

# Die CO<sub>2</sub>-reichen Mineralquellen von Scuol-Tarasp (Unterengadin, Kt. GR)

Autor(en): **Bissig, Pius**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **9 (2004)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-224995>

## **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.

## Die CO<sub>2</sub>-reichen Mineralquellen von Scuol-Tarasp (Unterengadin, Kt. GR) Pius Bissig<sup>1</sup>

**Stichwörter:** Grundwasser, Mineralquellen, CO<sub>2</sub>, Bündnerschiefer, Scuol-Tarasp

### Abstract

The carbogaseous springs of Scuol-Tarasp in the Lower Engadine Valley are characterised by high CO<sub>2</sub> concentrations and a generally high mineralisation. The mineral water contains CO<sub>2</sub> fixed as carbonic acid and hydrogencarbonate, and also as solved free species. The carbogaseous springs show low temperatures, even below 10°C for high mineralized springs. Discharge rates of these springs are also low with values of less than 10 l/min.

Hydrochemistry of the mineral springs varies significantly due to different origins and flow paths of groundwater. The highest mineralized waters are of sodium-hydrogencarbonate-chloride-type and are considered as deep waters, upstreaming within the fractured aquifer of the Bündnerschiefer formation.

At the northern slope around Scuol, springs of intermediate mineralisation and higher discharge rates occur. They form the group of calcium-hydrogencarbonate-watertype springs. At many springs, more than 2'000 mg/l of free CO<sub>2</sub> are measured. These carbogaseous springs belong to a relatively shallow groundwater circulation system within the Bündnerschiefer formation north of the river Inn. Residence time of this shallow groundwater is less than 5 years. For certain springs mixing with meteoric fresh water has been shown.

### Zusammenfassung

Die Mineralquellen von Scuol-Tarasp zeichnen sich durch ihren Gehalt an CO<sub>2</sub> und durch ihre hohe Mineralisation aus. Das Mineralwasser enthält sowohl gebundenes CO<sub>2</sub> in Form von Kohlensäure und Hydrogenkarbonat, wie auch freies CO<sub>2</sub>. Die Quellen wurden deshalb auch als Säuerlinge bezeichnet. Bei den Mineralquellen handelt es sich trotz ihrer hohen Mineralisation nicht um Thermalquellen, sondern um kalte Quellen: Die Wassertemperaturen der höchst mineralisierten Quellen liegen unter 10°C. Diese weisen auch nur geringe Schüttungen von weniger als 10 l/min auf.

Die Hydrochemie der Mineralquellen ist aufgrund der unterschiedlichen Entstehung und Fliesswege des Grundwassers sehr unterschiedlich. Die höchst mineralisierten Quellen entsprechen einem Natrium-Hydrogenkarbonat-Chlorid-Typ und werden als Tiefenwasser interpretiert, welches im Kluft-Grundwasserleiter der Bündnerschiefer aufströmt.

Am Hang von Scuol treten mässig stark mineralisierte Quellen auf, welche meist höhere Schüttungen als die oben genannten Mineralquellen aufweisen. Es sind dies Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer mit teilweise hohen Gehalten an freiem CO<sub>2</sub> von über 2'000 mg/l. Diese Quellen gehören zum untierten Grundwasser-Zirkulationssystem in den Bündnerschiefern nördlich des Inn. Die Verweilzeiten dieser Wässer liegen unter 5 Jahren; bei gewissen Quellen wurden auch Mischungen mit meteorischem «Frischwasser» nachgewiesen.

<sup>1</sup> Dr. Heinrich Jäckli AG, Albulastrasse, Zürich

# 1. Einleitung

## 1.1 Grundlagen

Der vorliegende Beitrag basiert auf den hydrogeologischen Untersuchungen der Mineralquellen von Scuol-Tarasp, welche der Autor im Rahmen einer Nachdiplomarbeit am Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel durchgeführt hat (Bissig 1997). In dieser Arbeit wurden 34 Quellen untersucht. Bei 29 Messstellen wurden Wasserproben entnommen und chemisch analysiert. Es wurden weitere hydrogeologische Feldmethoden angewandt, u.a. auch eine Bestimmung der relevanten Kluftsysteme und der Kluftdichte. In einer früheren Dissertation (Wexsteen 1988) waren einzelne Mineralquellen bereits geochemisch untersucht worden, wobei auch Isotopenmessungen ausgeführt wurden. Neuere Untersuchungen erfolgten im Jahre 2003 mit dem Ziel, die Herkunft und Verteilung von CO<sub>2</sub> im Untergrund zu klären (Mayoraz 2004).

## 1.2 Lage und hydrogeologische Übersicht

Das Untersuchungsgebiet der CO<sub>2</sub>-reichen Mineralquellen liegt im Unterengadin und umfasst die Gemeinden Scuol, Tarasp und Ftan (vgl. Fig. 1 und 2). Die meisten der beobachteten Mineralquellen treten am Inn und am Hang von Scuol aus. Die Austritte befinden sich auf einer Höhe zwischen 1165 m und 1350 m ü.M.

