Bohrlochinstabilitäten bei Tiefbohrungen in den Ostalpen

Autor(en): **Marsch, Friedrich W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology**

Band (Jahr): **18 (2013)**

Heft 1

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-391138

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 18/1, 2013 S. 43-50

Bohrlochinstabilitäten bei Tiefbohrungen in den Ostalpen

Friedrich W. Marsch[1]

Vortrag gehalten an der 20. Bodenseetagung, 9./10. November 2012, St. Gallen. Gemeinsame Veranstaltung der Schweizerischen Fachgruppe für Ingenieurgeologie, Fachsektion Ingenieurgeologie der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik und der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Fachsektion Ingenieurgeologie der Österreichischen Geologischen Gesellschaft und der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik.

Stichworte: Ostalpen, Tiefbohrprobleme, Bohrlochinstabilitäten, geologisches Risiko

Zusammenfassung

Geologische und technische Probleme bei der Abteufung von Tiefbohrungen (bis Teufe 8.5 km) in den Ostalpen wurden untersucht. Risiken werden aufgelistet und auf geologische bzw. technische Ursachen zurückgeführt. Spezifische Formationen sind oft typisch für gewisse Probleme.

Das Bohrprojekt «Molln» in Oberösterreich kann als Beispiel für Probleme unter mächtiger kalkalpiner Bedeckung in West- und Mittelösterreich gelten. Das Bohrprojekt «Zistersdorf» in Niederösterreich zeigt die Problematik im Flysch und dem autochthonen Mesozoikum des Böhmischen Massivs unter dem nördlichen Wiener Becken.

Nachdem diese Gebiete bzw. Formationen auch zukünftig für die Erdöl-/Erdgas-/Thermalwasserproduktion eine Rolle spielen, wird eine Strategie verschiedener Methoden zitiert, welche solche Problemzonen prognostizieren soll. Diese Vorerkundungsmaßnahmen, inklusive Online-Betreuung während der Abteufung einer Tiefbohrung durch solche Formationen, kann für 1% der Gesamtprojektskosten eine Preisminderung von 10% derselben bewirken.

Abstract

Special problems for the drilling advance in deep wells are typical for parts of the Northern Calcareous Alps, the Flyschzone and the Alpine Underground below the Vienna Basin. Investigations in the field, using the archive, and online supervising are the steps to successful drilling without cost rise.

Underground instability evolution may be caused by mechanical, hydraulical and chemical processes in the interaction of the rock formation and the technical measures during the drilling process. Natural reasons are depleted sand reservoirs, unexpected pore pressures incl. gas effects, high formation temperature, stress distortion in tectonic faults and carst formation problems. Technical reasons may be originated by the drilling fluid, drilling pipe configuration, casing depth setting, hole deviation geometry, formation leak off parameters, pressure rate, and mainly by the drilling time schedule. Examples of wells with a total vertical depth up to 8.5 km are given.

[1] Hydroalpina – Ingenieurbüro, Aslangasse 41, A-1190 Wien, Österreich

Probleme und Risiken

Unterschieden werden können Stabilitätsprobleme bei Tiefbohrungen in der Phase des Bohrens/Abteufens/Niederbringens, in der Phase langzeitiger Produktion von Flüssigkeiten/Gasen/Feinkornanteil und Mikroben, sowie im Zuge von Instandhaltungsmaßnahmen. Beeinflußt wird insbesondere der Bohrfortschritt und der räumliche Bohrlochverlauf durch mechanische, hydraulische und chemische Parameter bei der Interaktion von Gebirge und technischen Maßnahmen im Bohrloch.
Natürliche geologische Ursachen, wie jahrzehntelang ausgeförderte Sandhorizonte, aberrante Porendruckverhältnisse, komprimierte Gasvorkommen, hohe Temperatur auf Bohrlochsohle, tektonische Störungen und verkarstete Gebirgsabschnitte können ebenso Anlaß für diese Probleme sein, wie unzählige technische Unzulänglichkeiten, wie ungünstige Bohrspülungsvariation, Bohrstrangkonfiguration, Verrohrungsteufenansetzung, Ablenkgeometrie, Aufbrechparameter, Verpreßraten etc. Vor allem der Zeitfaktor ist verantwortlich für diese unerwünschten Erscheinungen.

Geologische Situation

Die Lage wichtiger Tiefbohrungen (Brix & Schultz 1993) im Kartenbild (Fig. 1) bzw. in den Profilschnitten (Fig. 2) zeigt die Durchörterung insbesondere der Formationen Flysch (gegebenenfalls inkl. Helvetikum oder Waschbergzone = HFW) bzw. Nördliche Kalkalpen (NKA) in den Ostalpen bzw. im Alpinen Liegenden des Wiener Beckens in Teufen bis 8.5 km unter Gelände. Nahe Formationsgrenzen und entlang bedeutender tektonischer Brüche treten die untersuchten Stabilitätsrisiken wiederholt auf.
Nennenswerte problematische Eigenschaften in großer Bohrteufe zeigten folgende Formationen: Dolomite mesozoischen bzw. paläozoischen Alters, die Harrersdorfer Einheit in der Flyschzone im Liegenden des Wiener Beckens, das Helvetikum im Liegenden weiter Bereiche der Ostalpen, und außerdem das Aderklaaer Konglomerat/Top Karpat im Wiener Becken.

