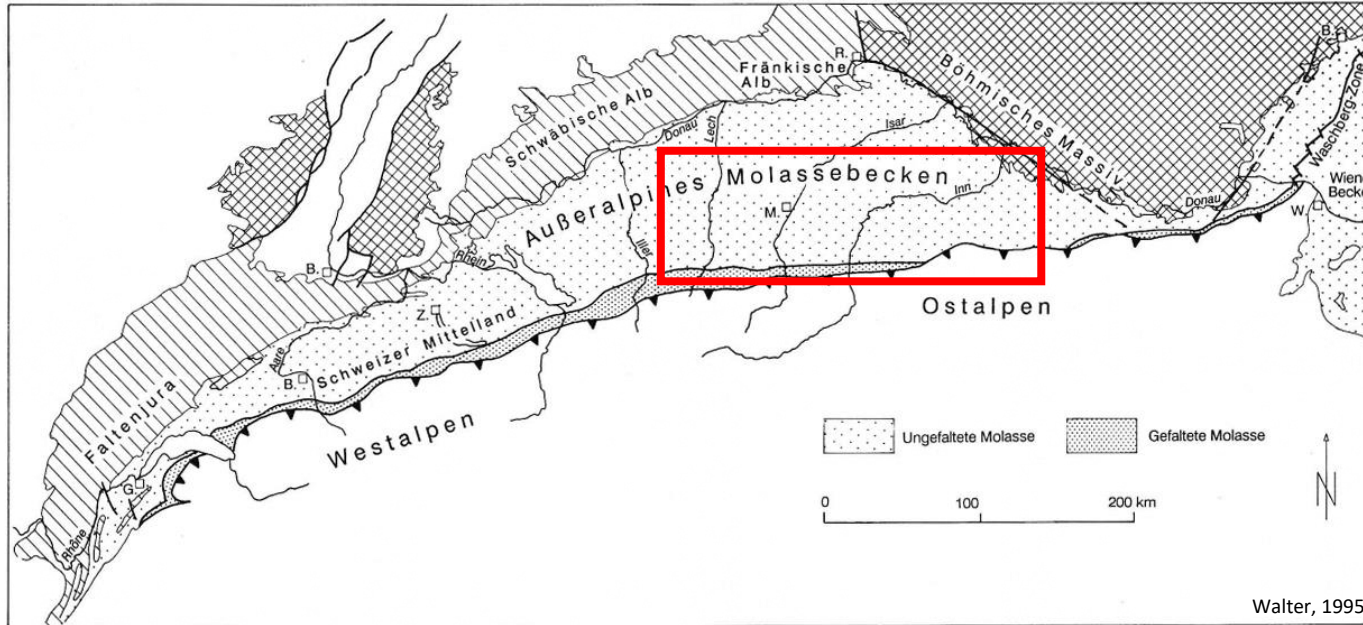


# Exploration & Produktion von Kohlenwasserstoffen in Südostbayern - Historie und aktuelle Einblicke mit Hilfe moderner 3D-Seismik

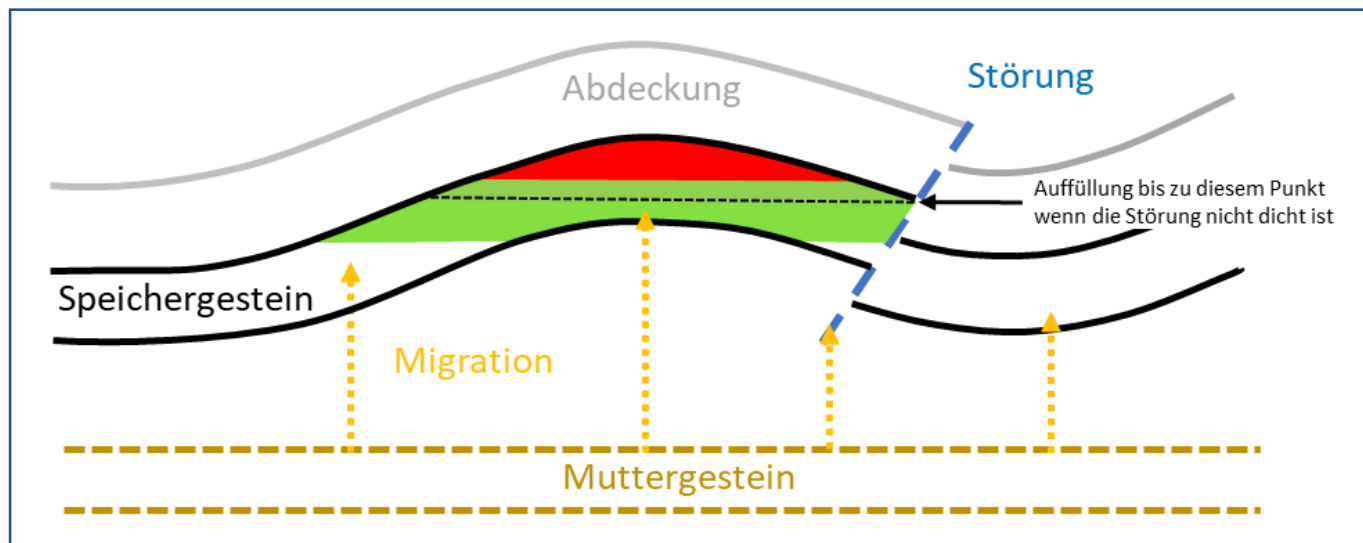
Dr. Markus Dimke, 02.06.2021

- Geologische Einführung
- Explorationsgeschichte Südostbayerns
  - Die Anfänge
  - Frühphase 1918 - 1952
  - Hauptphase 1953 - 1979
  - Spätphase 1980 - 1996
- Besondere Bohrungen und ihre geologische Bedeutung
- Rückblick & Ausblick
- Einblicke in die Geologie durch moderne 3D-Seismik