Im Unterengadin treten die penninischen Decken in einem tektonischen Fenster zu Tage. Die südliche Begrenzung dieses Fensters wird durch die Engadiner Linie gebildet. An dieser Störungslinie wurde gemäss Schmid (1993) das Gebiet der penninischen Decken relativ zu den südöstlich gelegenen ostalpinen Decken um ungefähr 6 km gehoben. Der Erosionseinschnitt des Inn verläuft im Untersuchungsgebiet nördlich der Engadiner Linie. Dort sind die nordpenninischen Bündnerschiefer aufgeschlossen, eine mehrere Kilometer mächtige Gesteinsabfolge

aus leicht metamorphen, pelagischen Sedimentgesteinen, bestehend aus Kalkschiefern, Kalksandsteinen und Tonschiefern.

Die Abfolge der Bündnerschiefer führt Grundwasser entlang von Kluftsystemen und kann als heterogener Kluft-Grundwasserleiter beschrieben werden. Am Hang südlich des Inn treten über den Bündnerschiefern schlecht durchlässige Gesteine wie Serpentine, Quarzite und Gneise auf, welche einen Grundwasserstauer bilden (Roz-Champatsch Zone, Zone von Ramosch und Tasna-Decke). Darüber befinden sich die vorwiegend kalkig-dolomitischen Sedimentgesteine des Ostalpins (Unterengadiner Dolomiten), die eine Karstwasserzirkulation aufweisen.

## 2. Historisches, Nutzung der Quellen

Schon früher waren die kohlenstoffreichen Mineralquellen der Region Scuol-Tarasp für ihre aussergewöhnlichen Eigenschaften bekannt. Vermutlich kannte sie bereits der in der Nähe der Quellvorkommen siedelnde prähistorische Mensch. Nach einer Sage wurden die «Salzwasserquellen» durch Hirten von Tarasp entdeckt, die beim Durstlöschen auf den sonderbaren Geschmack des Wassers aufmerksam wurden. Bereits seit dem 16. Jahrhundert wurden die Quellen von verschiedenen berühmten Naturforschern und Ärzten untersucht. Die Trinkhalle oder Büvetta Tarasp wurde 1876 am rechten Innufer erbaut. Hangseits dieses Gebäudes erfolgten im Jahre 1899 die noch heute bestehenden Fassungen der Lucius- und Emerita-Quellen (Stecher 1990). Nach einer ersten Blütezeit des Kurbetriebes wurden anfangs der 30er-Jahre beim Kurhaus Tarasp zwei Bohrungen abgeteuft, um zusätzliches Mineralwasser zu gewinnen. Ganz unerwartet zeigten diese periodische Gas- und Wasserausbrüche wie Geysire.

Die Mineralquellen von Scuol-Tarasp werden heute unterschiedlich genutzt. Die meisten Quellen sind gefasst, werden allerdings nicht für die Trinkwasserversorgung ge-