Beispiel «Molln»

Das Bohrprojekt (Hamilton 1989) durchörterte 4.5 km die Nördlichen Kalkalpen (NKA)

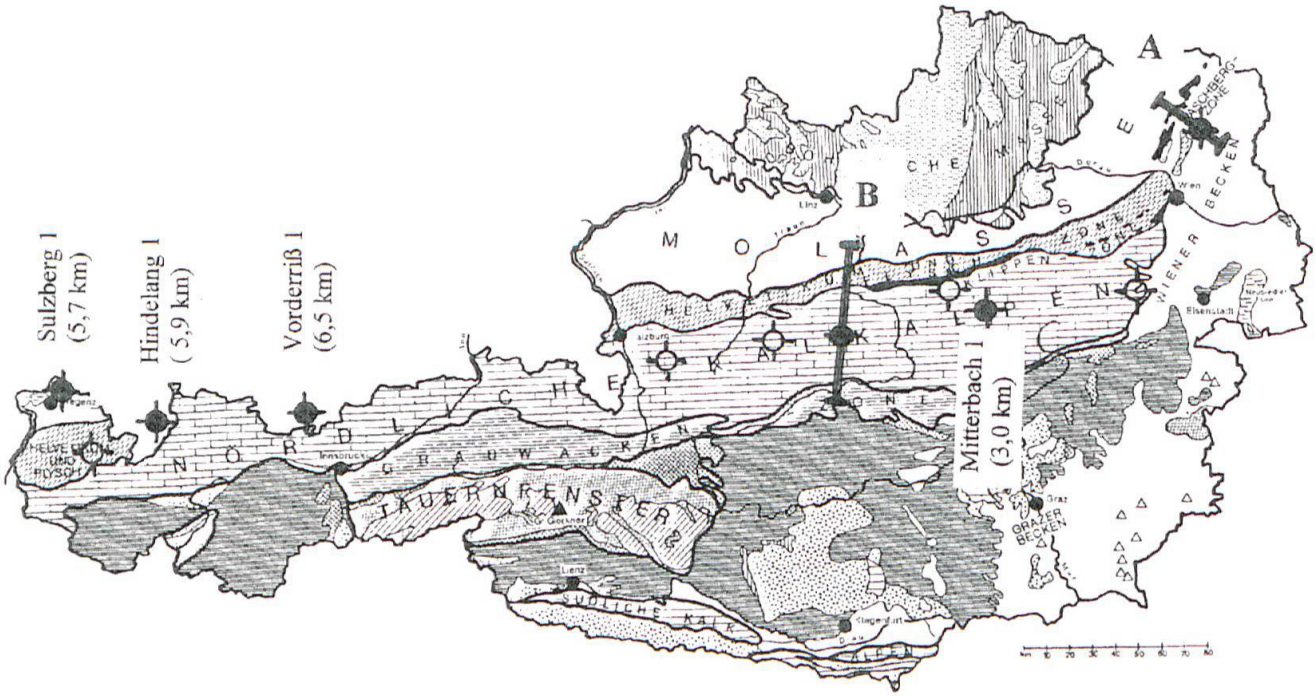

Fig. 1: Lage wichtiger Tiefbohrungen (Brix & Schultz 1993). Profilschnitte A und B siehe Fig. 2.

im Sengsengebirge. Die plangemäße Endteufe, die Oberkante des Böhmischen Kristallinmassivs (BM) unter subalpiner Molasse (MOL) und Autochthonem Mesozoischen Sedimentmantel (AMB) in 5.6 km Bohrteufe wurde mit der vierten Bohrloch-Ablenkung (Fig. 3) erreicht. Bohrfortschritts- bzw. Bohrlochstabilitätsprobleme und unerwünschter Neigungsaufbau im Bohrlochverlauf traten auf infolge steil fallender Schichtflächen insbesondere im tieferen Kalkalpin, im Salinargebirge und bei Karsterscheinungen.

Interessanterweise wurden hier keine Gesteine der Flyschformation angetroffen. Im Vergleich dieses Projekts mit anderen in vergleichbarer geologischer Position (Tiefbohrungen in Mitterbach, Hindelang, Sulzberg, Vorderriß) wurde dort an der Unterkante NKA, also im Übergangsbereich zu den Gesteinen der Flyschzone (HFW, insbesondere Helvetikum/Ultrahelvetikum, Marsch 2011) darüberhinaus auch druckhaftes Gebirge samt Thermalwasser- und Gaseinbrüchen beobachtet.

