (bis 300 m) wie das Oberturon im Osten, die genau so gut als Kohlenwasserstoffträger geeignet wären. So sind in Geinberg 1 und Obernberg 1 bei 200 m Mächtigkeit dieser Sandsteinserie über die Hälfte als Speicher geeignet (bei ca. 23% Porosität). In diesem Raum sind jedoch bislang keine Kohlenwasserstofflagerstätten gefunden worden.

### Obereozän

Von den eigentlichen Molassegesteinen, also der tertiären Sedimentfüllung des Molassebeckens, stellt das älteste Schichtglied zugleich das in der Molasse westlich der Böhmisches Masse wichtigste und am weitesten verbreitete Erdöl- und Erdgasträgergestein dar – wir sprechen von den Sandsteinen des Obereozäns. Bekanntlich handelt es sich dabei zuerst

um z. T. recht grobkiesige Flußsande, dann aber um Wattablagerungen oder Küstensande. Dementsprechend uneinheitlich ist ihre Ausbildung, doch besitzen sie generell gute Reservoirqualität. Die Gesamtmächtigkeit übersteigt 30 m nur selten und liegt im Durchschnitt eher bei 10 bis 15 m. Die Porosität wechselt zwischen 12–25% und die Durchlässigkeit reicht von wenigen mD bis zu 2000 mD in dünnen Lagen. Besonders Flußsande und Sandfüllungen von Gezeitenkanälen verursachen durch ihre bandförmige Gestalt schwierige Verhältnisse bei der Förderung. So läßt diese Art der Sandsteinverbreitung die größte Öl- und Gaslagerstätte von Oberösterreich, Voitsdorf, aus vielen, unvollständig verbundenen Teilen zusammengesetzt erscheinen. Im Bereich der Küstensande ist die Speicherkontinuität im allgemeinen besser. Die Lithothamnienkalke des Obereozäns enthalten im unteren Teil noch Sandsteinzwischenlagen, die, wenn der Porenraum nicht durch Kalkzement reduziert ist, in einigen Fällen Öl produziert haben. Die Ölproduktion aus dem Lithothamnienkalk selbst ist bisher mengenmäßig ebenfalls unbedeutend.

Das Obereozän ist oder war in etwa 30 Öl- und z. T. auch Gaslagerstätten der oberösterreichischen und ostbayrischen Molasse produktiv. Da das Eozän, wie in Kapitel III.4.3.2. geschildert, über verschiedene Gesteine des mesozoischen Untergrundes hinweggreift, überlagert es an einigen Stellen Speichergesteine der Kreidezeit und bildet mit diesen gemeinsame Speicher, so in den Lagerstätten Teufelsgraben-Stadtkirchen, Wirnzberg-Wickendorf, Rohr, Voitsdorf und Kemating. Abhängig von der Speichermächtigkeit und der Durchlässigkeit erlauben die Lagerstätten des Obereozäns Förderraten von 5 bis ca. 50 Tonnen Flüssigkeit pro Tag.

### Latdorfien/Rupelien

Einzelne meist dünne Sandsteinlagen im Verband der Latdorfien- bzw. Rupelien-schichtglieder Fischschiefer, Heller Mer-



gelkalk und Bändermergel haben keine wirtschaftliche Bedeutung.

Eine bedeutende Sandsteinentwicklung, die auch mit einer Anzahl von Bohrungen untersucht worden ist, gibt es stratigraphisch über dem Eozän wieder im ehemaligen Küstenbereich des Rupelienmeeres, südlich der Böhmisches Masse, etwa zwischen Wels-Scharten und dem Inn S von Schärding. Es handelt sich dabei um wenig verfestigte Sandablagerungen von einigen Metern Mächtigkeit mit hoher Porosität (>30%) und Durchlässigkeit, die altersmäßig etwa dem Hellen Mergelkalk entsprechen. Anfang der Achtziger Jahre wurden in diesen Sanden zwei kleine Lagerstätten mit hochviskosem Schweröl gefunden, Eggerding und Kurzenkirchen, deren Abbau aber unwirtschaftlich war. Auch das langbekannte Schwerölvorkommen Leoprechting ist an solche Sande gebunden. Die Unwirtschaftlichkeit der Förderung dieser Lagerstätten ist nur durch die schlechte Rohölqualität bedingt, die ihrerseits auf den teilweisen Abbau dieser Öle durch Bakterien zurückgeht.