## GEOLOGISCHE EINFÜHRUNG

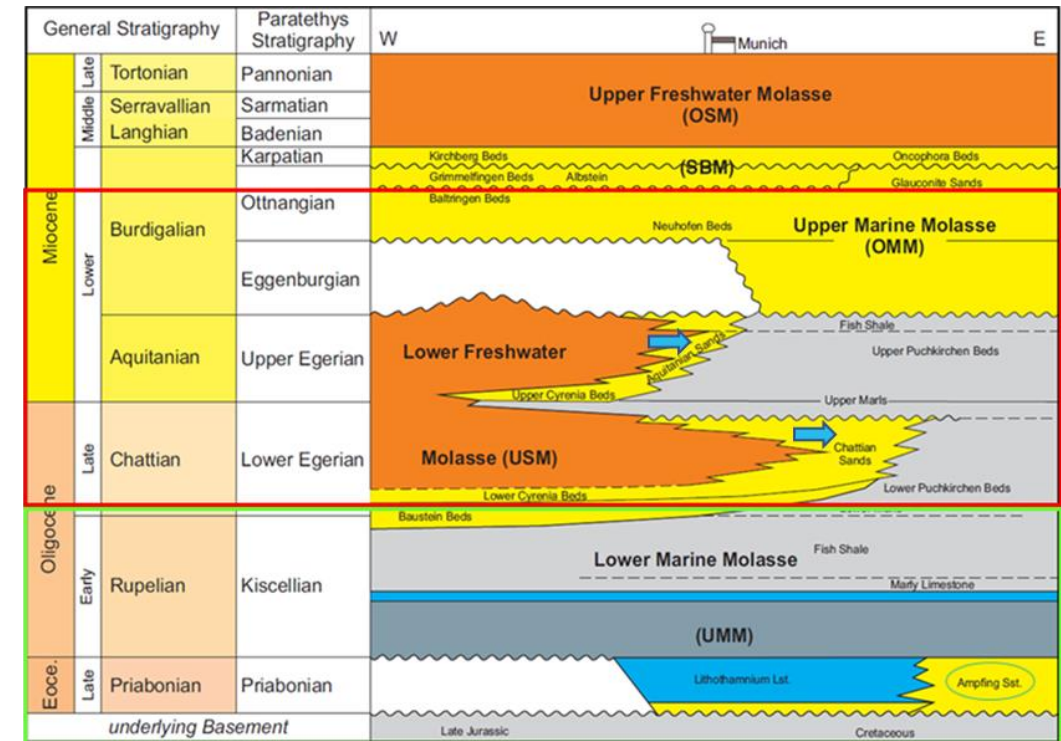


- Der Großteil der Lagerstätten liegt in der Vorlandmolasse, aber auch die zu den Alpen zählende Faltenmolasse sowie in geringerem Maße das Helvetikum sind aus historisch explorativer Sicht interessant.
- **Die Molasse zieht sich weit nach Süden verdeckt durch die Alpendecken.**



- Kohlenwasserstoffsysteme basieren auf die Verdrängung von Wasser im Porenraum der Speichergesteine (Reservoir) durch Öl und Gas in einer Struktur (Trap).
- Die Abdichtung (Seal) ist dabei ebenso wichtig wie ein gutes Muttergestein (Source Rock) und die Möglichkeit die Kohlenwasserstoffe in das Speichergestein zu bekommen (Migration).

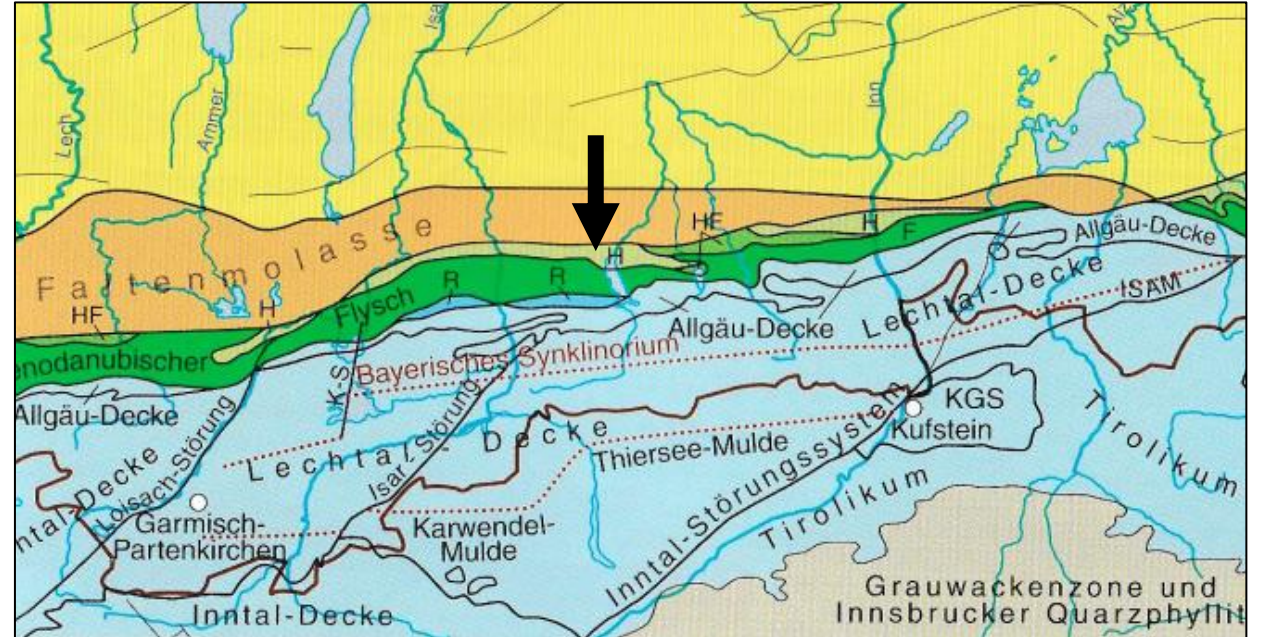
- Kohlenwasserstoffe findet man vom Mesozoikum bis in das jüngere Miozän.
- Öl Funde sind v. a. aus den älteren (tieferen) Stockwerken bekannt, Gas dagegen findet sich meistens in den jüngeren Sedimenten.
- Die weit aushaltenden flachmarinen Sande des Aquitan- und Chatt-Deltas bilden die Hauptreservoir, v. a. für die Gaslagerstätten (blaue Pfeile).
- Das Gas entstand dabei durch die Aktivität von Bakterien (biogenes Gas), was eine Besonderheit in der Molasse darstellt.
- Die größte Öllagerstätte findet man im Ampfinger Sandstein (Eozän).
- Die Untere Süßwassermolasse (USM) ist in Südost-Bayern marin ausgeprägt.



