

Der Gasausbruch einer Erdsondenbohrung in Wilen (OW)

Autor(en): **Wyss, Roland**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **6 (2001)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-222967>

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.

Der Gasausbruch aus einer Erdsondenbohrung in Wilen (OW)

mit 10 Figuren und 2 Tabellen

ROLAND WYSS *)

Zusammenfassung

In einer Erdsondenbohrung in Wilen, Kanton Obwalden, wurde in einer Tiefe von 85–125 m u.T. Gas angetroffen, das mit einem Überdruck von ca. 3 bar der Bohrung entströmte. Durch die rasche und umsichtige Reaktion des Bohrmeister konnte das Gas abgeleitet und mit einer improvisierten Fackel verbrannt werden. Bevor weitere Arbeiten an der Bohrung ausgeführt werden konnten, musste die Bohrung durch den Umbau des Bohrlochkopfes und der Installation einer Abfackelungsanlage in einen provisorischen, aber sicheren Zustand übergeführt werden. Die Bohrung wurde nach einer Beobachtungszeit von ca. 1 Monat mit Zement verfüllt. Durch gezielte Gasmessungen wurde der Erfolg der Verfüllung nachgewiesen.

Beim angetroffenen Erdgas handelt es sich wahrscheinlich um ein Gas, das aus grösserer Tiefe stammt und durch ein Kluftsystem in einen oberflächennahen Bereich gelangt und dort im Gestein gespeichert wird. Im Kanton Obwalden sind lokale Gasaustritte an der Oberfläche bekannt, und es muss bei Bohrarbeiten mit einer gewissen Gasführung gerechnet werden. Solche oberflächennahen Gasvorkommen sind mit vertretbarem Aufwand nicht zu prognostizieren.

1. Einleitung

Zur Beheizung der Mehrfamilienhaus-Überbauung «Bodenmatte» in Wilen, Kanton Obwalden, war eine Erdsondenanlage mit mehreren Erdsonden vorgesehen, so wie auf dem Gemeindegebiet und Umgebung bereits mehrere solcher Anlagen realisiert worden sind. Nach dem Abteufen der ersten Bohrung auf 125 m Tiefe ereignete sich ein Erdgasausbruch, der eine erhebliche Gefahr für das in unmittelbarer Nähe stehende, neu erstellte Haus sowie ein weiteres in der Nähe stehendes Haus darstellte. Der Ausbruch musste kurzfristig unter Kontrolle gebracht und längerfristig in einen sicheren Zustand übergeführt werden.

Die Erdsondenbohrung Wilen liegt am Alpennordrand, tektonisch im Grenzbereich der helvetischen Decken, die vom Habkern-Mélange («Wildflysch», ultrahelvetisch?) und dem südpenninischen Schlierenflysch überlagert werden.

In der Schweiz sind zahlreiche Gasaustritte an der Oberfläche oder in Oberflächennähe bekannt (Büchi & Amberg 1982, Greber, Leu & Wyss 1995). Diese treten im Bereich des Mittellandes (Molasse) und des nördlichen Teils der Alpen

*) Dr. Heinrich Jäckli AG, Limmattalstrasse 289, 8049 Zürich

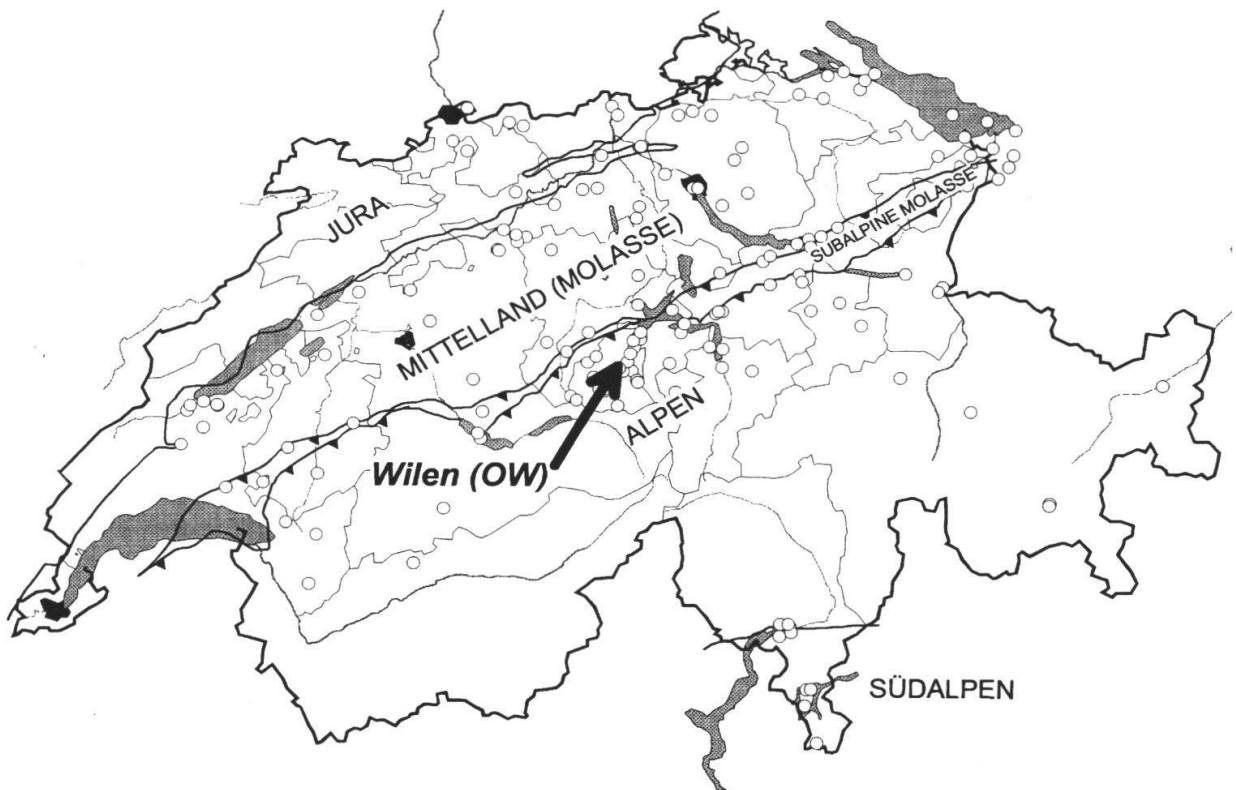


Fig. 1: Gasindikationen an der Oberfläche und im oberflächennahen Bereich (nach: Greber, Leu & Wyss 1995).

auf (Fig. 1). In verschiedenen Untertagebauwerken und Bohrungen wurden in jüngerer Zeit Erdgaszutritte festgestellt (Seelisbergtunnel, Nagra-Bohrungen am Wellenberg, Erdsondenbohrung Spiez, Sondierstollen Lötschberg; s. auch Wyss 1999). Im Kanton Obwalden sind verschiedene Gasaustritte an Land und im Seebereich bekannt (Althaus 1943, Kopp 1955, Bossard & Gächter 1981). Durch das Tiefengaskonsortium (TGK) wurden in den Jahren 1989 bis 1993 im Kanton Obwalden viele erdgasgeologische Untersuchungen durchgeführt (Stürzinger 1993); detaillierte Resultate sind jedoch keine veröffentlicht.

2. Ablauf und Beschreibung der Ereignisse

2.1 Die Bohrung

Für die Erdsondenbohrungen in Wilten (Koord. 659 960 / 192 660, 520 m ü.M.) kam ein Raupenbohrgerät mit einem Imlochhammer mit Luft als Antrieb und Spülmittel zum Einsatz. In der Lockergesteinsstrecke wurde dabei eine Verrohrung mit einer Bohrkronen mitgeführt, um das Bohrloch zu stützen. Im Fels wurde im offenen Loch, das heisst, ohne Verrohrung gebohrt. Dieses Bohrverfahren erlaubte einen sehr guten Bohrfortschritt, gab aber keine detaillierten Aussagen über den geologischen Aufbau des Untergrundes.

