

# Neue hydrogeologische Erkenntnisse beim Bau des Sörenbergstollens

Autor(en): **Hartmann, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **7 (2002)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-223650>

## **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.

# Neue hydrogeologische Erkenntnisse beim Bau des Sörenbergstollens

mit 8 Figuren und 1 Tabelle

PETER HARTMANN \*

## Zusammenfassung

Im Jahr 2000 wurde der 5.2 km lange Sörenbergstollen für den Ausbau der Transitgas-Leitung erstellt. Beim TBM-Vortrieb wurden ergiebige Wasseraustritte bis rund 30 l/s angetroffen. Das Stollenwasser ist bezüglich der gelösten Inhaltsstoffe als  $\text{Na-HCO}_3$ -Typ zu charakterisieren. Ausführliche Isotopenuntersuchungen zeigen, dass das Wasser zwar dem aktuellen hydrologischen Wasserkreislauf angeschlossen ist, es sich aber um eine Mischung zwischen einem «jungen», ca. 4–8 jährigen, schwach mineralisierten und einem «alten», tritiumfreien, stark mineralisierten Mischungsmitglied handelt. Die ältere Komponente entsteht, indem infiltrierendes Meteorwasser entlang von Klüften langsam in die Tiefe einsickert und in der muldenförmigen Schlierenflysch-Decke ein stagnierendes Grundwasservorkommen bildet. Durch die hohe Verweildauer von mehr als 50 Jahren kommt es dabei zu einer Interaktion zwischen Wasser und Gestein, was zur einer Veränderung im Wasserchemismus führt, namentlich einer Sauerstoffarmut und einem Ionenaustausch von Calcium durch Natrium. Der Sörenbergstollen drainiert heute das vormals abflusslose Grundwasservorkommen im Schlierenflysch und bewirkt, dass sich oberflächenahes Grundwasser mit tiefliegendem, chemisch verändertem Grundwasser mischt, ohne dass dabei die hydraulischen Druckverhältnisse im Gebirge verändert werden.

## Abstract

In Sörenberg, the Transitgas AG built a 5.2 km long pipeline tunnel. During the TBM-tunnelling, important water bearing zones with flow rates up to 30 l/s were encountered. The water encountered is of  $\text{Na-HCO}_3$ -type. Detailed isotopic analysis show, that the water is linked to today's hydrological water cycle. Furthermore, the water is a mixture of a relatively «young» water, 4–8 years old, with low mineralisation, and of an «older», tritium-free, highly mineralised water. Originally, the older component is fed by rain water, infiltrating along fissures and collecting as stagnant groundwater inside the syncline of the Schlierenflysch nappe deep underground. Due to the water's age of more than 50 years, water-rock-interactions take place altering the chemical composition of the water, namely by depletion of oxygen and by the exchange of calcium with sodium ions. Today, the tunnel drains the originally drainless groundwater of the Schlierenflysch, thus mixing superficial water with deep, chemically altered groundwater. This without any impact onto regional hydraulic heads.

## 1. Einleitung und geologischer Überblick

### 1.1 Ausbau der Transitgasleitung und Sörenbergstollen

Die Transitgas AG hat in den vergangenen Jahren ihre bestehende, unterirdisch verlegte Gasleitung von Wallbach/AG bis zum Griespass/VS mit einer Vergrösse-

\* Dr. Heinrich Jäckli AG, Albulastrasse 55, 8048 Zürich.

rung des Leitungsquerschnittes von 34" auf 48" oder abschnittsweise mit einer zusätzlichen Parallelleitung ausgebaut. Der Ausbau auf dem rund 38 km langen Streckenabschnitt vom luzernischen Ruswil bis zum Briener Rothorn umfasste als Kernstück den Bau des neuen 5.2 km langen Sörenbergstollens mit einem Stollendurchmesser von rund 3.5 m (Situationsplan in Fig. 1). Der Stollenvortrieb erfolgte zwischen Juli 2000 und Juni 2001 und wurde mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) mit Schildvortrieb und nachfolgendem Einbau von vorfabrizierten Beton-Tübbinggen steigend vom Nord- zum Südportal durchgeführt.

Nach rund 5 Monaten Vortriebszeit wurden im November 2000 ungefähr bei Stollenmeter 2000 auf einer Strecke von rund 250 m zahlreiche Wasseraustritte mit einer Gesamtmenge von rund 30 l/s angetroffen. Zur Beurteilung von allfälligen langfristigen Auswirkungen auf die hydrogeologischen Verhältnisse im Gebirge wurden zahlreiche Feld- und Laboruntersuchungen durchgeführt. Diese Untersuchungsergebnisse konnten sowohl zur Planung von umfangreichen Abdichtungsmassnahmen für den Endausbau des Stollens als auch zur Herleitung eines regionalen hydrogeologischen Fliessmodells verwendet werden.

## 1.2 Geologie

Der Sörenbergstollen durchquert die sogenannte *Schlierenflysch-Decke*, welche nordwestlich von Sörenberg eine Synklinale bildet. Dabei werden im Wesentlichen folgende Gesteinsschichten durchörtert (geologisches Längsprofil in Fig. 8):