Verändert nach Lemcke (1988) and Bachmann & Müller (1991)

Helvetikum-Zone (Allochthones Helvetikum)

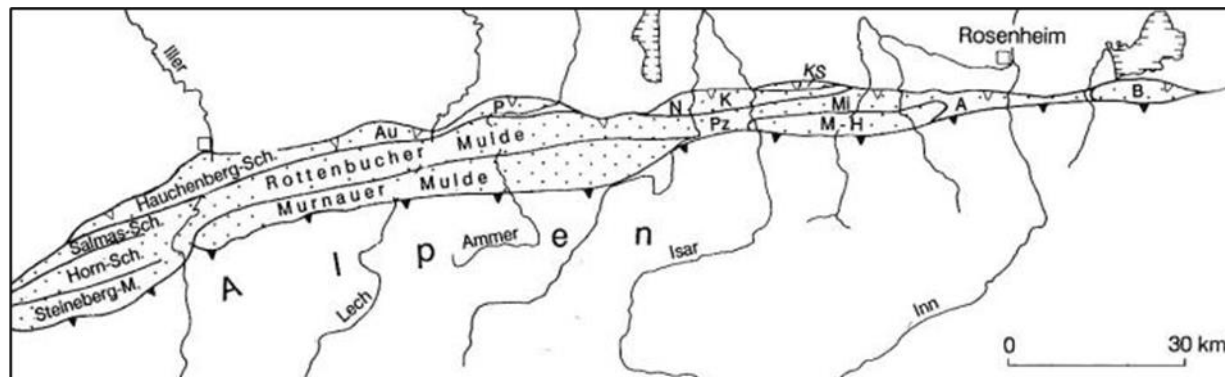
- **Präexploratorisch diente die Helvetikum-Abfolge als Ausgang für Analogschlüsse im Untergrund des südlichen Molassetrogs.**
- Gasbrunnen (Bad Wiessee) und übertägige Ölaustritte (Tegernsee) brachten das Helvetikum früh in den Fokus der KW-Exploration.
- Die Bohrung Maderhalm 1 (1961) zeigte Gas, aber die Seismik konnte den Schuppenbau nicht auflösen.
- Die tektonischen Vervielfachung der Abfolge sowie die Beziehungen zum autochthonen Helvetikum im Untergrund der Molasse wurden erst im Laufe der weiteren Exploration v. a. mit Hilfe der Reflexionsseismik erkannt.



Meyer 2018

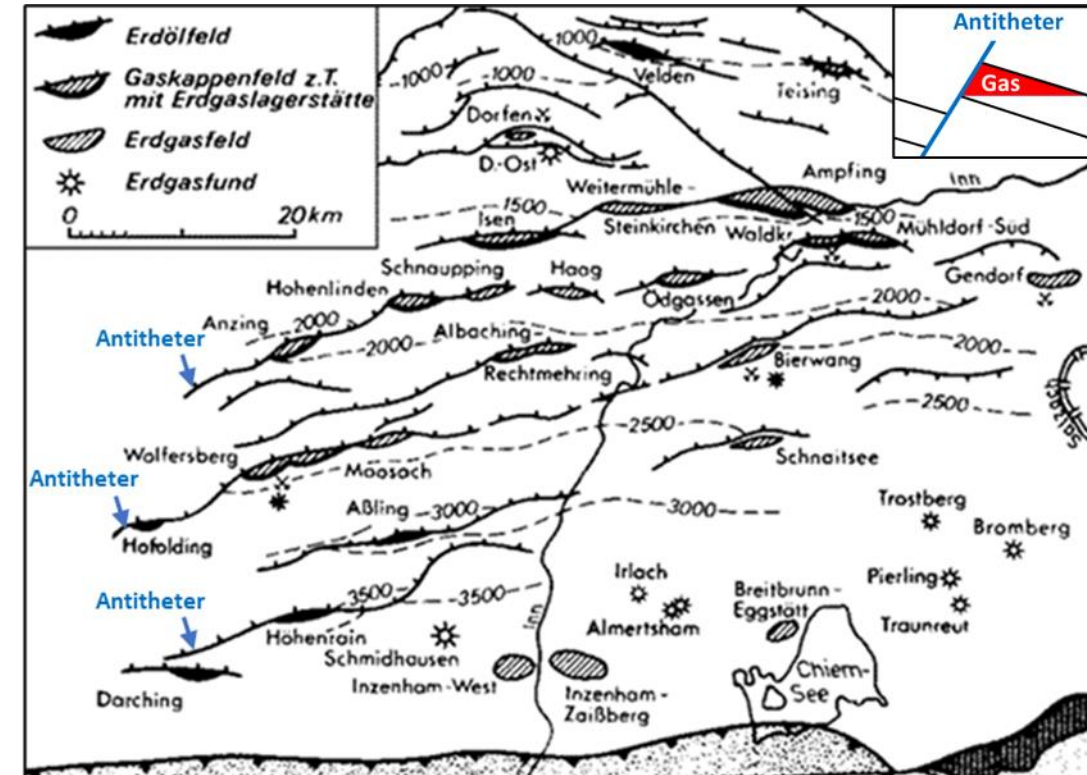
## Faltenmolasse (Allochthone Molasse)

- In der gefalteten Molasse wurden KW-Spuren wie „Erdwachs“ und zähflüssiges Öl an verschiedenen Lokalitäten wie in der Marienstein-Mulde angetroffen, weshalb die Faltenmolasse als frühzeitig prospektiv galt.
- **Die Faltenmolasse stellt die nördlichste und tektonisch tiefste Einheit des alpinen Deckenstapels dar.**
- Die Zugehörigkeit der Faltenmolasse zum alpinen Deckenbau mit bis zu 40 km Überschiebungsweiten wurde erst im Lauf der Kohlenwasserstoff-Ausforschung deutlicher (MÜLLER 1970, 1984) und erklärt nachträglich die Faziesunterschiede zur Vorlandmolasse. Sie setzt sich weit nach Süden bis unter das Kalkalpin fort.
- **1955/56 zeigte die 2D-Seismik (Reflexionsseismik) erstmals den nordvergenten Muldenbau.** Die Mulden sind vielfach durch Störungszonen anstelle von Sätteln, die als KW-Fallen geeigneter wären, voneinander getrennt.
- Im Gegensatz zur Vorlandmolasse kommen in der Faltenmolasse auch Gesteine **oligozänen Alters zutage. Diese Serien verführten in vorexploratorischer Zeit dazu, ihre Fazies bis weit in die Vorlandmolasse zu extrapolieren** ( ... mit vielen Lücken, z.B. alpine Schuttfächer der Unteren Süßwasser Molasse).
- Der Bausandstein als einer der wichtigsten Reservoire des Oligozän konnte in Aufschlüssen kartiert werden.