Bereits bei der ersten Bohrung an der südwestlichen Ecke des neu erstellten MFH «Bodenmatte» bemerkte der Bohrmeister ab ca. 85 m Bohrtiefe einen «Gasge-

ruch». Da das Auftreten von Gas in Bohrungen keine Besonderheit darstellt, wurde die Bohrung bis auf die vorgesehene Tiefe von 125 m fertig gestellt. Beim Ausbau des Imlochhammers bemerkte der Bohrmeister dann stärkere Gaszutritte, so dass er den Ausbau des Gestänges bei 5 verbleibenden Stangenlängen (= 10 m) stoppte, die Spülluftableitung verlängerte und mit einer improvisierten Fackel aus einem Futterrohr versah (Fig. 2 und 3). Nach der Benachrichtigung von Polizei und Feuerwehr wurde die Fackel durch den Bohrmeister gezündet.

Die Bohrung wies zu diesem Zeitpunkt folgende technischen Merkmale auf:

Endtiefe:	125 m
Durchmesser:	Ø = 127 mm
Verrohrung:	Futterrohr Ø = 152 mm, mit Stiftkrone in 40 m Tiefe
Geologie gemäss Bohrrapport:	0–38 m Moräne, tonig-siltig
	38–56 m Mergel, Feinsandstein
	56–125 m Kalkstein mit Quarzschichtung (?)

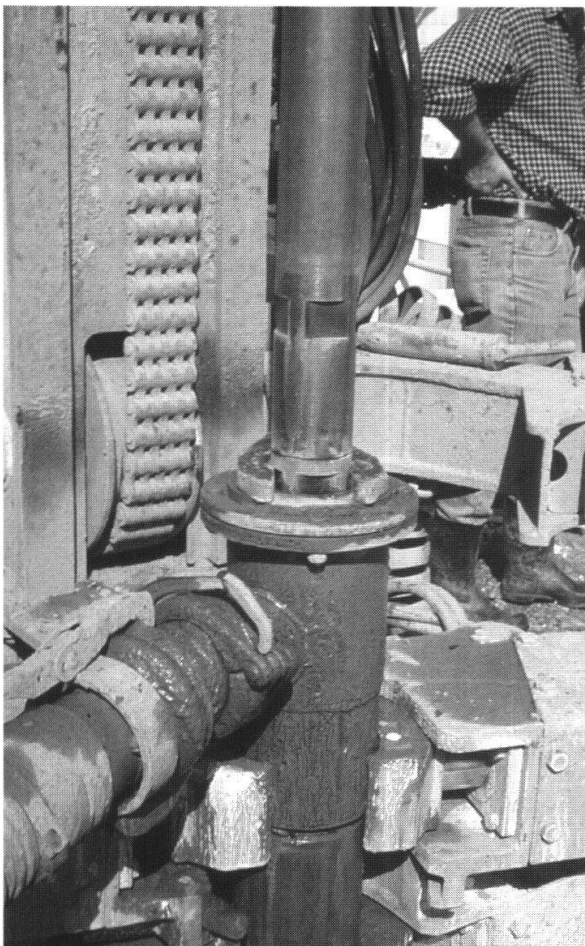


Fig. 2: Bohrlochkopf mit Spülungsleitung wie für den normalen Bohrvorgang. Das Bohrgestänge mit dem Imlochhammer befindet sich noch im Bohrloch, der Ringraum ist mit einer Gummimanschette, die auf einem Flansch aufgeschraubt ist, abgedichtet. So konnte kein Gas direkt aus dem Bohrloch entweichen.



Fig. 3: Über die verlängerte Spülungsleitung wurde das Gas, in eine aus einem Futterrohr improvisiert hergestellte Fackel, abgeleitet. Das Futterrohr ist auf einem beschwerten Holzrahmen festgebunden und somit fixiert. In diesem Zustand gab es keine Möglichkeit, den Gasfluss zu stoppen.

3. Beherrschung des Ausbruchs

3.1 Umbau des Bohrlochabschlusses

Beim Eintreffen des Gasspezialisten auf dem Bohrplatz am 27. September 2000 um ca. 11.00 Uhr, wurde bereits seit ca. 16 Stunden abgefackelt. Aus der improvisierten Fackel strömte Gas, das mit einer 5–7 m hohen Flamme verbrannte. Zum Schutze der benachbarten Häuser hatte die lokale Feuerwehr mit Hilfe von Rekruten einer Rettungstruppen-Rekrutenschule zwei Wasservorhänge errichtet sowie weitere vorsorgliche Massnahmen getroffen.

Aufgrund der angetroffenen Verhältnisse (improvisierte Fackel, Ableitung des Gases über eine Spülungsleitung, normaler Bohrlochabschluss, Fig. 2) war keine direkte Regulierung oder Intervention an der Bohrung oder an der Ableitung möglich. So war es zum Beispiel nicht möglich, über das Bohrgerät Wasser in die Bohrung zu pumpen, da die Pumpmenge zu gering war, um gegen das unter Druck ausströmende Gas ein Kissen zu bilden. Bevor Arbeiten an der Bohrung oder an der Ableitung ins Auge gefasst werden konnten, mussten zusätzliche Informationen zu verschiedenen Fragen gewonnen werden:

- Wie gross ist der Gasdruck?
- Welche Gasmengen treten etwa aus?
- Wie ist die Qualität des Gases?
- Enthält das Gas neben brennbaren auch giftige Komponenten?
- Wie wird sich das Ausströmverhalten des Gases mit der Zeit entwickeln?

Es mussten kurzfristig technische Massnahmen getroffen werden, damit eine sichere Abfackelung gewährleistet werden konnte. Dazu gehörte das Anbringen eines Bohrlochabschlusses, der eine Steuerung des Gasflusses und sicheres Arbeiten in der Bohrung ermöglichte, sowie die Beschaffung einer geeigneten Abfackelungsanlage.

Glücklicherweise wurden im Bereich um das Bohrloch keine Blasen in Pfützen beobachtet bzw. kein Gas gemessen, so dass davon ausgegangen werden konnte, dass ausser durch das Bohrrrohr keine unkontrollierten Gasaustritte aus dem Erdreich stattfanden. Das ca. 2 m in den Fels hineingebohrte Futterrohr konnte gegen den Fels hin als dicht betrachtet werden (keine Ausgasung im Ringraum).

Für die gastechnischen Installationen wurde beim Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW, TISG) und bei den Städtischen Werken Luzern um Unterstützung angefragt.

Als erste Massnahme musste versucht werden, den Gasdruck festzustellen, um die notwendigen Installationen (regulierbarer Bohrlochabschluss und Fackel) entsprechend zu dimensionieren. Hierfür wurde folgendermassen vorgegangen:

- Löschen der improvisierten Flamme. Die Löschaktion mit Schaum gestaltete sich wegen der starken Intensität der Flamme relativ schwierig.
- Lösen der Ableitung am Bohrlochabschluss. Dabei strömte das Gas frei aus.
- Anbringen eines Deckels mit Manometer. Eine Messung war jedoch nicht möglich, da das Manometer defekt war.
- Während dieser Zeit wurde die Fackel aus sicherheitstechnischen Gründen umplatziert.

- Der Versuch der Druckmessung über das Spülungssystem des Bohrgerätes ergab einen Messwert von ungefähr 5 bar.
- Danach wurde die Ableitung wieder an den Bohrlochkopf angeschlossen und die Fackel angezündet. Dies gestaltete sich jedoch unter dem Wasservorhang relativ schwierig.

Mit dieser Schätzmessung wurde die ungefähre Grössenordnung des am Bohrlochkopf vorhandenen Gasdruckes ermittelt. Eine Mengenschätzung oder -messung konnte nicht vorgenommen werden.