#### Puchkirchener Serie

Die bisher besprochenen Speichergesteine haben alle die Böhmisches Masse als Sandliefergebiet und die Entstehung als Fluß- oder Flachmeersedimente gemeinsam. Darüber hinaus wird aus allen überwiegend Erdöl gewonnen, das in anderen Schichten gebildet worden ist.

Von diesen Schichten unterscheiden sich grundsätzlich die Speichergesteine der Oberen und Unteren Puchkirchener Serie und der Haller Serie (Oberoligozän-Untermiozän = 29–20 Mio Jahre), die, wie wir wissen, in die Tiefsee verfrachteten alpinen Schutt aus dem Süden darstellen. Entsprechend der Ablagerungsweise aus Trübeströmen oder aus submarinen Muren, liegt dieser Schutt in Form von übereinandergestapelten Sandsteinlagen oder unregelmäßigen Konglomeratmassen vor. Die Konglomerate haben entweder Sand oder Ton als Bindemittel. Die Grobschüttungen sind voneinander durch Tonmergel getrennt und auch seitlich gehen sie meist in solche über. Aufaddiert

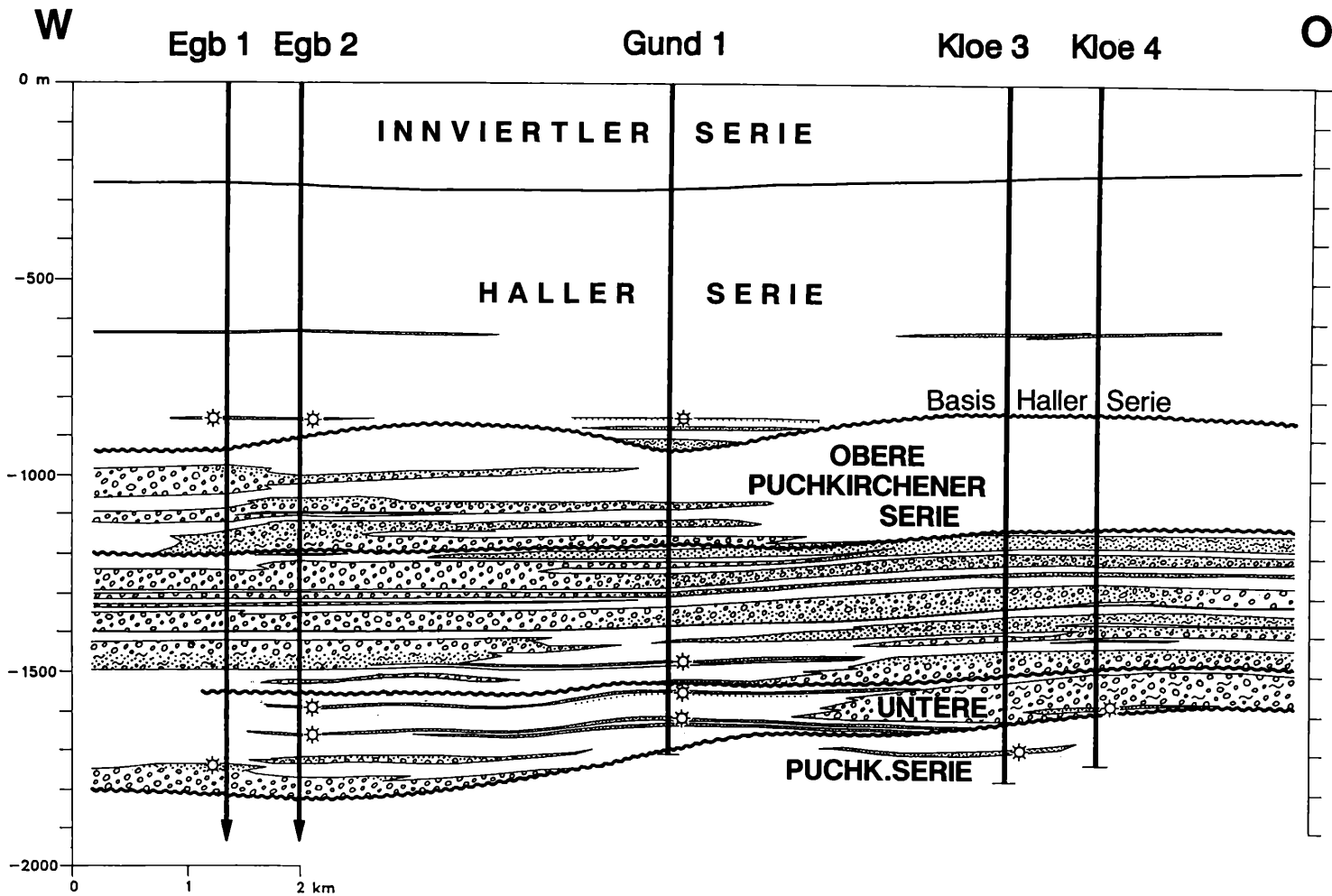
erreicht die Grobsedimentabfolge der Puchkirchener Serie bis zu 1000 m Mächtigkeit, dies allerdings nur am Alpenrand im Süden, wo sie zeitlich schon im Rupelien beginnt. Nach Norden wird die Abfolge jünger und geringer mächtig und wird schließlich entlang einer annähernd Ost-West von Steyr zur bayrischen Grenze bei Burghausen verlaufenden Linie völlig von Tonmergelsedimenten abgelöst. Abb. 137 zeigt das Ablagerungsmodell der Puchkirchener Serie.

