NATURWISSENSCHAFTLICHE SAMMLUNGEN

KREMSMÜNSTER

Nr. 37 Juni 1997

BERICHTE DES ANSELM DESING VEREINS

Titelbild: Pumpenbock der Sonde V2 im Feld Voitsdorf, im Hintergrund die Pfarrkirche von Ried i. Tkr.

Abb. 1: Modell eines Pumpenbockes aus dem Ausstellungsbereich Erdölgeologie im Geologischen Kabinett (Foto: P. Amand)

Impressum

Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Anselm Desing-Verein der Sternwarte Kremsmünster, Schriftleitung: Mag. P. Amand Kraml, redaktionelle Betreuung: Waltraud Kraml,
Gestaltung und Druck: P. Amand Kraml,
Fotos, Profile, Karten und Abbildungen, wurden von den Autoren von der Firma RAG zur Verfügung gestellt. Fotos von Objekten aus der Sternwarte: P. Amand Kraml
Kopien: Repro-Seifert, A-4020 Linz.
Erscheinungsfrequenz: unregelmäßig.

Inhalt

H. Polesny:
Der Raum Kremsmünster und seine Bedeutung für die Öl- und Gasindustrie 4

Adolf Kosnopfl:
Die Aufschließung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten. Technik des Bohrens 20

Der Raum Kremsmünster und seine Bedeutung für die Öl- und Gasindustrie

von

Dr. H. Polesny

Zusammenfassung

Kremsmünster ist seit über 1200 Jahren nicht nur ein geistiges und kulturelles Zentrum, der Raum rund um das Benediktinerstift spielt auch auf dem Gebiet des Kohlenwasserstoffbergbaues eine besondere Rolle. Unter den sanften Hügeln des Alpenvorlandes, der sogenannten Molassezone, liegen bedeutende Erdöl- und Erdgasfelder (Abb. 2). So befindet sich das Ölfeld Voitsdorf (bis Ende 1996 wurden schon 3,1 Mill. Tonnen gefördert) nur etwa 3 km S von Kremsmünster. Im W sind es die Ölfelder Sattledt-Steinhaus, Oberaustall und Eberstalzell, die ebenfalls schon beträchtliche Mengen Öl zu Tage gebracht haben. ENE von Kremsmünster liegt das Gas- und Ölfeld Rohr, Richtung NE folgen die Ölfelder Kematen und Engenfeld, sowie das Ölfeld Piberbach (OMV). Auf Grund seiner Lage kann man Kremsmünster als das „Dallas von Oberösterreich“ bezeichnen.
Die dem Stift am nächsten gelegene Bohrung Wolfgangstein 1 hatte zwar im Zielhorizont gute Ölimprägnationen, doch beim Test floß nur Salzwasser zu (Abb. 4).

Kremsmünster und andere Orte der Umgebung sind namengebend für verschiedene geologische Bezeichnungen (Kremsmünsterer Nagelfluh, Kremsmünster Block, Haller Serie, Haller Schlier, Bad Haller Schuppenzone, Voitsdorf Formation).

Die ersten Gas- und Ölfunde Oberösterreichs gelangen schon sehr früh, aber rein zufällig durch Brunnenbohrungen (1892 Erdgas von Wels und 1906 Schweröl von Leoprechting). Beide Funde sind die ältesten ihrer Art auf dem heutigen österreichischen Staatsgebiet. Trotzdem dauerte es bis 1956 ehe der nächste und vor allem erste wirtschaftliche Ölfund glückte. Die Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft (RAG) fand mit ihrer ersten Tiefbohrung - Puchkirchen 1 (bei Vöcklabruck) - Öl in einem Sandstein der Tertiärbasis (Eozän). Bis Ende 1996 wurden von der RAG rund 600 Bohrungen abgeteuft - zahlreiche von ihnen trafen Öl und Gas an. Inzwischen erstrecken sich Öl- und Gasfelder von der östlichen Landesgrenze bis nahe an die bayerische Grenze. Außer der RAG hat auch die OMV erfolgreich in der oberösterreichischen Molasse exploriert (Abb. 2).

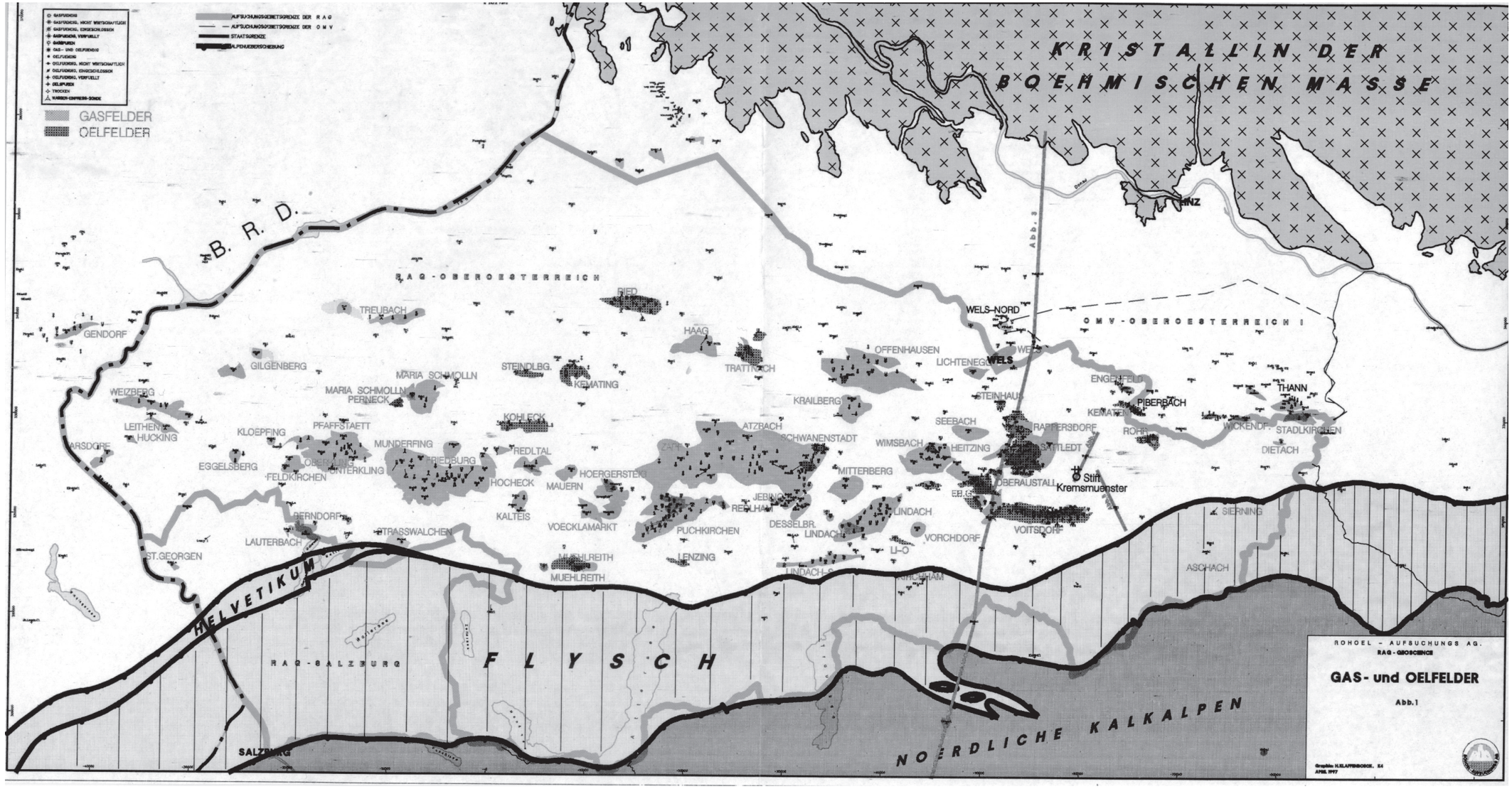

Abb. 2: Übersichtskarte mit Öl- und Gasfeldern rofillinien

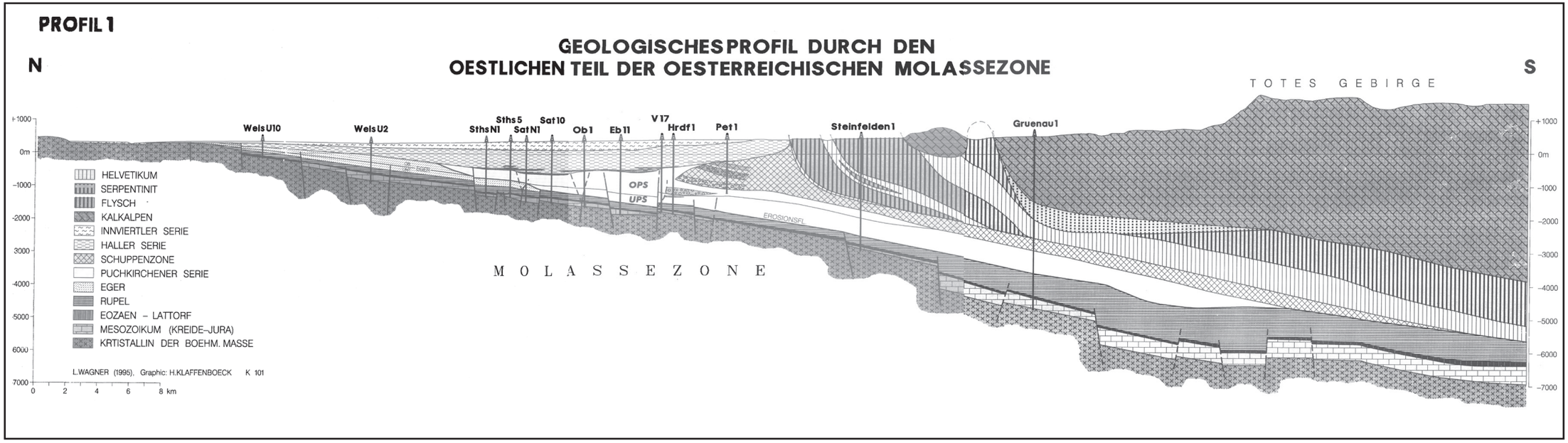

Abb. 3: N - S- Profil (östlicher Teil der Molasse)