Unter Mithilfe des Bohrmeisters und den Spezialisten des Gasfaches wurde ein neuer Bohrlochabschluss konzipiert. Dieser musste folgende Anforderungen erfüllen:

- Sichere Ableitung des Gases;
- Möglichkeit, das Bohrloch temporär zu verschliessen;
- Möglichkeit des Einzirkulierens von Wasser oder Spülung ins Bohrloch;
- Möglichkeit der Befahrung des Bohrlochs mit Bohrwerkzeug;
- Druckmessung;
- Probenahmemöglichkeit;
- sichere und rasche Montage.

Die verschiedenen Komponenten zum Zusammenbau eines entsprechenden Bohrlochabschlusses konnten durch die Bohrfirma und durch die Städtischen Werke Luzern zur Verfügung gestellt werden. Der Zusammenbau erfolgte durch die involvierten Fachpersonen der Bohrfirma und des Gasfaches in einer lokalen Schlosserei.

Gasmessungen mit Handmessgeräten zeigten, dass es sich beim ausströmenden Gas hauptsächlich um Erdgas (Methan, CH₄) handeln musste. Aufgrund des Geruchs konnte kein Schwefelwasserstoffgas (H₂S) festgestellt werden. Dies bestätigte eine Nachmessung mit einem H₂S-Handmessgerät. Von einer durch die Spezialisten des Gasfaches entnommenen Gasprobe lag bereits am Mittag des 28. September eine erste Analyse vor, die ergab, dass es sich bei der entnommenen Probe um hochwertiges Erdgas handelt. (s. auch Tab.1).

Eine Gas-Abfackelungsanlage für das sichere Verbrennen des ausströmenden Gases stand nach einigen Abklärungen bei der Firma Foralith AG, Gossau, zur Verfügung. Diese Installation wies eine Drucksicherheit bis 150 bar auf und gab die Möglichkeit zur Regulierung der Gasflamme. Weiter wies die Anlage ein Rückschlagventil mit Flammensperre, einen Wasserabscheider und einen Anschluss für das Einzirkulieren von Wasser oder Spülung auf.

Der neue Bohrlochabschluss und die Gas-Abfackelungsanlage standen ab Mitte Nachmittag des 28. September vor Ort zur Verfügung. Für den Umbau des Bohrlochabschlusses und die Installation der Gas-Abfackelungsanlage wurde das Vorgehen vorgängig minutiös vorbesprochen und auch entsprechend abgewickelt.

Vorbereitung des Umbaus:

- Platzieren der neuen Gas-Abfackelungsanlage am definitiven Standort.
- Verlegen der neuen Gasableitung (ohne Anschluss an Bohrung).
- Vorbereiten des neuen Bohrlochabschlusses, um eine rasche Installation zu ermöglichen. Dazu stand vor Ort ein Baukran zur Verfügung.
- Verstärken der Wehrdienste u.a. mit einem Staublöschfahrzeug der Betriebsfeuerwehr.

erwehr des Flugplatzes Alpnach, Aufbau eines weiteren Wasserschirms zum Schutze des Neubaus.

- Sperrung der Strasse;

Ablauf der Umbauarbeiten:

- Inbetriebnahme des Bohrgerätes, Ausbau der restlichen Bohrröhre bis der Imlochhammer an Muffe und Dichtung ansteht.
- Löschen der improvisierten Fackel (→ Gas strömt bei Fackel frei aus).
- Lösen des Schlauchs vom provisorischen Bohrlochabschluss (→ Gas strömt bei Ableitung frei aus).
- Abschrauben des provisorischen Bohrlochabschlusses, Ausfahren des Imlochhammers (→ Gas strömt aus Bohrloch frei aus).
- Wegfahren des Bohrgerätes, Gerät abstellen.
- Aufsetzen des neuen Bohrlochabschlusses mit Hilfe des Baukrans. Aufschrauben Bohrlochabschluss (Hauptschieber offen).
- Anschluss der neuen Leitung, Öffnen des seitlichen Schiebers, Hauptschieber schliessen.
- Erster Versuch, die Fackel zu zünden scheitert, da Installation Abfackelanlage nicht korrekt.
- Schliessen des seitlichen Schiebers, Uminstallation der Abfackelanlage.
- Erneutes Öffnen des seitlichen Schiebers, Flamme zünden, Einstellen der Flamme auf kleine Stufe.

Damit war die Uminstallation ohne grösseres Vorkommnis erfolgreich abgeschlossen und das Gas konnte sicher abgefackelt werden, ohne dass dabei benachbarte

Häuser beeinträchtigt wurden. Der Gasdruck am Bohrlochkopf konnte nun ebenfalls zuverlässig gemessen werden. Er betrug direkt nach dem Umbau, bei gedrosselter Förderung, 2.6 bar. Die bisherigen Installationen der Wehrdienste konnten abgebaut werden und das Sicherheitsdispositiv auf die Abschrankung der Fackelanlage und der Bohrung reduziert werden (Fig. 4).



Fig. 4:
Installierte Abfackelanlage mit kleiner Flamme.

3.2 Weiteres Vorgehen

In Anbetracht des relativ hohen Gasdrucks, der grossen Förderrate mit der imposanten Flamme und der guten Gasqualität stellte sich rasch einmal die Frage, ob das Gas auch genutzt werden könnte. Eine erste Grundvoraussetzung für eine Nutzung des austretenden Gases wäre ein Gasfluss in genügender Menge und Qualität über längere Zeit (mehrere Jahre). Dies konnte jedoch aufgrund des vorhandenen Kenntnisstandes nicht prognostiziert werden. Ferner war die Bohrung nicht zum Zweck der Gasförderung gebohrt worden, d.h. sie war technisch nicht ausgerüstet, um langfristig eine sichere Gasförderung zu gewährleisten.

Aus der Sicht des Bauherrn war rasch klar, dass aus verschiedenen Gründen eine Nutzung des Gases nicht in Frage kommen konnte. Somit wurde entschieden, keine weiteren Abklärungen in Richtung einer Nutzung vorzunehmen und das Bohrloch zu verfüllen.

3.3 Beobachtung der Bohrung

Um das «Gasvorkommen» besser zu charakterisieren und zur Abklärung des Vorgehens einer Verfüllung wurde die Bohrung während rund eines Monats mit geringerer Förderrate abgefackelt und beobachtet.

Neben der Sicherstellung einer einwandfreien Funktion der Abfackelungsanlage wurden die Parameter: Druck am Bohrlochkopf, Druck an der Fackel und Luftdruck gemessen und protokolliert. Eine Messung der geförderten Gasmengen konnte nicht vorgenommen werden, da diese Messungen zu aufwändig gewesen wären. Die Kontrollen und Messungen erfolgten in der Regel täglich.