Notwendige Maßnahmen waren Aufsalzung der wasserbasischen Bohrspülung, gegebenenfalls Tausch gegen Ölspülung, rechtzeitige Anhebung des Spülungsgewichtes und Adaptierung der Bohrstrang-Konfiguration als Pendelgarnitur (= größtes Stranggewicht nahe Bohrlochsohle). Trotz dieses zusätzlichen Aufwandes konnte infolge anhaltender Nachbrüche diese Formation vielfach nicht durchteuft werden.

Zur Bewältigung ingenieurgeologischer Probleme (Marsch 1996) wurden folgende Kriterien definiert:

- Möglichst lotrechte Durchteufung des Bohrloches durch sämtliche Formationen bis zur Endteufe der Bohrung;
- Erfolgreiche Niederbringung von zielgerichteten Ablenkungen aus diesen Bohrlöchern;
- Mögliche Früherkennung abnormaler Formationsdrücke infolge natürlich komprimierten Gases, sedimentärer oder tektonischer Aufladung im Liegenden abdichtender Schichten;

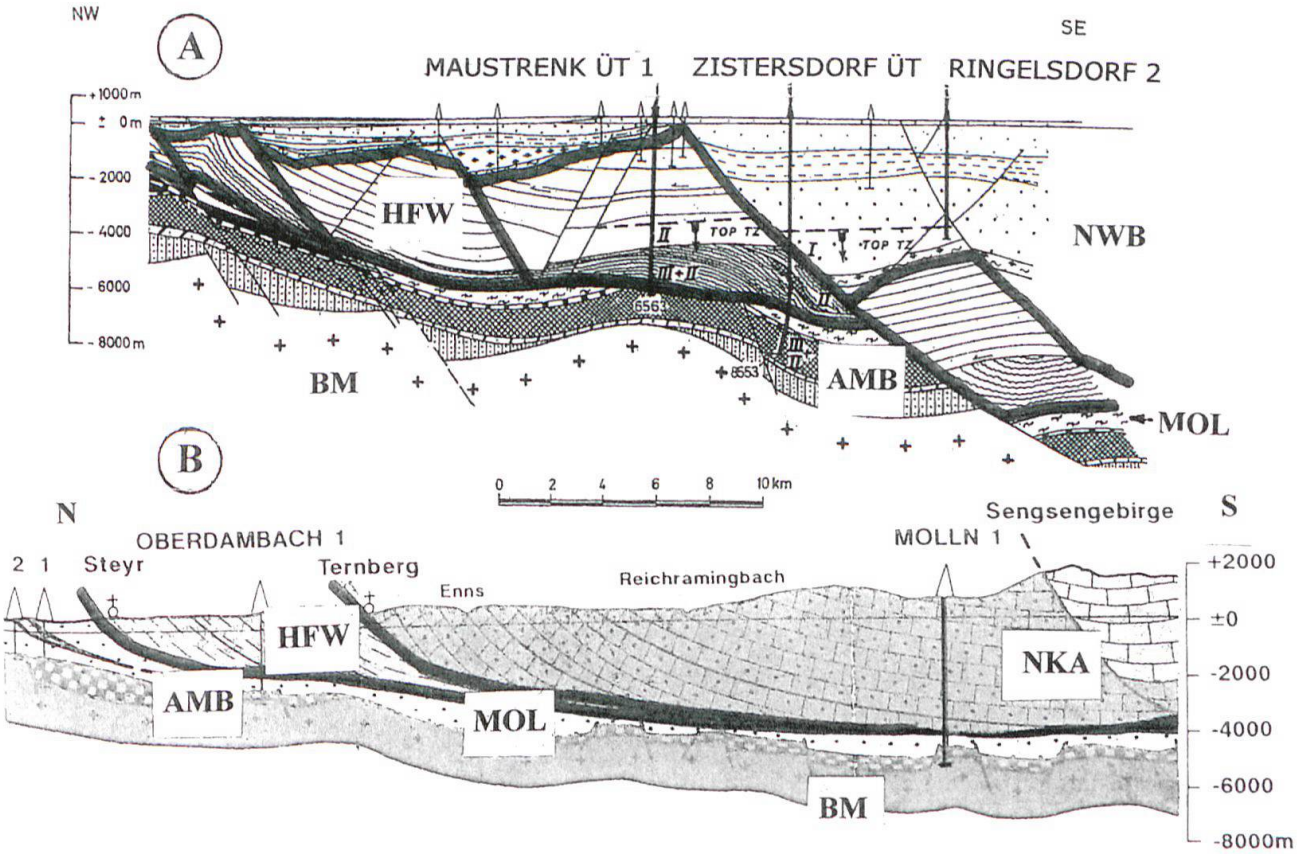

Fig. 2: Wichtige Tiefbohrungen (Brix & Schultz 1993) in den Profilschnitten A und B (Lage siehe Fig. 1).

- Beherrschung plötzlicher Umlagerung von Gebirgsspannungen infolge Hohlraumöffnung, insbesondere bei Lösung von Residualspannungen;
- Richtige Einschätzung von Zeit- und Kostenfaktoren für die Extremfälle Gebirgsfließen bzw. Karsterscheinungen.