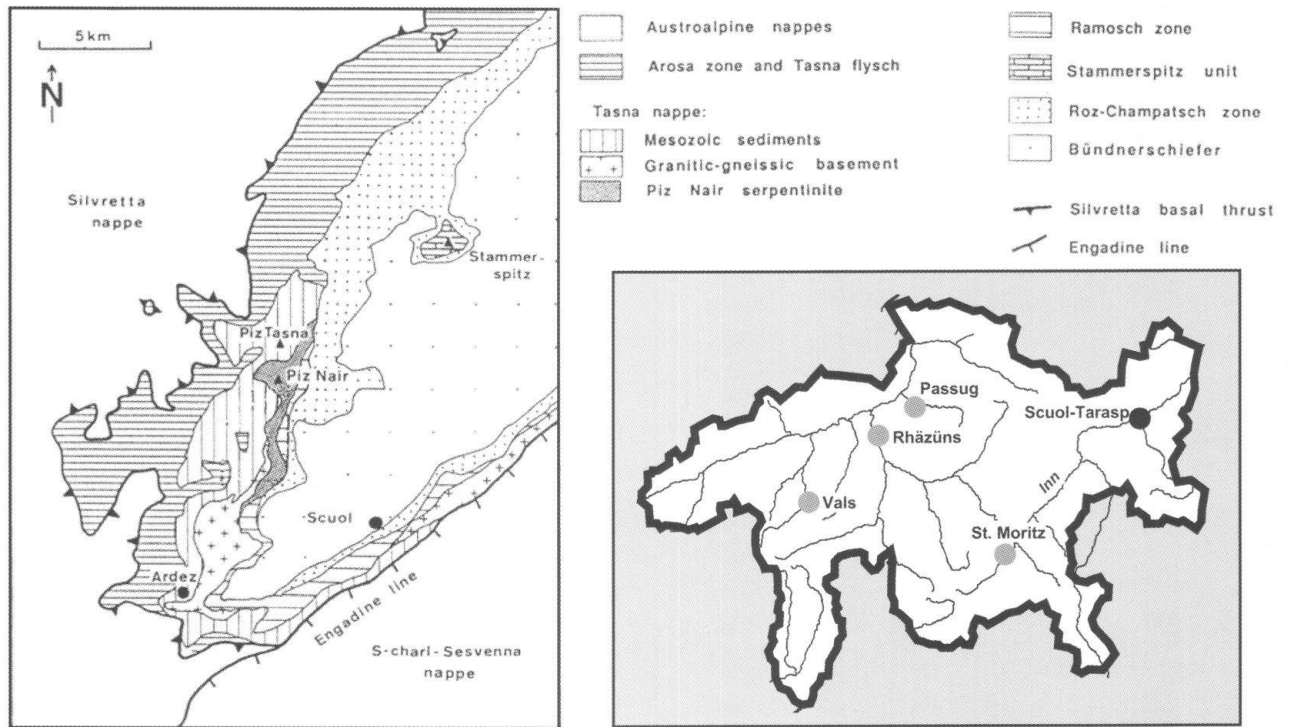


Fig. 1: Links: Tektonische Übersicht des Unterengadins in der Gegend von Scuol (aus Florineth & Froitheim 1994). Rechts: Geografische Übersichtskarte des Kantons Graubünden.

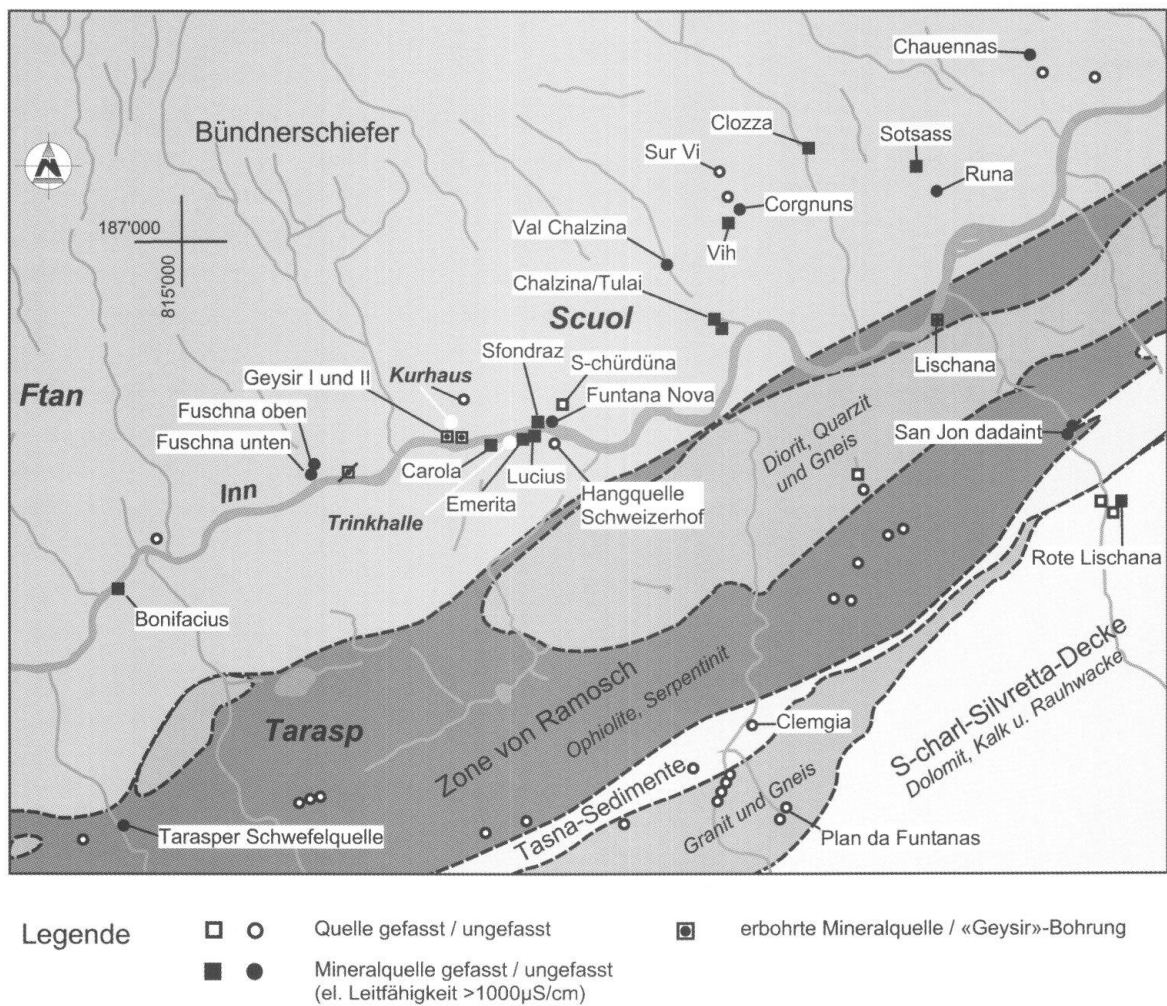


Fig. 2: Übersichtskarte der Region Scuol-Tarasp mit den massgebenden tektonischen Einheiten sowie den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Mineralquellen (ca. 1:50'000).