Der beobachtete Gasdruck zeigte dabei eine allmähliche Abnahme im Verlaufe

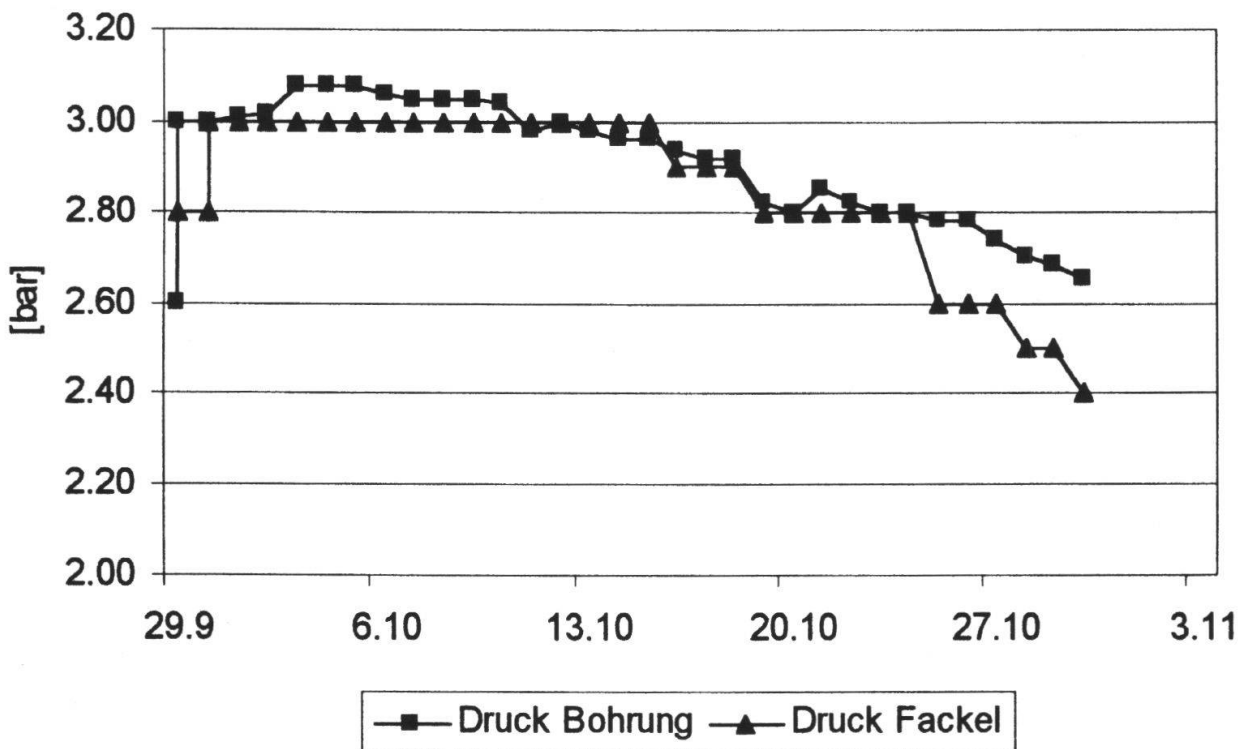


Fig. 5: Druckverlauf an Bohrung und Fackel während der Beobachtungsperiode. Die Druckaufzeichnungen während der Beobachtungsperiode zeigen eine Abnahme des Druckes.

der Zeit. Optisch konnte keine Abnahme der Gasförderung beobachtet werden (Fig. 5).

Während der gesamten Versuchsdauer schwankte der Luftdruck zwischen 1005 und 1045 hPa. Diese Druckschwankungen hatten keinen signifikanten Einfluss auf den Gasdruck resp. das Förderverhalten der Bohrung.

Bei starken Winden wurde die Flamme jeweils ausgeblasen, so dass sie mehrmals wieder angezündet werden musste bzw. mit stärkerer Förderrate in Betrieb gehalten werden musste, was jedoch grössere Lärmemissionen zur Folge hatte.

Während der gesamten Förderperiode wurde praktisch kein Wasser ausgeschieden.

3.4 Verfüllung der Bohrung

Aufgrund der relativ geringen Druckabnahme während der Beobachtungszeit von einem Monat konnte nicht mit einem raschen Versiegen des Gasstromes gerechnet werden und es wurde entschieden, die Bohrung zu verfüllen.

Für die Verfüllung der Bohrung waren folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- Einpresstest mit Wasser zur Sicherstellung, dass Wasser durch die Formation aufgenommen wird und dass im Ringraum zwischen Bohrlochkopf und Gebirge kein Gas ausströmt.
- Einzirkulieren einer Zementsuspension, Nachpressen mit Wasser.
- Zementerhärtung, Durchführung von Gasmessungen.

Im Falle von Umläufigkeiten während des Einpresstestes war vorgesehen, die Bohrung zuerst mit einer Bentonitpülung mit Schwerspat abzudichten.

Da sich aufgrund des durchgeführten Einpresstests die Bohrung als dicht erwies, konnte die Zementation ohne Bentonit bzw. Schwerspatpülung vorgenommen werden: In einer ersten Phase wurden ca. 800 l Zement mit einer Dichte von 1.8 kg/l die Bohrung einzirkuliert. Nach der Zementerhärtung wurde die Zementoberkante in 41 m Tiefe gemessen. Mit der zweiten Injektion wurde das restliche Bohrloch aufgefüllt und unter 5 bar Druck während 1 Stunde nachinjiziert.

Während den Verfüllarbeiten nach dem Einpresstest und der anschliessenden Gasüberwachung wurde *kein* Gas mehr festgestellt.

Nach diesen Verfüllarbeiten wurden über der Bohrung, inkl. Ringraum, während 16 Tagen Gasmessungen durchgeführt. Diese Messungen zeigten, dass die Bohrung mit der vorgenommenen Zementation erfolgreich abgedichtet werden konnte. Die Verrohrung wurde anschliessend unterhalb der Terrainoberfläche abgeschnitten.

4. Charakterisierung des Gasvorkommens

4.1 Geologie

Der Standort der Bohrung liegt tektonisch im Grenzbereich zwischen der Bürgenstock-Teildecke (= Randkettenelement der helvetischen Wildhorn-/Drusbergdecke), dem Habkern-Mélange («Wildflysch») und dem Schlierenflysch (= südpenninischer Flysch).

Diese verschiedenen tektonischen Einheiten werden in der weiteren Umgebung der Bohrung geologisch wie folgt gegliedert (vom Liegenden zum Hangenden):

- Bürgenstock-Teildecke (jüngster Anteil):
 - Seewer-Kalk
 - Hohgant-Sandstein
 - Stadschiefer
- Habkern-Mélange: Mergel, Kalke, Sand- und Siltsteine etc.
- Schlierenflysch: Sandsteine und Mergel

Aufgrund der knappen Gesteinsbeschreibung der spärlichen Gesteinsbruchstücke aus der Bohrung und der vor Ort fehlenden Oberflächenaufschlüsse kann die geologisch-tektonische Lage der Bohrung nicht genau bezeichnet werden. Wir vermuten, dass die Bohrung am Übergang vom basalen Schlierenflysch zum Habkern-Mélange liegt.

Die gasführende Zone liegt in einer Tiefenlage von 85–125 m u.T. (435–395 m ü.M.) und somit mehr als 34 m unter dem Spiegel des Sarnersees der auf 469 m ü.M. liegt. Es kann daher angenommen werden, dass das gasführende Gebirge relativ gut gegen den See abgedichtet ist. Befunde über die Wasserführung im Untergrund gibt es keine.

4.2 Resultate der Gasanalysen

Während der gesamten Zeit der Abfackelung wurden zwei Gasproben entnommen.

Eine erste Probe wurde am 27.9.2000 entnommen und durch die technische Prüfstelle des SVGW analysiert (Tab. 1). Gemäss dieser Analyse handelt es sich um ein