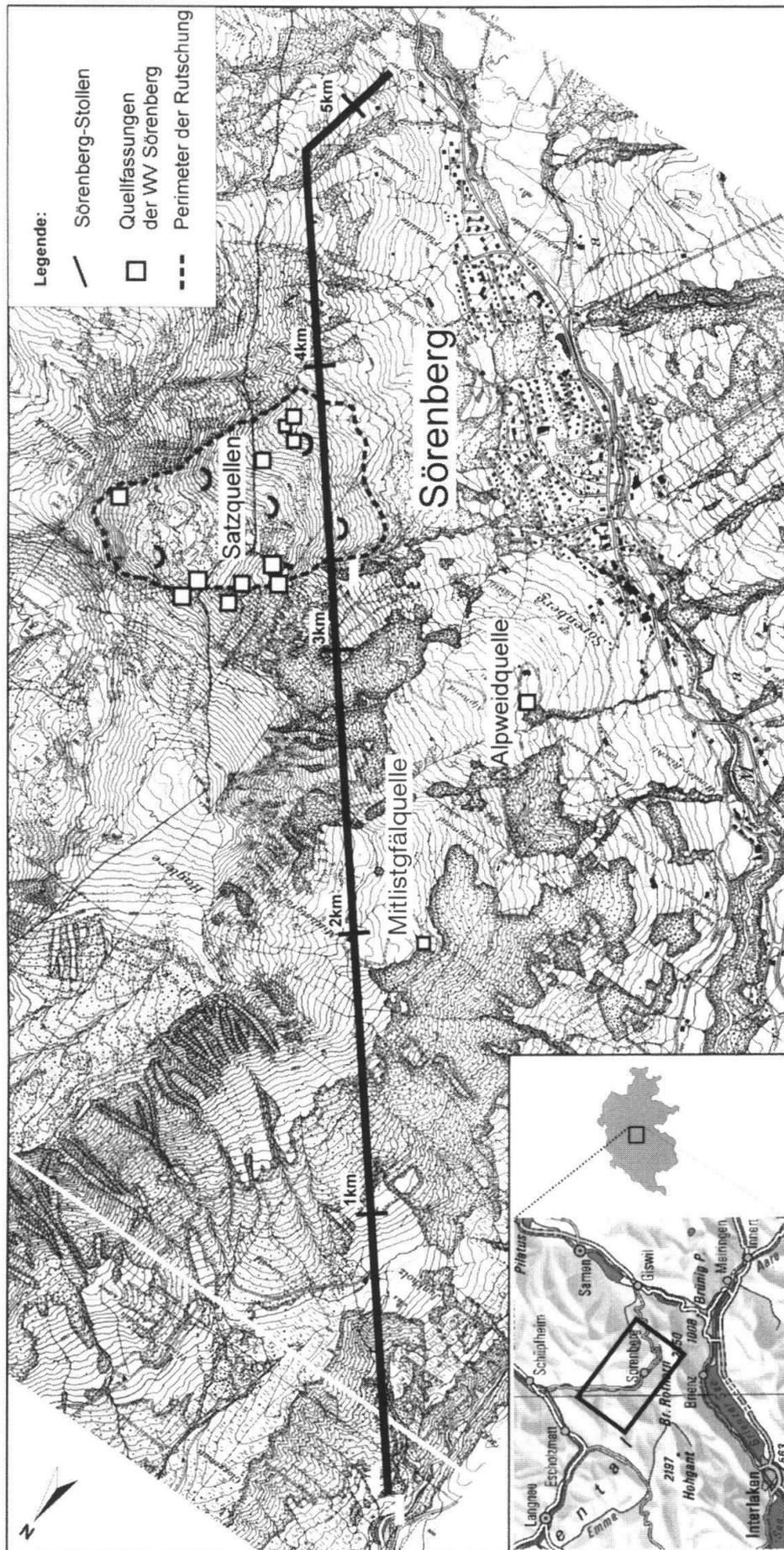
- Im nördlichen und südlichen Stollenabschnitt steht das *Sörenberg-Mélange* an, welches die tektonische Unterlage des Schlierenflysches bildet. Es ist dies ein tektonisch kompliziert verschuppter Gesteinsverband mit einer vorwiegend feinkörnigen, tonreichen Matrix und darin eingebetteten kies- bis blockgrossen Gesteinsfragmenten z.T. aus kristallinen oder anderen exotischen Gesteinen.
- Im mittleren Stollenabschnitt zwischen Stollenmeter 1'600 und 3'000 wird in der Muldensohle der *Schlierenflysch* durchfahren. Die Gesteine des *Schlierenflysches* bestehen hauptsächlich aus einer Wechsellagerung von fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen und Tonschiefern.

Die mächtige Rutschmasse von Sörenberg wird vom Stollen in grösserer Tiefe unterfahren.

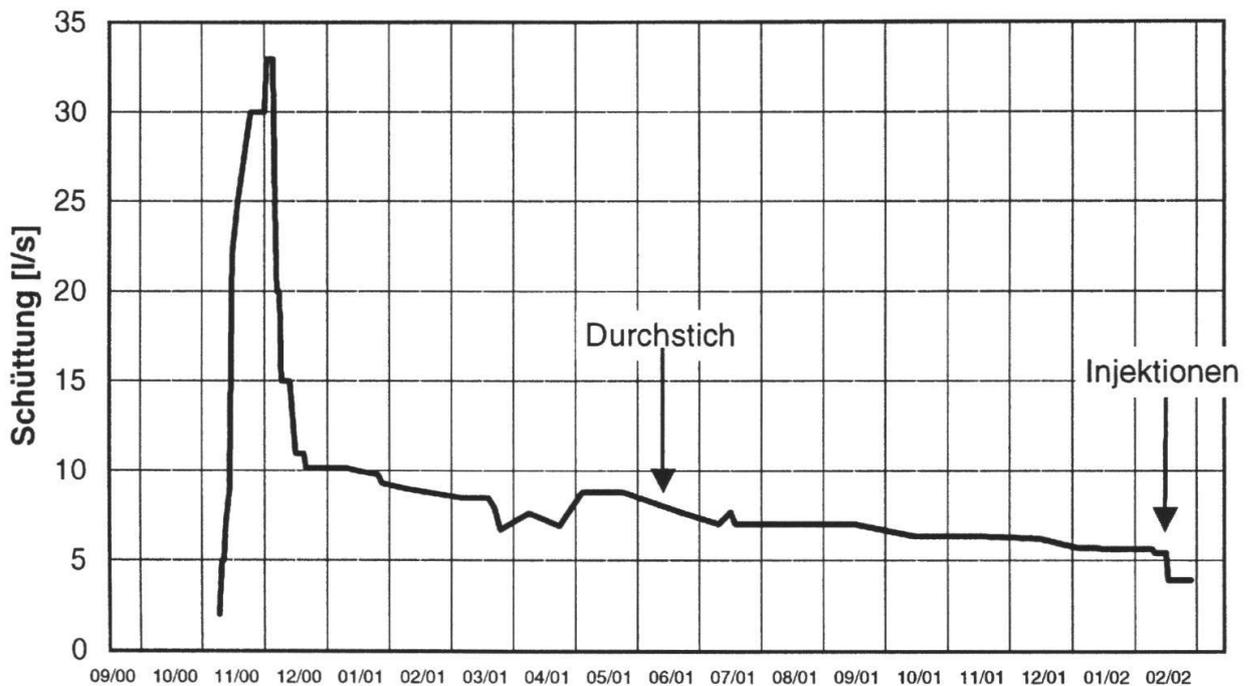
## 2. Grundwasser und Quellen

### 2.1 Wasserverhältnisse im Sörenbergstollen

Nach einem weitgehend trockenen Stollenabschnitt im Sörenberg-Mélange vom Nordportal bis etwa Stollenmeter 1'520 wurden mit dem Anfahren des Schlierenflysches zunehmend Kluftwasserzutritte in den Tunnel festgestellt. Solche häuften sich vor allem im Bereich zwischen Stollenmeter 2'000 und 2'200, wo zeitweise bis 5 l/s aus einzelnen Kluftzonen zuströmten. Beim weiteren Vortrieb wurden dann wieder deutlich weniger Wasserzutritte angefahren, und nach dem Übertritt ins Sörenberg-Mélange ab etwa Stollenmeter 3'000 war das Gebirge wieder weitgehend trocken.



