

Donnerstag 15. Oktober 2015

11:30-12:00

## Zur Frage der Herkunft des Methans im Bereich von Reutte

Thomas Figl<sup>1</sup>, Leopold Weber<sup>2</sup>, Reinhard Sachsenhofer<sup>3</sup>, Lukas Pytlak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Amt der Tiroler Landesregierung, Landesgeologie; <sup>2</sup>Ministerialrat i.R. Univ.-Prof. Dr.; <sup>3</sup>Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie

### 1. Ausgangslage (T.F.)

Bereits seit längerer Zeit ist bekannt, dass der Bezirk Reutte in verhältnismäßig hohem Maß vom Auftreten von Gips und den damit einhergehenden Problemen betroffen ist. Im Gegensatz zu anderen Bereichen in Tirol betrifft diese Problematik vor allem auch den Siedlungsraum zum Teil sogar massiv.

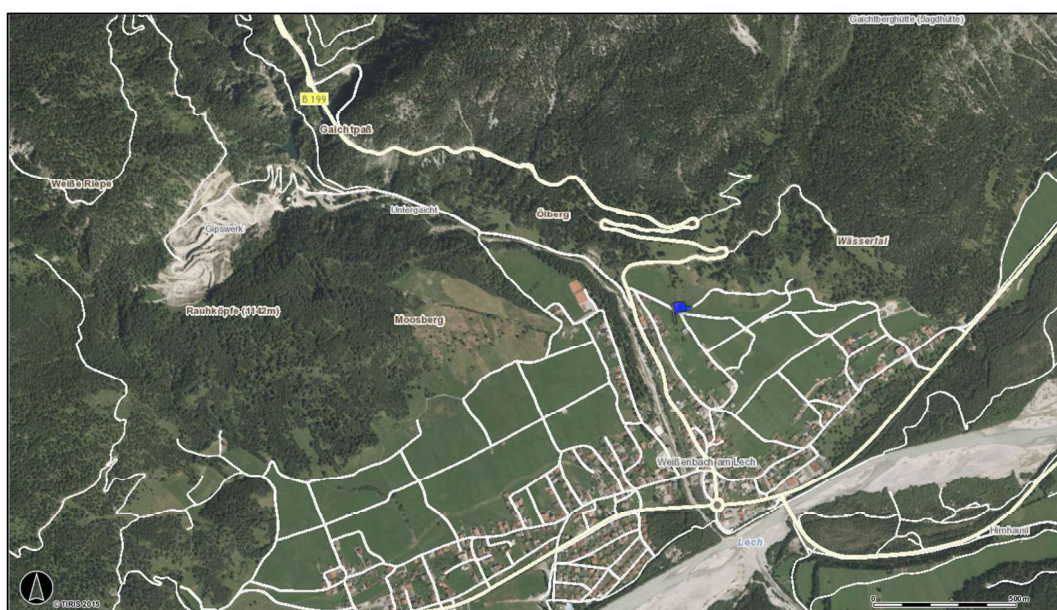
Neben den Talkesselgemeinde Reutte, Breitenwang, Ehenbichl und Pflach spielt der Gips auch im Raum Weißenbach am Lech eine wesentliche Rolle.

#### 1.1 Geologischer Hintergrund:

Gips und Anhydrit (Sulfatgesteine) gehören zu den durch fließendes Wasser auslaugungsfähigen Gesteinen. In den Tiroler Kalkalpen sind Gips- bzw.- Anhydritvorkommen unter anderem an die „Reichenhaller Schichten“ und vor allem an die Gesteine der „Nordalpinen Raibl-Gruppe“ gebunden. Die dort vorhandenen Gipsvorkommen können mit teils großer Mächtigkeit, aber auch fein verteilt im Gestein auftreten. Durch unterirdisch vorhandene Fließvorgänge (Niederschläge, Versickerung, vorhandene Wasserwegigkeiten im Untergrund, natürliche und künstliche Veränderung von Wasserwegigkeiten etc.) kommt es bei der Auslaugung dieser Gesteine zu unterirdischen Hohlrumbildungen. Unter ungünstigen Bedingungen können diese Hohlräume einstürzen und sind als trichterartige Senkungen an der Oberfläche zu erkennen. Die Entstehung derartiger Trichter (Dolinen, Erdfälle) kann sowohl durch langsames Absenken, als auch durch plötzliche Einbrüche vonstattengehen. Durch die Gipsauslaugung und Verwitterung dieser sulfathaltigen Gesteine sind in den Grund- und Quellwässern charakteristische indirekte und direkte chemische Merkmale, wie einerseits eine erhöhte bis hohe Leitfähigkeit und andererseits ein erhöhter bis deutlich erhöhter Sulfatgehalt, erkennbar. Diese chemischen Merkmale weisen aber auch darauf hin, dass die Auslaugung von Gips im Untergrund aktiv fortschreitet. Eine Leitfähigkeit von z.B. 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bedeutet einen gelösten Gipsgehalt von 1g pro Liter Wasser bei einer Wasserführung (Schüttung) von 1 l/s.