Als Trägergesteine kommen in dieser Serie nur die Sandsteine und dazu Konglomerate mit sandigem Bindemittel in Frage. Abb. 141 illustriert am besten den charakteristischen, vielschichtigen Aufbau eines Puchkirchener Serien-Speichers und läßt auch den raschen seitlichen Gesteinswechsel erkennen. Durchschnittlich sind nur etwa ein Viertel einer Sandsteinabfolge porös, die Porosität liegt im Schnitt bei 17%. Die Durchlässigkeit übersteigt selten 100 mD. Diese eher geringen Werte haben mit der überwiegend schlechten Kornsortierung der Puchkirchener Gesteine zu tun, bzw. mit der Anreicherung von tonigem Bindemittel oder Kalzitzement in den Porenräumen.

Die Trägergesteinsqualität der gestörten oder verschuppten Puchkirchener Serie am Alpenrand, bzw. unterhalb der alpinen Decken, ist noch wenig untersucht, da es in dieser Einheit bisher keine wirtschaftlichen Lagerstätten gab. Erfolgreiche Förderversuche in zwei Tiefbohrungen, Mühlreith 1 bei St. Georgen im Attergau und Berndorf 1 in der Nähe des Mattsees im Land Salzburg, haben aber kürzlich gezeigt, daß Porosität und Durchlässigkeit trotz der tektonischen Beanspruchung erhalten geblieben sein können.

#### Haller Serie (Untermiozän – Eggenburgien)

Diese Formation enthält die jüngsten produktiven Speichergesteine der Molasse westlich der Böhmisches Masse. Vereinzelt gibt es an der Basis noch Konglomerate wie in der Puchkirchener Serie, als Trägergesteine haben aber fast nur Sandsteine Bedeutung. Diese sind vorwie-



III. 4. 4.

Abb. 141. Dieser Profilausschnitt zeigt die komplizierte räumliche Verteilung von Tonmergeln (weiß), Sandsteinen und Konglomeraten im Bereich der Puchkirchener Serie. Die vielfachen Verzahnungen von porösen und dichten Gesteinen bilden eine Vielzahl von oft kleinen stratigraphischen Gasfällen (Sonnensymbole). Auch die Rolle von unterseeischen Erosionsvorgängen als Anlagerungs- und Begrenzungsflächen von Speichergesteinen ist gut zu erkennen. (Nach E. POBER)

gend sehr feinkörnig, aber dennoch, wegen der im Durchschnitt geringeren Tiefenlage und der dadurch schwächeren Kompaktierung, wesentlich besser porös als die Sandsteine der Puchkirchener Serie. Die Durchschnittsporosität beträgt etwa 22%, Spitzenwerte von 30% sind bekannt. Die Durchlässigkeit reicht bis zu einigen 100 mD, sehr dünne Sandsteinlagen sind aber oft undurchlässig. Bezeichnend für die Haller Serie ist das Auftreten von Gruppen von Sanden, deren Einzellagen oft nur 0,2 bis 1,0 m mächtig sind und die auch oft keine große flächenmäßige Ausdehnung haben. Sandsteinablagerungen von mehr als 7 m Mächtigkeit kommen vor, sind aber eher Ausnahmen.