## Vorlandmolasse

- Hier findet man die **meisten Lagerstätten**.
- Verhüllt durch eiszeitliche Ablagerungen waren als älteste Schichten nur Aquitan Gesteine aus dem Aufschluss bekannt.
- Erst im Zuge der Tiefbohrstätigkeit wurde die gesamte Folge bekannt. Die Stratigraphie der Vorlandmolasse beginnt mit dem Oberen Eozän.
- Öl- und Gasaustritte sind nur von Ehingen a. d. Donau und aus dem bayerischen Innviertel dokumentiert.
- Mit der **Taufkirchen 1 (1935)** wurde **in Bayern erstmals das Tertiär durchbohrt und Kreide als das Liegende nachgewiesen**; die Bohrung fand im Tertiär mehrere speicherfähige Sandsteine.
- Kurios: Birnbach 1 (1939) war als Heliumbohrung geplant mit bis zu 0,429 % Helium im Coniac.
- Erst durch die Seismik und Bohrungen erkannte man die teilweise über 100 m versetzenden Verwerfungen der Molasse Basis. Diese **Antitheter-Störungen klingen zum Hangenden aus und erreichen die Erdoberfläche in den meisten Fällen nicht**. Sie sind die wichtigsten KW-Fallen in der Molasse.



Verändert nach Erdöl-Erdgas-Kohle 1986





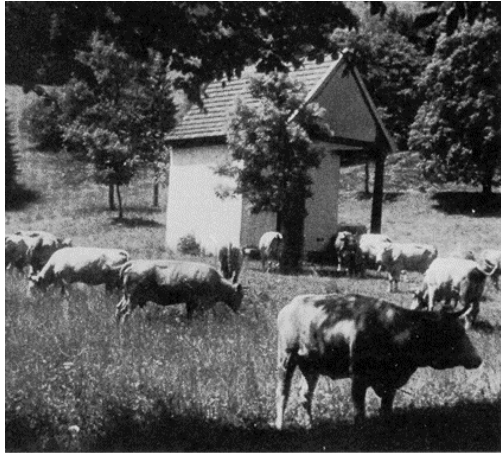
Fotos von 1944



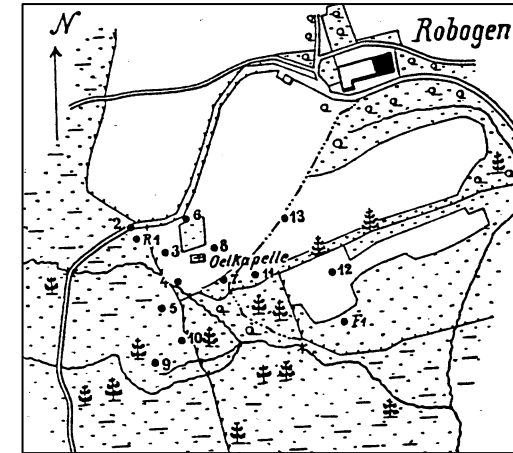
Das Foto wurde von der Ölkapelle aus nach SW aufgenommen. Es zeigt die Lokation Rohbogen 4 vor dem Bohrturm auf der Rohbogen 5.

Zu sehen sind von links nach rechts die Lokationen Rohbogen 13, Rohbogen 7 (vor Beginn der Neubohrung), Rohbogen 5 mit dem Bohrturm während der Aufwältigung des alten Schachtes, Rohbogen 8 vor der Ölkapelle und Rohbogen 3.

# EXPLORATIONSGESCHICHTE SÜDOSTBAYERN - DIE ANFÄNGE



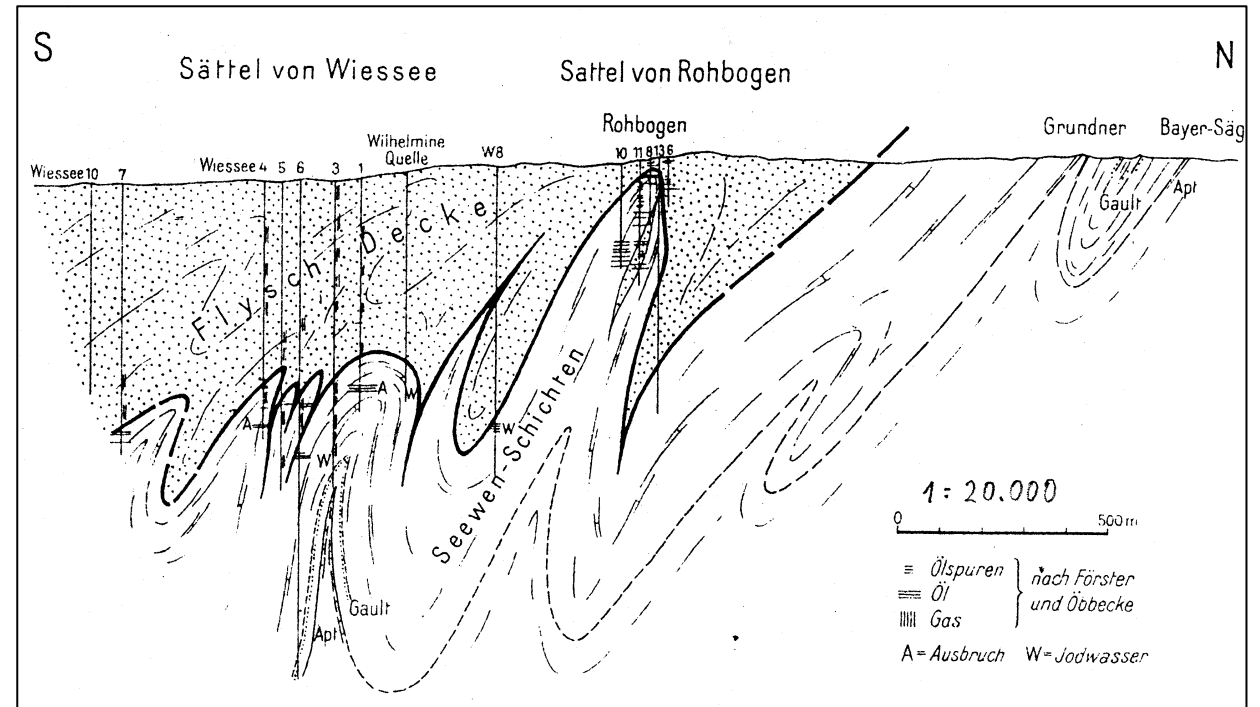
Über der Sickergrube, aus der die Tegernseer Mönche das Steinöl abgeschöpft hatten, wurde zu Ehren des heiligen Quirinus diese Kapelle auf den Wiesen des Robogner Hofes (heute Golfplatz) errichtet. Das Kirchlein ist somit die Geburtsstätte Bad Wiessees. Und die Urkunde, mit der die Bayerische Staatsregierung im Juli 1922 – also vor genau sechzig Jahren – dem jungen Kurort das Prädikat »Heilbad« verlieh, wäre dann der Taufschein des Weltbades Wiessee.