Aus geologischer Sicht liegt der Raum Weißenbach/Ehenbichl innerhalb der Lechtaldecke, wobei die Deckengrenze zur (geographisch) nördlich angrenzenden bzw. tektonisch darunter liegenden Allgäudecke nur wenige 100 m Luftlinie entfernt liegt. Die nächstgelegenen Festgesteinsaufschlüsse finden sich in einer Entfernung von nur wenigen 10er Metern zu den durchgeführten Bohrungen. Neben Hauptdolomit und Wettersteinkalk stehen auch nennenswerte Vorkommen von gips- bzw. anhydritführenden Raibler Schichten an.

Großräumig verlaufen die gipshältigen Gesteine der Nordalpinen Raibl-Gruppe im Gebiet Weißenbach-Ehenbichl-Klausenwald als relativ schmales Band vom Birkental, westlich des Gaichtpasses, in Ostwestrichtung in etwa bis zum Rauchwald auf Heiterwanger Gemeindegebiet. Deutliches Anzeichen für die dortigen Gipsvorkommen ist auch der oben genannte Gipsabbau der Firma Schretter & Cie nahe dem Gaichtpass. Dort sind die Gipsvorkommen in einer für Tirol außergewöhnlichen Mächtigkeit vorhanden. Weiters zeugen die zahlreichen Dolinen im Bereich Weißenbach-Gaichtpass sowie im Ortsteil Rieden von Auftreten der auslaugungsfähigen Gipse im Untergrund.



**Abb.1.** Übersichtskarte des Gebietes um Weißenbach m Lech. Mit blauer Fahne markiert die Bohrung, in welcher Gas angetroffen wurde (aus: TIRIS maps).

Bereits im Jahr 2010 wurden die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse der Landesgeologie in einer so genannten Gipsgebietkarte zusammengefasst. In diesen Karten wurden – abgestuft in einen Bereich 1 („rote Zone“) und einen Bereich 2 („gelbe Zone“) jene Bereiche ausgewiesen, in welchen mit dem Auftreten von Gips bzw. damit in Zusammenhang stehend natürlich auch mit dem Auftreten von Hohlräumen gerechnet werden muss.

Den betroffenen Gemeinden wurde diese Karte zur Verfügung gestellt, begleitet von einem Schreiben, in welchem unter den Bau- und Raumordnungsbehörden aus fachlicher Sicht empfohlen wurde, im Bereich 1 („rote Zone“) den Untergrund entsprechend seiner Größe mit Kernbohrungen zu ergründen. Bei der Größe des Grundstückes für ein durchschnittliches Einfamilienhaus ist gemäß diesem Schreiben zumindest eine Kernbohrung abzuteufen, größere Grundstücke benötigen mehrere in Abhängigkeit von der Größe.

In der Praxis hat sich diese Vorgehensweise zwar für Einzelbauvorhaben als tauglich erwiesen. Im Falle von größeren oder mehreren Grundstücken wurden aber oft auch andere Methoden in Kombination mit mehreren Bohrungen als zielführend angesehen.

Im nördlichen Bereich der Gemeinde Weißenbach sollten im Rahmen eines Grundzusammenlegungsverfahrens eine Vielzahl an Grundstücken hinsichtlich ihres Untergrundaufbaues bzw. der Abklärung der Frage der Bebaubarkeit untersucht werden. Hierzu wurde ein Ingenieurbüro für Geologie mit der Ausarbeitung eines Untersuchungskonzeptes sowie mit der Durchführung von

Untersuchungen beauftragt. Das methodische Konzept sah dabei unter anderem die Abteufung von mehreren Bohrungen vor.

Mehrere Bohrungen wurden bereits abgeteuft bzw. war der Bohrvorgang gerade im Gange (hierbei wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, wenngleich gipsführende Raibler Schichten in allen Bohrungen angetroffen wurden), als es im Rahmen einer Erkundungsbohrung am 20. Februar 2015 in einer Tiefe von 28 bis 31 m (unter Geländeoberkante) zu einem massiven Gasaustritt kam. Durch mehrere Anwesende wurde ein deutlicher Geruch nach Schwefelwasserstoff festgestellt. Des Weiteren hat die ebenfalls alarmierte Feuerwehr mit den ihr zur Verfügung stehenden Gerätschaften erhöhte Kohlenmonoxidwerte festgestellt.

Da durch die enormen Gasaustritte eine Gefährdung der Umwelt und auch von Personen nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde umgehend damit begonnen, durch die Landesgeologie ein geeignetes Konzept zur Abdichtung des Bohrloches auszuarbeiten bzw. ausarbeiten zu lassen. Die Abdichtung der Bohrung stellte sich – auch aufgrund des hohen Druckes, unter welchem das Gas zutage trat – als relativ anspruchsvoll heraus. Es mussten hierzu Experten der OMV aus Wien herangezogen werden.

Im Zuge der wissenschaftlichen Aufarbeitung wurde auch Ministerialrat i.R. Univ. Prof. Dr. Leopold Weber zu Rate gezogen. Des Weiteren wurde durch Univ. Prof. Reinhard F. Sachsenhofer von der Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie eine Untersuchung der gezogenen Gasprobe durchgeführt. Die diesbezüglichen Ergebnisse bzw. Erkenntnisse sind ebenfalls Gegenstand dieses Vortrages.