**Fig. 1:** Situation 1:20'000 mit Stollentrasse und ausgewählten Quellen der WV Sörenberg



**Fig. 2:** Ganglinie des Wasseranfalls im Sörenbergstollen (Nordportal)

Der gesamte Wasseranfall im Stollen betrug nach dem Durchhörtern der wasserführenden Zone von Stollenmeter 1'520 – 2'200 anfänglich bis zu 30 l/s. Nach rund einem Monat nahm die Wassermenge aber rasch auf weniger als 10 l/s ab (vgl. Fig. 2), und bis zum Frühling 2002 war schliesslich eine weitere, kontinuierliche Abnahme auf rund 5 l/s (ca. 300 l/min) festzustellen.

Das Wasser floss im Sörenbergstollen aus verschiedenen Löchern und Spalten der Tübbing, vorwiegend im Bereich der Paramente zu. Bei zahlreichen Austrittsstellen wies das Wasser eine deutliche Trübung durch mitgeführte Feinfracht auf, so dass das zutretende Stollenwasser während der Bauzeit beim Stollenportal mit einer temporär installierten Flockungsanlage behandelt werden musste, bevor es in die Waldemme eingeleitet werden konnte. Die Trübung wurde durch Tonmineralien, namentlich Kaolinit hervorgerufen, welche aus tonreichen Gesteinen, eventuell auch aus Bentonitschichten des Schlierenfylsches stammten.

Die Trübung des Stollenwassers nahm erstaunlicherweise nur sehr langsam ab. Zu Beginn der Wasseraustritte, im November 2000, betrug der Gehalt an ungelösten Stoffen (GUS) beim Stollenportal im Mittel rund 800 mg/l, und auch im Februar 2002 wurden immer noch rund 150 mg/l gemessen. Erst im Sommer 2002, d.h. nach rund 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahren, war das Wasser weitgehend klar (GUS < 20 mg/l).

Anlässlich der Stollenaufnahme vom 18. Juli 2001 wurden alle Wasseraustritte im ganzen Stollen bezüglich Austrittsort, Menge, Temperatur und elektrischer Leitfähigkeit gemessen (Streckenausschnitt in Fig. 3). Gestützt auf diese Aufnahmen konnten hauptsächlich zwei Bereiche mit grösseren Wassermengen lokalisiert werden:

- Stollenmeter 1'520 – 1'570: total ca. 40–50 l/min (ca. 10% der Gesamtmenge)
- Stollenmeter 1'990 – 2'240: total ca. 350–400 l/min (ca. 85% der Gesamtmenge)

Das in diesen beiden Bereichen anfallende Wasser wies überwiegend eine geringe

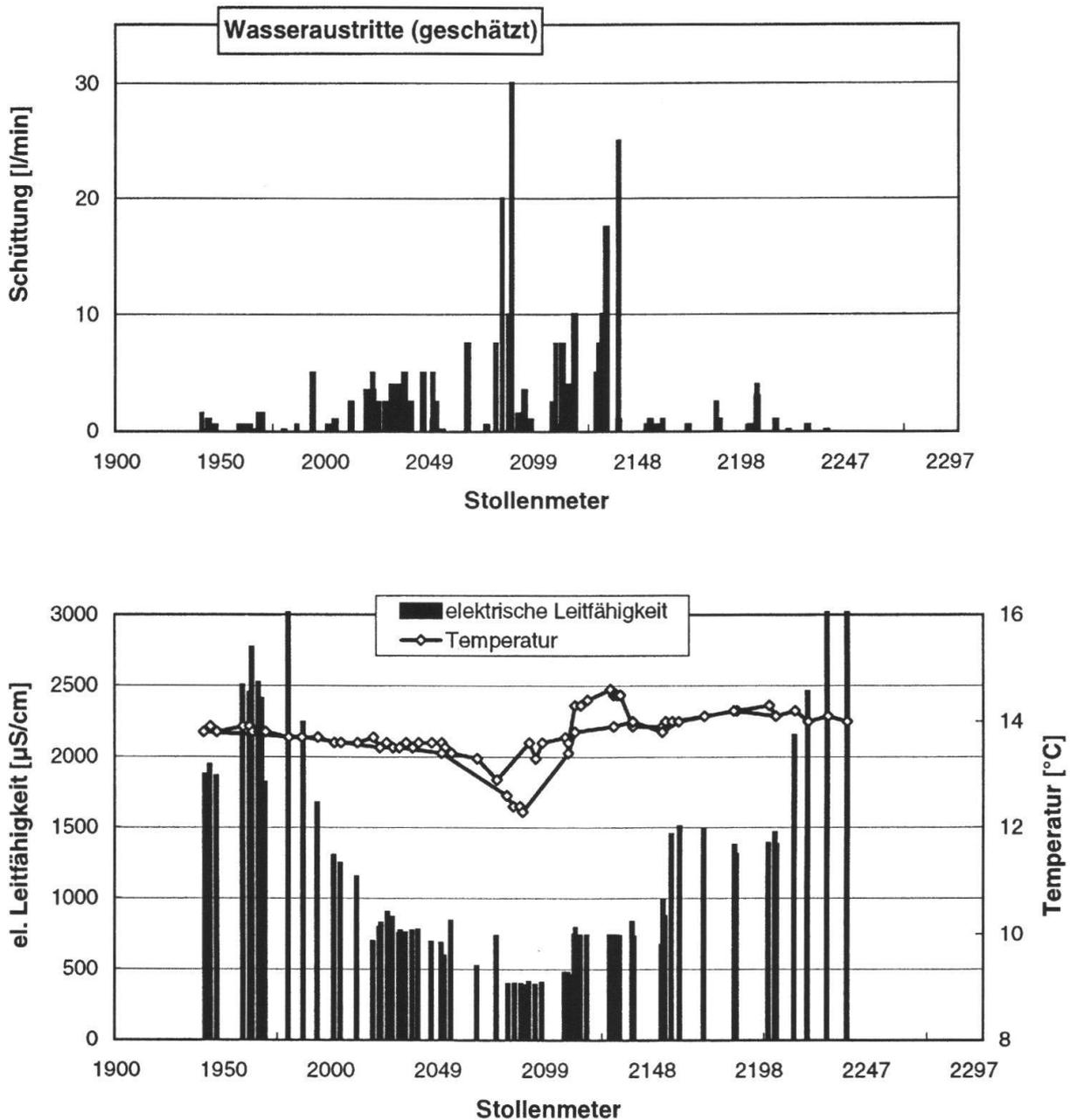


Fig. 3: Bestandesaufnahme der Wasseraustritte im Sörenbergstollen (Begehung vom 18.7.2001).