Lageskizze der Finner- und Robogener Bohrungen aus FINK (1904: 89)



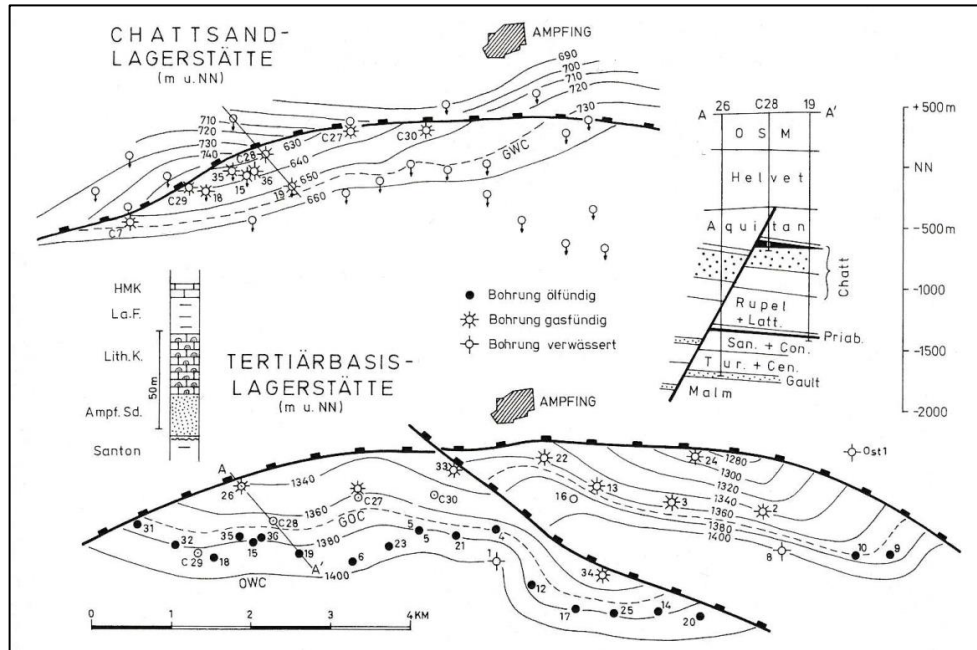
Bohrtürme des ehem. Ölfeldes Wiessee. Von links W:3, W.1, W.5, W.6, W.4  
Oben Mitte: Die König-Ludwig II. Quelle (= Wiessee 3) mit dem ersten Kurhaus



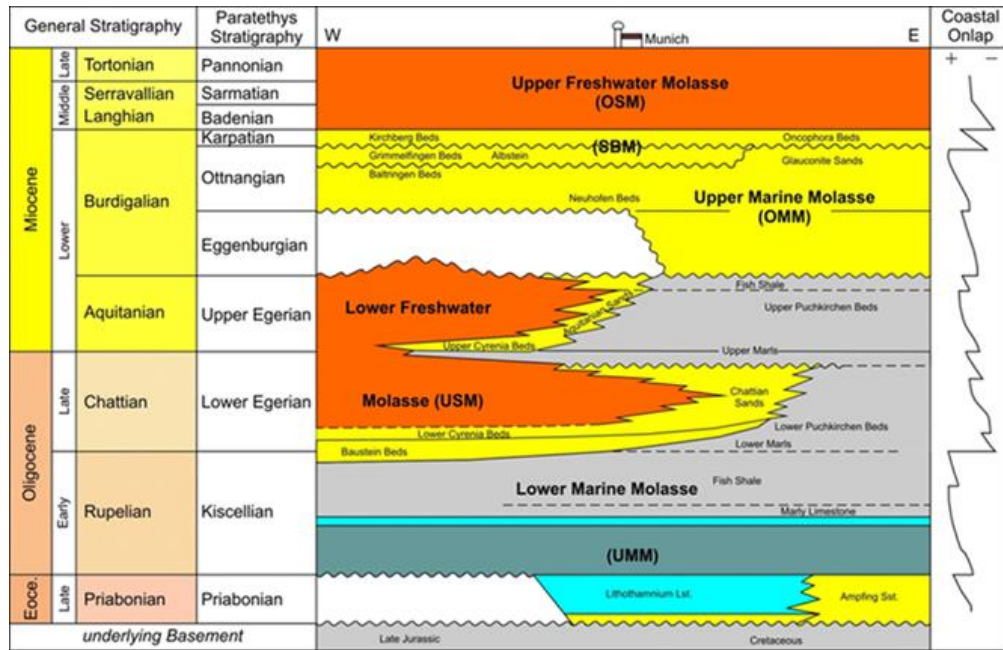
Nord-Süd Profil westlich des Tegernsees aus PILGER (1938: 5, Abb.5).

- **Explorationsbohrungen ohne Reflexionsseismik** charakterisieren die Frühphase.
- Gaszutritte in Wasserbrunnen bei Marktl/Inn führten **1918 mit der Bohrung Julbach 1 zum Beginn der ersten explorativen Unternehmung in der Vorlandmolasse.**
- In der **Taufkirchen 1 (1935-1936)** wurde zum **ersten Mal das Molasse-Tertiär in einer für den bayerischen Teil zentralen Position durchörtert** und die bislang unbekannte Stratigraphie und Lithofazies des tieferen Miozäns und Oligozäns untersucht (Andrée 1937).
- Außerdem wurden in der Bohrung **Taufkirchen 1** zum **ersten Mal Logmessungen** im Explorationsraum des Alpenvorlandes durchgeführt.
- Zu **Beginn der seismischen Übersichtsaufnahme wurde 1950/51 die Bohrung Scherstetten 1** (ROLL1955) als stratigraphisches Ausgangsprofil bis 2036,5 m, d.h. bis in den kristallinen Untergrund, abgeteuft.
- Ergebnisse der Scherstetten 1:
  - **Ölspuren** im hochporösen und permeablen Bausandstein **inmitten der Molasse**
  - Nachweis der Speicherfähigkeit des Dogger Beta und der der kontinentalen Trias
  - Nachweis des Vindelizischen Rückens (Moldanubischer Gneis an der Basis der Bohrung)

- Die auf Antrieb erfolgreiche Hauptphase (Fundbohrung **Ampfing 2**, 1953; **größte Öllagerstätte Bayerns**) verdankt ihre durchschlagenden Erfolge dem **erstmaligen Einsatz der Reflexionsseismik** in den vierziger und frühen fünfziger Jahren, welche erste fundierte Hinweise auf die verdeckte **Antitheter-Tektonik** geben konnte.
- **Ampfing ist der erste wirtschaftliche Öl- und Gasfund im östlichen Teils des deutschen Molassetroges.**
- Weiterer Fündigkeiten vom gleichen Fallentyp Isen 1 (1954), Steinkirchen 1 (1954), Hohenlinden 1 (1956) ...
- Mit über 4000 m Tiefe ist **Darching das tiefste Ölfeld Deutschlands** und ebenfalls an einen Antitheter gebunden.
- Etwa 60 % der in Ostbayern aufgefundenen Reserven kommen aus den Antitheter-Feldern.