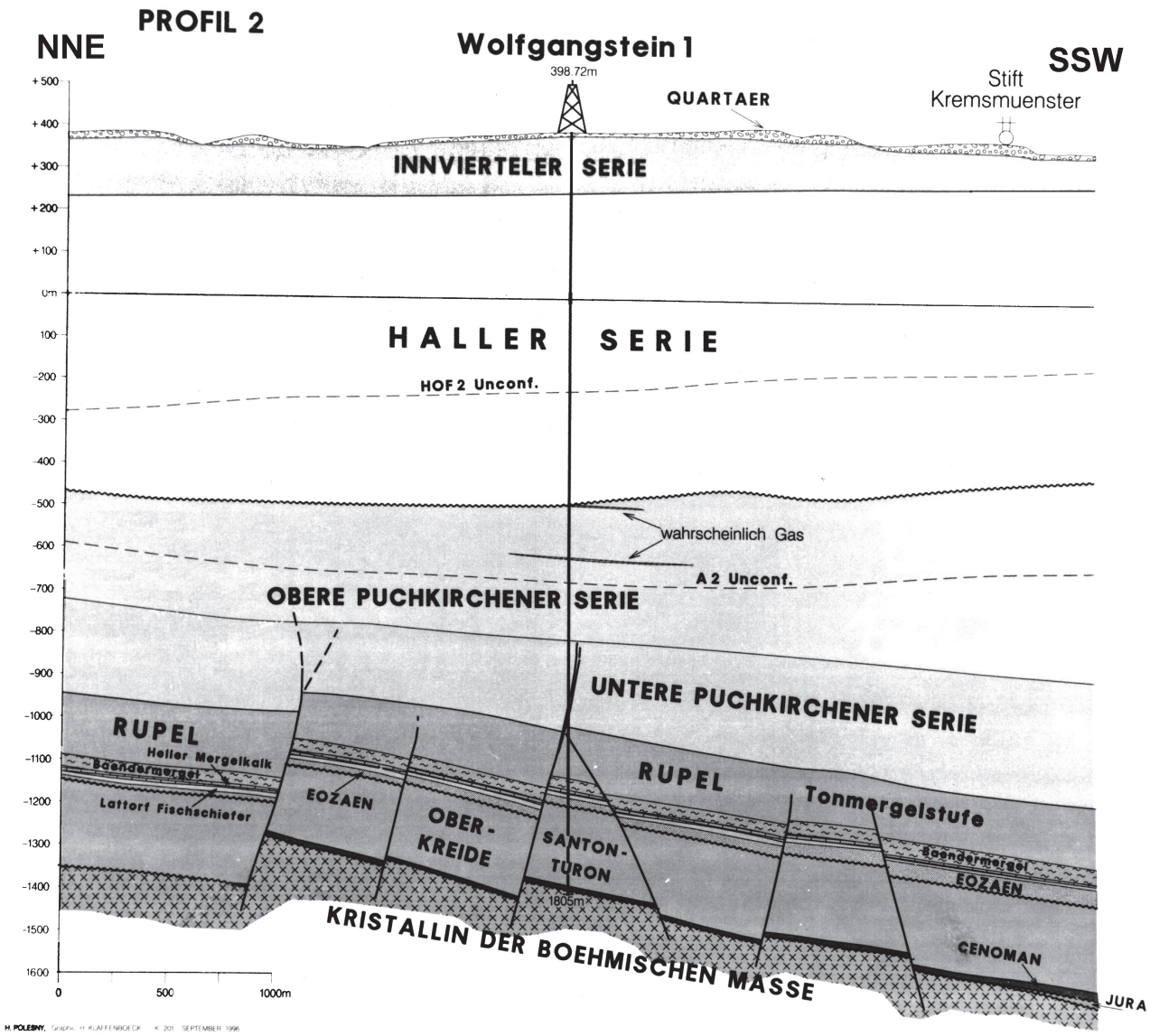

Abb. 4: Profil Wolfgangstein I

Insgesamt wurden bis Ende 1996 von beiden Firmen 8,1 Millionen t Rohöl (RAG 7,44 Mill t, OMV 0,67 Mill t) und 16,3 Milliarden Nm³ Gas (RAG 15,8 Milliarden, OMV 560 Millionen) gefördert.

Die Molassezone Oberösterreichs ist nach dem Wiener Becken die wichtigste Erdölprovinz Österreichs.
Ein großes Rohöltanklager bei Krift (S Kremsmünster) wurde für die Notstandsversorgung des Landes errichtet (Fassungsvermögen 240.000 m^3).
Von der Zentralstation Krift der Fa. RAG wird seit 1966 das Erdölbegleitgas nach Kirchdorf/Krems geliefert.
Die RAG leistet auch einen Beitrag für die Wärmeversorgung von Kremsmünster (Fernwärme).

Derzeit betreibt man in Oberösterreich zwei Erdgasspeicher (Speicher Puchkirchen der RAG und den Speicher Thann-Teufelsgraben der OMV).

Das Molassebecken von Oberösterreich, in welchem all diese Öl- und Gasfunde glückten, ist Teil der alpin-karpatischen Vortiefe. Es repräsentiert ein asymmetrisches Becken. Am Nordrand liegen die Molassesedimente relativ ungestört auf ihrer Unterlage. Der Südteil ist von den Alpen (Helvetikum, Flysch und Kalkalpen) überschoben (Abb. 3). Ein Teil der Molassesedimente wurde dabei im Zuge der Einengungstektonik verschuppt. Unter der Beckenfüllung finden sich verbreitet Reste mesozoischer Sedimente (Oberkreide und Mittel-Oberjura, z. T. Unterkreide) oder direkt das Kristallin der Böhmischen Masse. Die Molassesedimentation beginnt im Obereozän vor ca. 40 Millionen Jahren und endet im Pannon. Das Meer zieht sich aber bereits am Ende des Ottnang vor etwa 17.5 Millionen Jahren zurück. An Sedimenten sind Flußablagerungen bis tiefmarine Sedimente (Sandsteine, Konglomerate und Tonmergel) vorhanden. Während des Absinkens des Beckens kommt es zur Bildung zahlreicher Brüche. Viele dieser Bruchstrukturen sind mit Öl gefüllt. Das Muttergestein dieses Öls ist der Lattorf (Kiscell) Fischschiefer, der die Reife für die Generierung des Öls unterhalb des Alpenkörpers erreicht hat.
Als Speichergesteine fungieren vor allem Sandsteine des Eozäns und Cenoman-Sandsteine der mesozoischen Unterlage. Die Erdgaslagerstätten der Oberen und Unteren Puchkirchener Serie, sowie der Haller Serie finden sich in Aufwölbungen (Kompaktionsstrukturen) oder im Auskeilungsbereich der Sandsteine bzw. Konglomerate. Das Gas ist bakterieller Entstehung.

EINLEITUNG

Erdöl und Erdgas, die Kohlenwasserstoffe, sind aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken, obwohl deren kommerzielle Nutzung erst Mitte des vorigen Jahrhunderts begann.
Die Gewinnung von Kohlenwasserstoffen beschränkte sich Jahrhunderte hindurch auf die eher spärlichen, natürlichen Austritte von Erdöl, Asphalt und Erdgas. Dabei wurde oft die Ausbeute durch Grabungen erhöht. Mit der Entwicklung der Bohrtechnik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann eine verstärkte Suche nach Erdöl. Diese konzentrierte sich zunächst auf die Nähe der oberflächennahen Bitumenspuren. Die Heranziehung der Geologie war ein wichtiger Schritt für die Auffindung und Erweite-

rung von Kohlenwasserstofflagerstätten. Da Gas und Öl spezifisch leichter als Wasser sind, sammeln sie sich in hochliegenden Schichten an. Dies können z. B. Aufwölbungen (Antiklinalen), Salzstöcke, begrabene Berge etc. sein. Auch an Brüchen kommt es wiederholt zur Bildung von Lagerstätten. In solchen Strukturen finden sich die Öllagerstätten Oberösterreichs.

Doch bei weitem nicht alle Lagerstätten lassen sich durch die geologische Kartierung der Oberfläche bzw. durch seichte Strukturbohrungen erfassen.

Nach dem 1. Weltkrieg brachte die Einführung geophysikalischer Methoden eine wahre Revolution in Gange. Es war vor allem die Reflexionsseismik, mit deren Hilfe Bruchstrukturen und Hochzonen erkannt werden konnten (der österreichweit erste Einsatz der Reflextionsseismik wurde 1951 von der RAG in Oberösterreich praktiziert). Die geophysikalischen Methoden wurden ständig verbessert. Heute verwendet man vielfach die 3D-Seismik, womit eine flächenhafte Erfassung und Interpretation des Untergrundes gewährleistet ist. Von der RAG wurde z. B. schon 1984 das Ölfeld Voitsdorf mittels 3D-Seismik vermessen.

In der Erdölindustrie ist die Zusammenarbeit von Geophysikern, Geologen, Mikropaläontologen, Lagerstätteningenieuren und Bohrtechnikern selbstverständlich. Für Bohrprojekte und die Feldesentwicklung bedarf es einer genauen Kenntnis der Stratigraphie, der Tektonik sowie der Fazies.

Historischer Überblick:

Die Ölvorkommen Galiziens (heute Polen und Ukraine) versorgten die österreichisch-ungarische Monarchie seit den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts. Durch deren Größe war die Monarchie damals nach den USA und Rußland der drittgrößte Produzent der Welt.

Schon vor rund 100 Jahren wurden die ersten Kohlenwasserstoffe auf dem Territorium des heutigen Österreichs und zwar in Oberösterreich gefunden. Im Stadtgebiet von Wels stieß der Gärtner Ammer 1892 bei einer Brunnenbohrung auf Erdgas. Dies hatte eine Bohrkampagne von ca. 150 Bohrungen zur Folge. Bei einer dieser Bohrungen, einem Bohrloch der Wolfsegg-Traunthaler Kohlengewerkschaft, ereignete sich 1894 aus 348,5 m Tiefe ein Gasausbruch. Die Bohrung geriet dabei in Brand. Insgesamt dürften aus dem seichten Erdgasfeld Wels ca. 90 Millionen Nm^3 Gas entnommen worden sein. Der Erdgasbergbau II, Wels (Allgemeines Öffentliches Krankenhaus der Schwestern vom Hl. Kreuz) wurde noch bis 1990 betrieben. Jetzt gibt es nur mehr einzelne kleine „Gasbrunnen“ (z. B. Gasthof „Kaiserkrone“) die das Gas nützen.
Das bei der Gasförderung anfallende jodhältige Formationswasser wurde kurzzeitig für einen kleinen Kurbetrieb im Welser Krankenhaus verwendet.

Auch beim 1. Ölfund im heutigen Österreich stand der Zufall Pate. Eine Wasserbohrung fand 1906 in Leoprechting (bei Taufkirchen) zähflüssiges Rohöl. Das Rohöl konnte erst später (1946) durch Aufheizen produzierbar gemacht werden.

Die Förderung von insgesamt knapp über 4300 t war jedoch unwirtschaftlich.

Alle weiteren Bohrungen der nächsten Jahre wurden ebenfalls fast ausschließlich im seichten nördlichen Teil der Molassezone abgeteuft. Sie trafen jedoch keine Kohlenwasserstoffe an. Die Bohrungen Schallerbach (1918) und Scharten (1943) haben insoferne Bedeutung, da erstere als Thermalbad Nutzung fand und die letztgenannte als Brunnen für die Schartner Getränke diente.

Vom Ölfund Leoprechting bis zur ersten wirtschaftlich fündigen Ölbohrung verstrichen 50 Jahre.
1956 erschloß die RAG mit ihrer ersten Tiefbohrung in Oberösterreich, Puchkirchen 1, ein neues Ölfeld. Schon über 10 Jahre davor (1943/44) begann die RAG mit Kartierungsarbeiten auf dem Gebiet der Konzession Bad Hall. Doch dies geschah nur im Rahmen eines Arbeitsvertrages mit dem damaligen Inhaber der Konzession, der Firma Ferdinand Koller & Sohn (Celle). Zur Unterstützung der Kartierung wurden 6 seichte Strukturbohrungen niedergebracht. Gleichzeitig führte die geophysikalische Reichsaufnahme Berlin refraktionsseismische und gravimetrische Messungen durch. Die dabei festgestellten Anomalien wurden nach unseren heutigen Kenntnissen durch Schotterlinsen in der Schuppenzone verursacht. Auf eine solche „Struktur“ wurde von der Firma Koller & Sohn 1944 die Tiefbohrung Wartberg 1 angesetzt. Wegen des Kriegsendes wurde die Bohrung nicht ausgeführt. Da sie im Flankenbereich des später von der RAG gefundenen Feldes Voitsdorf loziert war, hätte sie unzweifelhaft Öl gefunden.