**Abb.2:** Übersicht über die Bohrungen im Ortsgebiet von Weißenbach im Zuge der Untergrunderkundungen. Jene Bohrung, bei der es zu einem Gasaustritt kam, befindet sich in der rechten Bildhälfte neben dem Holzstadel.

## 2. Zur Verbreitung von Gips-Anhydritvorkommen im Ostalpin (L.W)

Im Bereich der Ostalpen sind zahlreiche Gipsvorkommen bekannt, die im Wesentlichen an Abfolgen des Permoskyths, des Oberen Skyths/Anis und des Karns bzw. Keupers gebunden sind.

Bereiche, die sich durch Mineralisationen gleicher paragenetischen Inhalts und gleichen Bildungsalters auszeichnen, werden zu metallogenetischen Bezirken zusammengefasst. Die Kenntnis der Verbreitung und Ausdehnung solcher Bezirke ist unter anderem für die Rekonstruktion der Entwicklung von rohstoffrelevanten Ablagerungsräumen essentiell und bildet eine wichtige Grundlage für Prospektionskonzepte (vgl. Weber, L. ed. 1997).

*Hinweis: Die einzelnen metallogenetischen Bezirke werden derzeit gründlich überarbeitet. Die in der Folge angeführten Bezirke sind bereits Teil des in Arbeit befindlichen Interaktiven Rohstoff Informationssystems IRIS NEU, welches in völlig neuer und überarbeiteter Form im kommenden Jahr auf der Homepage der Geologischen Bundesanstalt online abrufbar sein wird*

Die bedeutenden Evaporitvorkommen des oberen Perms sind im „Evaporitbezirk Oberperm Salzkammergut (Alt-Aussee, Wienern)“ konzentriert und führen neben Gips und Anhydrit vor allem Steinsalz (Alt-Aussee, Hallstatt, Bad Ischl, Hallein). Demgegenüber sind die Evaporitvorkommen der östlichen Kalkalpen nahezu frei an Salz. Sie werden zum „Evaporitbezirk Permtrias Östliche Kalkalpen (Puchberg)“ zusammengefasst. Diese Mineralisationen reichen bis in das unterste Anis.

Im Drauzug finden sich insbesondere in den untertriadischen Abfolgen des Dobratsch zahlreiche kleine Gipsvorkommen („Evaporitbezirk Untertrias Drauzugmesozoikum“).

Auf Grund der besonderen Mineralparagenese werden die Evaporitvorkommen im Bereich von Sulzau-Werfen als eigener metallogenetischer Bezirk verstanden („Phosphat-Evaporitbezirk Tirolikum“).

Die Wasserspiegelschwankungen des Karns manifestieren sich auch in der Ausbildung von Evaporiten. In den oberostalpinen Abfolgen der Nördlichen Kalkalpen finden sich zahlreiche Gips-/Anhydritvorkommen, die zu einem „Evaporitbezirk Karn Bajuvarisches Deckensystem (Montafon-Außerfern)“ zusammengefasst werden können.

Gips-Anhydritvorkommen in karnischen Abfolgen der östlichen Kalkalpen sind demgegenüber weniger verbreitet und auf Einzelvorkommen beschränkt, sodass sie (noch) nicht zu einem eigenen Bezirk zusammengefasst wurden (Opponitz Fm, Göstling).

In den unterostalpinen Keuperabfolgen des Semmerings befindet sich eine Reihe von Gips-/Anhydritvorkommen, die in der Vergangenheit auch wirtschaftlich genutzt wurden („Evaporitbezirk Karn Semmering [Haidbachgraben]“). Die Gips-Anhydritvorkommen von Stanz (südlich des Mürztals) wurden als vermeintliche Äquivalente dieser „Semmeringgipse“ bislang dem Unterostalpin zugerechnet. Neue Erkenntnisse lassen aber vermuten, dass es sich hierbei um untertriadische Gipse handelt, die tektonisch dem oberostalpinen Silvretta-Schladming-Seckauer Deckenkomplex zuzuordnen sind.

Weitere Gipsvorkommen befinden sich in den Abfolgen des Penninikums, die aber wegen ihrer isolierten Lage nicht zu einem eigenen metallogenetischen Bezirk zusammengefasst wurden (Glanzerberg, Ködnitztal, Obladis, Putz-Ladis, Zebblasjoch).

Viele ostalpine Erzvorkommen führen auch Gips (z.B. Blei-Zinkvererzungen des Typs Bleiberg, Eisenerzvorkommen des Typs Gollrad etc.). Derartige Gipsvorkommen gehören nicht zu einem



Evaporitbezirk sensu strictu, sondern sind jeweils integraler Bestandteil des jeweiligen Vorkommens / Lagerstätte.

### 2.1 Form und Gestalt von Gips- und Anhydritvorkommen:

Die meisten Vorkommen sind durch einen Anhydritkern gekennzeichnet, der von einer Gipsschwarte umgeben wird. Die Form der Vorkommen ist zumeist unregelmäßig stockförmig und erinnert an Diapire. Von Diapirismus im eigentlichen Sinn kann aber nicht gesprochen werden. Dieser setzt voraus, dass Mineralgemenge mit geringerer Dichte als das Nebengestein entlang von Schwachstellen „luftballonartig“ hochdringen kann. Der im Vergleich zum Nebengestein ( $d = 2,4$  bis  $2,8$ ) zu geringe Dichtekontrast des Anhydrits ( $d = 2,95$ ) bzw. des Gipses ( $d = 2,31$ ) reicht für einen derartigen Auftrieb allerdings bei Weitem nicht aus. Die unregelmäßige stockförmige Gestalt der Gips-Anhydritkörper ist vielmehr auf die hohe Plastizität insbesondere von Gips und Nebengestein (zumeist Tone, Tonschiefer) zurückzuführen. Viele Gips- und Anhydritvorkommen befinden sich entlang tektonischer Bewegungsflächen, zumal Gips und toniges Nebengestein hervorragende Gleithorizonte darstellen.