Im Gegensatz zur Puchkirchener Serie sind Sandsteine in der Haller Serie im gesamten Vorlandbecken verbreitet (siehe Abb. 181, Kapitel IV.4.1.) und haben deshalb, obwohl sie andererseits auf die tiefsten 200 m der Serie beschränkt sind, große Bedeutung als Gasträgergesteine. Am Aufbau der Molasse-Schuppenzone sind sie nicht beteiligt.

Die jüngere Molassefüllung enthält in großer Zahl weitere speicherfähige Sandsteinablagerungen, die jedoch als Kohlenwasserstoffträger nicht mehr in Frage kommen. Zum einen scheint in ihrem Einzugsbereich kein Gas mehr gebildet worden zu sein, zum anderen würde ihnen meist auch die dichte Abdeckung fehlen.

#### III.4.4.1.3. Migration und Lagerstättenbildung

Sowohl östlich als auch westlich des Kristallinsporns der Böhmisches Masse haben Muttergesteine als auch Speichergesteine der dort geförderten Erdöle und Erdölgase verschiedene geologische Alter. Die Speicher können sowohl älter als auch jünger als die Muttergesteine sein. Dazu kommt noch, daß in beiden Gebieten Kohlenwasserstoffe z. T. dort auftreten, wo es keine reifen Muttergesteine gibt. Daraus folgt, daß in beiden Gebieten die thermisch gebildeten Kohlenwasserstoffe über beträchtliche Distanzen gewandert – eben migriert sein müssen.

Dasselbe gilt für den seichten Molassebereich über dem Kristallinsporn, wohin Öl oder Gas nur über große Entfernung eingewandert sein kann.

Wie bereits im Kapitel über die Muttergesteine festgestellt, gibt es in der Molasse westlich der Böhmisches Masse getrennte Generationen von Erdöl und Erdöl-gas einerseits und biogenem Gas andererseits, die auch hinsichtlich der Migration getrennt behandelt werden müssen. Abb. 142 zeigt die Verteilung der Öl- und Gaslagerstätten im mesozoischen Beckenuntergrund und im Eozän westlich der Böhmisches Masse und dazu die wichtigsten vortertiären und tertiären Störungssysteme. Die violette Linie im Süden markiert außerdem noch den ungefähren Übergang vom unreifen zum reifen Stadium des Fischeschiefers, als dem wahrscheinlich wichtigsten Herkunftsgestein.

Man erkennt, daß fast alle Ölvorkommen außerhalb der Reifezone liegen, die nördlichsten bis zu 50 km von deren Grenze entfernt. Da der Großteil des Öls wahrscheinlich weit südlich der Reifegrenze entstanden ist, ergeben sich Migrationsweiten bis zu 75 und mehr Kilometern. Zunächst jedoch muß das Öl im Entstehungsgebiet, im Fachjargon gerne als „Ölküche“ bezeichnet, aus dem Muttergestein in die Speicher gelangt sein. Da in diesem Molasseteil alle ölführenden Speicher älter als der Fischeschiefer sind und in der Schichtfolge unter diesem liegen, muß das generierte Öl, das seinem geringen spezifischen Gewicht entsprechend nur aufwärts wandert, die im ganzen Becken zahlreichen, nach Süden gerichteten Schichtversetzungen (Brüche) benützt haben, um vom Fischeschiefer in die porösen Eozänsandsteine einzudringen. Abb. 143 zeigt schematisch, wie eine solche Schichtversetzung Fischeschiefer mit Eozän-Gesteinen in Kontakt bringt und so dem Öl den Übertritt erlaubt. Waren die Versetzungsbeträge hoch genug, mag Öl gelegentlich direkt vom Fischeschiefer auch in ältere Sandsteine der Kreide und des Jura gelangt sein. Die Ölwanderung folgte danach den Eozänspeichern beckenrandwärts in nördliche Richtung und benützte die Bruchsysteme (= Schichtver-