Nach Kriegsende nahm die RAG die Untersuchung des Konzessionsgebietes aufgrund eines Forschungsauftrages der Geologischen Bundesanstalt wieder auf (42 Strukturbohrungen und 4 reflexionsseismische Linien). Aus diesen Arbeiten resultierte die Bohrung Bad Hall, welche etwa gleichzeitig mit Puchkirchen 1 abgeteuft wurde, doch trocken blieb. Sie wird so wie einige andere nicht fündige Bohrungen für den Betrieb der Landeskuranstalt Bad Hall genutzt.

Nach der Bohrung Puchkirchen 1 folgte eine Durststrecke mit mehreren Fehlbohrungen. Sieht man von der Bohrung Steindlberg 1 (bei Lohnsburg, Bezirk Ried i. Innkreis) ab, mit welcher eine eher kleine Öllagerstätte erschlossen wurde, war der nächste bedeutendere Fund das Feld Ried (1959). In diesem Ölfeld, welches sich unmittelbar E von Ried im Innkreis erstreckt, wurden 21 Bohrungen niedergebracht, die fast alle erfolgreich waren (Abb. 2).

1960 kam es zur Entdeckung des Ölfeldes Kohleck (S Steindlberg).
Die Bohrung Schwanenstadt 2 (1962) fand erneut eine Öllagerstätte und außerdem das erste wirtschaftliche Erdgasvorkommen der RAG.
Der große Wurf stellte sich 1962/63 mit der Bohrung Voitsdorf 1 ein, die das bisher größte Ölfeld der Molasse entdeckt hat. Das ca. 3 km S von Kremsmünster gelegene Feld ist gegenwärtig durch rund 40 Bohrungen erschlossen. Die Lagerstätte liegt in einer ca. 10 km langen südfallenden Hochscholle, die im N von einem markanten Bruch begrenzt wird. Durch glückliche geologische Umstände (Erosionsvorgänge) gibt es hier vom Jura und der Oberkreide nur mehr die jeweils tiefsten Abschnitte. Deshalb können

die darüberliegenden Sandsteine des Obereozäns mit den Sandsteinen des Cenoman und des Dogger eine gemeinsame Lagerstätte bilden.

In den folgenden Jahren wurden noch zahlreiche Öl- und Gasfelder erbohrt. Etliche Gasfunde gelangen dabei im Zuge von Ölbohrungen (z. B. Lindach, Schwanenstadt 2 und 3 etc.).

Inzwischen spielt schon längst die Gasproduktion eine wesentlich bedeutendere Rolle als die Ölförderung. Das größte bisher erschlossene Gasfeld ist Schwanenstadt-Atzbach. Weitere „Riesen" sind Puchkirchen, Friedburg, Munderfing und Pfaffstätt-Oberkling.

Im Raum rund um Kremsmünster wurden von der RAG noch mehrere Ölfelder gefunden: Eberstalzell (1967), Rohr (1967), Kematen (1967), Engenfeld (1968), Oberaustall (1970), Sattledt (1971), Steinhaus (1976), Steinhaus N (1980) und Steinhaus NW (1981).
Die OMV, welche sich ab 1965 an der Kohlenwasserstoffsuche in Oberösterreich beteiligte, entdeckte 1968 das Feld Piberbach und 1975 das Feld Wels Nord.

Den tieferen Bohrprojekten im Bereich des Alpenkörpers war kein Erfolg beschieden. Bei diesen Bohrungen mußten die mächtigen während der alpinen Gebirgsbildung von S auf die Molasseschichten überschobenen Einheiten (Flysch, Helvetikum und z.T. Kalkalpen) durchteuft werden, um die Ziele in der Molasse und im mesozoischen Molasseuntergrund zu erreichen.

Eine nicht rentable Ölproduktion erbrachten die Bohrungen Kirchham 1 und Aschach 1 (RAG) und Grünau 1 (OMV).
Die größten Tiefen erzielten bisher die OMV Bohrungen Molln 1 und Grünau 1 (5609 m bzw. 5205 m). Beide wurden in den Nördlichen Kalkalpen angesetzt und bis in den kristallinen Untergrund abgeteuft. Die Bohrung Molln brachte den ersten, wenn auch nicht verwertbaren Gasfund in den Kalkalpen außerhalb des Wiener Beckens.

Die tiefste RAG-Bohrung ist Oberhofen 1 (E des Zellersees) mit 4597 m.

In den Schuppen der Molasse wurde erst eine wirtschaftliche Gaslagerstätte erbohrt (Gasfeld Berndorf der RAG, N des Grabensees, im Grenzbereich OÖ/Salzburg). Die RAG Bohrung Mühlreith 1 (S Frankenmarkt) hatte aus den Schuppen kräftigen Ölzufluß und Gas, doch die Bohrung ist wegen des hohen Wasseranteiles unwirtschaftlich.

Bedingt durch den niedrigen Rohölpreis konzentriert sich die RAG seit mehr als 10 Jahren hauptsächlich auf Gasbohrungen.
Dies führt zu einem steten Abfall bei der Ölproduktion. Dafür gelingt es immer noch, den jährlichen Gasverkauf durch Neufunde und gezielte Erweiterung der bekannten Felder zu kompensieren.

GEOLOGIE DER OBERÖSTERREICHISCHEN MOLASSE

Die Molasse Oberösterreichs ist Teil der alpinkarpatischen Vortiefe. Es handelt sich hier um ein asymmetrisches Becken mit einem passiven

Nordrand, dem die Schichten flach südfallend auflagern. Der Südrand wurde von der alpinen Tektonik erfaßt und vom Alpenkörper überschoben. Somit liegt ein beträchtlicher Teil der Molasse unter dem Helvetikum, dem Flysch und den Nördlichen Kalkalpen (Abb. 3). Der Begriff Molasse stammt vom lateinischen molare = zermahlen. Heute versteht man unter „Molasse“ Gesteine, die bei der Abtragung rasch aufsteigender Gebirge entstehen.
Die gesamte Molasseschichtabfolge, deren Sedimentation im Obereozän vor ca. 40 Millionen Jahren begann, kann Mächtigkeiten bis über 3000 m erreichen.
Der Untergrund des Molassebeckens wird von mesozoischen (z.T. auch paläozoischen) Sedimenten und dem Kristallin der Böhmischen Masse gebildet. Kristalline Gesteine (Granite und Gneise) sind an der Erdoberfläche im Mühlviertel und im Sauwald zu sehen. Äquivalente der mesozoischen Anteile kann man Obertage in Bayern (Regensburg etc.) betrachten.

Eine markante Untergrundschwelle, die Zentrale Schwellenzone, zieht aus Bayern kommend in NW-SE Richtung durch. Sie wird von der Rodl-Störung (NE-SW verlaufend) seitlich versetzt. Die Fortsetzung der Schwellenzone gegen E ist im Kristallin - Hoch von Bergen (S des Feldes Voitsdorf) zu suchen (Abb. 5). Außer der Rodl-Störung durchziehen noch zahlreiche weitere Störungen den Molasseuntergrund und zerteilen ihn in verschiedene Blöcke. Diese sind jeweils gegen E gekippt. Dabei kommt es zu Vertikalverstellungen, die bis über 1000 m betragen können. Auf den tektonischen Hochlagen wurde das Mesozoikum stärker, stellenweise sogar vollständig, erodiert.

Einer dieser Blöcke, der Kremsmünster Block, wurde einige Kilometer nach N bewegt. Die Brüche erfuhren im jüngeren Tertiär und im Quartär durch Seitenverschiebungen eine Wiederbelebung.

Im Mesozoikum sind zwei Hauptzyklen mit marinen Transgressionen (Vorrücken des Meeres) und Regressionen (Rückzug des Meeres) vorhanden. Sie werden durch eine Periode mit tektonischer Verstellung und subaerischer Erosion getrennt.

Im ersten Zyklus vom mittleren Dogger bis in die Unterkreide war der Molasseuntergund Teil der mitteleuropäischen Karbonatplattform. Deren Ablagerungen sind gegen E nur bis in das Gebiet von Sattledt erhalten. Die Sedimentation begann vor ca. 165 Millionen Jahren mit Flußsanden, in die sich Kohleflöze (in Sümpfen gebildet) einschalten. Dann gehen die Bildungen in flachmarine Sande über. In der nachfolgenden Karbonatentwicklung werden Schwammkalke, Korallenriffe, Oolithkalke (Oolithe sind kleine Kalkkügelchen) und Lagunensedimente abgelagert. Die größte Karbonatmächtigkeit wurde bisher in der Bohrung Hochburg 1 (Weilhart Forst) mit 557 m durchteuft. Ursprünglich wurden hier zwischen 600 und 1000 m sedimentiert.

Durch die Öffnung des Atlantiks (in der Unterkreide) kam es zur Hebung der Böhmischen Masse und somit zur Unterbrechung der Sedimentation. Die Karbonate wurden großräumig erodiert und stark verkarstet.

Während des zweiten Zyklus wurde im Apt (Unterkreide) der Bereich S der Zentralen

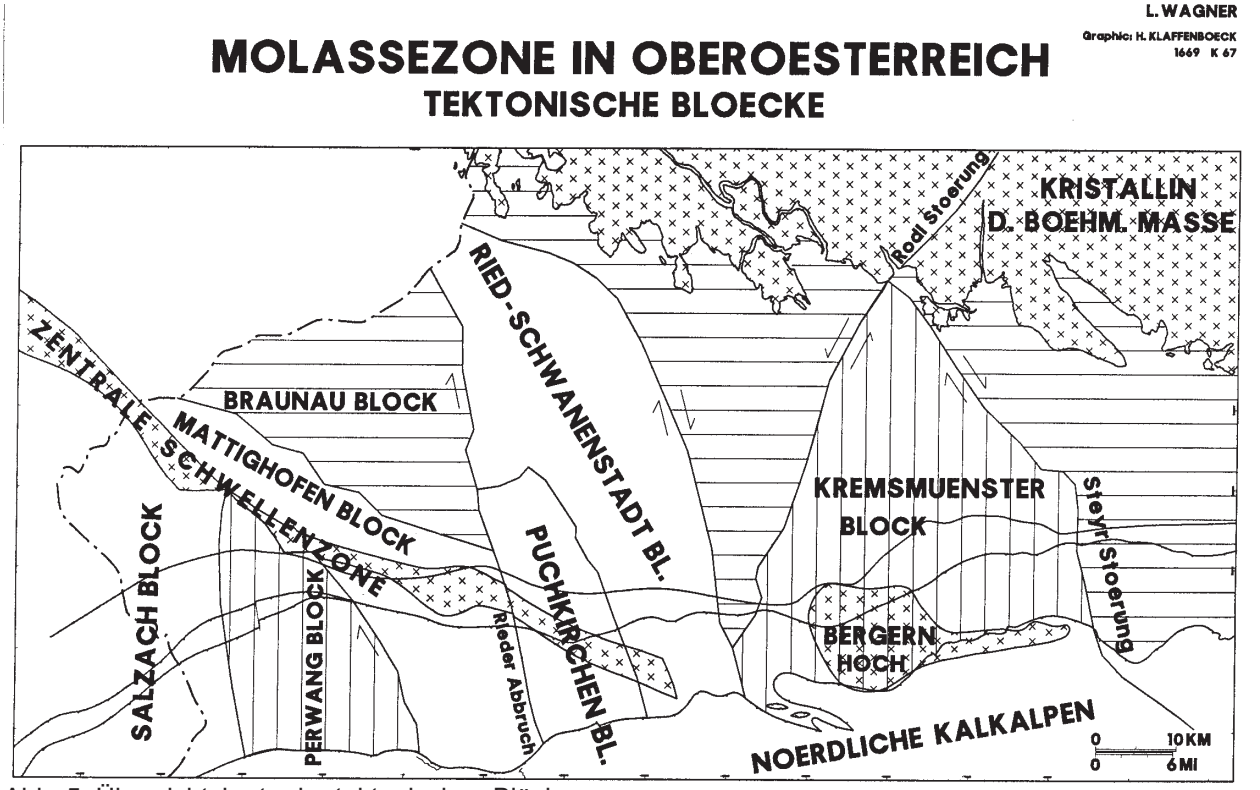

Abb. 5: Übersichtskarte der tektonischen Blöcke

Schwellenzone und im Cenoman (Oberkreide) der gesamte Molasseuntergrund vom Meer überflutet. Die ältesten Kreidesedimente sind Flußablagerungen, welche vereinzelt bis zu 100 m unterhalb der Juraoberkante zu finden sind. Die Sedimentation dauerte bis zum Ende der Oberkreide. Es handelt sich um Schelfablagerungen. Für die Ölindustrie ist in erster Linie der Glaukonitsandstein des Cenoman wichtig (bedeutendster Ölhorizont in OÖ neben dem Eozän). Glaukonit ist ein dunkelgrünes, kornförmiges Mineral, das im seichten Meerwasser gebildet wird. Sonst kommen verbreitet dunkelgrüne-schwarze Tonmergel vor.