nutzt. Diese bezieht ihr Wasser von schwach mineralisierten Quellen des Gebietes Motta Naluns oberhalb des Untersuchungsgebietes, sowie von einigen Quellen der südlichen Talseite. Bei den meisten Mineralquellen kann das Wasser direkt bei der Fassung ab Hahnen degustiert und abgefüllt werden. Zudem werden einige der CO<sub>2</sub>-reichen Mineralwässer den fünf Dorfbrunnen von Scuol zugeführt.

Das römisch-irische Bad von Scuol (Bogn Engiadina) bezieht sein Wasser von den vier Mineralquellen Clozza, Sotsass, Vih und Chalzina/Tulai, welche sich am Hang von Scuol befinden. Es sind dies Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer mittlerer Mineralisation. Die stark mineralisierten und CO<sub>2</sub>-reichen Quellwässer am Inn werden im Gegensatz zu früher kaum mehr für Bäder oder medizinische Zwecke genutzt. Sie können in der Trinkhalle Tarasp und in der Trinkhalle des Bogn Engiadina degustiert werden.

### 3. Auftreten der Quellen, Wassertypen

Im Gebiet Scuol-Tarasp treten über 20 Mineralquellen auf, dazu kommen noch einige wenig mineralisierte Quellen (vgl. Fig. 2 und Tab. 1). Beinahe jede der Mineralquellen besitzt bezüglich Wasserchemie und chemisch-physikalischer Parameter ihre eigene Charakteristik. Aufgrund von Ähnlichkeiten in der Wasserchemie können die Quellen in sechs Quellgruppen eingeteilt werden (vgl. Tab. 1). Die Quellen einer Gruppe entspringen meist der selben Gesteinsformation und weisen einen ähnlichen Wassertyp auf.

#### Typ Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, Quellgruppe 1

Im Gebiet der Bündnerschiefer entspringen die bekannten kohlen säurereichen Mineralquellen. Bei den Mineralquellen der Inn-schlucht beim Kurhaus Tarasp handelt es sich um die mineralreichsten Quellen der Schweiz. Die Lucius-Quelle erreicht mit

einem Höchstwert von 17 g/l sogar die Hälfte des Mineralgehalts von Meerwasser. Die Quellen Lucius, Emerita und Sfondraz gehören zum Na-HCO<sub>3</sub>-Cl-Typ. Neben den Hauptbestandteilen treten untergeordnet Calcium, Magnesium und Sulfat auf. Daneben enthalten sie auch Schwefelwasserstoff, beträchtliche Gehalte an Borsäure und verschiedene Spurenelemente. Die Quellen führen hohe Gehalte an natürlicher Kohlensäure, resp. CO<sub>2</sub>.

Das Wasser dieser Quellen zirkuliert über einige Jahrzehnte im Untergrund; es kann deshalb von Tiefenwasser gesprochen werden (vgl. Kap. 5).

#### Typ Ca-HCO<sub>3</sub>, Quellgruppe 3

Diese Quellen am Talhang von Scuol besitzen eine geringe bis mittlere Mineralisation unter 3'000 mg/l und zeigen eine wesentlich einfachere chemische Zusammensetzung als die oben beschriebenen. Es sind Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer, welche die grosse Gruppe des Ca-HCO<sub>3</sub>-Typs bilden (siehe Tab. 1). Wie das Tiefenwasser, enthalten auch sie z.T. beträchtliche Gehalte an CO<sub>2</sub>. Ihre Verweilzeit im Untergrund ist hingegen wesentlich kürzer. Bekannteste Vertreter dieser Gruppe sind die Quellen Chalzina/Tulai, Vih, Clozza und Sotsass. Einige dieser Quellen zeigen erhöhte Gehalte an Kieselsäure und Eisen, wie z.B. die Vih-Quelle und die kleine Quelle im Val Chalzina.

#### Typ Mischwasser, Quellgruppe 2

Diese stark mineralisierten Quellen weisen Mineralisationen zwischen 1'000 und 5'700 mg/l auf und zeigen eine chemische Zusammensetzung, welche zwischen dem Tiefenwasser-Typ und den Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässern liegt. Dies trifft besonders auf die Bonifacius- und die Fuschna-Quelle zu, in gewisser Masse auch auf die Carola-Quelle. Diese Quellen befinden sich in der Inn-Schlucht, in der Nähe der höchstmineralisierten Quellen der Gruppe 1. Es zeigt sich,

**Tab. 1:** Übersicht über die hydrochemischen und chemisch-physikalischen Eigenschaften der Quellen  
 [\* = mehrjährige Messungen].