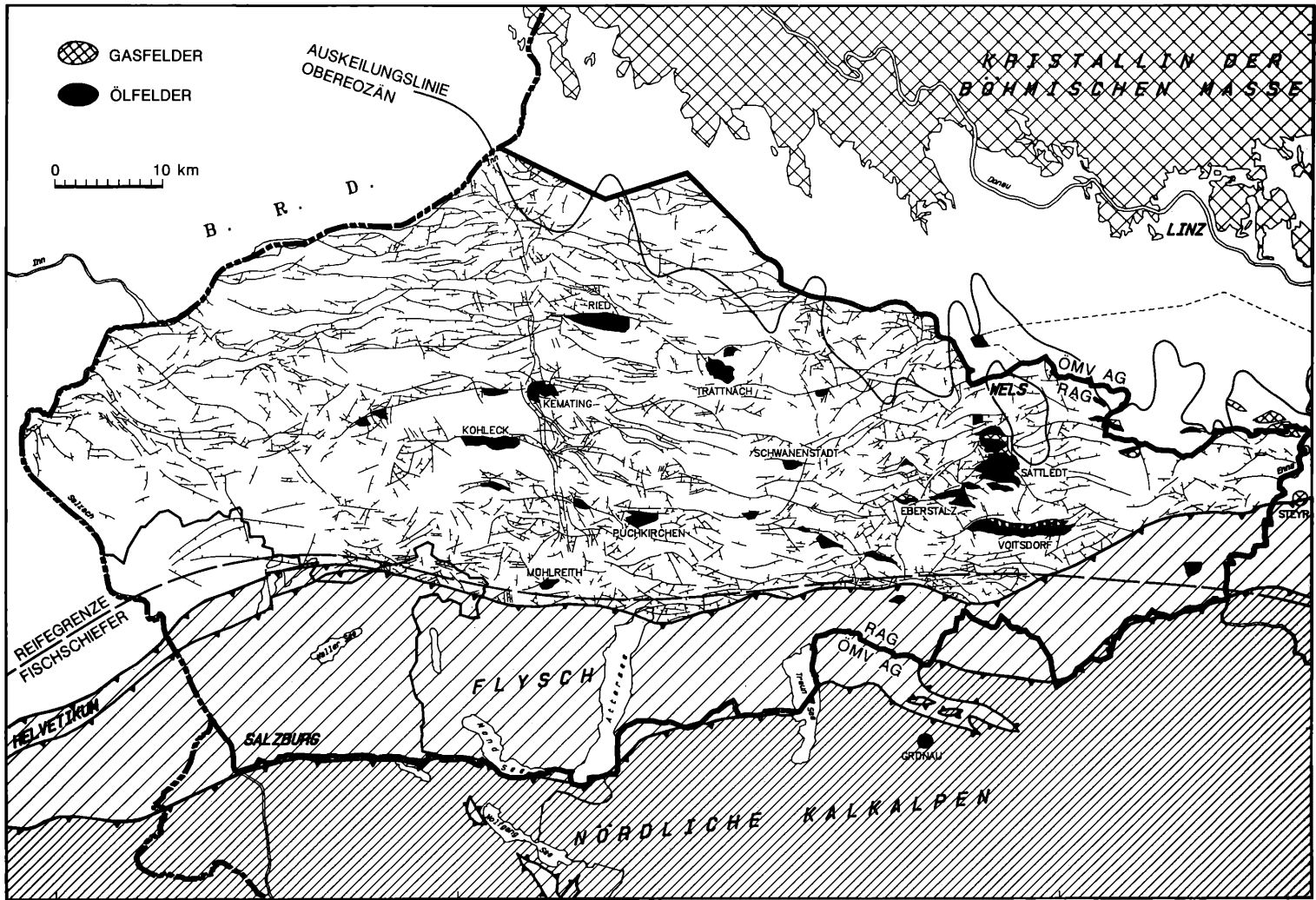


Abb. 142. Verteilung der Öl- und Gaslagerstätten im Mesozoikum des Beckenuntergrundes und im Obereozän westlich der Böhmisches Masse. Dazu die wichtigen Störungssysteme, die nördliche Verbreitungsgrenze des Eozäns und die ungefähre nördliche Reifegrenze des Fischeischiefer.