Im Osten entwickelte sich entlang des Steyrer Bruchs eine sandreiche Sonderfazies.
Am Ende der Kreidezeit wurde der Bereich der Molassezone durch Hebungen der europäischen Platte trocken gelegt. Flüsse ebneten die prätertiären Sedimente der gekippten Bruchschollen weitgehend ein. Auf der Zentralen Schwellenzone wurde ein Sedimentstapel von bis zu 1600 m abgetragen. Die Kollision der Alpen mit

dem Südrand des nordeuropäischen Kratons führte im Alttertiär zur Formung des Molassebeckens.

Molasse

Im Obereozän (vor 40 Millionen Jahren) beginnt die Molassesedimentation. Ein Meeresvorstoß aus dem S überflutet den Molasseuntergrund. Zu dieser Zeit war die Zentrale Schwellenzone von einem flachen Meer bedeckt. Hier wuchsen Rotalgenriffe (Lithothamnienkalke) mit einzelnen Korallenstöcken. Die Schwellenzone trennte die Lagune im N vom offenen marinen Schelf im S. Vom Rotalgenriff wurde dessen Schutt sowohl nach N in die Lagune als auch nach S ins offene Meer verfrachtet. In den verschiedenen Faziszonen finden sich im N und NE Flußablagerungen mit mäandrierenden, sandgefüllten Flußkanälen, Aulehmen etc. Wegen ihrer guten Ausbildung im Ölfeld Voitsdorf werden diese Schichten „Voitsdorf Formation“ genannt. Der Übergangsbereich zum Watt wird durch eine bis 4 m mächtige Kohlelage markiert (in sumpfigem Gelände entstanden). Die darauf folgenden Cerithienschichten sind Stillwasserbereiche im Watt. Sie enthalten reichlich Schnecken (Cerithien) und Muscheln (vor allem Austern). In diese Schichten schneiden sandgefüllte Gezeitenkanäle ein. Flachmarine Sande werden an der Küste der Lagune und an der Schwellenzone abgelagert.
Alle diese Sedimente stammen aus dem verwitterten Kristallin der Böhmischen Masse im N.
S der Zentralen Schwellenzone, am Schelfabhang, liegen Schichten von immer tieferen Ablagerungsräumen vor (Nummuliten-Sandstein, Discocyclinenkalk, Globigerinenkalk,...). Öl und thermisches Gas werden aus den verschiedenen Sandsteinen und z.T. aus dem Lithothamnienkalk gefördert. Das Eozän ist der Hauptölproduzent der oberösterreichischen Molassezone.

Im Unteroligozän, vor über 30 Millionen Jahren, erfolgt eine rasche Absenkung des Meeresbeckens. Nun ist die Molasse bereits die pelagische Vortiefe der Alpen. Das Absinken des Molassebeckens wird von E-W streichenden Dehnungsbrüchen begleitet (synthetische Brüche = gleichsinnig mit dem allgemeinen Schichtfallen einfallende Brüche und antithetische Brüche, wo die Bruchfläche gegensinnig zum Schichteneinfallen verläuft). Dies geschieht im Zuge des Untertauchens der Europäischen unter die Periadriatische Platte und durch das Gewicht der herannahenden alpinen Deckenstapel. Als erstes posteozänes Sediment gelangt der Lattorf-Fischschiefer (= Schöneck Fischschiefer-Kiscell) unter sauerstoffarmen Bedingungen zur Ablagerung. Die Schichtflächen zeigen häufig Schuppen und andere Reste von Fischen. Der Fischschiefer hat einen hohen Gehalt an organischer Substanz. Er gilt als das Muttergestein des oberösterreichischen Erdöls. Die Reife für die Generierung des Öls wurde unterhalb des Alpenkörpers erreicht. Nach neueren Untersuchungen hat die Ölbildung im Miozän begonnen - sie dürfte noch anhalten. Da das nördlichste Öl in Leoprechting gefunden wurde, bedeutet es, daß in diesem Fall mit Migrationswegen von mindestens 70 km zu rechnen ist.

Über dem Fischschiefer liegt der Helle Mergelkalk (Dynow Mergel), ein reiner Nannoplanktonschlamm. Mikroskopisch kleine Kalkplatten ein-

zelliger Algen bauen diesen meist weißen Kalk auf.

Dem folgt der Bändermergel, ein dunkelgrauer Tonmergel, der dünne weiße Nannoplanktonlagen enthält.

In den darüberliegenden Tonmergeln schalten sich zunehmend grobklastische Lagen ein, die turbiditischer Natur (aus Suspensionströmen abgelagert) sind.
Das Material dieser Sedimente stammt durchwegs aus den Zentralalpen im Süden.

Die Beckenachse des Molassetroges verlagert sich durch das Wandern der alpinen Decken und der Molasseschuppen nach N. Dabei verursachen Meeresströmungen starke Erosionen und Rutschungen. Die Ausräumungszonen werden rasch wieder von jüngeren Grobsedimenten aufgefüllt. Die Sandsteine und Konglomerate der Oberen und Unteren Puchkirchener Serie (Eger - Unteres Eggenburg) wurden in einem tiefen Meer abgelagert.
Flüsse transportierten ständig Gerölle aus den Zentralalpen heran. (Die Kalkalpen, welche die Flyschzone und das Helvetikum bereits überschoben hatten, waren so wie die beiden Letztgenannten vom Meer bedeckt). Reste dieser Schotterfluren sind heute noch in den später gehobenen Hochplateaus der Nördlichen Kalkalpen zu finden („Augensteine“).
Submarine Schlammströme verfrachteten diese Gerölle in das tiefe Molassebecken. Auch bereits verschuppte Molassesedimente rutschten in das Becken ab. In den Sandsteinen und Konglomeraten der Puchkirchener Serien sind zahlreiche Gaslagerstätten enthalten. Dieses Gas ist wie das der Haller Serie bakterieller Entstehung. Es wurde durch Bakterien in unmittelbarer Nähe der heutigen Lagerstätten gebildet.
In einigen Bohrungen fanden sich in der Puchkirchener Serie vulkanische Aschenlagen.
Das Meer wurde in Richtung N zunehmend seichter. Am Rand des Mühlviertels und des Sauwaldes erstreckte sich ein flacher Strand, wo die „Linzer Sande“ abgelagert wurden (dieses Material stammt aus dem N). Im S liegen die älteren Molassesedimente heute tief unter den Decken der Alpen verborgen. Die Überschiebung der Alpen auf die Molasse ist durch mehrere Bohrungen und durch die Seismik nachgewiesen (Abb. 3).

Zu Beginn der Haller Serie (vor ca. 20 Millionen Jahren) haben die Flyschdecken und Molasseschuppen schon ungefähr ihre heutige Position erreicht. Die südliche Küstenlinie des Meeres verlief zu dieser Zeit auf den alpinen Decken (Ablagerungen nicht mehr erhalten). Der Südrand des tiefen Meeresbereiches wurde durch die Deckenstirn von Flysch und Helvetikum und durch die Molasseschuppen gebildet.
Die Meeresablagerungen der Haller Serie griffen zwar weit nach N auf das Kristallin des Mühlviertels über, doch das Molassemeer war durch die vorangegangene Einengungstektonik insgesamt deutlich schmäler geworden. Änderungen der Störungsverhältnisse führten zur erosiven Eintiefung in die älteren Sedimente. Die dabei entstandenen Rinnen wurden rasch wieder aufgefüllt, unter anderem fanden häufig Eingleitungen älterer Schichten statt.
Der Haller Schlier besteht aus grauen, sandigsiltigen, glimmerigen Tonmergeln mit Sandsteinlagen, die turbiditischer Natur sind.

Diese Sandsteine enthalten oft Gas (so z. B. in Feld Offenhausen, in Lindach und im Raum Sattledt - der erste Gasfund Oberösterreichs in Wels gelang in der Haller Serie) . Haller Schlier ist z. B. in Flußtälern W und E von Bad Hall und auch im Kremstal aufgeschlossen.

Während der Haller Serie setzten sich die Einengungstektonik und die Seitenverschiebungen fort. Die Wirkung der Rodl-Störung ist an der Basis der Haller Serie deutlich merkbar. Dadurch, daß die Einengungstektonik auf die Zerrungstektonik folgte, wurden die für die Ölakkumulation wichtigen Bruchstrukturen erst dicht.

Gegen Ende der Haller-Serie kommt es zu einer Verflachung des Meeres. Es finden weiterhin starke submarine Erosionen statt, die von den Molasseschuppen und dem Bruchsystem vorgezeichnet sind.

In den Sedimenten der Innviertler Serie (Ottnang) spiegelt sich das Seichterwerden des Meeres wieder. Die diversen Schichtglieder besitzen Bezeichnungen wie Ottnanger Schlier, Robulus-Schlier, Vöcklaschichten, Atzbacher Sande etc.
In den Atzbacher Sanden kann man häufig Haifischzähne finden. Am Ende des Ottnang (vor ca. 17,5 Millionen Jahren) zieht sich das Meer nach kurzer Aussüßung und Verbrackung nach E zurück.
In der Folge wurden die Molassesedimente mit den Bruchschollen gekippt und von einer kräftigen Abtragung erfaßt. Flüsse lagerten viele hundert Meter Schotter ab. Diese limnisch-fluviatile Sedimentation der oberen Süßwasser - Molasse reicht bis in das Pannon. In diesen Schichten wurden die Kohlenflöze von Trimmelkam und später die Kohlen des Hausruckreviers (Ampflwang-Wolfsegg) sedimentiert. Der Hausruck und der Kobernaußerwald sind Reste einer einst weitverbreiteten Schotterflur. Die jüngsten erhaltenen Tertiärablagerungen sind 8 Millionen Jahre alt. Alle jüngeren Sedimente bis zum Beginn der Eiszeit wurden abgetragen.