### 2.2 Gips- Anhydritvorkommen als Risikozonen

Gips- und Anhydritvorkommen sind aber nicht nur wichtige Rohstoffquellen, sondern sind auf Grund ihrer Eigenschaften (Löslichkeit des Gipses, Schwellvermögen des Anhydrits, mögliche  $H_2S$ ,  $CH_4$ -Führung) auch Risikozonen.

Gips wird unter Einwirkung von Wasser rasch gelöst. So kann 1 l Wasser mehrere Gramm Sulfat lösen. Durch die Lösung des Gipses entstehen einerseits Oberflächen, die einer Mondlandschaft gleichen, wobei auf engstem Raum Morphologieunterschiede der Gipsoberfläche von mehreren Metern auftreten können. Dies kann insbesondere bei Erkundungsbohrungen zu irreführenden Ergebnissen führen, als die tatsächlichen Gipsoberflächen nur durch entsprechende Bohrdichten einigermaßen verlässlich festgestellt werden können.

Wenn Oberflächenwässer über Trennflächen in tiefere Bereiche des Gipskörpers gelangen, können sich Hohlräume bilden („Gipskarst“). Häufig brechen derartige Hohlräume ein und bilden Gipsdolenen. Die Oberflächen über derartigen Gipsvorkommen heben sich morphologisch deutlich von den nicht-mineralisierten Bereichen ab. Gips-/anhydritführender Untergrund ist gefahrengefährdet und bedarf vor einer weiteren Nutzung einer entsprechenden Vorerkundung, allenfalls Umsetzung tauglicher geotechnischer Maßnahmen (vgl. Weber, L. 2014).

Bei Wasseraufnahme neigt Anhydrit zum Schwellen. Bei der Umbildung von Anhydrit zu Gips kann das Volumen um bis zu 60% ansteigen. Eine unerwünschte „Bewässerung“ des Anhydrits kann zu Hebungen der Überlagerung führen, wie dies erst vor wenigen Jahren eindrucksvoll in Stauffen (Baden Württemberg) festgestellt werden musste, als ein Anhydritkörper durch Bohrungen in Wasserkontakt kam. Durch die Umsetzung von Anhydrit zu Gips können sogar Betonschalen von Tunnelbauwerken in Mitleidenschaft gezogen werden.

Aus Gips und Anhydrit kann unter anaeroben Bedingungen durch die Einwirkung sulfatreduzierender Bakterien hochtoxischer Schwefelwasserstoff entstehen. Insbesondere Anhydritvorkommen sind aber

auch wegen ihrer Methangasführung bekannt geworden. Die Ursache dieser Gasentstehung ist noch nicht vollständig geklärt. Das Gas tritt dabei in den Porenhohlräumen und Klüften auf. Beim Anbohren kann es zu den gefürchteten „Bläsern“ kommen, wobei Gasanteile in der Luft zwischen ca. 5 und 16% hochexplosiv sind („Schlagwetter“). Beim Vortrieb des Eisenbahntunnels durch den Bosruck erfolgte im Jahre 1905 eine heftige Schlagwetterexplosion, bei der 14 Bergleute und zwei Rettungskräfte ums Leben kamen. Die Herkunft des Methans wurde auf die Evaporitführung zurückgeführt.

Charakteristikum vieler Kohlenlagerstätten ist auch deren Methangasführung. Eine Tonne Fohnsdorfer Glanzbraunkohle enthielt beispielsweise bis zu 30 m<sup>3</sup> Methan (Weber, L. & Weiss, A. 1983)

### **3. Metallogenetische Bezirke des Außerferns (L.W.):**

Im Außerferns sind drei charakteristische metallogenetische Bezirke entwickelt.

Die zahlreichen Vorkommen von Gips und Anhydrit können zu einem „Evaporitbezirk Karn Bajuvarisches Deckensystem (Montafon-Außerferns)“ zusammengefasst werden. Derartige Evaporite entstanden in einem flachmarinen Environment.

Der „Kieserzbezirk Raibl-Gruppe (Säuling)“ ist ebenfalls an das Bavarikum gebunden und stellt ein wichtiges Bindeglied zu den kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen des Karns dar (marines Environment).

Die Vorkommen von Steinkohle sind sowohl auf das tirolische als auch das bajuvarische Deckensystem verteilt („Steinkohlenbezirk Raibler Schichten“) und sind terrestrischer Entstehung.

Auch wenn keine exakte synchrone Übereinstimmung besteht, können zumindest im Karn der östlichen Kalkalpen aus der Verteilung der zahlreichen Evaporitvorkommen, der Blei-Zinkvorkommen sowie der Glanzbraun- bzw. Steinkohlenvorkommen die einzelnen Faziesräume besser abgegrenzt werden.