elektrische Leitfähigkeit von rund 400–800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mit entsprechend geringer Gesamtmineralisation auf. Auch war die Wassertemperatur vergleichsweise etwa um  $1^\circ\text{C}$  niedriger.

Auf den übrigen Stollenabschnitten waren nur vereinzelte, mengenmässig aber unbedeutende Wasseraustritte zu verzeichnen, die durchwegs eine hohe bis extrem hohe elektrische Leitfähigkeit aufweisen ( $> 2'000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ; Maximalwerte bis  $16'000 \mu\text{S}/\text{cm}$ , chemische Beschaffenheit vgl. Tab. 1).

## 2.2 Quellen der Wasserversorgung Sörenberg

Die Wasserversorgung Sörenberg besitzt im Gebiet über dem Stollentrassée zahl-

reiche Quellen, die zu Trinkwasserzwecken genutzt werden (vgl. Fig. 1). Von Bedeutung sind vor allem die im Gebiet der Rutschmasse entspringenden Satzquellen, aber auch die beiden ergiebigen Quellen im Gebiet Alpweid und Mitlistgfäl, welche aus dem Moränenschutt und aus Sandsteinschichten des Schlierenflysches gespeist werden.

Die Trinkwasserquellen werden seit Herbst 1998 regelmässig überwacht. Die Messungen haben gezeigt, dass die Quellen in der Regel sehr rasch auf das aktuelle Niederschlagsgeschehen reagieren. Dementsprechend sind die jahreszeitlichen Schwankungen sehr hoch. Der Gesamtertrag der Quellen schwankt zwischen rund 500 l/min und 2'000 l/min, wobei die höchsten Quellerträge meistens im Frühjahr im Anschluss an die Schneeschmelze auftreten.

Ungefähr zum Zeitpunkt der Wassereintritte in den Stollen im November 2000 wurde bei der rund 500 m über dem Stollentrassée gelegenen Mitlistgfäl-Quelle ein markanter Ertragsrückgang von etwa 150 l/min auf rund 40 l/min festgestellt (Fig. 4). Anschliessend lag der Ertrag dieser Quelle im Winter 2000/01 deutlich tiefer als in den bisherigen, seit Beginn der Quellenüberwachung durchgeführten Messungen, wo jeweils rund 100–150 l/min Quellwasser gemessen wurden. Im März 2001 stieg der Quellertrag infolge der ergiebigen Frühjahrsniederschläge jedoch wieder deutlich an und lag im Sommer 2001 sogar über den vor Baubeginn gemessenen Maximalwerten. Seit Herbst 2001 liegt der Quellertrag wieder in der früheren Grössenordnung, wobei im November 2001 und Januar 2002 vorübergehend auch tiefe Quellerträge auftraten.

### **3. Laboruntersuchungen**

Zur Bestimmung der gelösten Inhaltstoffe im Stollenwasser wurden zahlreiche chemische Analysen und zur Bestimmung der Herkunft und der Verweildauer (Alter) des Stollenwassers wurden spezielle Isotopenuntersuchungen (stabile Wasserisotope, Tritium,  $^{85}\text{Kr}$ ) durchgeführt.

#### **3.1 Chemische Analysen**

Die chemische Zusammensetzung des Stollenwassers weist mehrere Besonderheiten auf (vgl. Tab. 1). Der *pH-Wert* ist mit rund 8.3–9.3 relativ hoch. Die Gesamtmineralisation ist - analog zur elektrischen Leitfähigkeit - recht unterschiedlich und erreicht Werte von rund 0.4 bis ca. 1.4 g/l. Das Wasser besitzt zudem einen hohen Anteil an Alkalien (Natrium: rund 60–400 mg/l, Kalium: rund 3 mg/l) und demgegenüber nur einen geringen Gehalt an Erdalkalien (Ca, Mg: < 15 mg/l). Die Chlorid- und Sulfatkonzentrationen sind ebenfalls vergleichsweise tief (< 10–20 mg/l), dafür bildet das Hydrogenkarbonat mit Gehalten zwischen rund 250 bis 1'000 mg/l das dominierende Anion. Das Wasser ist praktisch frei von Sauerstoff, d.h. es zirkuliert im Fels unter anaeroben Bedingungen.

Wassertyp	Stollenwasser zwischen km 2.0 und 2.2			hochsaliner Wasseraustritt
	2'088 m	2'137 m	2'172 m	1'278 m
Stollenmeter	2'088 m	2'137 m	2'172 m	1'278 m
Entnahmedatum	5.3.2001	8.8.2001	8.8.2001	8.8.2001
Schüttung (Schätzung) l/min	30	10	2	< 0.1
el. Leitfähigkeit (25°C) µS/cm	404	737	1'490	10'450
Temperatur °C	12.3	14.1	14.5	13.5
pH-Wert	8.3	9.33	8.94	8.0
Gesamte ungelöste Stoffe mg/l	< 10	602	227	98
Sauerstoff mg/l	0.9	0.0	0.3	-
Calcium mg/l	14	1.5	1.3	27
Magnesium mg/l	5.9	0.6	0.3	12
Natrium mg/l	73	172	370	2'250
Kalium mg/l	2.6	1.3	2.7	7.3
Hydrogenkarbonat mg/l	244	466	984	1'952
Sulfat mg/l	20	16	7.6	1'550
Chlorid mg/l	0.5	0.9	12	1'280
Gesamtmineralisation mg/l	361	660	1'379	7'085
δ <sup>18</sup> O ‰ VSMOW	-11.32	-11.30	-12.00	-
δD ‰ VSMOW	-80.0	-79.5	-85.0	-
Tritium TU	6.0 ± 1.1	4.5 ± 0.8	< 0.6	-
<sup>85</sup> Kr dpm/ml <sub>Kr</sub>	-	32	-	-

**Tab. 1:** Beschaffenheit des Stollenwassers bei ausgewählten Austrittsorten.

Insgesamt lässt sich das Stollenwasser chemisch als Na-HCO<sub>3</sub>-Typ charakterisieren. Wie aus der Figur 5 hervorgeht, handelt es sich dabei um eine kontinuierliche Mischung zwischen zwei unterschiedlich stark mineralisierten Endgliedern, d.h. einem hoch mineralisierten Endglied (Na: rund 400 mg/l, HCO<sub>3</sub>: rund 1'000 mg/l) und einem schwach mineralisierten, natriumarmen bzw. -freien Endglied.