<b>Gruppe</b> <i>Charakteristik</i>	<b>Wassertyp</b>	<b>Quelle/Bohrung</b>	<b>Mineralisation</b> <i>[mg/l]</i>	<b>Schüttung</b> <i>Temperatur</i>	<b>Besonderes</b>
<b>1) Mineralquellen/ Bohrungen am Inn</b>  sehr hohe Mineralisation, CO <sub>2</sub> -haltig	Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	Lucius Emerita	16'100–17'700 15'500–16'300	3–6 l/min, 4–7°C* 1–4 l/min, 3–7 °C*	
	Na-Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl	Sfondraz Geysir I	8'300–9'300 ca. 7'600	2–6 l/min, 7–9 °C* keine Schüttung, 7–9°C*	Bohrung/Schacht
	Na-HCO <sub>3</sub>	Geysir II	ca. 4'300	keine Schüttung, ca. 8°C	Bohrung
<b>2) Mineralquellen am Inn; Teil West</b>  hohe Mineralisation, CO <sub>2</sub> -haltig	Ca-Na-HCO <sub>3</sub>	Bonifacius	5'600–5'700	3–10 l/min, 5–7°C*	
	Ca-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Carola	1'300–2'900	nicht messbar, 5–8°C*	
	Ca-HCO <sub>3</sub>	Fuschna oben Fuschna unten	ca. 2'500 4'000–4'400	ca. 0.5 l/min 1–2 l/min, 6–9°C*	
<b>3) Quellen am Hang von Scuol</b>  geringe bis mittlere Mineralisation, CO <sub>2</sub> -haltig	Ca-HCO <sub>3</sub> >15 mval % Mg	Chalzina, Tulai Sur Vi	700–1'100	ca. 65 / 50 l/min Sur Vi ca. 2 l/min	Sur Vi führt kein CO <sub>2</sub>
	Ca-HCO <sub>3</sub> <15 mval % Mg	Vih, Corgnuns, Clozza, Sotsass, Chauennas	1'300–2'500	Gruppe 10–100 l/min Sotsass, Vih: 8–11°C*	
		Val Chalzina, Runa	1'300–3'100	Gruppe < 10 l/min	
<b>4) Quellen am Hang von Scuol</b>  geringe Mineralisation	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Kurhaus	ca. 500	ca. 20 l/min	
	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	S-chürdüna	ca. 800	ca. 30–40 l/min	führt wenig CO <sub>2</sub>
<b>5) Quellen am Hang von Tarasp</b>  geringe bis mittlere Mineralisation	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Hangquelle Schweizerhof	ca. 530	ca. 15 l/min	
	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Clemgia Plan da Funtanas	ca. 630 ca. 250	ca. 12 l/min ca. 900–1'000 l/min	Karstquelle
	Ca-Mg-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub>	Rote Lischana San Jon	ca. 1'000 ca. 2'000	ca. 100 l/min ca. 4–8 l/min	
<b>6) Spezielle Wassertypen</b>	Na-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>	Lischana	7'800–9'300	nicht messbar, 5–9°C*	Fassung durch Bohrung mit Pumpe
	Ca-Na-CO <sub>3</sub> -Cl-SO <sub>4</sub>	Tarasper Schwefelquelle	ca. 300	ca. 6 l/min	pH 11–12

dass in den Quellen nicht nur untief zirkulierendes Grundwasser, sondern auch ein Anteil an Tiefenwasser aufströmt. Es handelt sich beim Quellwasser also um eine Mischung der beiden unterschiedlichen Wassertypen. Je nach Anteil des einen oder anderen Wassertyps ergeben sich die verschiedenen chemischen Zusammensetzungen (vgl. Tab. 1 und Kap. 5).

Typ Ca-(Mg)-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, Quellgruppen 4 und 5

Im Untersuchungsgebiet wurden auch einige Quellen mit eher geringer Mineralisation und relativ erhöhtem Magnesium- und Sulfatgehalt beobachtet. Diese Quellgruppe tritt vorwiegend an Hanglagen in der Nähe der Innschlucht auf, und weist auf einen Zufluss von oberflächlichem Wasser hin (Ca-(Mg)-HCO<sub>3</sub>-(SO<sub>4</sub>)-Typ, vgl. Tabelle 1). Weiter

re gering mineralisierte Quellen befinden sich am Talhang von Tarasp, wobei einige dieser Quellen Karstquellen sind (Gruppe 5). Die Rote Lischana-Quelle und die Funtana San Jon im Val Lischana führen sulfathaltiges Wasser und fallen mit ihren imposanten Ausscheidungen von rotbraunen Quelltuffen auf (vgl. Fig. 3).