Lemcke, 1988



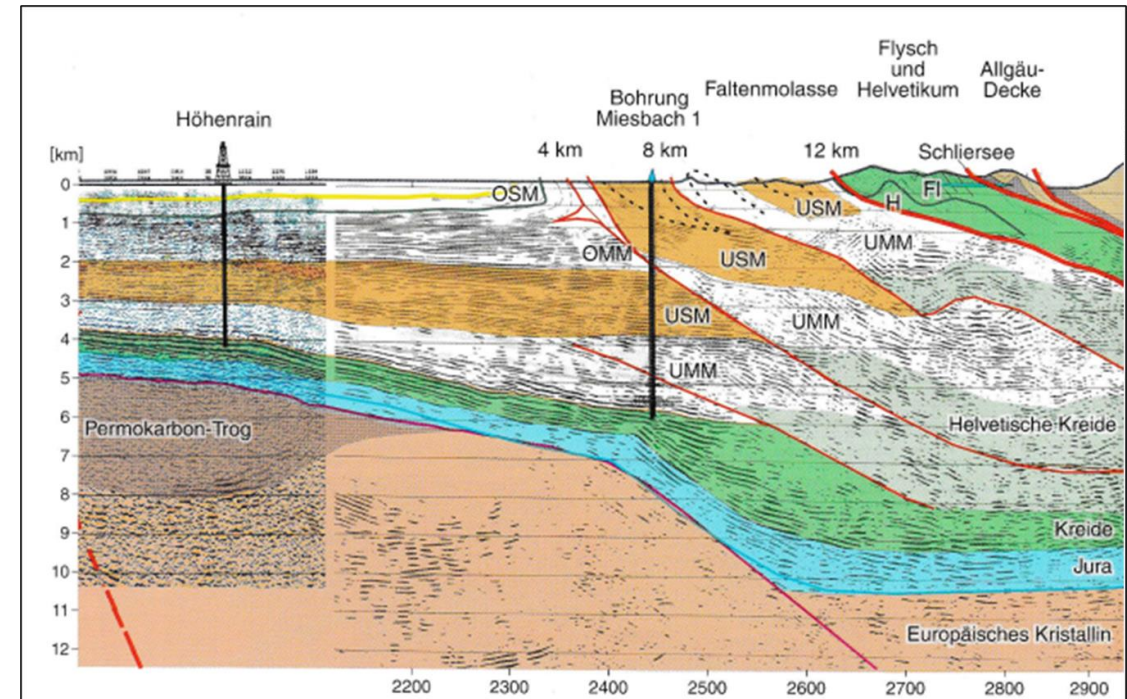
Verändert nach Lemcke (1988) and Bachmann & Müller (1991)

- **In Ampfing wurde erstmals das typische Tertiärbasisprofil Ostbayerns angetroffen in voller Ausprägung.**
- Erste unverhoffte Chatt-Gasfündigkeit in Ampfing 15 (1956).
- **Der bedeutendste Gasfund Südostbayerns wurde im Chatt gemacht (Bierwang C2, 1964).**
- In Bierwang erster wirtschaftlicher Gasfund im Aquitan.
- Die Sandsteine und Lithothamnienkalke an der Tertiärbasis sowie die Sandsteine im Rupel, Burdigal, Chatt und Aquitan beinhalten den überwiegenden Teil der in der bayerischen Molasse aufgefundenen Gas- und Ölreserven.
- Untersuchungen des Gault-Sandsteins, stratigraphische Vertiefungen in den Jura und bis ins Paläozoikum, blieben überwiegend erfolglos.
- Stratigraphische Fallen waren selten (Gendorf 1; Burdigal) und schlecht vorhersagbar.
- **Ab 1966 (Fund Schnaitsee) blieben Erfolge in der überwiegend auf Chatt-Antitheterstrukturen abzielende Bohrprogramme fast völlig aus und bedeuteten für die bayerische Gas-Exploration einen herben Rückschlag.**
- Einen deutlichen Aufschwung nahm die Exploration erst wieder mit der Entdeckung weiterer Chatt-Gasfelder (Breitbrunn C1, 1971) und den **ersten größeren Aquitan Gasansammlungen (Inzenham 1969 ; Schmidhausen C1, 1972)** im Bereich der **Kompressionsantiklinalen** im Süden des südostbayerischen Explorationsgebietes.
- Manchmal handelt es sich auch um kombinierte strukturell-stratigraphische Fallen wie in Breitbrunn wo die Tonmergel der Halfingrinne die seitlich Abdichtung der Lagerstätte übernehmen.

- Die günstige Erlössituation in den frühen Achtzigern gab die Möglichkeit, bisher als zweitrangig oder riskant eingestufte Projekte durchzuführen:
  - Bisher nicht untersuchte Hochlagen an Begleitstörungen der Hauptantitheter
  - Wiedererschließungsbohrungen von bereits stillgelegten Feldern
  - Nicht vollständig explorierten Kompressionsantiklinalen vor der alpinen Front
  - Riskantere Faziesfallen in der Puchkirchen-Serie
- In der zweiten Hälfte der siebziger Jahre hatte die Industrie aufgrund der nun auch für den prätertiären Untergrund weiter verbesserten reflexionsseismischen Daten und im Lichte der grenznahen oberösterreichischen Erfolge in der Puchkirchen-Exploration begonnen, die beginnende Stagnation der „klassischen“ Exploration der Hauptphase durch die **Hinzunahme neuer erfolgversprechender Bohrziele - Oberkreide, Malm, Dogger, Puchkirchen** - zu kompensieren. **Trotz der Funde von Hofolding 1 (Oberkreide 1980) und Kinsau 1 (Malm 1983) sowie einiger kleinerer Puchkirchen - Gasfündigkeiten ist diese neue Exploration rückblickend enttäuschend ausgefallen.**
- Zwar führte die Traunreut A2 (1979) zum ersten Gasfund in der Puchkirchen-Serie auf bayrischem Gebiet, allerdings blieben weitere Erfolge aus. Die schlechten Korrelationsmöglichkeiten in den Turbiditsequenzen führte zu der Anwendung von Methoden der seismischen Stratigraphie.