Während der Eiszeit (Quartär) wurden weite Gebiete des Alpenvorlandes mit Moränen und Flußschottern bedeckt. Gerade die eiszeitlichen Ablagerungen sind rund um Kremsmünster besonders interessant. Kremsmünster ist seit dem Beginn dieses Jahrhunderts ein Eldorado der Quartärforschung.
Die Weiße Kremsmünsterer Nagelfluh stellt dabei eine Besonderheit dar. Sie wird schon seit der Römerzeit in verschiedenen Steinbrüchen abgebaut. Im Raum Kremsmünster findet man zahlreiche Anwendungsbeispiele (Stift,...). Es handelt sich um kaltzeitliche Schotter, die aus dem Almtal geschüttet wurden. Viele RAG-Bohrungen haben diese Nagelfluh durchteuft.

NUTZEN FÜR DIE TRINKWASSERVERSORGUNG, GEOTHERMIE UND THERMALBÄDER

Die Entdeckung des ersten Gas- und Ölvorkommens in Oberösterreich kam unter glücklichen Umständen durch Brunnenbohrungen zustande. Dies sind die einzigen Beispiele, wo in Österreich ohne geologische bzw. geophysikalische Untersuchungen Kohlenwasserstoffe erschlossen wurden.

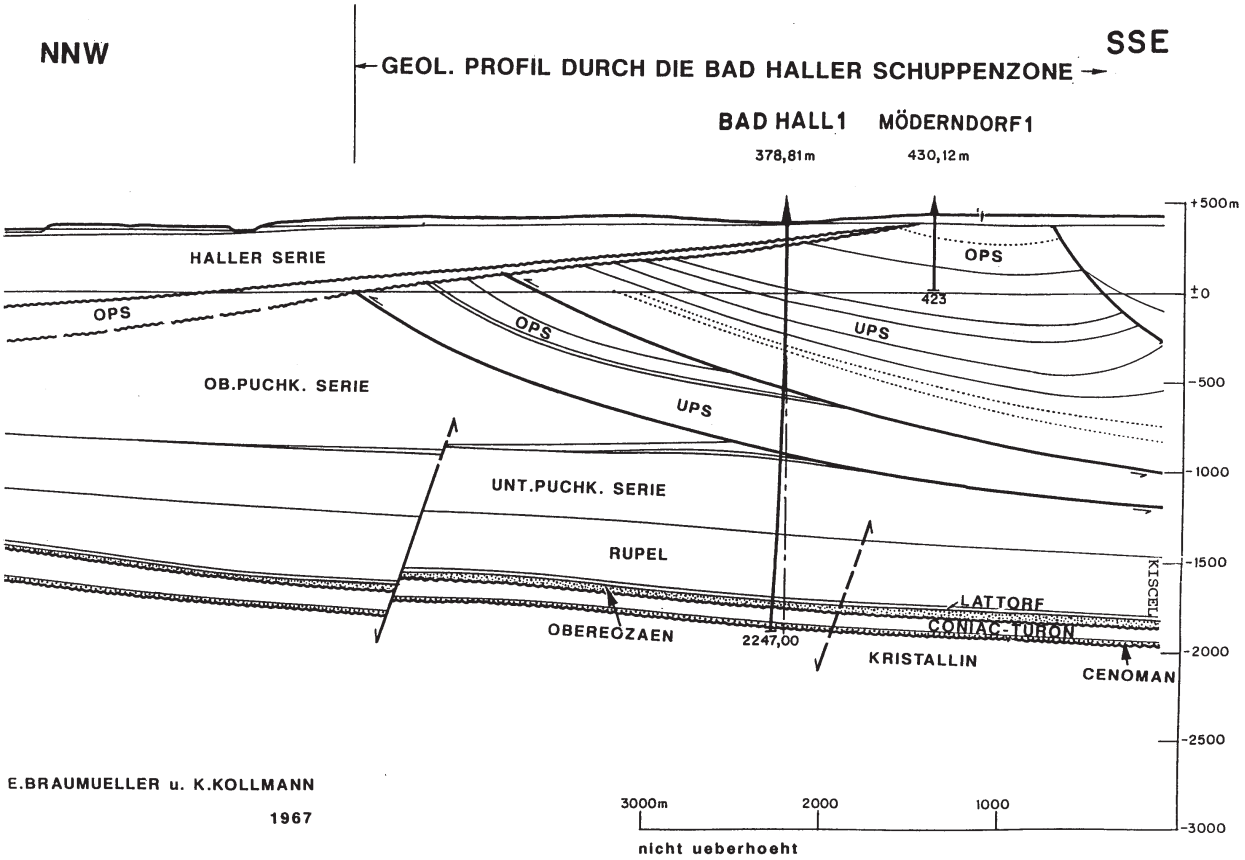

Abb. 6: Profil Bad Haller Schuppenzone

Nun hat sich das Blatt gewendet. Die Arbeiten der Ölindustrie kommen schon lange der Wassersuche zu Gute. So wurden und werden immer wieder die über 13.000 seismischen Schußbohrungen der RAG, von denen detaillierte geologische Beschreibungen vorliegen, für die Planung von Trinkwasservorhaben verwendet. Weiters geben die Struktur- und Tiefbohrungen wertvolle Hinweise über die Verbreitung von Süßwasserhorizonten in den Tertiärsedimenten. Die Bohrungen haben unter anderem heiße

Wässer im verkarsteten Jura des Molasseuntergrundes nachgewiesen.
In Oberösterreich wurden auf Grund dieser Erkenntnisse und z.T. unter Verwendung nicht fündiger Öl-Bohrungen einige Geothermieprojekte verwirklicht. So nutzt man z. B. in Geinberg schon seit längerer Zeit eine RAG-Bohrung aus dem Jahre 1974 für geothermische Zwecke. Nächstes Jahr soll hier ein großzügiges Thermenzentrum eröffnet werden. In Altheim wird demnächst zusätzlich zur Heizung von Gebäuden die Erzeugung von elektrischem Strom beginnen.
Haag/Hausruck hat erst kürzlich eine Geothermieanlage eröffnet. Da es sich um eine saubere, umweltfreundliche Energie handelt, werden sicher noch einige Vorhaben ausgeführt werden.
Daß Bad Schallerbach seinen Ursprung in einer nicht fündigen Öl-Bohrung hat (Wallerner Erdöl Ges.m.b.H. 1918), wurde schon erwähnt.
Die Jod-Solequellen im Sulzbach- und Ternbachtal bei Bad Hall sind seit Jahrhunderten bekannt. Am Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelte sich daraus innerhalb kurzer Zeit ein Kurbetrieb. Der Landeskuranstalt Bad Hall wurden von der RAG mehrere Struktur- und Tiefbohrungen zur Nutzung übergeben. Die jodhältigen Salzwässer werden aus sandigen- und schotterigen Lagen (Obere und Untere Puchkirchner Serie) der über 1000 m mächtigen Bad Haller Schuppenzone gewonnen (Abb. 6) Diese Wässer haben einen Jodidgehalt zwischen 30 und 50 mg/Liter.
Im normalen Meerwasser ist der Jodidgehalt wesentlich geringer (0,05 mg/l im Durchschnitt) als in den meisten Formationswässern. Das Jod reichert sich vorwiegend in marinen Pflanzen (Plankton etc.) an. Im Zuge der Diagenese (Gesteinsverfertigung) kommt es zu einer Konzentration des Jods aus den Abbauprodukten des Planktons etc.
Jodhältige Wässer sind in der Molassezone weit verbreitet.

„WÜHLKISTL“

Das Wühlkistl enthält die wichtigsten Gesteine der oberösterreichischen Molassezone. Darunter finden sich öl- und gasführende Sandsteine und ein ölführender Lithothamnienkalk (Algenkalk). Mit diesen Schaustücken soll gezeigt werden, daß die weit verbreitete Vorstellung eines Ölsees und einer Gasblase nicht der Wirklichkeit entspricht. Erdöl und Erdgas sind in Oberösterreich, abgesehen von den wenigen Fällen, wo etwas Öl in Kalken und Dolomiten erbohrt wurde, in den feinen Porenhohlräumen der diversen Sandsteine enthalten. Erdgas wird außerdem noch aus Konglomeraten produziert. Für eine zufriedenstellende Förderung ist es wichtig, daß ausreichend Porenräume vorhanden sind und diese miteinander in Verbindung stehen (Letzteres ist abhängig von der Durchlässigkeit = Permeabilität). Der Anteil der Porenräume am Gestein wird Porosität genannt. Die Öllagerstätten in Oberösterreich haben Porositäten bis über 20%. Diese Werte finden sich auch bei den Gaslagerstätten, doch das wesentlich mobilere Gas fließt auch bei geringeren Porositätswerten (falls eine entsprechende Durchlässigkeit gegeben ist).

Die Sedimente der Molasse spiegeln die abwechslungsreiche Geschichte dieses Beckens wider.

Für die Broschüre wurde die nachfolgend angeführte Literatur verwendet. Dabei waren die neueren Publikationen von L. Wagner besonders hilfreich.

LITERATUR

ABERER, F. 1958: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg [1 geol. Karte] Mitt. Geol. Ges. Wien, 50/1957, 23-94

BRAUMÜLLER, E. 1959: Der Südrand der Molassezone im Raum von Bad Hall [3 Tafeln] Erdöl-Zeitschrift 5, Wien-Hamburg, 122-130

BRAUMÜLLER, E. 1961: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg [2 Tafeln] Erdöl-Zeitschrift, 77/11, Wien-Hamburg, 509-520

BRAUMÜLLER, E. 1979: Erläuterungen zur geologischen Karte der Konzessionen Bad Hall, Pettenbach und Wels-Süd, nebst angrenzenden Teilen der Konzessionen Wels-Nord, Linz und Ried im Innkreis, im Maßstab 1:25000 beziehungsweise 1:50.000 [unveröffentlichter Bericht RAG, Wien, 197 S]

BÜRGL, H. 1950: Die Struktur des Welser Gasfeldes [3 Abb, 1 Tab] Erdöl - Zeitschrift, 66/3, Wien, 33-36

JANOSCHEK, R. 1969: Erdöl und Erdgas in Oberösterreich - Geologie und Paläontologie des Linzer Raumes. Katalog Nr. 64 des OÖ Landesmuseum, Linz, 92-106

KOHL, H. 1996: Stop 8: Kremsmünster - Weiße Nagelfluh; Exkursionsführer Wandertagung d. Österr. Geol. Ges; Ein Querschnitt durch die Geologie Oberösterreichs, Wien, 86

KOLLMANN, K. 1977: Die Öl- und Gasexploration der Molassezone Oberösterreichs und Salzburgs aus regional-geologischer Sicht, Erdöl - Erdgas - Z., 93, Sonderausg. [19 Abb.] Hamburg-Wien, 36-49

MALZER, O., RÖGL, F., SEIFERT, P., WAGNER, L., WESSELY, G. & BRIX, F. 1993: Die Molassezone und deren Untergrund, in: BRIX. F. & SCHULTZ, O. (Hrsg): Erdöl und Erdgas in Österreich - 2. vollst. überarb. Aufl., Wien, 281-358

NACHTMANN, W. & WAGNER, L. 1987: Mesosoic and Early Tertiary Evolution of the Alpine Foreland in Upper Austria and Salzburg, Austria-Tectonophysics, 137, Amsterdam, 61-76

WAGNER, L. 1980: Geologische Charakteristik der wichtigsten Erdöl- und Erdgasträger der oberösterreichischen Molasse. Teil I: Die Sandsteine des Obereozän. - Erdöl Erdgas-Z., 96/9 [13 Abb.] Hamburg - Wien, 338-346

WAGNER, L., KUCKEL-KORN; K. & HILTMANN, W. 1986: Neue Ergebnisse zur alpinen Gebirgsbildung Oberösterreichs aus der Bohrung Oberhofen / - Stratigraphie, Fazies, Maturität und Tektonik, Erdöl - Erdgas - Z., 102, Hamburg-Vienna, 12-19

WAGNER, L. 1996: Stratigraphie and Hydrocarbons in the Upper Austrian Molasse Foredeep (active margin), in: WESSELY, G & LIEBL, W. (Eds.); Oil and Gas in the Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe. - EAGE Special Publication No. 5

WAGNER, L. 1996: Tectono - Stratigraphy and Hydrocarbons in the Molasse Foredeep of Salzburg, Upper and Lower Austria. - Marine and Petroleum Geology Elsevier Science Ltd. Great Britain, in press

DIE AUFSCHLIESSUNG VON ERDÖL- UND ERDGASLAGERSTÄTTEN

Technik des Bohrens

von

Ing. Adolf Kosnopfl

Historische Entwicklung

Wann immer geologische Schichten unter der Erdoberfläche auf direktem Weg untersucht werden sollen, muß eine Tiefbohrung angesetzt werden. Schächte, wie sie beim konventionellen Bergbau verwendet werden, scheiden nicht nur aus Kostengründen, sondern auch wegen der Lagerstättenverhältnisse bei Kohlenwasserstoffen aus, da diese in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand unter hohem Druck stehen. Tiefbohrungen, die erst in den letzten Jahrzehnten durch die intensive weltweite Suche nach Erdöl und Erdgas auch dem breiten Publikum bekannt wurden, gab es schon vor Jahrtausenden.