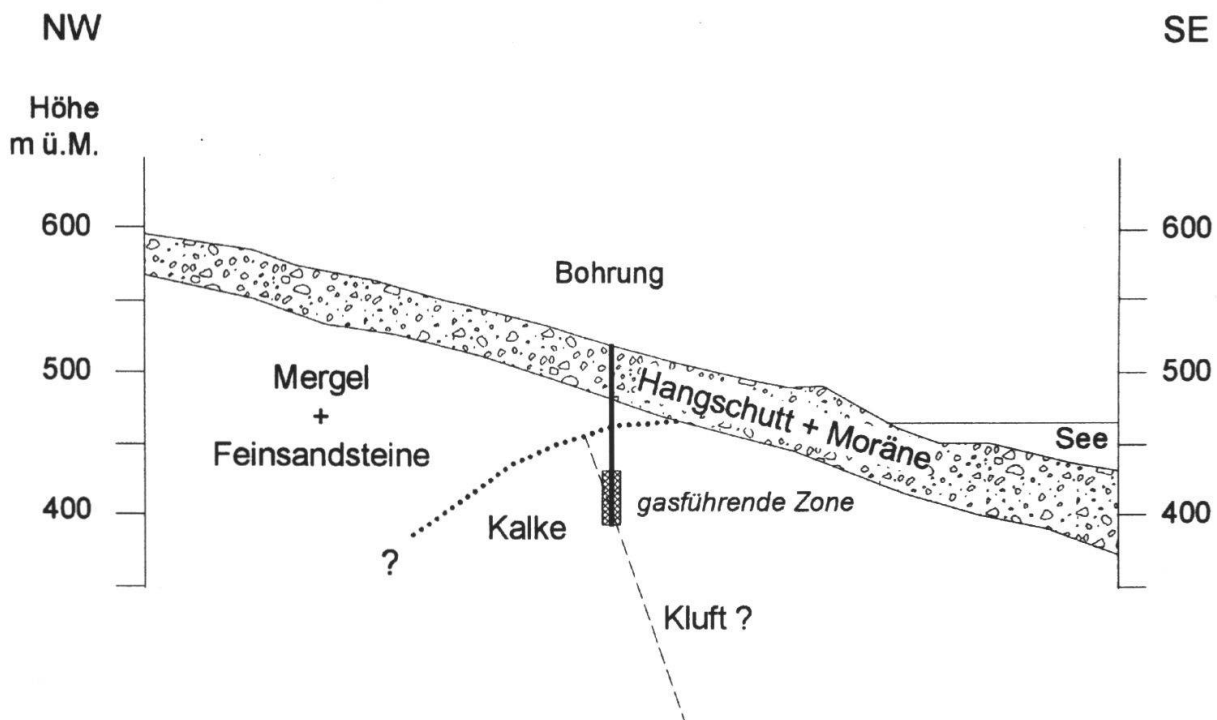


Fig. 6: Schematisches geologisches Querprofil durch die Bohrung. Die vom Bohrmeister festgestellte Lithologiegrenze wurde aufgrund des regionalgeologischen Bildes nach Bentz (1948) punktiert eingezeichnet.

Nachgewiesene Komponenten	Konzentration [Vol %]
Methan	94.10
Ethan	3.55
Propan	1.196
i-Butan	0.263
n-Butan	0.208
i-Pentan	0.084
n-Pentan	0.028
Neopentan	0.003
Höhere KW (C6+)	0.019
Stickstoff	0.425
Helium	0.006
Kohlendioxid	0.101
Wasserstoff	0.012
Total	99.995

Tab.1:
Analysenresultate der Gasprobe P1, Wilen (Analyse SVGW/TISG, Zürich, 28.9.2000).

hochwertiges Erdgas mit Methan (CH₄), Ethan (C₂H₆) und Propan (C₃H₈) und Spuren von höhern Kohlenwasserstoffen. Es enthält weiter geringe Mengen von Stickstoff (N₂), Kohlendioxid (CO₂), Wasserstoff (H) und Helium (He). Es entspricht etwa einem Gas, wie es in die Schweiz importiert wird.

Die zweite Gasprobe wurde am 29.9.2000 am Probenahmeort des Bohrlochkopfs entnommen. Neben den Standardkomponenten wurden bei dieser Analyse auch die ¹³C-Isotope von Methan, Ethan und Propan und das ²H-Isotop (= D, Deuterium) bestimmt (Tab. 2).

Nachgewiesene Komponenten	Konzentration [Vol %]	δ ¹³ C ‰ PDB	δ D ‰ SMOW
Methan	94.14	- 37.2	- 148
Ethan	3.1	- 26.3	
Propan	1.057	- 20.8	
i-Butan	0.217		
n-Butan	0.177		
i-Pentan	0.046		
n-Pentan	0.018		
Hexan	0.009		
Stickstoff	0.88		
Sauerstoff	0.23		
Argon	0.02		
Helium	0.006		
Kohlendioxid	0.10		
Wasserstoff	< 0.01		
Helium	< 0.01		
Schwefelwasserstoff	< 0.01		

Tab. 2: Analysenresultate der Gasprobe P2, Wilen (Analyse GCA Geochemische Analysen, Sehnde, D, 2.11.2000).

In Bezug auf die Kohlenwasserstoffgase und auch für die weiteren Gase zeigen beide Proben eine sehr ähnliche Zusammensetzung.

5. Isotopenanalysen

5.1 Allgemeines

Isotopenanalysen erlauben eine gute geochemische Charakterisierung und einen guten Vergleich verschiedener Gase untereinander.

Das Diagramm von Whiticar, Faber & Schoell (1986) mit dem Verhältnis der δD - und der $\delta^{13}C$ -Werte von Methan erlaubt eine Unterscheidung in der Entstehung der Gase zwischen Fermentation, CO_2 -Reduktion (= bakterielle Prozesse) und thermischem Entstehungsprozess des Methans (Fig. 7).

Die Darstellung der $\delta^{13}C$ -Werte und der Nässe des Gases ($CH_4 / (C_2H_6 + C_3H_8)$) im Diagramm nach Berner (1989) erlaubt weiter eine grobe Charakterisierung der Gase nach Muttergesteinstyp und Reifegrad (Fig. 8).

Die Darstellung der $\delta^{13}C$ -Werte von Methan, Ethan und Propan ermöglicht, bei Vorliegen einer Kalibration aus Pyrolyseexperimenten, die Abschätzung des Reifegrades des Muttergesteins, aus dem das Gas stammt. Aufgrund fehlender Daten von schweizerischen Muttergesteinen wurden die Kalibrationsdaten von Berner & Faber (1997) verwendet (Fig. 9, 10).

5.2 Das Gas von Wilen

Aufgrund der δD - und der $\delta^{13}C$ -Werte ist das Gas von Wilen klar ein Gas thermokatalytischer Entstehung (Fig. 7) und nicht ein Gas, das aus dem biogenen Abbau von organischem Material entstanden ist, wie z.B. ein See- oder Sumpfgas. Es handelt sich weiter um ein relativ nasses Gas, d.h. es besitzt einen relativ erhöhten Anteil an höheren Kohlenwasserstoffen. Es ist wahrscheinlich aus einem marinen Muttergestein (Kerogen Typ II) mittlerer Reife ($R_m = 1.4-1.6$) entstanden (Fig. 8). Marine Muttergesteine im Bereich des Alpennordrandes kommen im tieferen Untergrund im mesozoischen Autochthon und im darüberliegenden Flysch, in den helvetischen Decken inkl. Randketten, im Ultrahelvetikum (Habkern-Mélange) sowie im penninischen Flysch (Schlierenflysch) und der Klippen-Decke vor.

Aus dem autochthonen, mesozoischen Untergrund sind keine Maturitätsanalysen bekannt. Analysedaten aus einem vergleichbaren geologischen Umfeld aus der Bohrung Hindelang (ca. 50 km östlich von Bregenz, Müller et al. 1992) lassen vermuten, dass wegen der relativ geringeren Versenkung der autochthonen Serien am Alpennordrand diese Serien auch am schweizerischen Alpennordrand einen eher geringen Reifegrad aufweisen. Nach Breitschmid (1982) weist der nordhelvetische Flysch im Reussquerschnitt eine thermische Reife von 2.6–3.0 % R_m auf. Die helvetischen Decken im Zentralschweizer Querschnitt zeigen Reifegrade von 1.6 in den Randketten bis > 4.5 in der südlichen Axendecke. Im ultrahelvetischen Bereich und den Klippen treten Reifegrade von 0.9–1.8 % R_m auf. Der Schlierenflysch zeigt Illitkristallinitätswerte von 6.5–10 (Winkler 1983), was einem geringen bis mittleren Reifegrad entspricht.

Somit ergeben sich für die Herkunft des Wiler Gases grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- Untiefe Herkunft: Habkern Mélange oder Schlieren Flysch.
- Tiefe Herkunft: Mesozoisches Autochthon oder Nordhelvetischer Flysch.