### **4. Potentielle Methanquellen (L.W.)**

Da im Außerferns sowohl Evaporite als auch Steinkohlen potentielle Quellen von Methan darstellen, soll in kurzer Form auf die Charakteristika der beiden metallogenetischen Bezirke eingegangen werden:

*Evaporitbezirk Karn des Bajuvarischen Deckensystems (Montafon-Außerferns):*

Die Gips-Anhydritvorkommen des Montafons (Vorarlberg) treten innerhalb des Hangendbereichs der Raibler Schichten auf. Sie können zeitlich in das höhere Karn (Tuval) eingestuft werden. Nach einer terrigenen Sedimentation (tonige Siltsteine, Sandsteine) kam es zu einer Meeresspiegelabsenkung, in deren Gefolge eine regressive Karbonat-Evaporitfolge aufgebaut wurde. Die hohe Mobilität der Gipse innerhalb dolomitischer Gesteine brachte es mit sich, dass oft mehrere Meter mächtige Dolomit- und Rauhbackenlagen zerbrachen und schließlich als kompetente Boudins im Gips schwimmen. Liegend- und Hangendgrenze der Evaporitkörper sind zumeist tektonisch. Auch das ursprüngliche Gipslagengefüge ist durch die starke tektonische Durchbewegung weitgehend zerstört.

Die Evaporitlagerstätten verteilen sich nach Angerer, H. et al. (1980) auf mehrere tektonisch voneinander getrennte Schuppen. Die Evaporitfolge ist im Streichen über 10 km zu verfolgen. Die Mächtigkeit der gips-anhydritführenden Abfolgen kann bis zu 400 m erreichen. Von den zahlreichen Vorkommen wurde jene von St. Anton/Montafon und Dalaas bis in die jüngere Vergangenheit wirtschaftlich genutzt.

In den Karnabfolgen des Außerferns liegt eine Reihe von linsenförmigen Gipsvorkommen, die sich an der Geländeoberfläche durch eine ausgeprägte Gipspingenlandschaft bemerkbar machen.

In stratigraphischer Sicht entsprechen die Außerferner Gipse jenen des Montafons. Auch diese Evaporite liegen in einer Abfolge von Dolomit und Rauhwacke.

In den Gipsvorkommen im W-Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen bildet Gips stark verfaltete Körper, die im cm-Bereich eine charakteristische, vermutlich primäre Bänderung aufweisen. Diese wird durch Tonminerale und Dolomit verursacht. Der farbliche Gesamtcharakter des Gipses ist graubraun. Auffallend sind in vielen Vorkommen zur Bänderung diskordant verlaufende Klüfte und Gängchen, die von schneeweißem Gips gebildet werden. Aus den Ortsbildern ist auf kleinräumige Mobilisation zu schließen.

Der „*Steinkohlenbezirk Nordalpine Raibl Gruppe*“ liegt sowohl im Tirolischen als auch Bajuvarischen Deckensystem.

In den Nordtiroler Kalkalpen sind mit den Lunzer Kohlen vergleichbare Kohlenvorkommen im tieferen Karn bekannt, die in der Literatur jedoch als „Raibler Kohlen“ bezeichnet werden (Schulz, O., in Weber, L. ed.: 1997)

Die Kohlenvorkommen um Reutte werden nach Jerz, H. (1966) (in Schulz, O. et al., 1991) einer Nordfazies, das Vorkommen um Nassereith einer Südfazies zugeordnet.

Die Kohlenvorkommen werden stratigraphisch in die mächtige untere Schiefer-ton-Serie eingestuft. Nach Jerz sind relative Kohlenanreicherungen mit teilweiser Flözentwicklung häufig in nördlichen und südlichen Randgebieten des Ablagerungsraumes zu finden. Auf Grund der geringen Mächtigkeit der Flözchen und des Auftretens von Pflanzenhäcksel wird keine Moorbildung, vielmehr eine Anreicherung durch Umlagerung detritärer organischer Substanz angenommen.

Während die Kohlenvorkommen im Umfeld von Reutte in der Lechtaldecke gelegen sind, befindet sich lediglich das Vorkommen von Nassereith in der Inntaldecke nahe der Deckengrenze. Bemerkenswert ist dabei auch der geringere Inkohlungsgrad der Nassereither Kohle.

Der „*Kieserzbezirk Raibl-Gruppe (Säuling)*“ scheidet als potentielle Methanquelle grundsätzlich aus.

## **5. Zur Geochemie des Gases (R.F.S. + L.P)**

Da für die weitere Vorgangsweise hinsichtlich Abdichtung die Kenntnis der Zusammensetzung des austretenden Gases zur Gefährdungsabschätzung eine unabdingbare Voraussetzung darstellt, wurde eine Gasprobe gezogen und am Lehrstuhl Erdölgeologie an der Montanuniversität Leoben untersucht. Neben der molekularen Zusammensetzung des Gases ist vor allem für das genetische Verständnis dessen Isotopie von besonderer Bedeutung.