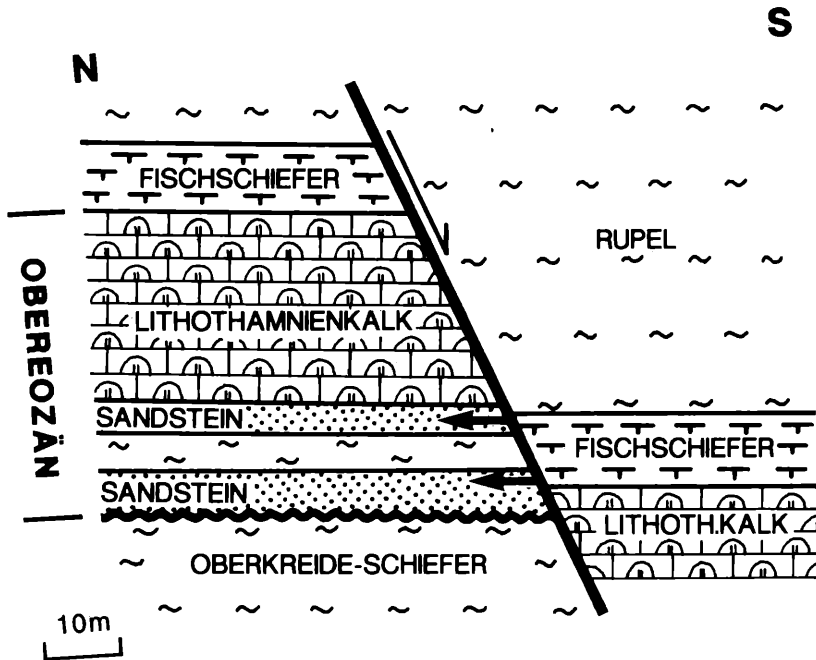


Abb. 143. Schema einer „Migrationsbrücke“ von jüngerem Mutter- in älteres Speichergestein: ein Absinken des Latorf-Fischschiefers um ca. 35 m an einer synthetischen (= mit der Beckenflanke geneigten Verwerfung) erlaubt den Übertritt von im Fischschiefer gebildetem Öl oder Gas in den geologisch älteren Eozänsandstein

setzungen) des Vorlandes zur weiteren Verteilung auch in die älteren Speichergesteine. Wo Brüche nach Norden zeigen, versetzen sie Speicher gegen dichte Tonmergel des Rupelien und hinderten gewisse Ölmengen am weiteren Vordringen. Praktisch alle Molasselagerstätten entstanden an solchen Stellen. Die Verteilung der Lagerstätten deutet Häufungen und lineare Trends an, die darauf hinweisen, daß die Migration Zonen besonders guter Speicherentwicklung, wie im Bereich Voitsdorf-Sattledt, oder dem aufgekipperten Abbruchrand entlang eines vortertiären N-S Bruches, wie im Trend Hörgersteig-Kemating, bevorzugt gefolgt ist.

Im Bereich der Vorlandmolasse fehlen bisher Öllagerstätten in den Speichern der Puchkirchener Serie, woraus man auf das Fehlen von Brüchen, die Eozän und Puchkirchener Serie verbinden könnten, schließen kann.

Keine einleuchtende Erklärung gibt es derzeit noch für das Fehlen von Gaskap-

pen im westlichen Oberösterreich. In den östlichen Feldern Oberösterreichs nahe dem Kristallinsporn, die fast durchwegs Gaskappen besitzen, gibt es deutliche Anzeichen dafür, daß dem Erdöl-gas biogenes Gas aus der Puchkirchener Serie beige-mischt ist. Möglicherweise ist dort Gas aus der verschuppten Molasse in die Kreide/Eozänspeicher des Vorlandes übergetreten. Umgekehrt scheint im Bereich der verschuppten Molasse auch die Beimischung von Öl zu biogenem Gas zu beobachten zu sein.

Über die Zeit der Erdölbildung und -wanderung in der Molasse westlich des Kristallinsporns sind noch keine endgültigen Aussagen möglich, aus verschiedenen Hinweisen wird jedoch angenommen, daß die Muttergesteine in dem heute unter den Alpen begrabenen Beckenteil das Reifestadium im höheren Oligozän bis tieferen Miozän erreicht haben sollten, als das System von Bruchstrukturen im Vorland schon sein Endstadium erreicht hat-

te. Zu dieser Zeit müßte auch bereits die Migration nordwärts zum Beckenrand eingesetzt haben. Da man dort deutliche Ölsuren noch in quartären Terrassenschottern vorfindet, muß die KW-Wanderung zumindest bis ins Pleistozän angehalten haben.