Spezielle Wassertypen, Quellgruppe 6

Zuletzt sind noch zwei spezielle Mineralwässer zu erwähnen. Im Val Plavna entspringt aus Serpentin-Gestein die sogenannte Tarasper Schwefelquelle mit speziellem, stark basischem Wasser (Ca-Na-CO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>-Typ). Die am Ausgang des Val Lischana am Inn erbohrte Lischana-Quelle liegt ebenfalls im Serpentin. Aufgrund ihrer Nähe zum Grundwasserleiter der Bündnerschiefer ist das Wasser



**Fig. 3:** Quelltuff der ungefassten Quelle San Jon dadaint (Quellgruppe 5). Es handelt sich um eher eisenhaltige Ausfällungen im oberen Teil und um hellere, vorwiegend karbonatische Ausfällungen im unteren Teil (Bildausschnitt ca. 5 m breit).

CO<sub>2</sub>-reich und besitzt eine recht aussergewöhnliche Zusammensetzung. Es enthält als einzige Quelle mehr Magnesium als Calcium, daneben viel Natrium, Hydrogenkarbonat und Sulfat. Zusätzlich zeichnet sich das Wasser durch hohe Gehalte an Kiesel- und Borsäure aus.

#### 4. Gasaustritte und Geysire

Im Gebiet Scuol-Tarasp existieren neben den Mineralquellen weitere Phänomene, welche für die Schweiz ungewöhnliche sind. So tritt an verschiedenen Stellen trockenes Kohlendioxyd-Gas aus dem Boden. Diese Austritts-orte werden, in Anspielung auf vulkanische Gasschlote, Mofetten genannt. Besonders häufig findet man sie am Hang oberhalb von Scuol, auf Linien angeordnet; allerdings sind sie nicht leicht aufzufinden. Manchmal können sie am Geruch von Schwefelwasserstoff oder anhand von leichten Vegetationsschäden auf Grasflächen erkannt werden.

Bei den Mofetten handelt es sich vermutlich um Stellen, unter denen CO<sub>2</sub>-reiches Wasser im Bündnerschiefer entlang von Klüften aufströmt. Das Wasser tritt dann in Lockergesteinsschichten über – meist Moränenablagerungen – und wird in diesen hangabwärts abgeleitet. Dagegen wird das Kohlendioxyd-Gas aufgrund der Druckentlastung frei und strömt nach oben. Auf diese Weise erklärt sich das Auftreten von Mofetten entlang von Linien, die den Kluftsystemen im unterlagernden Fels entsprechen.

Ein weiteres Kuriosum stellen die «kalten Geysire» dar, die durch Bohrungen verursacht wurden. In den Jahren 1930/31 wollte man beim Kurhaus Tarasp zusätzlich Mineralwasser erschliessen. Es wurde an zwei Stellen im Bündnerschiefer bis auf rund 100m Tiefe gebohrt. Schon bei den Arbeiten wunderte man sich über die Mineralwasser- und Gasauftösse. Nach ihrer Fertigstellung zeigten die zwei Bohrungen schliesslich periodische Wassereruptionen von bis zu 15 m Höhe. Beim Geysir I im Kurhausgarten

betrug die Periodizität der Ausbrüche 1–2 Stunden; beim Geysir II im Garten westlich der Kurhaus-Villa rund eine halbe Stunde. Mit ihren Eruptionen bildeten die Geysire eine grosse touristische Attraktion. Beim Geysir I grub man 1934 einen Schacht, um mehr Wasser zu erhalten. Das Resultat war jedoch negativ: die Eruptionen nahmen aus diesem Grunde sogar wesentlich ab. Seit 1955 ist der Geysir I nicht mehr aktiv. Es strömt aber immer noch kohlen säurereiches Mineralwasser aus der Tiefe in den abgedeckten Schacht. Mit den Jahren liessen auch die Eruptionen beim Geysir II nach, so dass heute nur noch ganz selten Auswürfe von geringer Stärke stattfinden.