Die ersten Bohrungen, die meistens, jedoch nicht immer, nach unserem Sinn gegrabene Brunnen darstellten, sind Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung niedergebracht worden und dienten in erster Linie der Suche nach Wasser. In den letzten Jahrhunderten vor Christus wurden bereits Brunnen zur Gewinnung von Salzwasser und Erdöl beschrieben.

KONFUZIUS berichtete von Bohrungen in China, die zur Gewinnung von Salzsole schon während der Tschou-Dynastie (1050 - 256 v.Chr.) niedergebracht wurden. Es kann angenommen werden, daß diese Bohrungen Teufen um 500 m erreichten.

HERODOT schreibt von Bohrungen, die etwa 500 bis 450 v.Chr. in Kleinasien (etwa dem heutigen nördlichen Irak) zur Gewinnung von Asphalt durchgeführt wurden. Zwischen dem 6. und 16. Jahrhundert unserer Zeitrechnung sind Bohrungen - oder besser handgegrabene Brunnen - zur Gewinnung von Erdöl aus Japan und Burma bekannt geworden.

Um 1500 verfertigte Leonardo da VINCI Skizzen eines Erdbohrapparates unter Verwendung eines Spiralmeißels. Die ersten tatsächlichen Bohrungen Mitte des 18. Jahrhunderts (DIDEROT)

und Anfang des 19. Jahrhunderts (PRUD'-HOMME) verwendeten teilweise da VINCI's Ideen. So wurde 1795 nahe St. Nicholas d'abremont in Frankreich eine Wasserbohrung bis auf eine Teufe von 330 m niedergebracht.

Grundsätzlich sind beim Herstellen einer Tiefbohrung drei wesentliche Aufgaben zu lösen (Bohrphasen):

1. Die Zerstörung der Bohrlochsohle zur Vertiefung der Bohrung, der eigentliche Bohrvorgang (Phase 1).
2. Die Entfernung und der Abtransport des bei der ersten Phase angefallenen Gebirges (Phase 2).
3. Sicherung des hergestellten Hohlraumes (Bohrloch) gegen Verbruch (Phase 3).

Beim Schlagbohrverfahren sind alle drei vorgenannten Phasen immer zeitlich voneinander getrennt: zuerst wird mittels eines an einem Seil hängenden Meißels durch Auf- und Abbewegung die Bohrlochsohle zerstört. In Abständen wird der Meißel hochgezogen und ausgebaut, damit der auf der Bohrlochsohle befindliche Bohrschmant (das zertrümmerte Gestein) mittels eines Schmantlöffels zutage befördert werden kann. Von Zeit zu Zeit müssen Rohre zur Abstützung der offenen Bohrlochwand eingebracht werden. Dies war ziemlich oft notwendig, wodurch solche Bohrungen je nach der Standfestigkeit der zu durchteufenden Schichten nur beschränkte Teufen erreichen konnten.

Die tiefste Seilschlagbohrung der Welt wurde 1925 von der People's Natural Gas Company in Pennsylvania, USA, mit einer Endteufe von fast 2.367 m fertiggestellt. Die berühmteste Seilschlagbohrung war wohl die von "Colonel" DRAKE bei Titusville, Pennsylvania, USA, die am 27. August 1859 in einer Teufe von 21,2 m (!) ölfündig wurde. Das war der Geburtstag der Erdölindustrie.

Unabhängig von der schlagenden Bewegung kann die Bohrlochsohle auch durch eine drehende, schabende Abtragung, ähnlich wie bei einem Spiralbohrer, zerstört werden. Diese Bohrmethode benötigt eine kontinuierliche Reinigung der Bohrlochsohle, also den Spülungskreislauf (Spülungsumlauf). Es ist das heute zur Herstellung von Tiefbohrungen am meisten verwendete Bohrsystem und wird weltweit Rotary-Verfahren genannt.

Wenn diese Methode auch schon vorher angewendet wurde, so gilt heute allgemein der 10. Jänner 1901 als Geburtstag der modernen Rotary-Tiefbohrtechnik. An diesem Tag eruptierte der berühmte Spindletop Gusher mit 100.000 Faß Öl (1 Faß ist 159 l) aus der Erde von Texas. Wir dürfen mit Stolz feststellen, daß es ein Marineingenieur der österreichisch-ungarischen Monarchie war, der diese Leistung vollbrachte: Anton LUCAS (LUCHICH).

Die Rotary-Bohranlage

Eine moderne Bohranlage, so wie sie im Luftbild (Abb. 7) zu sehen ist, setzt sich aus den im folgenden beschriebenen Teilen zusammen (Abb. 8):

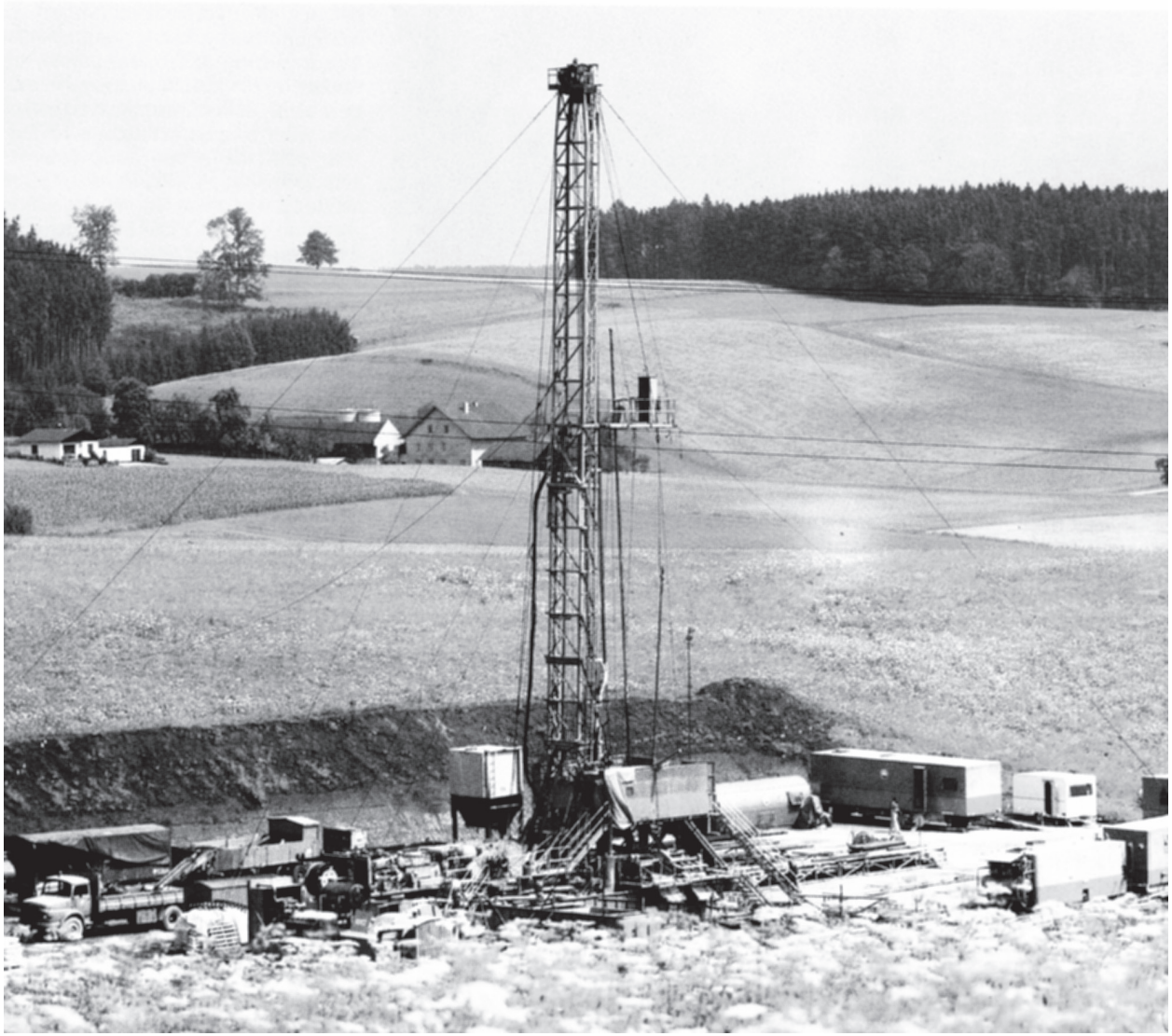

Abb. 7: Bohranlage im Feld Redlham 1973 (Foto: Asböck)

Bohrgerüst: Das ist eine Stahlkonstruktion, die als Mast oder pyramidenförmiger Turm ausgebildet ist, mit einer Höhe meist zwischen 20 und 60 m und einer Tragfähigkeit bis zu mehreren hundert Tonnen. In diesem Bohrgerüst befindet sich ein Flaschenzugsystem das der Belastbarkeit des Gerüstes entspricht und alle Manipulationen im Bohrloch, wie Gestängeein- und -ausbau sowie Futterrohreinbau (Verrohrung) ermöglicht. Während des Bohrens hängt natürlich auch der Bohrstrang an diesem Flaschenzug. Die Höhe des Bohrgerüstes ist zur Rationalisierung des Gestängeaus- und -einbaus (z. B. um das Bohrwerkzeug zu wechseln) entsprechend groß vorgesehen. Die einzelnen Bohrstangen sind etwa 9 m lang. Damit jedoch das Bewegen des Gestänges erleichtert und auch zeitlich verkürzt wird, werden 2, 3 oder 4 solcher Stangen, als "Züge" verschraubt, beim Aus- und Einbauen gemeinsam bewegt. Beim Ausbauen werden diese Züge dann im Bohrgerüst abgestellt.
Das Bohrgerüst ruht auf einer manchmal über 10 m hohen Stahlkonstruktion, dem Kellergerüst, dessen obere Plattform als Arbeitsbühne dient und das Hebewerk sowie den Drehtisch aufnimmt. Die freie Höhe darunter wird für die Preventeranlage, das sind die Sicherheitsarmaturen auf dem Bohrlochmund, benötigt.