### 5.1 Probenbeschreibung und Methodik

Die entnommene Gasprobe wurde in einer handelsüblichen Laborflasche übermittelt. Die Flasche wurde kopfüber unter salzgesättigtem Wasser geöffnet. Unter Laborbedingungen herrschte in der Flasche noch ein entsprechender Überdruck, woraus geschlossen werden kann, dass beim Transport keine Kontamination durch eindringende Umluft auftrat. Die Gasprobe selbst wurde mittels eines luftdichten Spritzensystems entnommen und den jeweiligen Messgeräten zugeführt.

Die molekulare Zusammensetzung wurde mittels eines für Gas spezifizierten Gaschromatographen von ThermoFisher ermittelt. Das mit drei Messkanälen ausgestattete Gerät trennt die Kohlenwasserstoffe an einer 30 m Rtx-Alumina Kapillarsäule ab und detektiert diese mittels eines FID (Flammenionisationsdetektor). Die Trennung der Permanentgase Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid erfolgte mittels zweier gepackter Säulen, deren Messung erfolgte durch einen TCD Detektor. Die Schwefelverbindungen wurden nach Abtrennung an einer gepackten Rtx-Säule über einen FPD Detektor gemessen. Als Trägergas wurde jeweils Helium verwendet.

Die Messung der stabilen Isotope erfolgte mittels eines an einen Gaschromatographen gekoppelten Isotopen-Massenspektrometers (IRMS Delta V, ThermoFisher) in Verbindung mit einem Verbrennungs-Ofen. Für die Kalibrierung wurde ein Eichgas mit bekannter Isotopenzusammensetzung verwendet.

## 5.2 Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt die molekulare Zusammensetzung der Gasprobe. Wie daraus ersichtlich, besteht die Gasprobe zum Großteil aus Kohlenwasserstoffen, wobei besonders anzumerken ist, dass neben Methan auch die höheren Homologe in entsprechenden Gehalten vorkommen. Die Permanentgase Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid sind nur untergeordnet vertreten, wobei aufgrund des Sauerstoffs eine geringfügige Kontamination durch Luft nicht zur Gänze ausgeschlossen werden kann. Das in der Einleitung erwähnte Kohlenmonoxid sowie Schwefelwasserstoff konnten in der Probe nicht nachgewiesen werden.

Die Kohlenstoff-Isotopen-Verhältnisse von Methan bis einschließlich Butan sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Daten zeigen, dass die Gasprobe als isotopisch schwer zu klassifizieren ist.

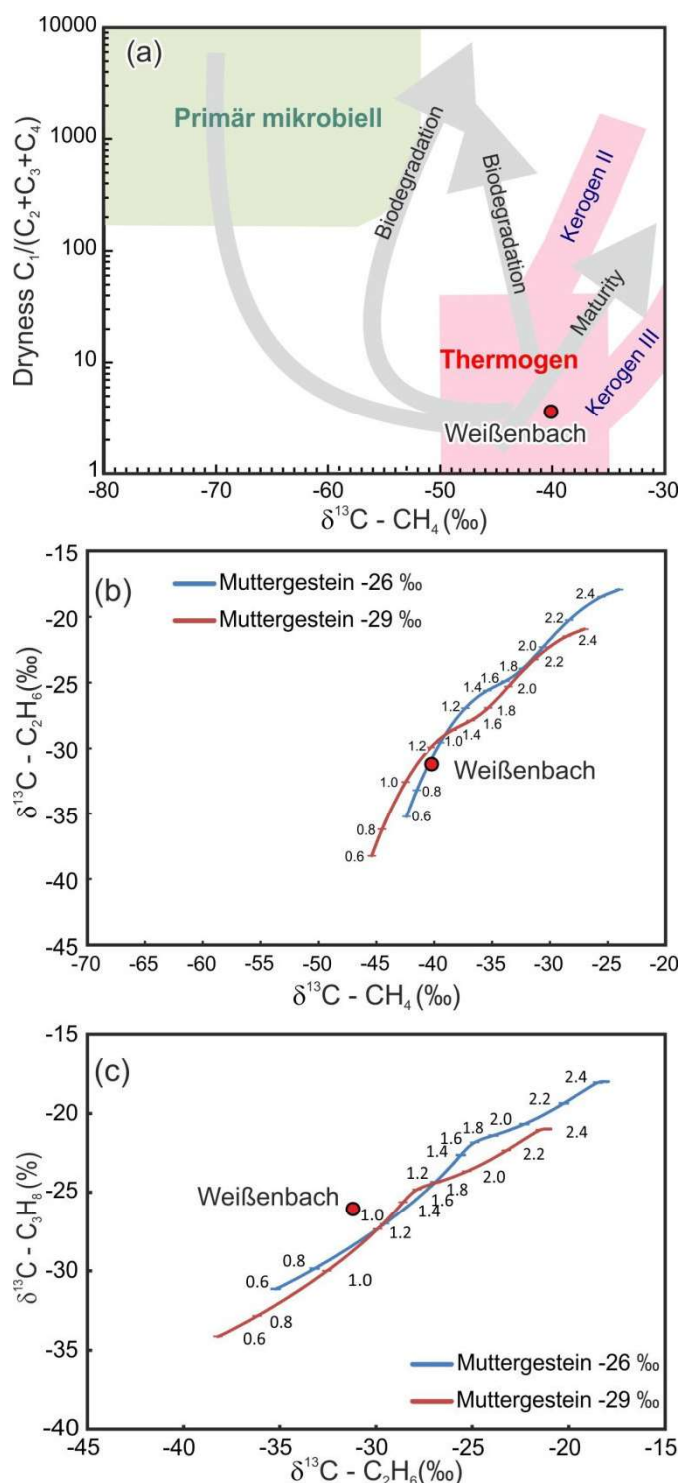
**Tabelle 1:** Molekulare Zusammensetzung der untersuchten Gasprobe [vol%]

CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<i>i</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<i>n</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<i>i</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	<i>n</i> -C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	<i>n</i> -C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> +Ar
68.77	13.44	7.00	1.28	1.64	0.44	0.40	0.08	0.10	5.78	0.92

**Tabelle 2:** Stabile Isotope ( $\delta^{13}C$ ) der untersuchten Kohlenwasserstoffe [‰ V-PDB]

	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<i>i</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	<i>n</i> -C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
	-40.2	-31.2	-26	-23.3	-23.9
Std.Abw. (n=8)	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1

### 5.3 Diskussion



- Entstehung der Gasprobe (mikrobiell versus thermisch)

Von genetischem Interesse ist vor allem, dass isotopisch schweres Methan und bezogen auf Methan höhere Gehalte an höheren Kohlenwasserstoffen ( $C_{2+}$ ) gemessen werden konnten. Dies belegt, dass thermisch gebildetes Gas vorliegt (Abb. 3a). Ein zusätzliches Argument für eine thermische Entstehung liefern auch die nicht quantifizierbaren Spuren an  $C_5$  und  $C_6$  Isomeren.

Das Verhältnis von i-C4 zu n-C4 erhöht sich mit steigender Biodegradation. Das beobachtete Verhältnis ( $\sim 0.8$ ) ist typisch für Gase mit keiner (oder nur geringfügiger) Biodegradation (z.B. Larter, S. & di Primio, R. 2005).

- Reife des Muttergesteins

Die Kohlenstoff-Isotopendaten von Methan, Ethan und Propan können benutzt werden um die Reife des Gas-Muttergesteines abzuschätzen, wenn die Isotopie des Ausgangs-Kerogens bekannt ist (Berner, U. & Faber, E 1996). Letztere ist im vorliegenden Fall nicht bekannt. Unter Verwendung von durchschnittlichen Werten, ergibt sich aber, dass das Muttergestein eine Reife aufweist, die dem Ölfenster entspricht (ca. 0.8 bis 1.2 %Rr) (Abb. 3b,c).

**Abb. 3:** Genetische Klassifizierung des Gases von Weißenbach basierend auf (a) einem Diagramm von Bernard, B.B. et al., (1976), sowie (b)  $\delta^{13}C$  von Methan und Ethan und (c)  $\delta^{13}C$  von Ethan und Propan (modifiziert nach Berner, U. & Faber, E. 1996).



- Spekulationen bezüglich des Muttergesteins

Gas, das in einem kohligen Muttergestein generiert wurde, wird meist durch schwere  $\delta^{13}\text{C}$  Werte ( $> -35\text{‰}$ ) charakterisiert. Es ist daher im vorliegenden Fall eher nicht von einem terrestrischen, sondern von einem marinen Muttergestein auszugehen. Mögliche Kandidaten können sowohl im autochthonen Untergrund der alpinen Decken, als auch im Deckenstapel selbst vorliegen.

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass Gase in der bayrischen Westmolasse (W München) ähnliche Methanisotopendaten aufweisen, wie der Gasfund bei Reutte, wobei dies sowohl für Gase in mesozoischen als auch känozoischen Speichergesteinen gilt (Schoell, M. 1984). Wir spekulieren daher, dass das seichte Gas bei Weißenbach in autochthonen mesozoischen (Jura?) oder känozoischen (Schöneck Fm.?) Schichten gebildet worden sein könnte. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die autochthonen Einheiten im Bereich Reutte nicht eine Reife über 1.2 %Rr aufweisen und damit als potentiell Muttergestein zu tief versenkt sind. Tatsächlich wurde von Faber, E. et al. (1995) eine Herkunft der Gasspuren in der Bohrung Hindelang 1 (ca. 20 km WNW Weißenbach) aus größerer Tiefe postuliert. Hier ist die Gasreife allerdings auch deutlich höher.

Petschick, E. (1989) untersuchte die thermische Reife der westlichen Kalkalpen. Im Bereich Reutte stellte er einen markanten Inkohlungssprung zwischen der Lechtal und der Allgäu Decke fest, wobei in beiden Decken in triassischen Gesteinen eine Reife von ca. 1.0%Rr erreicht wird. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um mögliche triassische Muttergesteine (inkl. Raibl Fm.) zu charakterisieren.

- Bemerkungen zu  $\text{H}_2\text{S}$

Die Vergesellschaftung von Kohlenwasserstoffen mit gelöstem Sulfat ist thermodynamisch instabil. Es kommt daher zu Redox-Reaktionen, wobei Sulfat durch die Kohlenwasserstoffe entweder bakteriell (bakterielle Sulfatreduktion; BSR) oder anorganisch (thermochemische Sulfatreduktion; TSR) reduziert wird (Machel, H.G. 2001). Dabei entsteht in beiden Fällen  $\text{H}_2\text{S}$ . BSR tritt bis Temperaturen von ca. 80°C auf, TSR setzt bei Temperaturen über 100-140°C ein. Das Auftreten von leichtem Geruch nach Schwefelwasserstoff ist daher verständlich. Erstaunlich ist eher das offensichtlich geringe Ausmaß der eingetretenen Sulfatreduktion.