Beispiel «Zistersdorf»

Dieses Bohrprojekt durchörterte zunächst Neogen-Sedimente der Tiefscholle des Nördlichen Wiener Beckens (NWB), und erreichte im Liegenden des prominenten Steinberg-Bruches (Sprunghöhe bis 7 km) die Flysch-/Waschbergzone (HFW, hier Teufe 4.5 bis 6.5 km). Nach weiterer Abteufung wurden noch subalpine Molasse (MOL) bzw. der autochthone mesozoische Sedimentmantel (AMB) des Böhmischen Massivs (BM) bis 8.5 km unter Gelände durchörtert (Fig. 4). Im Vergleich mit den Tiefbohrungen in Maustrenk und Ringelsdorf läßt sich in Teufe 4 km die Oberkante (Top T.Z. = Transition zone) einer Zone abnormaler Porenhochdrucke (Gradient bis 2.25) erkennen. Diese erreicht strukturell zumindest die Harrersdorfer Einheit im Liegenden der Flyschzone, und wird als Folge rascher Sedimentbeckenabsenkung (Typ I), tektonischer Aufladung (Typ II), bzw. geochemischer Autokatalyse (Typ

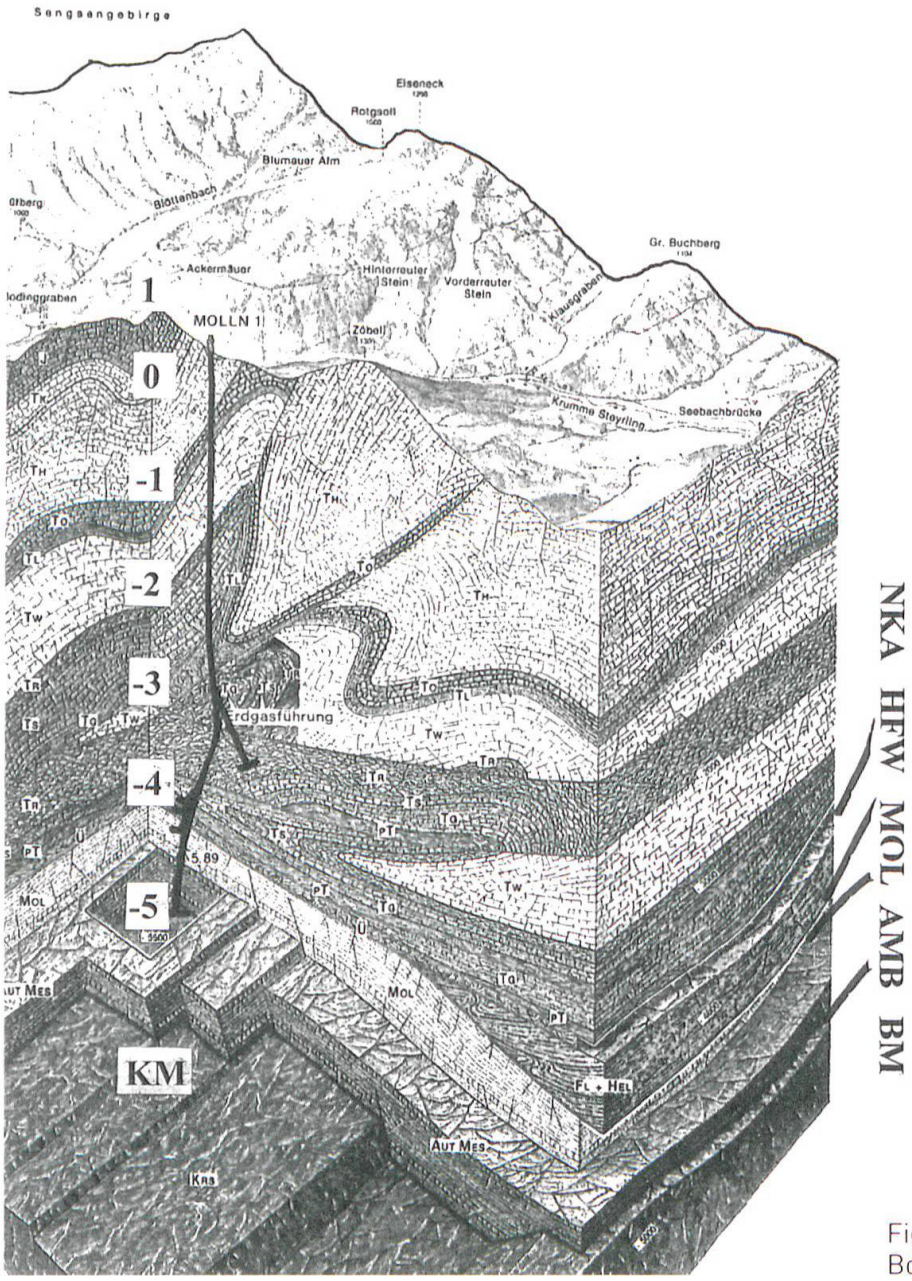

Fig. 3: Durchteufte Schichten im Bohrprojekt Molln.