## Staffelsee 1 & Miesbach 1

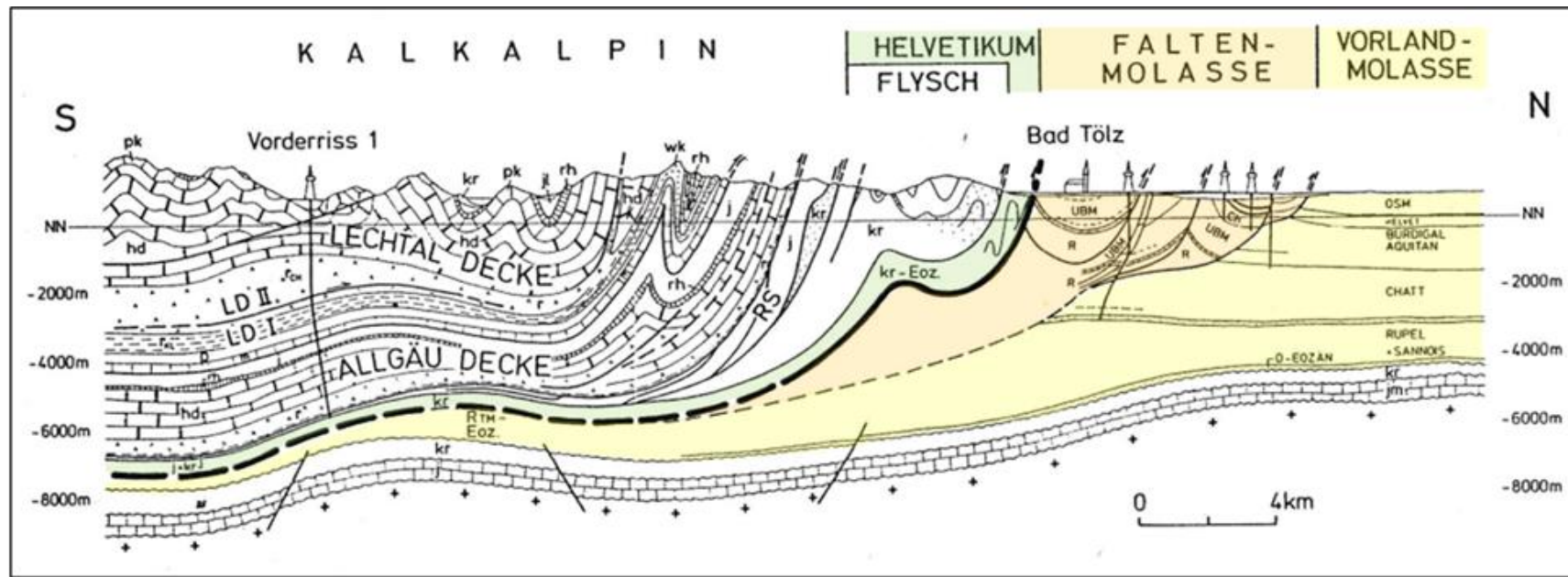
- Die Staffelsee 1 (1964-1966) lieferte erstmals ein repräsentatives Profil durch die Falten- und überfahrene Molasse bis in die autochthone helvetische Unterkreide (MÜLLER 1970).
- Mit der Aufschlußbohrung Miesbach 1 (1974/75, ET 5748,8 m im Malm) sollte die mit Staffelsee 1 eingeleitete Erschließung des Deckenuntergrundes fortgeführt werden.
- Die Bohrungsziele wurden im Autochthon gesehen, wo vor allem der im 11 km entfernten Feld Darching ölproduktive Priabon-Basissandstein erfolgversprechend schien. Daneben hielt man die Speichergesteine der Oberkreide (Gault) und den zugleich als Muttergestein angesehenen Malm für prospektiv.
- Obwohl Miesbach 1 ähnlich Staffelsee 1 nur ca. 2 km südlich der Deckenstirn angesetzt war, wurde sie wegen ihrer erweiterten Zielsetzung, der Untersuchung der kompletten Kreide und des Malms, **erstmalig mit öffentlichen Mitteln der Bundesrepublik Deutschland und des Freistaates Bayern gefördert.**



Aus Meyer 2018 nach Lammerer 2017 (unveröffentlicht)

## Vorderriss 1

- Bohrzeit 1977 bis 1978; ET 6468 m (tiefste Bohrung in der bayrischen Molasse).
- Mit Vorderriß 1 sollte erstmalig die stratigraphische Abfolge der kalkalpinen Decken durchbohrt und ihr Liegendes aufgeschlossen werden. Die Basis der kalkalpinen Decken wurde in ca. **3200 m** vermutet.
- Die Bohrung traf zwei Lechtal-(Teil)Decken an (BACHMANN & MÜLLER 1981). Da die Bohrung die Basis des Kalkalpin erst bei **6401 m** erreichte und dann noch bis zur Identifizierung ihres Liegendes als Helvetikum auf 6468 m vertieft wurde, wurde sie gegenüber der Planung rund 1000 m tiefer.
- Das gesamte Profil ist durch eine außerordentliche Armut an KW-Anzeichen gekennzeichnet (Seal Problem).



Die Exploration wurde seit 1984 drastisch zurückgefahren

Die Gründe:

- Geringe Größe und komplexe Struktur sowie eine damit einhergehende **Reduzierung der Fündigkeitsrate** bedeutet für die Unternehmen im Vergleich zu anderen Gebieten ein **relativ hohes Explorationsrisiko**.
- Nach 1983 Öl- & Gaspreisverfall.
- Größere Funde in Norddeutschland.
- Stärkeres Engagement der deutschen Firmen im Ausland.