### **Schlussfolgerungen (R.F.S. + L.P)**

Seichtes Erdgas wurde bei geotechnischen Bohrungen in Weißenbach nahe Reutte unterhalb einer Gipsabfolge angetroffen. Die molekulare und isotopische Zusammensetzung weist eindeutig auf eine thermische Entstehung des Gases hin. Vermutlich wurde das Gas bei einer Reife, die dem Ölfenster entspricht (0.8 – 1.2%Rr) gebildet. Sowohl eine Entstehung im Autochthon unterhalb der alpinen Decken (und vertikale Migration entlang von großen Störungszonen), als auch eine Entstehung innerhalb der alpinen Decken scheint möglich. Der sehr geringe Anteil an Schwefelwasserstoff zeigt, dass trotz der Nähe zu den abdichtenden Gipsen, bakterielle Sulfatreduktion nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

### **Konsequenzen aus geotechnischer Sicht (T.F)**

Von Seiten der Landesgeologie wurde dem Umstand des Gasaustrittes insofern Rechnung getragen, als dass nunmehr den zuständigen Behörde empfohlen wird, bei sämtlichen Bohrungen in potentiell gipsführenden Gesteinen eine Reihe von Nebenbestimmungen vorzuschreiben. Dies beinhaltet neben der Vorschreibung einer geologischen Bauaufsicht unter anderem den Einsatz eines kalibrierten Gaswarngerätes, welches zumindest die nichtatembaren oder explosiven Gase (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S) detektieren kann. Des Weiteren ist das Bohrgerät mit einem Gaspräventer mit Absperrvorrichtung auszustatten. Es wurde für den Fall, dass es trotz absperrbarem Präventers zu weiteren Gasaustritten kommen sollte, zusätzliche Anweisungen vorgegeben.

### **Literatur**

- Angerer, H., Haditsch, J.G. et al. (1980): Ein Beitrag zur Kenntnis der Gipslagerstätten des Montafons (Vorarlberg). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **9**, 263–320, Innsbruck
- Bernard, B.B., Brooks, J.M., Sackett, W.M., 1978. Light hydrocarbons in recent Texas continental shelf and slope sediments: *Journal of Geophysical Research*, v. 83, p. 4053-4061.
- Berner, U., Faber, E., 1996, Empirical carbon isotope/maturity relationships for gases from algal kerogens and terrigenous organic matter, based on dry, open-system pyrolysis: *Organic Geochemistry* 24, S. 947-955.
- Faber, E., Gerling, P., Stahl, W., 1995. Kohlenstoff- und Wasserstoff-Isotopenzusammensetzung der gasförmigen Kohlenwasserstoffe der Bohrung Hindelang 1 (Allgäuer Alpen), *Geologica Bavarica* 100, S. 199-218.
- Jerz, H. (1966): Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen).- *Geologica Bavarica*, 56, 1-102, München.
- Larter, S., di Primio, R., 2005. Effects of biodegradation on oil and gas field PVT properties and the origin of oil rimmed gas accumulations. *Org. Geochemistry* 36, S. 299–310.
- Machel, H.G., 2001. Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic setting – old and new insights. *Sedimentary Geology* 140, S. 143-175.
- Petschick, R., 1989. Zur Wärmegeschichte im Kalkalpin Bayerns und Nordtirols (Inkohlung und Illit-Kristallinität). *Frankfurter geowiss. Arb., Serie C*, Bd. 10, S. 1-259.
- Schoell, M., 1984. Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope in organischen Substanzen, Erdölen und Erdgasen. *Geol. Jb. Reihe D* 67, S. 3–161.
- Schulz, O. & Fuchs, H.W. (1991): Kohle in Tirol: Eine historische, kohlenpetrologische und lagerstättenkundliche Betrachtung. – *Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **13**, 123–213, Wien.
- Schulz, O. (1997): Kieserzbezirk Außerfern (Reutte) in: WEBER, L. ed. 1997, S. 359.

Weber, L. & Weiss, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der Österreichischen Braunkohlenvorkommen.- Arch. f. Lagerst. forschg. Geol. B.-A., **4**, 317 S., Wien.

Weber, L. ed. (1997): Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs.- Erläuterungen zur Metallogenetischen Karte von Österreich 1:500.000.- Arch. f. Lagerst. forschg. Geol. B.-A., **19**, 607 S., Wien.

Weber, L. (2014): Gipsbergbau im Siedlungsgebiet- Erkennen und Beherrschen der Risiken

**Anschrift der Autoren:**

*(T.F.): T. Figl, Amt der Tiroler Landesregierung / Fachbereich Landesgeologie*

*(L.W.): L. Weber, Gentsgasse 129/2/45 1180 Wien*

*(R.F.S. + L.P.): R.F. Sachsenhofer, L. Pytlak, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Erdölgeologie, Peter-Tunner Str. 5, 8700 Leoben*