III) interpretiert (Ringhofer 1986). In Zonen erhöhter Permeabilität entlang bedeutender, tiefreichender Bruchsysteme insbesondere nahe den Beckenrändern können daher Flüssigkeiten und Gase migrieren. Stehen diesem Sachverhalt heute im Aderklaaer Konglomerat/Top Karpat - also im Neogen des Wiener Beckens, infolge jahrzehntelanger Förderung von Formationsflüssigkeiten und Gasen aus dessen Hangendem - Druckgradienten bis 0.58 gegenüber, so muß als Zeitfaktor für einen meßbaren großräumigen natürlichen Druckausgleich hier zumindest von Jahrhunderten ausgegangen werden.

Das zeitabhängige Kaliberverhalten (= die sukzessive elliptische Verformung des ursprünglich kreisrunden Bohrlochdurchmessers, gemessen mit orientiertem 4-Armkalibergerät = 4AKAL) in definierten Referenzteufenabschnitten mehrerer örtlicher Tiefbohrungen zeigt hier

- Kaliberaufweitung mit fortschreitender Standzeit (Fig. 5);
- Reduzierung weiterer Kaliberaufweitung nach 1 bis 2 Monaten Standzeit;
- Änderung der Azimutallage der Ellipsen-Hauptachsen mit der Teufe und der Standzeit (Fig. 6).

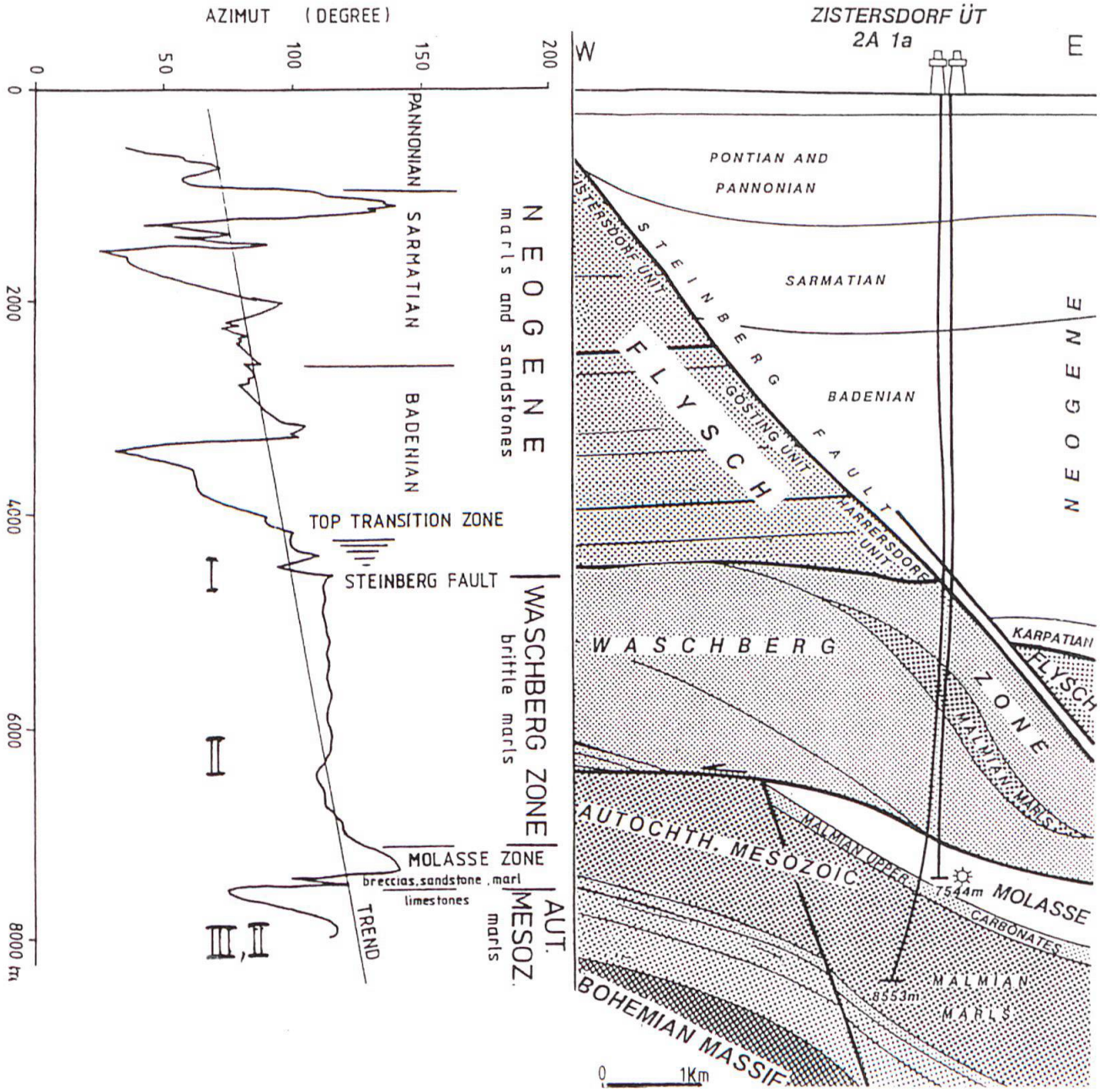

Fig. 4: Durchteufte Schichten im Bohrprojekt Zistersdorf (rechts) mit Azimut des Bohrlochverlaufs (links).