### 3.2 Stabile Isotopen

Die natürliche Isotopenzusammensetzung des Wassers variiert im globalen Wasserkreislauf aufgrund von Isotopenfraktionierungen beträchtlich und bewirkt im Niederschlag verschiedene Effekte, bei welchen Wasserstoff und Sauerstoff im Wassermolekül proportional zueinander fraktionieren. Durch Niederschlagsmessungen kann die sog. lokale Niederschlagsgerade (Meteoric Water Line = MWL) im δ<sup>18</sup>O-δD-Diagramm abgeleitet werden, welche zur Interpretation der Messdaten verwendet werden kann (vgl. Fig. 7, aus Hartmann, 1998).

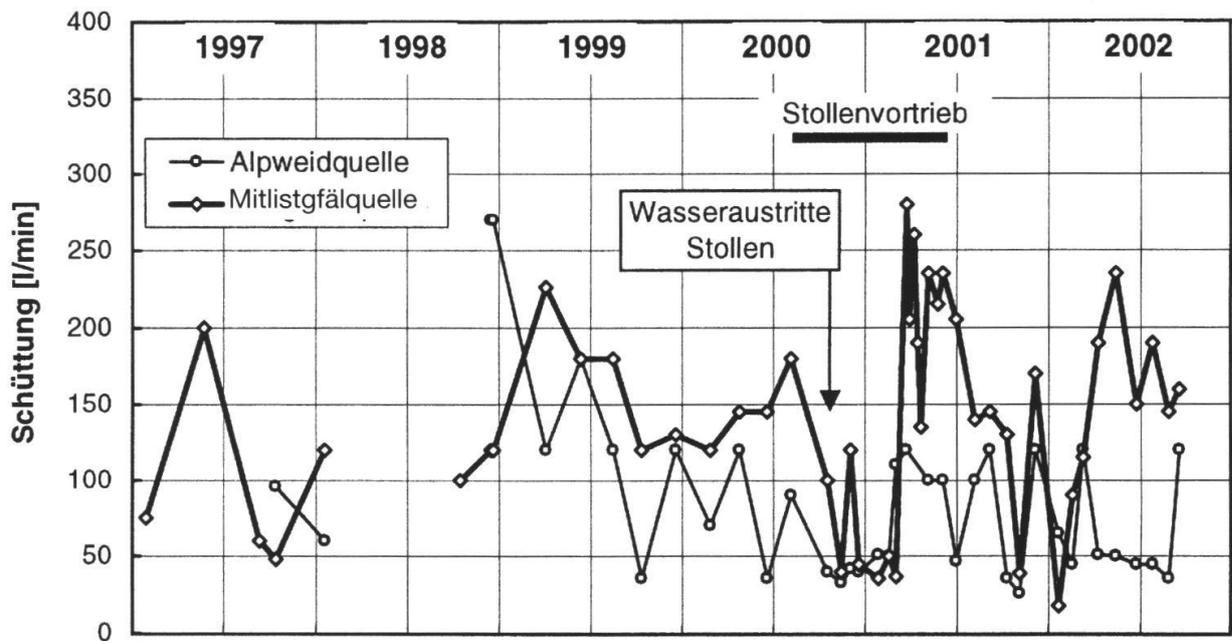


Fig. 4: Quellerträge der Quellen Sörenberg.

Die stabilen Isotope des Stollenwassers liegen im  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta\text{D}$ -Diagramm (Fig. 7) nahe der Niederschlagsgeraden, und sie sind praktisch identisch mit denjenigen des jungen Oberflächenwassers (Quellen). Dies bedeutet, dass vermutlich alles Stollenwasser, also auch die ältere, hoch mineralisierte Komponente, unter den heutigen klimatischen Bedingungen gebildet wurde, und dass keine Anteile von sehr alten (pleistozänen) Grundwasserkomponenten vorhanden sind. Insbesondere zeigt sich eine erstaunliche Übereinstimmung mit der am nächsten gelegenen Mitlist-