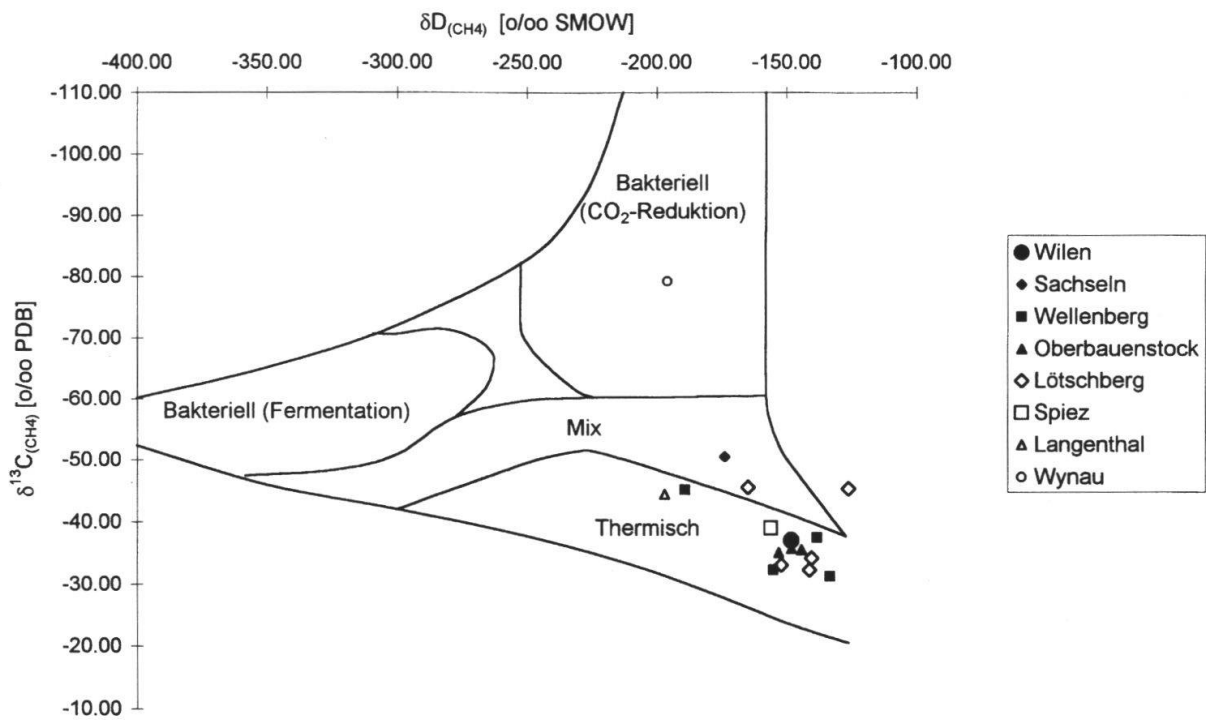


Fig. 7: $\delta D_{(CH_4)}$ - $\delta^{13}C_{(CH_4)}$ - Diagramm nach Whiticar et al. (1986): Unterscheidung zwischen thermogenen und verschiedenen biogenen Gasen.

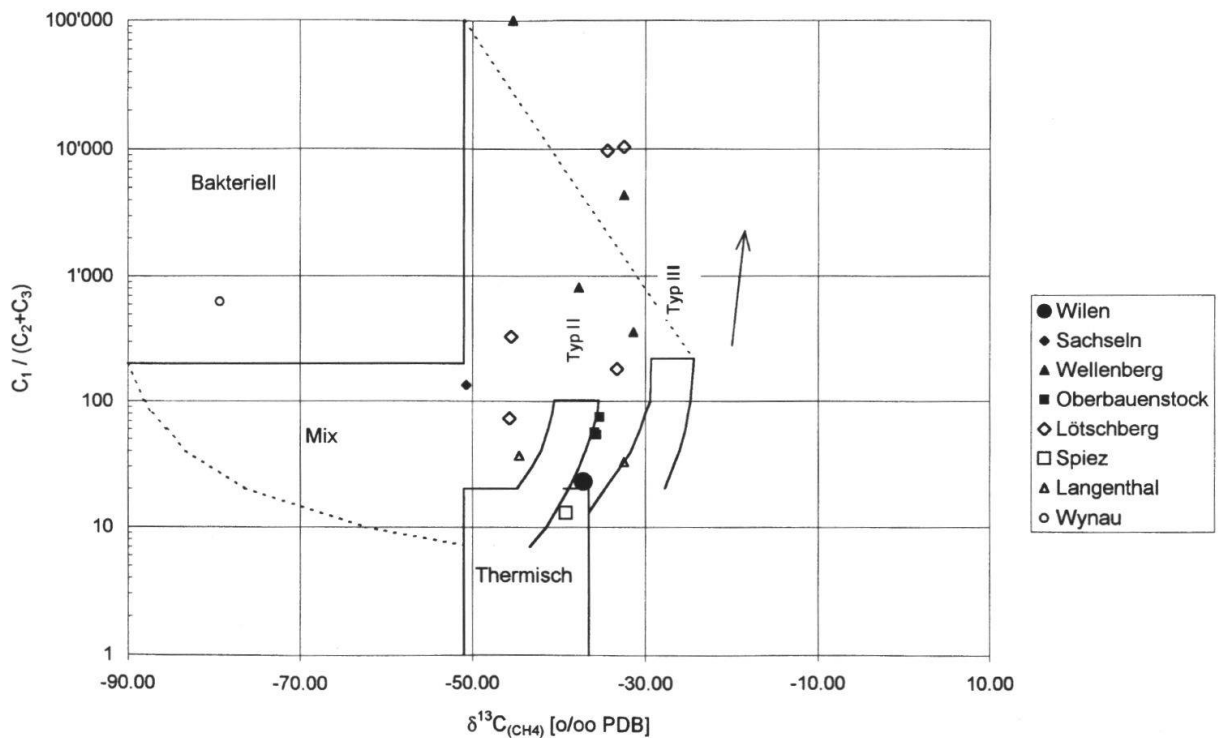


Fig. 8: $\delta^{13}C_{(CH_4)}$ - $C_1/(C_2+C_3)$ - Diagramm nach Berner (1989): Grobe Charakterisierung der Gase nach Muttergesteinstyp und zunehmendem Reifetrend (\rightarrow) bzw. Unterscheidung von biogenen Gasen.

Aufgrund der vorhandenen Gasanalysen und Gesteinsmaturitätsdaten ist eine eindeutige Interpretation der Herkunft des Wiler Gases nicht möglich. Die relativ grosse geförderte Gasmenge und die geringe Druckabnahme lassen vermuten, dass eine Gasquelle in grösserer Tiefe vorhanden ist, wobei das Gas durch Brüche und Klüfte gegen die Oberfläche migriert. Untersuchungen des TGK im Kanton Obwalden in den 90-er Jahren liessen den Schluss zu, dass im tieferen Untergrund grössere Mengen von Erdgas vorhanden sein müssen.

5.3 Vergleich mit anderen Gasen

Die Gasprobe aus den Amdener Mergeln der Drusberg-Decke des nahe von Wilen gelegenen Umfahrungstunnels *Sachseln* (Tiefbauamt des Kt. Obwalden, Dr. von Moos AG) zeigt eine bakterielle Beeinflussung und kann daher mit dem Wiler Gas nicht verglichen werden.

Freie Gase aus der Palfris-Formation (Drusberg-Decke) der *Wellenberg*-Sondierbohrungen der Nagra (Mazurek 1999) zeigen klar ein thermokatalytisches Gas, wahrscheinlich aus einem Typ II-Muttergestein. Die heterogenen C_1/C_2+C_3 -Werte können auf eine Fraktionierung im Gestein zurückzuführen sein. Der Reifegrad des Muttergesteins dürfte im Bereich von 1.2–2.0 liegen. Für die Palfris-Gesteine am Wellenberg wurden Werte von 1.5–2.0 ermittelt, so dass von einer lokalen Gasquelle ausgegangen werden kann (Mazurek 1999). Ein direkter Vergleich mit dem Wiler Gas ist kaum vorzunehmen.