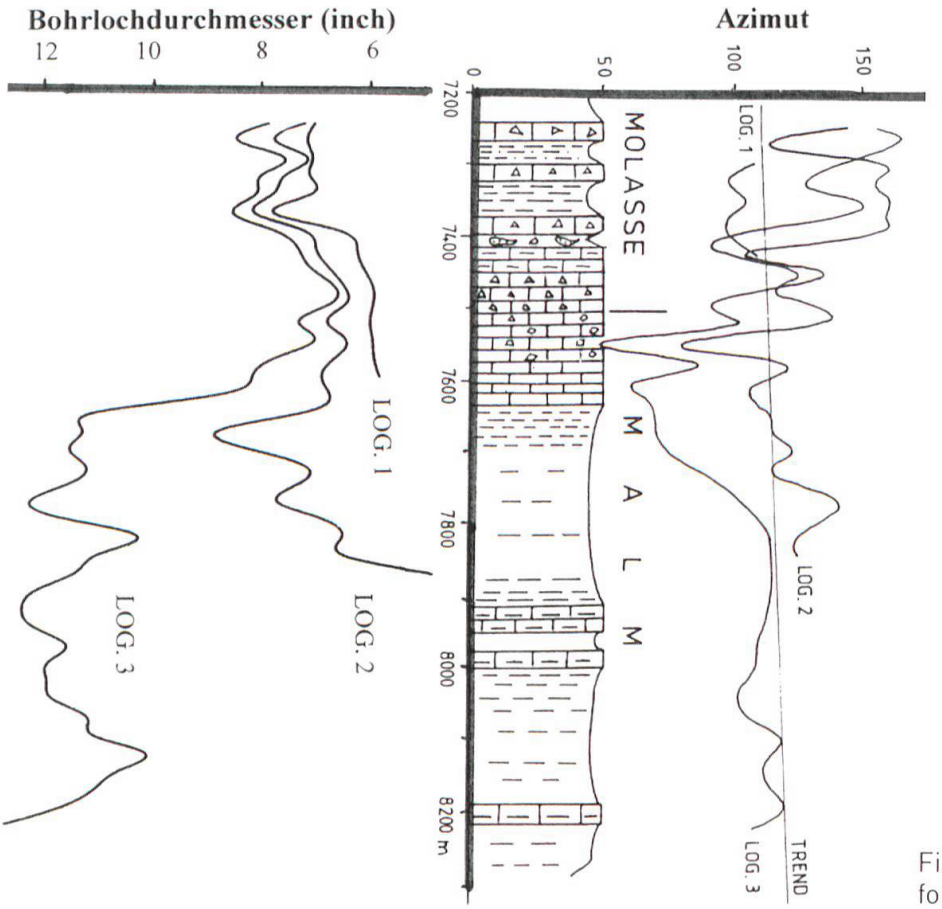

Fig. 5: Kaliberaufweitung mit fortschreitender Standzeit.