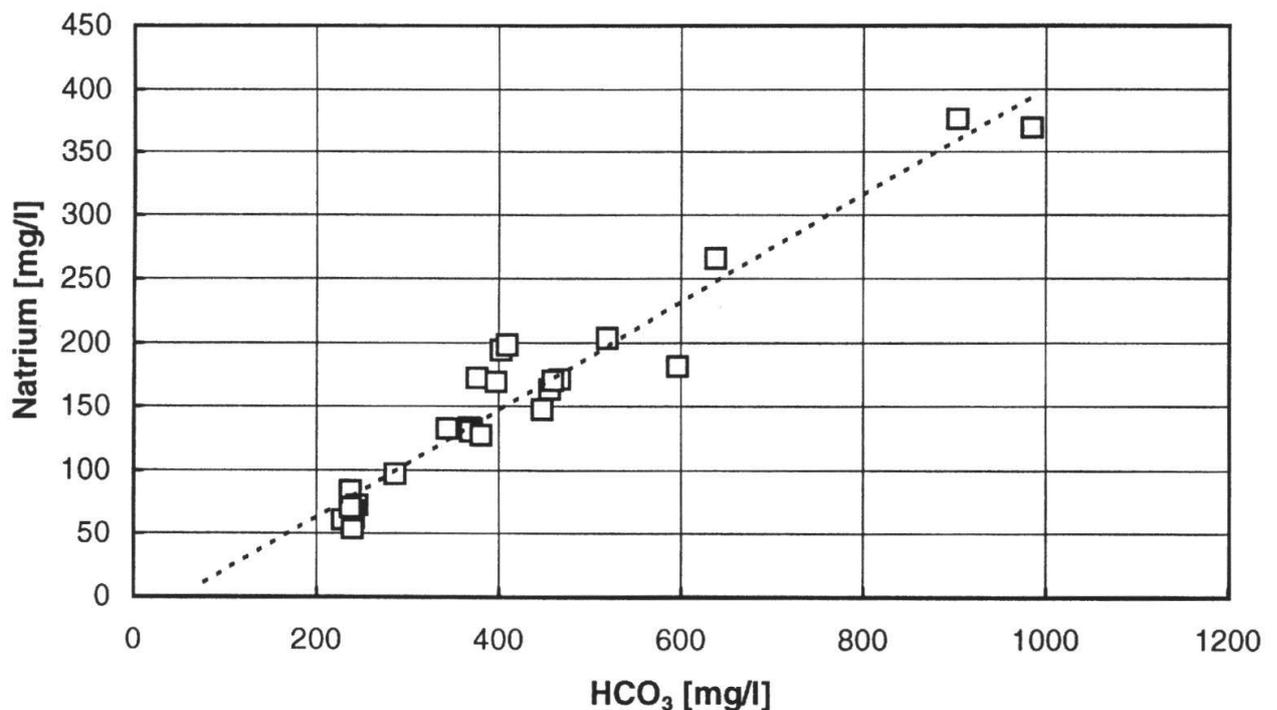


Fig. 5: Mischungsdiagramm (HCO<sub>3</sub> tiefgestells vs Natrium) für Stollenwasser.

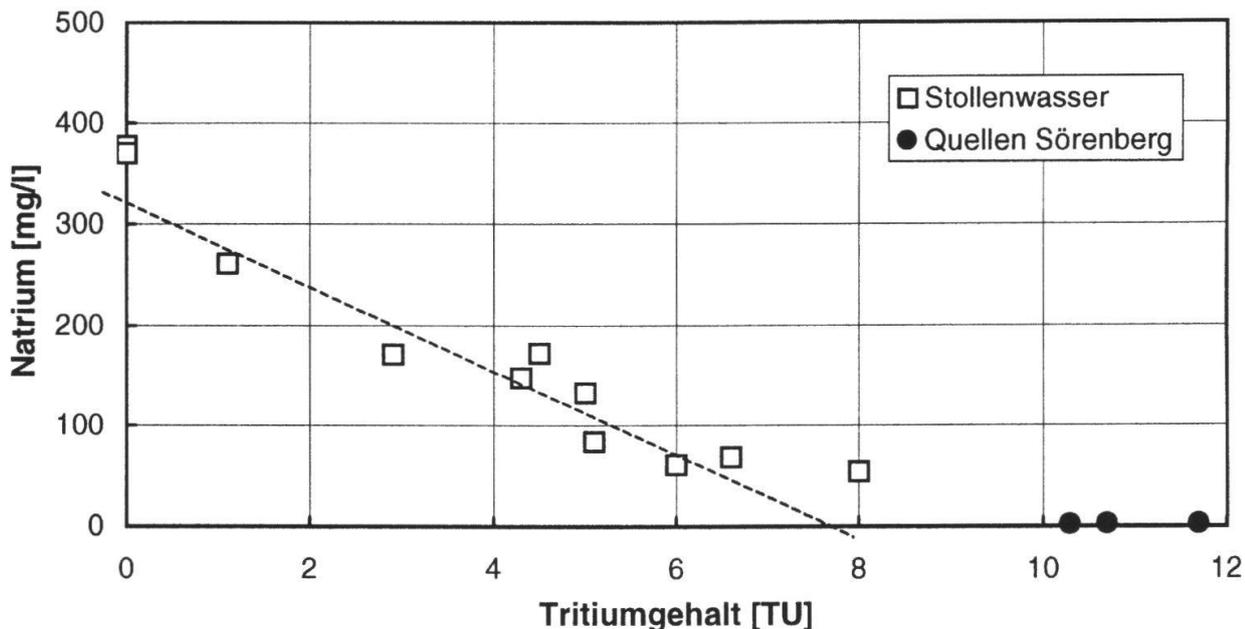


Fig. 6: Mischungsdiagramm (Tritium vs Natrium).

gfälquelle, was auf eine analoge Herkunft des Stollenwassers hindeutet. Das Wasser ist demnach zwar dem aktuellen hydrologischen Wasserkreislauf angeschlossen, weist aber demgegenüber eine viel längere Verweildauer im Untergrund auf.

### 3.3 Instabile Isotopen

Tritium ( $^3\text{H}$ ) ist ein radioaktives Isotop des Wasserstoffs mit einer Halbwertszeit von 12.4 Jahren. Durch Atombombentest in den 50er und 60er Jahren stieg die Tri-