Die Folgen:

- Abnahme der Produktion ohne dass sie ersetzt wurde und damit eine generelle Abnahme der Bohrtätigkeit.
- Viele durch 2D-Seismik kartierte Strukturen wurden nicht mehr durch Bohrungen überprüft.
- Neue Techniken (3D-Seismik, Seismostratigraphie) kamen nicht mehr zum Einsatz.
- Der Höhepunkt der Förderung lag beim Erdöl 1967 bei ca. 333 000 t/a und beim Erdgas einschließlich Erdölgas 1973 bei ca. 1651 Mio m<sup>3</sup>(Vn)/a.
- Insgesamt wurden in der Bayrischen Molasse weniger als 10 Mio. t Erdöl und nur knapp 20 Mrd. m<sup>3</sup> Gas gefördert.
- **Nach 1995 verwendete mal alte Felder für Erdgas-Porenspeicher (Inzenham, Breitbrunn).**

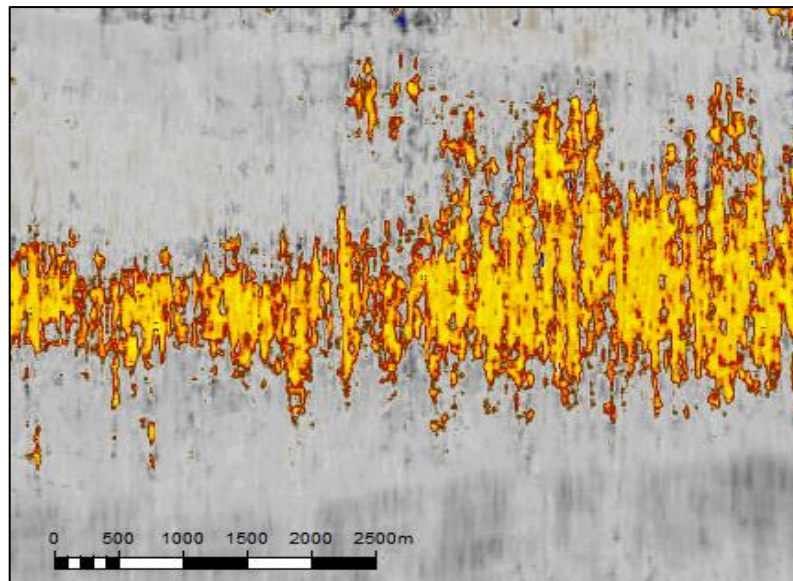
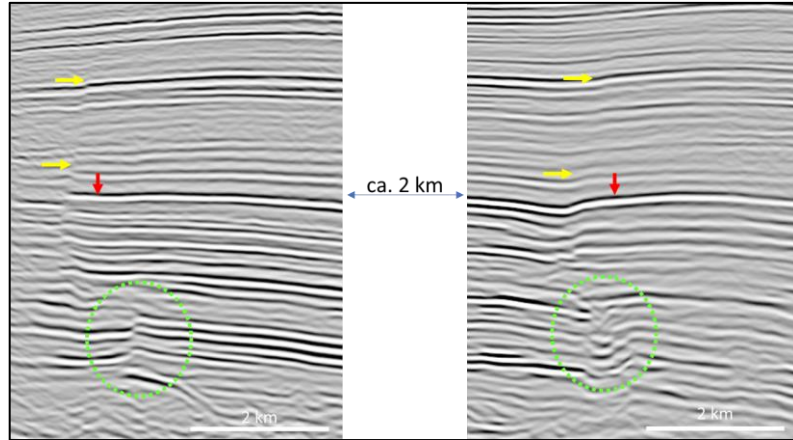
Warum war rückblickend betrachtet die Molasse-Exploration eine Enttäuschung?

- Das Gas- und Ölpotential der Ostmolasse wurde überschätzt und vor allem in der Spätphase „überbohrt“.
- Die ersten Bewertungen des Molassebeckens als potentiell Erdölbecken fußen auf dem Vergleich mit der erdgeologisch ähnlich strukturierten Erdölprovinz Ostvenezuelas (BENTZ 1949 u.a.). Allerdings stellte sich heraus, dass das Gesamtpotential in der bayrischen Molasse überwiegend aus Gas und nicht, wie ursprünglich angenommen, aus Öl besteht.
- Sehr mächtige Muttergesteinsserien im mesozoischen Untergrund sind im Gegensatz zu Ostvenezuela nicht nachgewiesen. Von daher erklärt sich das vergleichsweise begrenzte KW- Potential der Molasse.
- Kleine Strukturen (Fallen).
- Die tertiäre Füllung der Molassevertiefe wird nach Westen zunehmend von terrigenem Material bestimmt und somit sind nur in ihrem östlichen Teil die Voraussetzungen für wirtschaftliche Gas- und Ölsammlung erfüllt.

**Aber:**

**Der bayerischen Exploration bleibt der historische Verdienst, für die deutsche E & P-Industrie früh- und rechtzeitig die interessanten Gas- und Öl Erlöse bereitgestellt zu haben, welche die Investition in die beginnende, wesentlich aufwendigere, umfangreichere, tiefe und schließlich so erfolgreiche Gasexploration Norddeutschlands ermöglichten.**

## Nutzen der 3D-Seismik



Seismische Attribute weisen auf eine mögliche Gasmigration (orange) hin.

- Bessere Auflösung und Lagerichtigkeit der Strukturen sowie verbesserte Geschwindigkeitsmodelle führen zu Zeit-Tiefen Wandlungen die genauere Strukturkarten ermöglichen.
- Detailliertere Kenntnis über räumliche Zusammenhänge von Faziesbereichen führt zu besseren paläogeographischen Karten und zu einem besseren Verständnis für den Ablagerungsraum.
- Sedimentologische Prozesse werden sichtbar. Dabei spielen Umlagerungsprozesse eine wichtige Rolle, da sie Reservoir schaffen, aber auch zerstören können.
- Unzureichende Abdichtungen und fehlende Migrationswege sind der Hauptgrund warum Explorationsbohrungen trocken sind. Hier kann die 3D-Seismik direkte Hinweise über Migrationswege bzw. indirekt über Muttergesteine geben. Außerdem ist die Einschätzung von Störungsdichtigkeit und Sealkapazität ebenfalls abbildbar.
- In manchen Fällen ist auch ein direkter Nachweis v. a. von Gas in einer Lagerstätte möglich.

... zu guter Letzt noch eine  
sonderbare Geschichte ...

### Eine sonderbare Geschichte

In Berlin kam 1907 eine Zeitschrift „Das Schnauferl“ heraus. Sie nannte sich im Untertitel „Fliegende Blätter für Sporthumor“. Mit vielen Abbildungen von Widdersberg und seiner Flur, mit Bildern, wie Einheimische an den Ölquellen Ölfassen, der Widdersberger Ölteich u. a.

„Ariesol“ ist die Handelsbezeichnung für „Widdersberger Öl“ und die Analyse nennt folgende Bestandteile: leichte Kohlenwasserstoffe, Brennpetroleum und Gasöle. Um scheinbar die Gaudi noch augenscheinlicher zu machen, werden von der Ariesol-Benzolit Co AG Widdersberg auch Benzolit-Briketts angeboten, die in 10 Ltr. Benzin aufgelöst ein Quantum von 50 Ltr. Benzin ersetzen. Nur gut, daß diese Nummer in Berlin am 1. April 1907 herauskam.



Das Ölgebiet bei Widdersberg-Andechs.

Das „Saudi-Arabien“ um Widdersberg