#### 5. Zur Genese der Mineralquellen

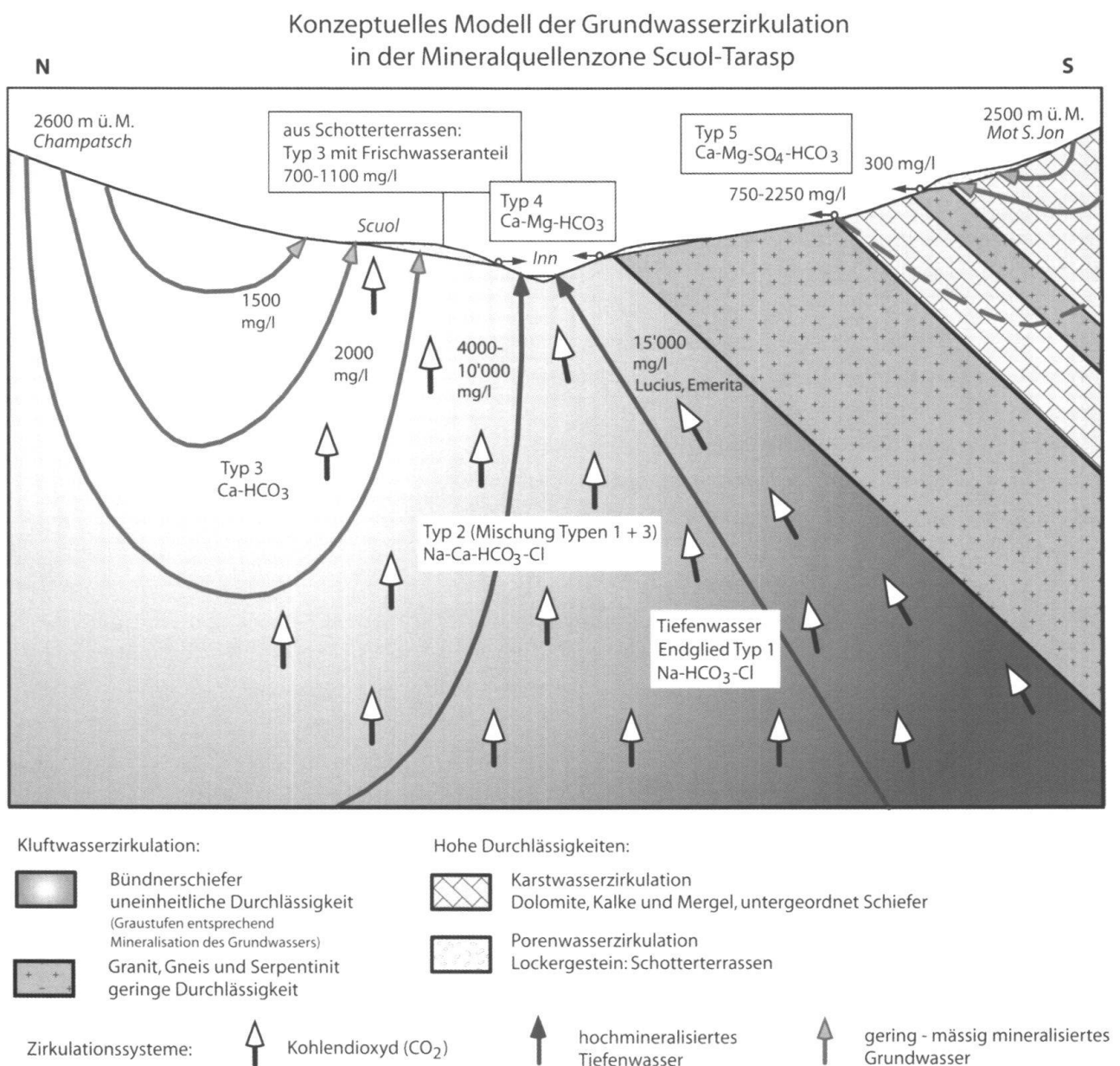
Im Untersuchungsgebiet wurden aufgrund der Hydrochemie sechs Gruppen von Quellen unterschieden. Die Austritte der beschriebenen Quellen der Gruppen 1 bis 4 liegen im Gebiet des Bündnerschiefers. Bei den stark mineralisierten, CO<sub>2</sub>-reichen Mineralquellen handelt es sich in der Regel um Kluftquellen, welche unmittelbar im Bündnerschiefer gefasst wurden. Die gering mineralisierten Quellen und einige der Mineralquellen entspringen aus Lockergesteinskörpern, so z.B. aus Schotterterrassen im Gebiet von Scuol. Diese Quellen weisen einen Frischwasseranteil auf, welcher durch erhöhte Sauerstoffgehalte und einen erniedrigten CO<sub>2</sub>-Gehalt angezeigt wird. Bei diesen Gruppen ergeben sich je nach Frischwasseranteil unterschiedliche Mineralisationen.