Hebewerk: Es besteht meist aus einem Ein-Trommel-Kran zum Bewegen des Flaschenzugsystems im Bohrgerüst. Von diesem Hebewerk erfolgt auch der Antrieb des Drehtisches auf der Arbeitsbühne, wenn nicht ein elektrischer Direktantrieb verwendet wird.

Antriebsmaschinen: Die meisten Rotary-Bohr-

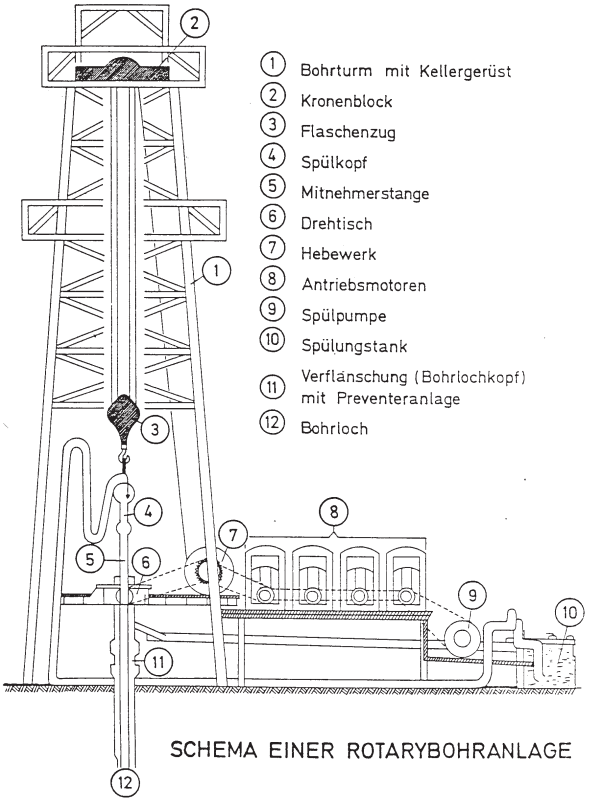

Abb 8: Schema einer Rotarybohranlage

anlagen verwenden zum Antrieb zwei bis vier Dieselmotore, die ihre Kraft in ein Verbundgetriebe einspeisen und so Hebewerk und Spülpumpen antreiben. Bei schweren Bohranlagen beträgt die installierte Leistung bis zu 5.000 PS, das sind 3.678 kW. Heute wird bei schweren Bohranlagen der diesel-elektrische Antrieb immer mehr bevorzugt. Dieselmotore erzeugen über Generatoren Drehstrom.

Durch Gleichrichter wird dieser in Gleichstrom umgewandelt, der die Elektromotore der einzelnen Arbeitsmaschinen antreibt.

Spülpumpen: Je nach Größe der Bohranlage werden ein bis drei Spülpumpen verwendet, die zur Zirkulation der Spülflüssigkeit dienen. Waren früher meist doppelt wirkende Duplex-Kolbenpumpen eingesetzt, so werden heute einfach wirkende Triplex-Konstruktionen bevorzugt. Jede dieser Pumpen kann bis zu 1.700 PS (= 1.250 kW) Eingangsleistung besitzen und Zirkulationsdrücke bis 350 bar ermöglichen.

Spülsystem: Zur Lagerung, Reinigung und Regenerierung der verwendeten Bohrspülung werden neben einer Tankanlage, die ein Volumen bis zu 500 m³ haben kann, Schüttelsiebe (Vibrationssiebe), Hydrozyklone (Abscheidungsgeräte) und manchmal auch Zentrifugen benötigt, um das von der Spülung aus dem Bohrloch ausgetragene Bohrgut abzuscheiden. Rührwerke in den Spülungstanks gewährleisten die Homogenität der Spülung, Chemikalientanks ermöglichen den gleichmäßigen Zusatz von Reagenzien zur Kontrolle der rheologischen Eigenschaften, das sind jene, die beim Fließen flüssiger oder kolloidaler Substanzen, wie der Bohrflüssigkeit, unter der Einwirkung äußerer Kräfte auftreten. Für den Notfall sind Einrichtungen vorgesehen, die das rasche Beschweren der Spülung (= die Erhöhung des spezifischen Gewichtes) durch Zusetzen von feingemahlenem Baryt (= $BaSO_4$, Schwerspat) gestatten.

Bohrstrang: Beim Rotary-Bohrsystem ist es notwendig, daß eine Drehbewegung von obertags bis zum Bohrwerkzeug auf der Bohrlochsohle

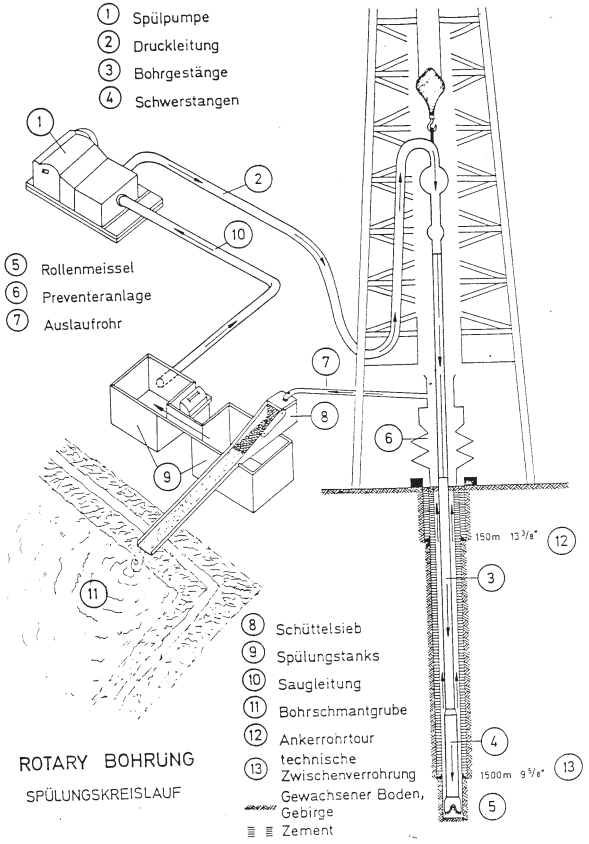

Abb. 9: Rotary Bohrung, Spülungskreislauf

übertragen wird und auch die Spülflüssigkeit dorthin gelangt. Zu diesem Zweck werden die schon erwähnten Gestängerohre (Bohrstangen) verwendet.
Am oberen Ende des Bohrstranges befindet sich eine quadratische oder sechseckige Mitnehmerstange (Kelly), die die Übertragung der Drehbewegung vom Drehtisch auf den Bohrstrang er-

möglicht. Der untere Teil des Bohrstranges zwischen Bohrgestänge und Bohrmeißel besteht aus den Schwerstangen. Das sind Rohre mit einer Wandstärke bis zu 100 mm und manchmal auch noch größer, deren große Masse dazu benötigt wird, um die gewünschte Belastung auf den Bohrmeißel ausüben zu können sowie eine größere Steifheit des unteren Bohrstranges herbeizuführen. Dies soll bewirken, daß beim Bohren ein möglichst vertikales Bohrloch geschaffen wird.
Zwischen Mitnehmerstange und dem Flaschenzugsystem im Bohrgerüst befindet sich der Spülkopf, der mittels Lager und Stopfbüchsen die Drehbewegung des Bohrstranges bei gleichzeitiger Zuführung der Spülflüssigkeit ermöglicht.

Sicherheitseinrichtungen: Auf dem Bohrlochmund, der Verflanschung, in der die bereits eingebrachten Rohrkolonnen (Futterrohre, Verrohrung) abgefangen und abgedichtet sind, werden Schieberkombinationen (Preventer, meist hydraulisch zu betätigen) aufgeflanscht, die es jederzeit ermöglichen sollen, das Bohrloch zu verschließen, um einen unkontrollierten Ausbruch aus dem Bohrloch zu verhindern. Neben diesen primären Ausbruchsicherungen sind noch sekundäre vorhanden, wie Düsenmanifolds, die das Zirkulieren der Spülung auch bei geschlossenen Preventern gestatten sowie Entgasungsgeräte, die das Abscheiden von in das Bohrloch eingetretenem Gas von der Spülung bewirken.
Neben diesen Maschinen und Geräten sind noch einige Werkzeuge und Materialien für das Niederbringen von Bohrungen notwendig, von denen die wichtigsten kurz beschrieben werden sollen.

Bohrwerkzeuge: Bei Rotary-Bohrungen wurden anfangs nur spanabhebende Meißel, sogenannte Fischschwanzmeißel, verwendet. Neben der hohen Torsionsbeanspruchung des Bohrstranges, die solche Werkzeuge verursachten, wurden sie auch beim Bohren in härteren Schichten, z. B. Sandsteinen, rasch stumpf und verursachten auf diese Weise hohe Bohrkosten. Daran änderte auch das Aufbringen von Hartmetall auf die Meißelschneiden wenig. Im Jahr 1909 verfertigten SHARP und HUGHES den ersten Rollenmeißel, eine Erfindung, die die Rotary-Bohrtechnik revolutionierte. Gezahnte Rollen wurden auf der Bohrlochsohle drehend bewegt und zerstörten das Gestein (Abb. 10).

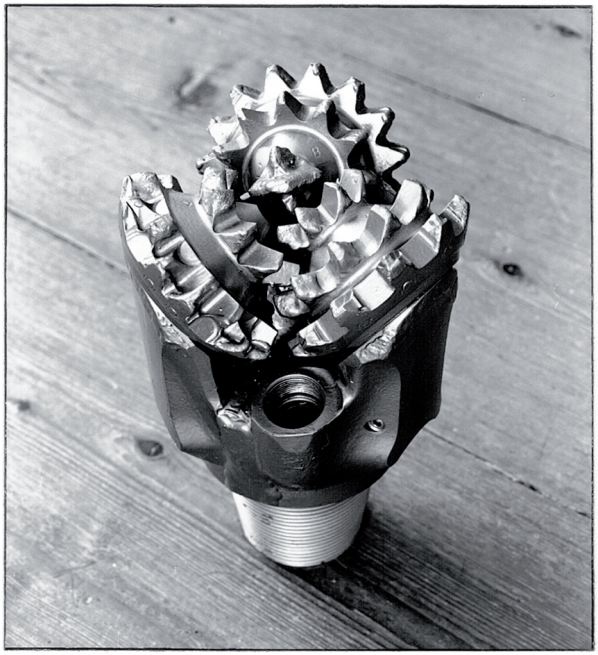

Abb. 10: Dreirollen-Zahnmeißel (Foto: P. Amand)

Entsprechend der unterschiedlichen Härte des Gesteins wurden in der Folge verschiedene Rollen- und Zahnkonfigurationen entwickelt. Für extrem harte und abrasive Formationen wurden die aus dem Vollen der Rollen gefrästen Zähne durch Hartmetallstifte (Disken) aus Wolframkarbid ersetzt.
Heute werden bei Rollenmeißeln fast ausschließlich Konstruktionen mit Düsen verwendet. Für das Bohren in extrem harten Gebirgsschichten wurden, gleichfalls in den fünfziger Jahren, Diamantmeißel entwickelt.