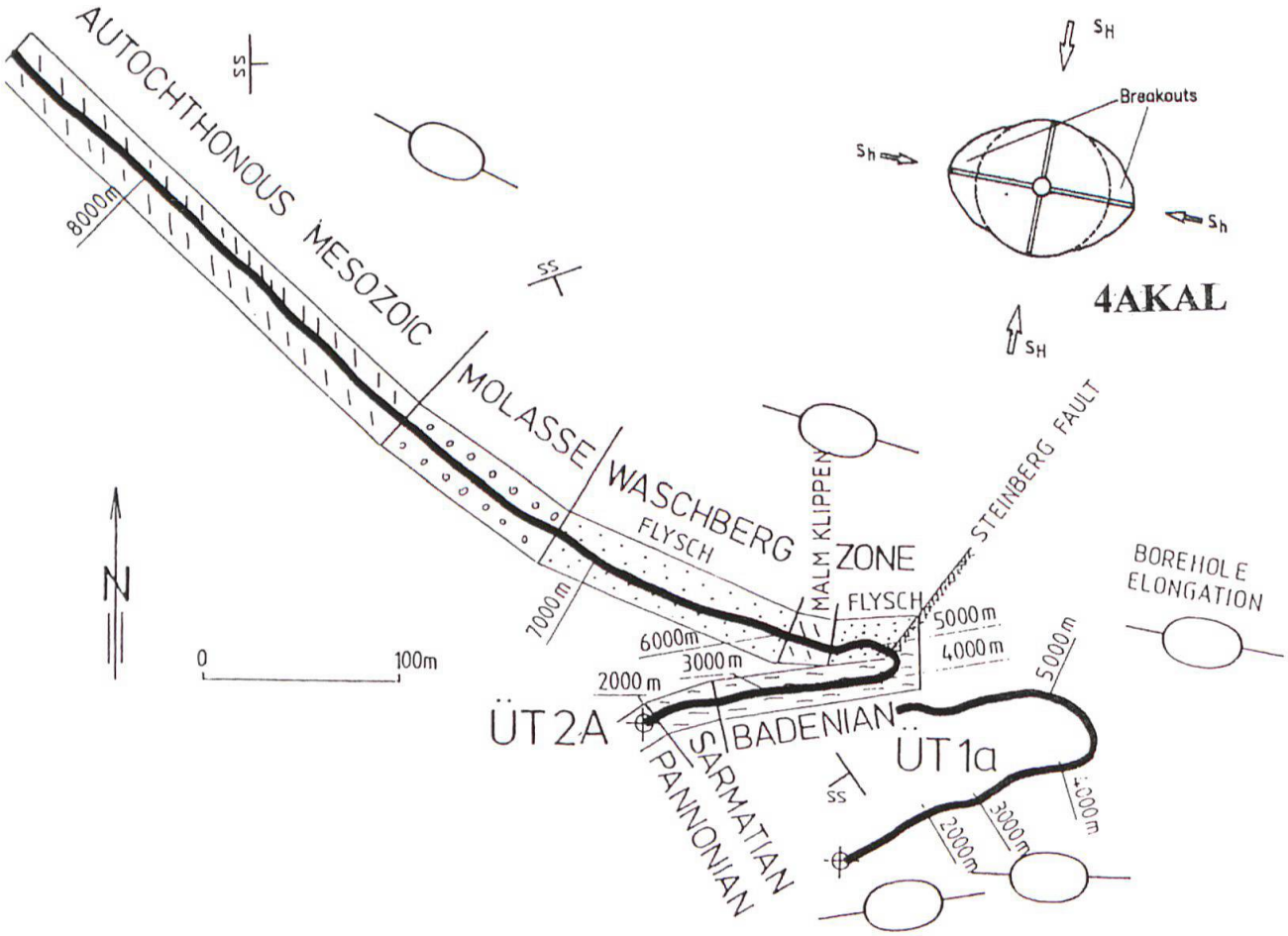

Fig. 6: Änderung der Azimutallage der Ellipsen-Hauptachsen mit der Teufe und der Standzeit.

Die gegen den Uhrzeigersinn gerichtete Drehung der als Streßellipse gedeuteten Bohrloch-Exzentrizität kann mit der tektonomechanischen Öffnung des Wiener Beckens (Royden 1985), und weiters der Lösung von Residualspannungen korreliert werden (Marsch et al. 1990).
Der daraus resultierende unerwünschte Neigungsaufbau im räumlichen Bohrlochverlauf, daher auch die Verlängerung der Bohrstrecke, fallweise die Ablenkung unter fremde Grundstücke, weiters erhöhter Verschleiß an Gestängen bzw. Rohren beim Bohren und Fördern, sowie die eventuelle Notwendigkeit der Änderung der Verrohrungsteufen sind die Folge falscher Einschätzung des mechanischen bzw. hydraulischen Gebirgsverhaltens in großer Teufe. Hier ist ein Vergleich mit den technischen Auswirkungen, aber auch den geologischen Vorhersagemöglichkeiten beim insbesondere maschinellen Vortrieb (Marsch 1987) tiefliegender Tunnels unter den Ostalpen (Loacker 1983) angebracht.

Erfolgsstrategie

Die Nachuntersuchung der den Bohrfortschritt behindernden Ereignisse erfolgte für die zukünftige Erdöl-Erdgaserschließung (hydraulic fraccing) sowie Gewinnung geothermischer Energie. Die seinerzeitigen Probleme in lotrechten und geneigten Tiefbohrungen gewinnen bei großräumig abgelenkten und horizontalen Bohrsektionen besondere Bedeutung.

Erdoberflächengeophysikalische Methoden, bohrtechnische und spülungstechnische Maßnahmen, petrophysikalische Bohrkleinuntersuchungen, Bohrlochmessungen und Formationsteste können als Paket von Maßnahmen zur rechtzeitigen Erfassung von Problemzonen in der angewandten Geologie benutzt werden. Diese Arbeiten werden ausgeführt:

- vor Bohrbeginn: Erhebung und Nachauswertung zwecks Anamnese an ehemaligen Tiefbohrungen anderenorts in vergleichbarer geologischer Position;
- während des Bohrvorganges (ohne Verzögerung): Erfassung von Bohrfortschritt, Drehmoment, Zugüberlast, Kick;
- während des Bohrvorganges (verzögert durch den Spülungsrücklauf): Regelmäßige Messung von Auslauftemperatur, Auslaufrate, Auslaufgewicht, Gasanzeigen, Salinität;
- während des Bohrfortganges (verzögert durch den Spülungsrücklauf und die Austragsgeschwindigkeit): Bestimmung von Raumgewicht des Bohrkleins, Menge, Form und Größe desselben, Nachfall (= nicht von der Bohrlochsohle stammender Austrag);
- während einer Unterbrechung des Bohrvorganges: Paket von Bohrlochmessungen, Teste an Gestänge oder Kabel auf den Formationsinhalt.