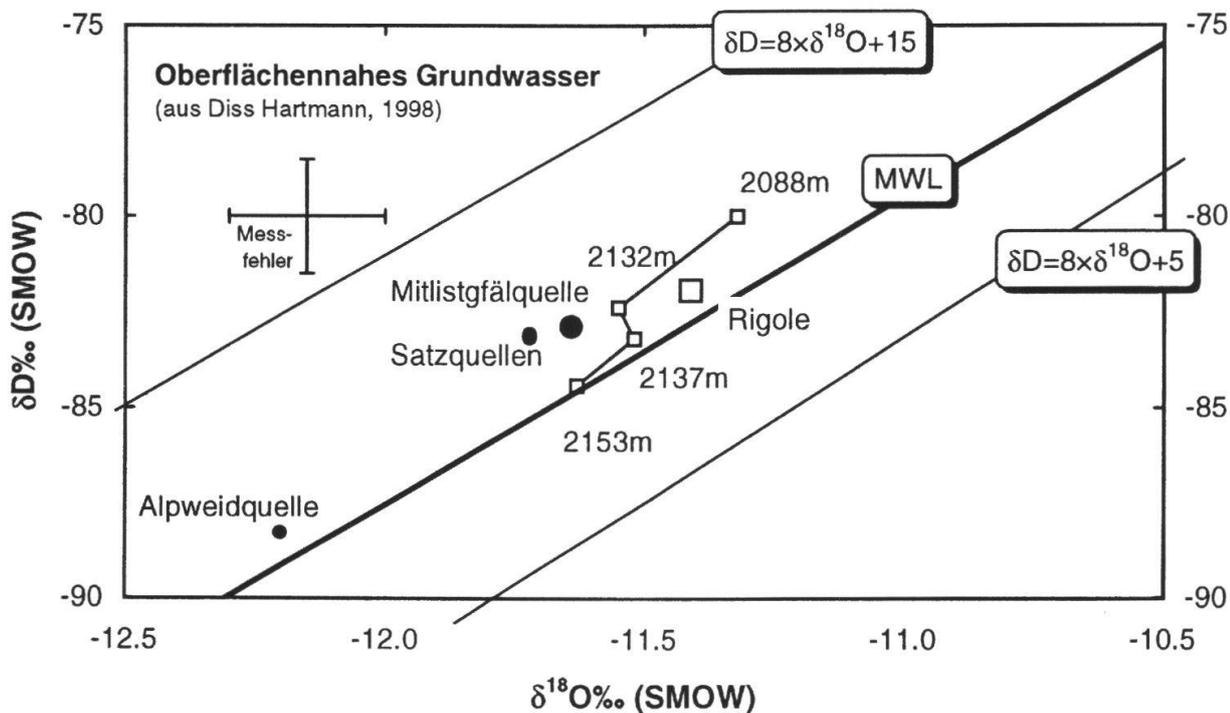


Fig. 7: Stabile Isotope ( $\delta^{18}\text{O}$  vs  $\delta\text{D}$ ).

tiumkonzentration in der Atmosphäre stark an («Bombenpeak»). Seither sind die Konzentrationen wieder in den Bereich der natürlichen Produktion zwischen 10 und 15 TU gesunken (TU = Tritium-Units, dt: Tritiumeinheiten). Wie das Tritium ist auch das heutige atmosphärische  $^{85}\text{Kr}$  die Folge von Nuklearwaffentests in den 60er Jahren und der Wiederaufbereitung von Brennelementen aus der Kernindustrie. Das Radionuklid  $^{85}\text{Kr}$  hat eine Halbwertszeit von 10.7 Jahren.

Mit Hilfe der im Jahre 2001 durchgeführten Tritiummessungen lässt sich die oben beschriebene «chemische» Mischungsreihe noch etwas differenzieren (vgl. Fig. 6). Das hochmineralisierte Endglied ist tritiumfrei, d.h. es ist sicher älter als 50 Jahre. Mit abnehmender Mineralisation (Natriumgehalt) des Stollenwassers nimmt der Tritiumgehalt entlang einer linearen Mischungsgeraden zu und erreicht beim am schwächsten mineralisierten Stollenwasser rund 8 TU. Dieser Tritiumgehalt ist deutlich niedriger als im oberflächennahen Quellwasser mit rund 10–12 TU, was darauf hindeutet, dass das schwach mineralisierte Endglied nicht «frisches» Oberflächenwasser ist, sondern bereits eine Verweildauer von einigen Jahren im Untergrund aufweist.

Aufgrund ihrer vergleichbaren Halbwertszeiten werden Tritium und  $^{85}\text{Kr}$  oft kombiniert angewendet. Dadurch kann bei Mischungen neben der Verweilzeit auch der Jungwasser-Anteil bestimmt werden. Gestützt auf den gemessenen  $^{85}\text{Kr}$ -Gehalt von 32 dpm/ml<sub>Kr</sub> lassen sich die beiden beteiligten Wasserkomponenten im Stollenwasser wie folgt charakterisieren:

- ca. 50% junges (Tritiumgehalt rund 15 TU, d.h. ca. 4–8 jährig), schwach mineralisiertes, O<sub>2</sub>-haltiges, oberflächennahes Grundwasser (Ca, HCO<sub>3</sub>) und
- ca. 50 % altes (tritiumfreies, d.h. > 50 Jahre), O<sub>2</sub>-freies, tiefliegendes Grundwasser mit einem hohen Mineralgehalt (Na, HCO<sub>3</sub>).

#### **4. Interpretation der Untersuchungsergebnisse**

Zusammenfassend zeigen die Untersuchungen, dass im Gebirge, im Bereich des Sörenbergstollens, komplexe hydrogeologische Verhältnisse vorliegen, welche sich im hydrogeologischen Fließmodell gemäss Figur 8 veranschaulichen lassen.

Die Wasserdurchlässigkeit des Sörenberg-Mélanges ist wegen der überwiegend tonigen Beschaffenheit der Gesteinsschichten in der Regel gering. Im Schlierenflysch kann die Durchlässigkeit aber entlang von Klüften oder Störzonen deutlich grösser sein, so dass dieser zumindest lokal als Grundwasserleiter für einsickerndes Niederschlagswasser wirken kann.

Infolge der muldenförmigen Struktur der Schlierenflysch-Decke kann das Grundwasser im Schlierenflysch nicht unterirdisch abfliessen. Während im oberflächennahen Bereich des beckenförmigen Grundwasservorkommens eine gewisse Wasserzirkulation möglich ist, findet im tieferen Bereich des Schlierenflysches praktisch keine Grundwasserzirkulation statt.

Das oberflächennahe Grundwasser besitzt eine «normale» chemische Beschaffenheit, ist dem aktuellen (jahreszeitlichen) Wasserkreislauf angeschlossen und speist die an der Oberfläche austretenden Quellen.

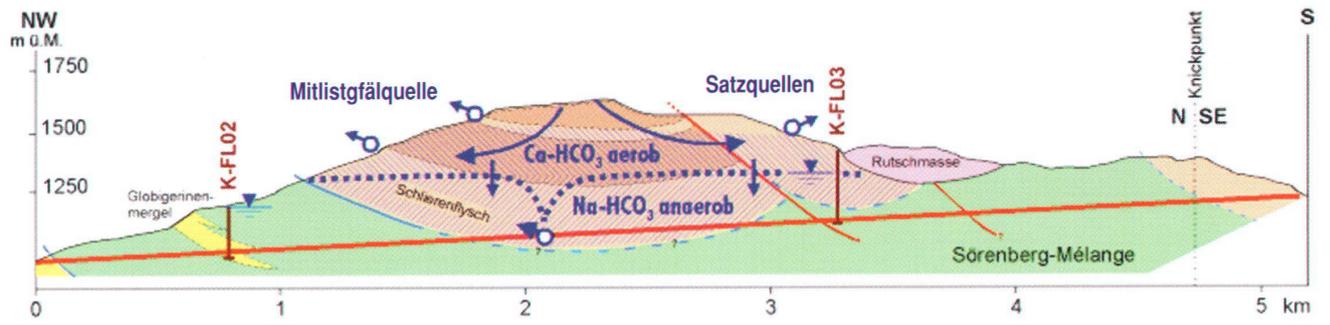


Fig. 8: Hydrogeologisches Längsprofil des Sörenbergstollens.