Die freien Gase aus einer Bohrung der Nagra am *Oberbauenstock* (Valanginien-Mergel der Drusberg-Decke) sind vergleichbar mit den Proben am Wellenberg, zeigen jedoch ein Muttergestein mit etwas höherer Reife von 1.8–2.0 was etwa den

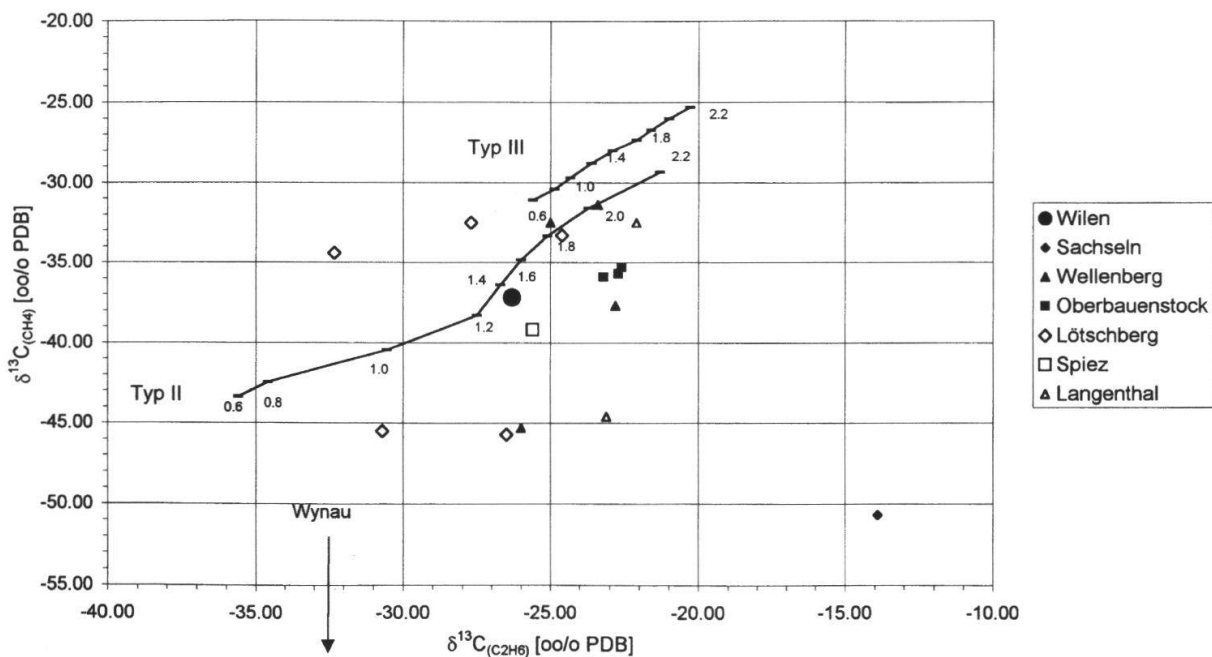


Fig. 9: $\delta^{13}C_{(C_2H_6)} - \delta^{13}C_{(CH_4)}$ - Diagramm nach Berner & Faber (1997): Unterscheidung zwischen verschiedenen Muttergesteinstypen und Abschätzung der thermischen Reife des Muttergesteins aufgrund von Methan- und Ethan-Kohlenstoffisotopen.

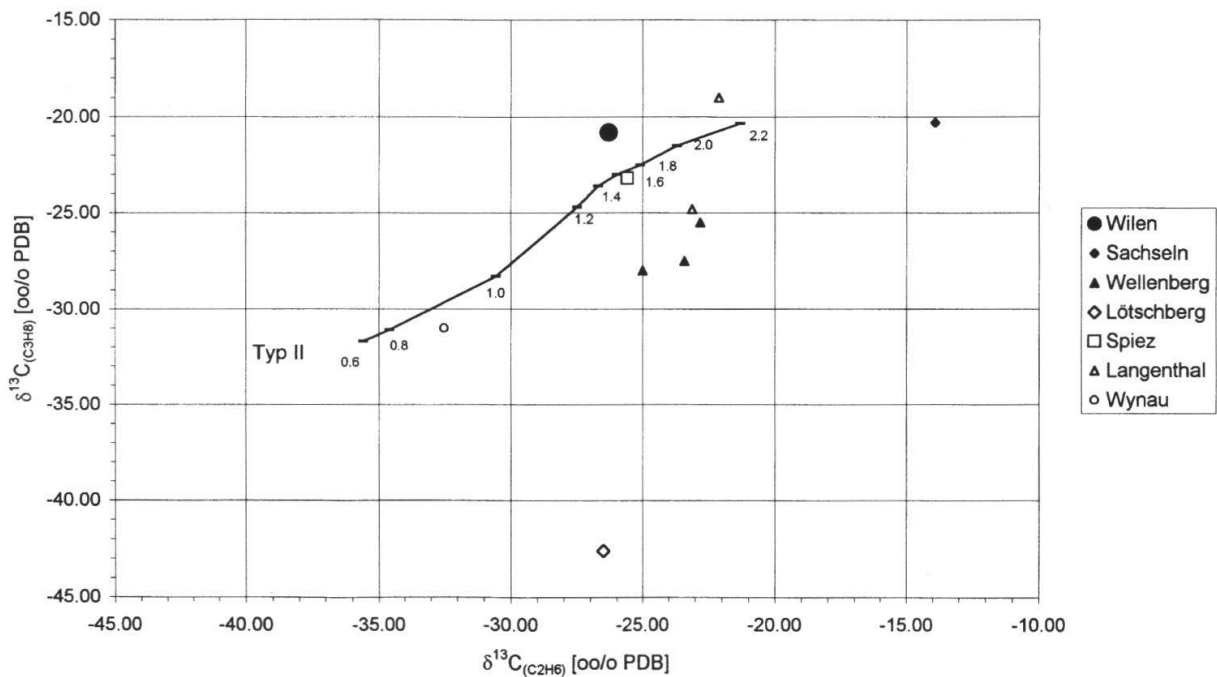


Fig. 10: $\delta^{13}\text{C}_{(\text{C}_2\text{H}_6)} - \delta^{13}\text{C}_{(\text{C}_3\text{H}_8)}$ - Diagramm nach Berner & Faber (1997): Abschätzung der thermischen Reife des Muttergesteins Typ II aufgrund von Ethan- und Propan-Kohlenstoffisotopen.

von Breitschmid (1982) bestimmten Werten entspricht. Nach Gautschi et al. (1990) sind diese Gase aus undicht gewordenen Fluid-Einschlüssen freigesetzt worden. Die Signatur der Gase vom Oberbauenstock ist ähnlich derjenigen des Wiler Gases, das aber auf ein Muttergestein geringerer Reife hinweist.

Die Gasproben vom *Löttschberg*-Sondierstollen zeigen ein relativ heterogenes Bild (Wyss 1999). Es dürfte sich einerseits um Gase aus einem lokalen Muttergestein und um Gase aus grösserer Tiefe handeln. Auch dürften bakterielle Prozesse und Fraktionierung die Gase beeinflusst haben (Wyss 1999). Ein direkter Vergleich mit dem Wiler Gas ist kaum möglich.

Die Analysenresultate der Gasprobe *Spiez* weisen auf ein Typ II-Muttergestein mittlerer Reife hin (Wyss 1999). Dieses Gases stammt wahrscheinlich aus grösserer Tiefe, da es sich in der Klippen-Decke um ein Typ III-Muttergestein handelt (Burkhard et al. 1989). Das Spiezer Gas weist eine sehr ähnliche Signatur wie das Gas von Wilen auf.