Die Vorhersage solcher Probleme für gewisse Teufenintervalle schon vor Bohrbeginn, die Ausrichtung der technischen Bohrplanung darauf, sowie die lückenlose Überwachung und Dokumentation während des Bohrens ermöglichen die Einhaltung des gesetzten Kostenlimits für die wirtschaftliche Erschließung geogener Ressourcen. Der erste Schritt dafür ist die Erhebung und Nachauswertung von Archiv- und Literaturdaten.

Ökonomische Aspekte

Geht man von durchschnittlichen Gesamtkosten eines Explorationsprojektes auf 6 km Endteufe von rund 15 Mio. Euro aus, kann um weniger als 1% dieser Kosten eine Recherche bekannte Problemzonen erfassen, wobei auch Geländeuntersuchungen samt Gerät inkludiert sind.
Erspart man dadurch bei der Abteufung einer Tiefbohrung eine Rohrkolonne inklusive Liner-Hanger-Packer, ergibt sich eine

finanzielle Ersparnis vom zehnfachen dieses Betrages für das Gesamtprojekt. Für (mehrere) geplante Ablenkungen und Horizontalbohrstrecken von mehreren Kilometern Länge vervielfacht sich dieser Betrag, und diese Leistung ist ohnedies für Stimulationsmaßnahmen zur Zuflussverbesserung später erforderlich.

Literatur

Brix, F. & Schultz, O. (Hrsg.) 1993: Erdöl und Erdgas in Österreich. 2. Aufl., Verlag NHM Wien und F. Berger/Horn, Wien. Beil. 6, 10.

Fischer, M. (Hrsg.) 1976: Naturgeschichte Österreichs. Forum Verlag, Wien, Beil. 4.

Hamilton, W. (Hrsg.) 1989: Geologische Ergebnisse von Tiefbohrungen im Flysch und Kalkalpin zwischen Wien und Salzburg. Führer zur Exkursion der Österr. Geol. Ges., Verlag GBA, Wien, 50.

Loacker, H. 1983: Baugeologie des Walgaustollens. BOKU-Seminar am 8. 6.1983, Wien.

Marsch, F. 2011: Geotechnische Besonderheiten bei «Vorderriß 1» und anderen übertiefen Bohrungen durch die Nördlichen Kalkalpen. Tagungsband zur Arb.Tagg. Geol. B.-A. Achenkirch, 109–111.

Marsch, F. 2005: Auswirkungen tektonischer Störungen auf den Bohrvortrieb im Altkristallin. Tagungsband zur Arb.Tagg. Geol. B.-A. Gmünd, 95–96.

Marsch, F. 2003: Untergrunderkundung mittels Tiefbohrungen. Beratende Ingenieure. Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, 37–38.

Marsch, F. 1996: Geomechanical, geohydraulical and geochemical parameters influencing the drilling advance in deep wells in Austria. Proceedings of the 1st Geothermal Symposium Bad Kleinkirchheim. Verlag GBA, Wien, 1996, 48–49.

Marsch, F. 1987: Ingenieurgeologische Erfahrungen beim Bau des Frässtollens Wöllabachbeileitung in der Kreuzeckgruppe in Kärnten, Österreich. Mitt. Österr. Geol. Ges. 89, Wien, 157–171.

Marsch, F. & Wessely, G. 1993: Methoden der Kohlenwasserstoff-Exploration und ihre Bedeutung für die geologische Standortsuche von Ingenieurbauwerken. Felsbau 11, Verl. Glück Auf, Essen, 306–309.

Marsch, F., Wessely, G. & Sackmaier, W. 1990: Borehole-breakouts as geological indications of crustal tensions in the Vienna Basin. In: Rossmanith (ed.): Mech. of Jointed and Faulted Rock, Verlag Balkema, Rotterdam, 1990, 113–120.

Ringhofer, W. 1986: Geologische Auswertung von Bohrparametern beim übertiefen Aufschluß im Wiener Becken. Erdöl-Erdgas-Zeitschrift 102. Jg., H.3, Urban Verl. Hamburg/Wien, 116–122.

Royden, L. H. 1985: The Vienna Basin, A thin skinned pull apart basin. In: Strike Slip deformation, basin formation and sediments (Biddle, K. T. & Christie Blick, M. eds.). Society Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., Tulsa 37, 1985, 319–338.