Das tiefliegende Grundwasser stagniert hingegen weitgehend in den Klufthohlräumen und weist deshalb eine hohe Verweildauer und ein hohes Alter auf. Dadurch ist auch eine lange Interaktion zwischen Wasser und Gestein möglich, die zu einer Veränderung des Wasserchemismus, namentlich einer Sauerstoffarmut und einem Ionenaustausch von Calcium durch Natrium, führt. Letzterer hat vermutlich seinen Ursprung in Bentonit-reichen Zonen innerhalb des Schlierenflysches, welche auch für den hohen Anteil an Trübestoffen verantwortlich waren.

Das Grundwasser im Schlierenflysch wird praktisch ausschliesslich durch infiltrierendes Meteorwasser gespeist. Während der grösste Anteil nur im oberflächennahen Bereich zirkuliert und in relativ kurzer Zeit wieder in Quellen zu Tage tritt, sickert ein geringer Anteil langsam in die Tiefe. Dieses Wasser wird mit zunehmender Tiefe älter und ändert entlang den Sickerwegen seinen Chemismus. Dadurch kommt es innerhalb des Grundwassers zur Ausbildung einer «chemischen Grenzfläche», welche das oberflächennahe, junge, normal mineralisierte Grundwasser vom tiefliegenden, alten, stark mineralisierten, natriumhaltigen Grundwasser trennt (vgl. Fig. 8).

Die Wassereintritte im Sörenbergstollen erfolgen ungefähr an der tiefsten Stelle der Synklinale der Schlierenflysch-Decke. Der Stollen drainiert somit heute das vormals stagnierende Grundwasservorkommen im Schlierenflysch. Dies hat zur Folge, dass die besagte Grenzfläche im Bereich der Wassereintritte ähnlich einem Absenktrichter punktuell in eine grössere Tiefe verlagert wird, so dass das im Stollen ausfliessende Wasser eine Mischung der beiden unterschiedlichen Wässer darstellt.

## **5. Abdichtungsmassnahmen**

Nach Abschluss des Tunnelvortriebes musste befürchtet werden, dass die ursprünglichen hydraulischen Verhältnisse im Gebirge infolge der andauernden Ausschwemmung von Feinmaterial (Trübung des Stollenwassers) irreversibel verändert werden. Eine fortschreitende Drainierung des tiefen Grundwassers im Schlierenflysch durch den Sörenbergstollen hätte langfristig dazu führen können, dass die besagte Grenzfläche weiträumig absinkt. Dadurch war zu befürchten, dass der junge Wasseranteil im Stollenwasser mit der Zeit zunimmt, und dass so einzelne Quellen, vor allem in Trockenperioden, wenn die Speisung durch Oberflächenwasser unterbleibt, stärkere Ertragsrückgänge erleiden könnten als in früheren Jahren, wie z.B. kurzfristig im Winter 2000.

Diese Einschätzung und die Tatsache, dass trübes Stollenabwasser nicht in die Waldemme abgeleitet werden konnte, hat die Bauherrschaft dazu veranlasst, die Wasserzutritte im Stollen mittels Injektionen zu unterbinden bzw. zu reduzieren. Dazu wurden im Januar und Februar 2002, im Bereich mit den ergiebigsten Wasseraustritten, auf einer Strecke von rund 100 m aufwändige Abdichtungsmassnahmen durchgeführt. Auf diesem Streckenabschnitt wurden bei jedem Tübbingring bis zu 12 Injektionsbohrungen à 6 m Länge ausgeführt, um den Fels mit Zement rund um den Stollen mantelförmig zu injizieren. An den beiden Enden und in der

Mitte wurde der Streckenabschnitt zusätzlich mit scheibenförmigen Injektionsbarrieren ergänzt, welche das seitliche Abfließen des Wassers verhindern.

Die durchgeführten Abdichtungsarbeiten haben einerseits eine Reduktion des Wasseranfalls um rund 25%, d.h. von rund 5 auf etwa 3–4 l/s, bewirkt. Andererseits nahm nach einiger Zeit die Trübung soweit ab, dass das Stollenwasser heute unbehandelt in die Waldemme eingeleitet werden kann.

## 6. Quellenüberwachung

Nach Abschluss der Kontrollmassnahmen kann festgehalten werden, dass der Bau des Sörenbergstollens bei den Trinkwasserquellen der WV Sörenberg bis heute weder eine qualitative noch eine quantitative Beeinträchtigung verursacht hat. Insbesondere auch bei der am nächsten gelegenen Mitlistgfäl-Quelle ist kein direkter hydraulischer Zusammenhang nachzuweisen. Die bisher festgestellten Ertragsrückgänge können als Folge natürlicher, d.h. jahreszeitlicher bzw. witterungsbedingter Einflüsse interpretiert werden, welche nur dank der intensivierten Überwachung überhaupt erkannt wurden. Die Quellenüberwachung wird bei ausgewählten Quellen der WV Sörenberg aber noch über die Bauzeit hinaus weitergeführt, bis sie in gegenseitigem Einverständnis abgeschlossen werden kann.

### *Verdankung*

Sämtliche Untersuchungsergebnisse wurden freundlicherweise durch die Transitgas AG, Zürich, zur Verfügung gestellt.

### *Literatur*

- BAYER, A. 1982: Untersuchungen im Habkern-Mélange zwischen Aare und Rhein. Mitt. Geol. Inst. ETH und Univ. Zürich, NF 240.
- Hartmann, P. 1998: Mineralwasservorkommen im nördlichen Bündnerschiefergebiet mit Schwerpunkt Valsertal. Diss ETH Zürich Nr. 12'632.
- JÄCKLI AG, DR. HEINRICH. 1998: Ausbau Transitgasleitung. Abschnitt Ruswil - Grimsel. Sörenbergstollen. Geologischer, geotechnischer und hydrogeologischer Bericht. Unveröffentlichter Bericht.
- MOHLER, H.P. 1966: Stratigrafische Untersuchungen in den Giswiler Klippen und ihrer helvetisch-ultrahelvetischen Unterlage. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, NF 129.
- VONDERSCHMITT, L. 1923: Die Giswiler Klippen und ihre Unterlage. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, NF 50.
- WINKLER, W. 1983: Stratigrafie, Sedimentpetrografie des Schlieren-Flysches (Zentralschweiz). Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, NF 158.