Die Proben *Langenthal* aus der Unteren Süsswassermolasse zeigen ein heterogenes Bild, weisen aber hauptsächlich auf ein Typ II-Muttergestein hin (Greber & Wyss 1998). Es stammt somit aus einem tiefer liegenden Muttergestein (Wyss 1999). Ein direkter Vergleich mit dem Wiler Gas ist aber nicht möglich.

Die Probe *Wynau* stammt auch aus der Unteren Süsswassermolasse (Greber & Wyss 1998). Dabei zeigen die Analysen für das Methan eine deutlich biogene Entstehung. Die höheren Kohlenwasserstoffe zeigen ein Typ II-Muttergestein geringer Reife. Möglicherweise haben bakterielle Prozesse zu einer scheinbaren Mischung von Gasen geführt. Wahrscheinlich ist der Ursprung der Gase in mesozoischen Muttergesteinen in der Tiefe. Das Gas zeigt somit einen anderen Ursprung als das Wiler Gas.

6. Folgerungen und Ausblick

Das Ausmass des Gasaustrittes in Wilen mit einem Anfangsdruck von mehr als 3 bar ist erstaunlich und bisher sind unseres Wissens im Bereich des Alpennordrandes keine derartig starken Gasaustritte beobachtet worden. Das Gas entströmte aus wahrscheinlich geklüfteten Kalken aus einer Tiefe von 85–125 m u.T., mehr als 30 m unterhalb des Seespiegels. Wahrscheinlich wird das Gas durch ein Bruch- und Kluftsystem aus grösserer Tiefe nach oben drainiert und ist dort in Klüften, die gegen den See hin abgedichtet sind, gefangen.

Den verschiedenen oberflächennahen Gasen in unterschiedlichen tektonischen Einheiten des Alpennordrandes und der Molasse gemeinsam ist ihre vorwiegend thermokatalytische Genese. Dabei kann grundsätzlich zwischen Gasen unterschieden werden, die noch ans Muttergestein gebunden sind (In-situ-Gase) und solchen, die aus dem Untergrund in das gasführende Gestein hineinmigriert sind. Eine eindeutige Beurteilung ist jedoch oft schwierig vorzunehmen, da bakterielle Prozesse und eine Fraktionierung der Gase im Gestein die geochemischen Signaturen der Gase beeinflusst. Ebenfalls fehlen systematische Maturitätsdaten möglicher Erdgas-Muttergesteine an der Oberfläche und in der Tiefe für eine weitere erdgasgeologische Charakterisierung des Untergrundes.

Bei der erdgasgeologischen Beurteilung und einer möglichen Gasführung in untierten Bohrungen und in Tunnels und Stollen und der damit zusammenhängenden Gefährdung ist davon auszugehen, dass in verschiedenen geologischen bzw. tektonischen Einheiten des Alpennordrandes und des Mittellandes Erdgas auftreten kann. Eine detaillierte Prognose der Gasführung im Einzelnen dürfte jedoch schwierig vorzunehmen sein, da das Auftreten und die Menge von möglichem austretenden Gas neben den «klassischen» Parametern (Mutter-/Speichergestein, Struktur und Abdichtung) von verschiedenen anderen Faktoren beeinflusst sein kann, die in der Prognose zu berücksichtigen sind:

- Regionalgeologische Aspekte, Versenkungs- bzw. Diagenesegegeschichte;
- bruchhafte Deformation, kann die Gaswegsamkeit im Gebirge erhöhen;
- Gase in dichten Muttergesteinen;
- Erosion, Auflockerung und Verwitterung im oberflächennahen Bereich;
- Gebirgswasserzirkulation;
- bakterielle Prozesse (Generierung und Abbau von Methangas).

Aus Sicht der wissenschaftlichen, wie auch aus Sicht der angewandten Geologie, sind bezüglich Gasführung im oberflächennahen und im tieferen Bereich noch viele Fragen zu beantworten.

Literatur

- ALTHAUS, H.E. 1943: Erdgasvorkommen in der Schweiz. PEK-Bericht 1036.
- BENTZ, F. 1948: Geologie des Sarnersee-Gebietes (Kt. Obwalden). *Eclogae geol. Helv.* 41/1, 1–140.
- BERNER, U. 1989: Entwicklung und Anwendung empirischer Modelle für die Kohlestoffisotopenvariationen in Mischungen thermogener Gase. Diss. Techn. Univ. Clausthal.
- BERNER, U. & FABER, E. 1997: Carbon isotope/maturity relationship for gases from algal kerogens and terrigenous organic matter. *Geol. Jb. D* 103, 129–145.

- BOSSARD, P. & GÄCHTER, R. 1981: Methan- und Sauerstoffhaushalt im mesotrophen Lungernsee. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43/2, 219–252.
- BÜCHI, U.P. & AMBERG, R. 1983: Erdgasindikationen des schweizerischen Alpenrandes. *Bull. schweiz. Ver. Petroleum-Geol. u. Ing.*, 37/92, 37–50.
- BÜCHI, U.P., FREIMOSER, M. & WEISS, H.-P. 1990: Über ein Gasvorkommen im Gebiet Bürg, Spiez (BE). *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.*, 56/130, 35–48.
- BURKHARD, M. & KALKREUTH, W. 1989: Coalification in the northern Wildhorn nappes and adjacent units, western Switzerland. Implications for tectonic burial histories. *Int. J. Coal Geol.*, 11, 47–64.
- GAUTSCHI, A., FABER, E., MEYER, J. MULLIS, J., SCHENKER, F. & BALLENTINE C. 1990: Hydrocarbon and noble gases in fluid inclusions of Alpine calcite veins - Implications for hydrocarbon exploration. *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing.*, 57/131, 13–36.
- GREBER, E., LEU, W. & WYSS, R. 1995: Erdgasindikationen in der Schweiz. Grundlagen zur Charakterisierung des Gasfahnenpotentials im Untergrund. *Bull. Schweizer Ing. u. Arch.*, 24, 8. Juni 1995, 567–572.
- GREBER, E. & WYSS, R. 1998: Geochemische Grundlagen der Genese von Erdgasen und ihre Anwendung im oberflächennahen Bereich. Nachdiplomkurs in angewandten Erdwissenschaften, 11. Blockkurs: «Isotopenmethoden in der Umwelt- und Ingenieurgeologie» 11.-16. Mai 1998, CSF Monte Verità, Ascona, 22 p.
- KOPP, J. 1955: Erdöl und Erdgas in der Schweiz. Verlag Räber + Cie., Luzern.
- MAZUREK, M. 1999: Evolution of gas and aqueous fluid in low-permeability argillaceous rocks during uplift and exhumation of the central Swiss Alps. *Applied Geochemistry* 15, p. 211–234.
- MÜLLER, M., NIEBERDING, F. & WEGGEN, K. 1992: Hindelang 1 (Bavarian Alps): A deep wildcat with implications for future exploration in the Alpine Thrust Belt. In: SPENCER, A.M. (ed.): Generation, Accumulation and Production of Europe's Hydrocarbons II. *Spec. Publ. EAPG*, 2, 185–192.
- STÜRZINGER, CH. 1993: Gas aus der Tiefe der Alpen. *Sulzer Technical Review*, 1/1993.
- WHITICAR, M.J., FABER, E. & SCHOELL, M. 1986: Biogenic methane formation in marine and freshwater environments: CO₂ reduction vs. acetate fermentation - isotopic evidence. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50, 693–709.
- WINKLER, W. 1983: Stratigraphie, Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Schlieren-Flysches (Zentralschweiz). *Beitr. Geol. Karte Schweiz*, N.F. 158, 105 p.
- WYSS, R. 1999: Erdgas beim Bau des Sondierstollens Lötschberg: Untersuchungen und Massnahmen. In: Löw, S. & Wyss, R. (ed.): Vorerkundung und Prognose der Basistunnels am Gotthard und am Lötschberg. *Balkema Rotterdam*, p. 161–171.