Die Bildung des biogenen Gases erfolgte schon bald nach Ablagerung der gasführenden Gesteine der Puchkirchener und Haller Serie, die Wanderung von den Tonmergeln in die Speicher erstreckte sich aber über einen längeren Zeitraum und kam vielleicht erst im Laufe der jungtertiären Alpenhebung zum Abschluß.

Literaturauswahl für das Kapitel III.4.4.1.:

ABERER, F. 1958, 1960 und 1962; ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E. 1949; BRAUMÜLLER, E. 1959 und 1961; BÜRGL, H. 1950 a; DIWALD, O. 1969; GRILL, R. 1937; JANOSCHEK, R. 1961; KOLLMANN, K. 1966 und 1977; KOLLMANN, K. & MALZER, O. 1980; KURZWEIL, H. 1973; LEMCKE, K. 1984; MALZER, O. 1981; NACHTMANN, W. & WAGNER, L. 1987; PETERS, V. 1936; POLESNY, H. 1983; WAGNER, L. 1980; WAGNER, L., KUCKELKORN, K. & HILTMANN, W. 1986.

#### **III.4.4.2. Molasse und deren Untergrund auf dem Sporn der Böhmisches Masse im Raum östlich Steyr–St. Pölten, westliches Niederösterreich**

von Friedrich BRIX

Unter „Sporn“ der Böhmisches Masse versteht man jenen Teil dieser geologischen Großeinheit in Niederösterreich, der an der Oberfläche etwa zwischen Enns und St. Pölten am weitesten nach Süden reicht. Diese altpaläozoischen Kristallingesteine erstrecken sich dann unterirdisch, d. h. unter der Molassezone und, soweit vorhanden, unter dem Autochthonen Mesozoikum wohl bis zum Südrand der Nördlichen Kalkalpen.

Zum besseren Verständnis sowie zur Ergänzung wird auf die Hauptkapitel III.4.1. bis III.4.3., das Kapitel III.4.4.1., die Abschnitte III.6., IV.4. bis IV.6. sowie die Tabellen 13 bis 16 hingewiesen.

#### **III.4.4.2.1. Muttergesteine**

Für die Beantwortung der Frage nach dem Vorhandensein von Muttergesteinen auf dem Sporn der Böhmisches Masse und seiner Südfortsetzung bis unter die Nordalpen ist es zweckmäßig, eine regionale Unterteilung in drei, etwa West–Ost streichende Bereiche vorzunehmen und zwar in einen nördlichen, mittleren und südlichen Bereich.

Der nördliche Bereich umfaßt die obertags anstehende Molassezone einschließlich der gestörten und Subalpinen Molasse vom Südrand der Böhmisches Masse bis zum Nordrand der Flyschzone im Süden.

Verfolgt man von Oberösterreich her die Schichtfolge der Sedimente vom Liegenden zum Hangenden gegen Osten, so ist festzuhalten, daß das Autochthone Mesozoikum (Jura und Kreide) zuletzt in der Bohrung Steyr 1 (mit Kreidegesteinen) auftritt. Die unmittelbar östlich davon liegende Bohrung Steyr 2 sowie die nordöstlich liegende Bohrung Hainbuch 1 haben dagegen keine Gesteine des Autochthonen Mesozoikums mehr angetroffen.

Die ältesten Sedimente der Molassezone, die obereozänen Sandsteine, wurden zwar in Hainbuch 1 noch erbohrt, weiter nach Osten hin fehlen auch diese.

Ein wichtiges Muttergestein in Oberösterreich sind die Fischschiefer des Latdorfiens. Dieses Schichtglied ist in Steyr 1 noch 13 m mächtig, auf dem Südsporn der Böhmisches Masse wurde es nicht mehr aufgefunden.

Eine etwas andere geographische Verbreitung hat dagegen die Schichtfolge des Rupeliens. Heller Mergelkalk, Bändermergel und die Tonmergelstufe sind in den Bohrungen Behamberg 1 und Hainbuch 1 noch vorhanden. In den Bohrungen Seitenstetten 1 und Ulmerfeld 1 ist jedoch diese Gliederung nicht mehr zu erkennen; es findet ein Faziesübergang statt, der zur Entwicklung der Pielacher Tegel hinweist. Es treten Tonmergel und Feinsandlagen auf, die immer wieder Pflanzenreste und Kohlenschmitzen zeigen. Der organische Inhalt ist jedoch insgesamt gering, ebenso dessen Reifestu-