Die Wassertypen des Bündnerschiefer-Aquifers lassen sich vereinfacht als Mischungen zweier Endglieder beschreiben. Das eine Endglied ist das Tiefenwasser der Zusammensetzung Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, das den höchst mineralisierten Quellen Lucius und Emerita entspricht. Das andere Endglied entspricht dem Ca-HCO<sub>3</sub>-Typ. Quellen solcher Zusammensetzung treten am Hang von Scuol auf



(vgl. Fig. 4). Im Einschnitt des Inn entspringen die Mineralquellen der Quellgruppe 2, deren chemische Zusammensetzung zwischen den genannten Endgliedern liegt. Gemäss Auswertung der chemischen Inhaltsstoffe konnte anhand von XY-Diagrammen gezeigt werden, dass die Zusammensetzung dieser Quellen meist auf einer Mischgeraden der Endglieder liegt. Dies trifft insbesondere auf chemisch inerte Parameter wie Chlorid und Lithium zu. Es zeigt sich allerdings auch, dass bei gewissen Quellwässern einzelne Bestandteile von der

Mischgeraden abweichen. So weicht beispielsweise der Calciumgehalt bei einigen stark mineralisierten Quellen deutlich von der Mischgerade ab. Dies deutet auf lokale Ionenaustauschprozesse, bei welchen Calcium gegen Natrium ausgetauscht wird. Gestützt auf die Hydrochemie, das geografische Auftreten der Quellen und die früheren Isotopenmessungen konnte ein konzeptionelles Modell der Grundwasserzirkulation entwickelt werden. Gemäss dem Modell versickert Meteorwasser in Hanglagen oberhalb von Scuol, zirkuliert im Bündnerschiefer



**Fig. 4:** Konzeptionelles Modell der Grundwasserzirkulation in der Mineralquellenzone Scuol-Tarasp.

fer mit Verweilzeiten von weniger als 5 Jahren, und tritt als mit CO<sub>2</sub> angereichertes Calcium-Hydrogenkarbonat-Wasser wieder zu Tage.

Dagegen ist die Herkunft des Tiefenwassers nicht vollständig geklärt. Die hohen Gehalte an Natrium und Chlorid, sowie die Nebenbestandteile Lithium und Borsäure lassen sich jedenfalls nicht aus dem Bündnerschiefer herleiten. Sie deuten auf eine evaporitische Gesteinsserie, deren Vorkommen in über 10 km Tiefe vermutet werden kann, jedoch nicht genau bekannt ist. Gemäss den Isotopenmessungen sind die Wässer sicher älter als 25 Jahre. Die Sauerstoff-18-Isotopen und die Deuteriumwerte weichen von der meteorischen Linie in Richtung Evaporationsprozesse ab. Für das Tiefenwasser ergibt sich jedoch keine plausible Erklärung, wie solche Evaporationsprozesse erfolgen könnten. So wurde von Wexsteen (1988) auch die Hypothese einer Herkunft des Wassers aus Formationswasser, statt aus Meteorwasser, aufgestellt. In diesem Falle würde das Natriumchlorid aus den metamorphen marinen Sedimenten der Bündnerschiefer stammen. Diese Hypothese konnte bisher weder bestätigt noch widerlegt werden.

Aufgrund der Zufuhr von CO<sub>2</sub>, welches mutmasslich bei der Metamorphose von Karbonatgesteinen in etwa 10 bis 15 km Tiefe produziert wird, erhöht sich die Löslichkeit des Tiefenwassers. So wird aufgrund des hohen CO<sub>2</sub>-Gehalts viel Calciumkarbonat aus dem Bündnerschiefer gelöst, was schliesslich zu den hohen Mineralisationen des Tiefenwassers führt. Die tiefe Quellwasser-Temperatur rührt daher, dass sich aufströmendes Grundwasser bei nur geringer Schüttung den Umgebungstemperaturen angleicht, welche im Jahresdurchschnitt mit rund 5°C recht tief liegen.

## Literatur

- Bissig, P. 1997: Hydrogeologische Untersuchungen der CO<sub>2</sub>-reichen Mineralquellen von Scuol-Tarasp (GR, Schweiz), Travail de diplôme non publié, Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel.
- Florineth D. & Froitzheim, N. 1994: Transition from continental to oceanic basement in the Tasna nappe (Engadine Window, Graubünden, Switzerland): evidence for Early Cretaceous opening of the Valais ocean. *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.* 74, 437–48.
- Högl, O. 1980: Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart.
- Mayoraz, J. 2004: Le CO<sub>2</sub> dans le sous-sol et dans les eaux de la région de Scuol-Tarasp (Grisons), Travail de diplôme non publié, Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel.
- Schmid, S.M. & Froitzheim, N. 1993: Oblique slip and block rotation along the Engadine Line. *Ecl. geol. Helv.* 86/2, 569–93.
- Stecher, J.T. 1990: Die Mineralquellen von Tarasp – Ein Rückblick. Vita Sana Verlag, Breganzona und Vulpera.
- Wexsteen, P. 1988: Hydrogéologie et géochimie des eaux minérales riches en CO<sub>2</sub> de la région de Scuol-Tarasp (Basse-Engadine, Grisons). Thèse de doctorat No. 2299, Univ. Genève.
- Wexsteen, P., Jaffé, F.C. & Mazor, E. 1988: Geochemistry of cold CO<sub>2</sub>-rich springs of the Scuol-Tarasp region, Lower Engadine, Swiss Alps. *Journal of Hydrogeology*, 104, 77–2.