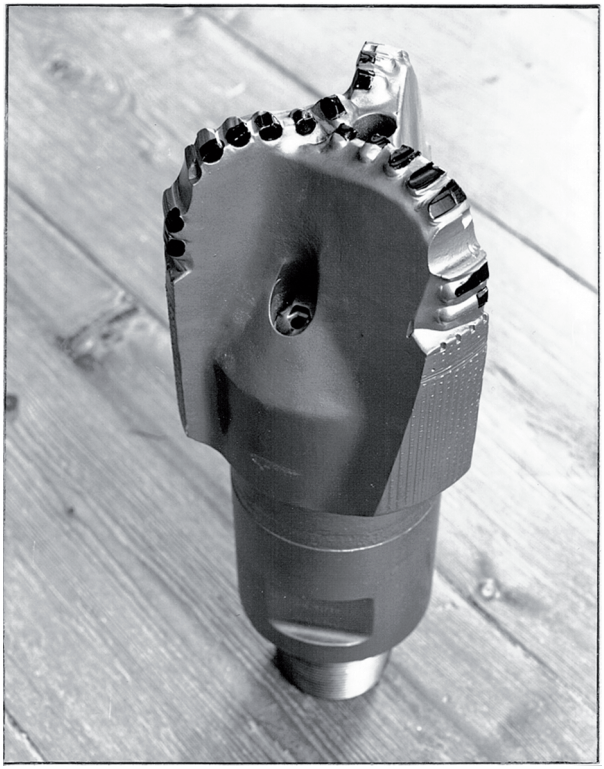

Abb. 11: PCD-Meißel (Foto: P. Amand)

Nachdem es der Firma General Electric gelungen war, künstliche Diamanten herzustellen, wurden später auch Formstücke daraus angeboten, sogenannte "polycristalline diamond compacts" (PDC). Diese wurden als Schneidelemente für Bohrmeißel eingesetzt und brachten hervorragende Leistungen. Heute ist man überzeugt, daß nach den Rollenmeißeln mit der Verwendung von PDC's eine neue Generation von Bohrwerkzeugen begonnen hat (Abb. 11).

Die Bohrspülung

Diese Flüssigkeit, ursprünglich reines Wasser, wurde wie erwähnt, zuerst nur als Transportmittel für das erbohrte Gebirge eingesetzt. Als man jedoch weichere, wenig standfeste Schichten durchbohrte, erkannte man, daß durch Zusatz von Ton oder ähnlichen Stoffen ein Verkleisterungseffekt an der Bohrlochwand herbeigeführt werden konnte und diese dadurch weniger zum Nachfall neigte.

Heute ist der Problemkreis der Bohrspülung zu einem der wichtigsten Fachgebiete der Tiefbohrtechnik geworden. Die Hauptaufgaben, die eine Spülung zu erfüllen hat, sind:
- Kühlung des Bohrwerkzeuges
- Reinigung der Bohrlochsohle
- Abtransport des Bohrschmantes
- Stabilisierung der Bohrlochwand
- Kontrolle des Druckes in den durchbohrten Schichten
- Möglichkeit, bestimmte Bohrlochmessungen durchzuführen.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Bohrspülung, die zumeist eine Tonsuspension ist, stellt das Verhalten bei Aufhören der Zirkulation, z. B. während des Aus- und Einbauens des Bohrstranges, während eines Tests oder bei sonstigen Stillständen dar. Die nun unbewegte Spülungsflüssigkeit versteift sich zu einem puddingartigen Gel. Diese Eigenschaft nennt man Thixotropie. Damit wird bewirkt, daß bei Spülungsstillstand der mitgeführte Bohrschmant in Schwebe bleibt und nicht zurück auf die Bohrsohle sinkt, was beim Weiterbohren Schwierigkeiten verursachen kann. Durch den Pumpendruck bei Wiederbeginn der Zirkulation wird die Bohrspülung wieder verflüssigt.

Wenn auch Spülungen zur Optimierung des Bohrfortschrittes mit möglichst niedrigem spezifischem Gewicht gefahren werden sollen, können sie durch Zusatz von Beschwerungsmitteln (z. B. Baryt) bis auf ein Gewicht, das weit über dem Doppelten von Wasser liegt, angehoben werden. Überwiegend werden Spülungen auf Wasserbasis verwendet, das heißt, die Hauptmasse der Spülung besteht aus Wasser, dem bestimmte Zusätze beigegeben sind. Es können jedoch schwierige Gebirgsverhältnisse oder empfindliche Lagerstätten den Einsatz von ölbasischen oder schaumbildenden Spülungen erforderlich machen.

Der Bohrvorgang

Soll nun eine Bohrung niedergebracht werden, dann werden zunächst die Arbeiten für den Bohrplatz und die Zufahrt ausgeführt. Sodann wird auf der Lokation eine für die voraussichtliche Endteufe entsprechende Bohranlage errichtet.

Wir wollen nun als typisches Beispiel das Abteufen einer 3.000 m tiefen Bohrung beschreiben.
Das geplante Bohrloch gliedert sich in 3 Abschnitte: es wird mit einem Bohrlochdurchmesser von 445 mm begonnen, ab 600 m sind 312 mm und ab 1.750 m 216 mm Durchmesser vorgesehen. Zur Sicherung des Gebirges werden in die einzelnen Sektionen Stahlrohre eingebaut. Der Ringraum zwischen diesen Rohren und der Bohrlochswand wird anschließend mit Zement ausgefüllt und das Bohrloch somit gegen das Gebirge abgedichtet.
Zum Zerkleinern der verschiedenen Gesteine (Schotter, Konglomerat, Sandstein, Tonmergel) dienen Rollenmeißel, die mit Zähnen oder Hartmetallwarzen bestückt sind sowie Meißel mit aus synthetischen Diamanten gefertigten Schneidelementen. Um die potentiellen Gasträger genauer untersuchen zu können, werden etwa 70 m Gestein aus einer Tiefe von über 1.500 m mit Kernbohrkronen erbohrt, die den Großteil des Querschnittes für die Beurteilung durch die Geologen unversehrt lassen.
Der Austrag des Bohrkleins erfolgt mittels einer Ton-Wasser-Spülung, die Abscheidung dieser Feststoffe über Siebe, Zyklone und Zentrifugen. Dabei wird die Bohrspülung im Kreislauf gefahren und immer wieder verwendet. Lediglich das erbohrte Gebirge muß in eigenen, zugelassenen Deponien entsorgt werden.
Jeder Bohrlochsabschnitt wird mit elektrischen und akustischen Meßverfahren untersucht. Ergeben sich Hinweise auf Gasführung, werden kurzzeitige Zuflußtests durchgeführt, die über Art und Menge Aufschluß geben.

Nach Beendigung der etwa zweimonatigen Arbeiten wird die Bohranlage wieder abgezogen.

Im Falle der Nichtfündigkeit wird der gesamte Bohrplatz rekultiviert und wieder seinem ursprünglichen Zweck zugeführt.

Sollten tatsächlich Gasvorkommen angetroffen werden, die eine wirtschaftliche Förderung zulassen, würde ein kleiner Teil des Bohrplatzes für die Fördereinrichtung verbleiben.

Geologische und lagerstättenkundliche Daten

Die geologische Überwachung einer Bohrung während des Abteufens erfolgt durch laufende Beobachtung der Spülung auf Gasanzeichen und der Untersuchung des zutage gebrachten Bohrschmantes. Wird eine größere Gesteinsprobe benötigt, wird ein sogenannter Kern gezogen. Ein Kernapparat ist dafür notwendig.

Weitere Auskunft über die Ausbildung der durchbohrten Schichten ergeben die schon erwähnten geophysikalischen Messungen, wobei spezielle Meßgeräte (Sonden) an einem Kabel in das Bohrloch bis zur Bohrlochsohle eingelassen werden. Die Meßwerte werden obertags in einem Meßwagen aufgezeichnet und können meist sofort in Form von Diagrammen eingesehen werden.

Durch Auswertung der verschiedenen geophysikalischen Parameter kann man gas- oder ölführende Schichten erkennen, über ihre mögliche Produktivität kann jedoch im noch nicht verrohrten Teil des Bohrloches nur ein sogenannter Gestängetest Aufschluß geben. Daraus läßt sich ableiten, ob eine wirtschaftlich nutzbare Lagerstätte mit hoher Wahrscheinlichkeit gefunden wurde oder nicht.

Fangarbeiten und Bohrlochablenkungen (Richtbohrungen)

Während des Bohrvorganges kann es nun, bedingt durch Ermüdung und/oder Überbeanspruchung des Materials, zu einem Bruch des Bohrstranges kommen, wodurch ein Teil von diesem, im Fachjargon "Fisch" genannt, im Bohrloch verbleibt. Mittels zum Teil komplizierter Fangwerkzeuge können in den meisten Fällen diese Bruchstücke zutage gebracht werden, sodaß der Bohrprozeß seinen Fortgang finden kann.

Neben technisch bedingten Ablenkungen gibt es auch solche, die notwendig sind, um unterirdische Bohrziele zu erreichen, bei denen die vertikal darüber an der Erdoberfläche befindliche Lokation nicht zugänglich ist, weil es sich z. B. um verbautes Gebiet handelt. Die horizontale Abweichung solcher Richtbohrungen kann je nach der Teufe des Bohrloches bis zu mehreren hundert Metern betragen. Bohrlochneigungen von mehr als 70° (bezogen auf die Vertikale) sind durchaus üblich. In speziellen Fällen sind Richtbohrungen schon so stark abgelenkt worden, daß der unterste Abschnitt des Bohrloches horizontalen Verlauf hatte (Horizontalbohrung).

Bohrkosten

Die Kosten von Tiefbohrungen sind erheblich und nehmen mit der Teufe exponentiell zu. Das gleiche gilt auch für die Dauer von solchen Bohrungen.

Die durchschnittlichen Bohrkosten teilen sich folgendermaßen auf:

Bohrplatz, Auf- und Abbau, Abtransport	6 %
Bohrwerkzeuge	9 %
Formationsuntersuchungen	5 %
Spülung	6 %
Verrohren und Zementieren	21 %
Bohranlagenbereitstellung	53 %

Ausblick

In Österreich wurden von 1917 bis Ende 1996 insgesamt 6,866.594 Bohrmeter zur Suche und Gewinnung von Erdöl und Erdgas niedergebracht, wobei im Laufe der Jahre die erreichten maximalen Bohrteufen immer größer wurden.
Die tiefsten Bohrungen in der oberösterreichischen Molasse bewegen sich bei 5.000 m (Grünau, Oberhofen). Im Wiener Becken erreichte die tiefste Bohrung 8.553 m (1983 - Zistersdorf).
Die derzeit (1991) tiefste Bohrung der Welt ist die Forschungsbohrung "Kola SG3" nahe Murmansk auf der Halbinsel Kola, Rußland, die zur Klärung geowissenschaftlicher Fragen im Mai 1970 ihren Bohrbeginn hatte und im Juli 1990 eine Teufe von 12.065 m erreichte und seither nicht weiter vertieft wurde. Die geplante Endteufe liegt bei 15.000 m.

Solange es eine Suche nach Kohlenwasserstoffen geben wird, werden Tiefbohrungen notwendig sein und sie werden in immer größere Teufen vordringen; sie werden dann auch einmal der größeren Nutzung von Erdwärme dienen, vorausgesetzt, daß es gelingt, die hohen Kosten zu reduzieren.

Für die großzügige Unterstützung danken wir der Firma:

RAG ROHÖL-AUFSUCHUNGS AG

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Anselm Desing Vereins

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 37

Autor(en)/Author(s): Polesny Heinrich, Kosnopfl Adolf

Artikel/Article: Der Raum Kremsmünster und seine Bedeutung für die Öl- und Gasindustrie; Die Aufschließung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten. technik des Bohrens 1-29