Das neue Valser-Mineralwasser : die St. Paulsquelle

Autor(en): **Stoll, Thomas / Wyss, Roland**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **16 (2011)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-327740

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 16/1, 2011 S. 35-50

Das neue Valser-Mineralwasser: Die St. Paulsquelle

Thomas Stoll[1], Roland Wyss[1]

Stichworte: Vals, Mineralwasser, Fassungsbau, Isotopenanalysen, Fluoreszenz-Tracer, Hydrogeologie

Zusammenfassung
Dank umfangreicher Vorarbeiten konnte 2008/2009 die Valser St. Paulsquelle gefasst und so eine der höchstgelegenen kommerziell genutzten Mineralwasserfassungen der Schweiz erstellt werden.
Das damit 2010 neu lancierte Mineralwasser «Valser Silence» weist mit einer Gesamtmineralisation von 220 mg/l im Vergleich zum klassischen Valser Mineralwasser eine deutlich geringere Mineralisation auf. Isotopen-hydrochemische Untersuchungen zeigen eine mittlere Verweilzeit des Wassers von 2–5 Jahren und ein Hauptinfiltrationsgebiet auf einer Höhenlage von 2100–2500 m ü. M. Intensive Validierungsuntersuchungen sowie Grundfluoreszenzanalysen zeigen eine überaus konstante und reine Qualität des gefassten Wassers, was insbesondere in Anbetracht der jahreszeitlichen Schüttungsschwankungen bemerkenswert ist.
Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Resultate der zur Evaluation und Fassung der St. Paulsquelle ausgeführten geologisch-hydrogeologischen Untersuchungen.

Résumé
Grâce aux vastes travaux préparatoires, la source «St. Paul» à Vals, une des plus hautes sources utilisées en Suisse, pouvait être captée pendant les années 2008/2009.
La nouvelle eau minérale «Valser Silence», provenant de cette source et lancée en 2010, montre une minéralisation totale de 220 mg/l et reste ainsi nettement inférieure à celle de l'eau minérale «Valser Classique». Les analyses hydro-chimiques révèlent une durée du séjour dans le sous-sol de 2 à 5 ans et une zone d'infiltration principale à une altitude de 2100 à 2500 m s. m. Des analyses de validation intensives ainsi que des analyses de fluorescence naturelles montrent une qualité d'eau très constante et pure. Ce fait est remarquable face aux fluctuations saisonnières du débit.
L'article donne un aperçu des résultats des études géologiques-hydrogéologiques réalisées en rapport avec l'évaluation et le captage de la source «St. Paul».

[1] Dr. Roland Wyss GmbH, Zürcherstrasse 105, 8500 Frauenfeld

1. Einleitung

Seit rund 50 Jahren wird in Vals kommerziell Mineralwasser abgefüllt. Das klassische Valser Mineralwasser wird im Tal mittels Bohrungen gefördert. Es stammt vornehmlich aus Trias-Aquiferen und weist beim Austritt eine Temperatur von rund 26°C und eine mittlere Mineralisation von 1870 mg/l auf.
Die verstärkte Nachfrage nach leichter mineralisiertem Wasser bewog die Valser Mineralquellen dazu, 2005 die Evaluation einer geeigneten Quelle auf dem Gemeindegebiet von Vals zu beauftragen. Fünf Jahre später, im Frühling 2010, konnte die Markteinführung des neuen Produktes «Valser silence» erfolgen. Das Wasser stammt aus der St. Paulsquelle, einem Quellhorizont im Gebiet Hüschi, an der westlichen Talflanke auf 1815 m ü. M. gelegen. Das hier gefasste Wasser weist eine sehr konstante Austrittstemperatur von 5°C und eine Mineralisation von 220 mg/l auf.

2. Geologischer Rahmen

Das Nord-Süd verlaufende Valsertal liegt im Südwestteil des Kantons Graubünden und ist steil in unterpenninische Kristallin- und Sedimentdecken eingeschnitten.
Im hintersten Valsertal liegen vorwiegend kristalline Gesteine der Adula-Decke vor, nördliche davon dominieren Bündnerschiefer und Marmore der Aul-, Grava- und Tomül-Decke sowie der Zone Piz Terri-Lunschania. In der Stirnzone der Adula-Decke, im Dorfbereich von Vals, stellen zudem die komplex verschuppten und verfalteten tektonischen

Einheiten der Unteren und Oberen Valser Schuppen den Übergang zwischen Kristallin- und Sedimentdecken dar. Dünne Trias-Züge oder -Schuppen mit Dolomit, Marmoren, Rauwacken, Quarziten und Phylliten können über weite Strecken als Decken trennende Einheit verfolgt werden. Teilweise erfolgt die tektonische Abgrenzung auch aufgrund von ophiolithischen Grüngesteinslagen (vgl. Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Vals mit Erläuterungen; Tektonische Karte der Schweiz, 1:500'000).

Die neu gefasste St. Paulsquelle liegt im Bereich der Oberen Valser Schuppen an der westlichen Talflanke, 570 m über dem Dorf Vals (Fig. 3). Als vorherrschende Festgesteine liegen hier, unter Hangschutt- und Moräneablagerungen, Bündnerschiefer (Kalkschiefer, Kalkphyllite, Quarzit, Marmor) mit Lagen ophiolithischer Grüngesteine vor (Nabholz 1985; Wyss & Isler 2007). Die darüber folgenden steilen Felswände des Piz Serenastga und des Piz Aul werden vorwiegend durch Marmore der Aul-Decke aufgebaut.

Die Gesteine der Oberen Valser Schuppen sind an der westlichen Talflanke als grossräumig versackt anzunehmen (Nabholz 1985). Anrissnischen von Sackungskompartimenten sind deutlich in den obersten Hangbereichen zu erkennen. Langjährige Vermessungsreihen lassen gemäss Unterlagen des Forstamtes Vals grossräumige Bewegungen von rund 1-2 cm/Jahr vermuten.

3. Untersuchungen zur Evaluation und Fassung der St. Paulsquelle

3.1 Evaluation

Aufgrund der im Jahre 2005 vorliegenden Unterlagen und ergänzender Kartierungen wurde für das Gemeindegebiet von Vals eine Evaluation möglicher Quellen ausgeführt. Kriterien waren im Wesentlichen: Distanz

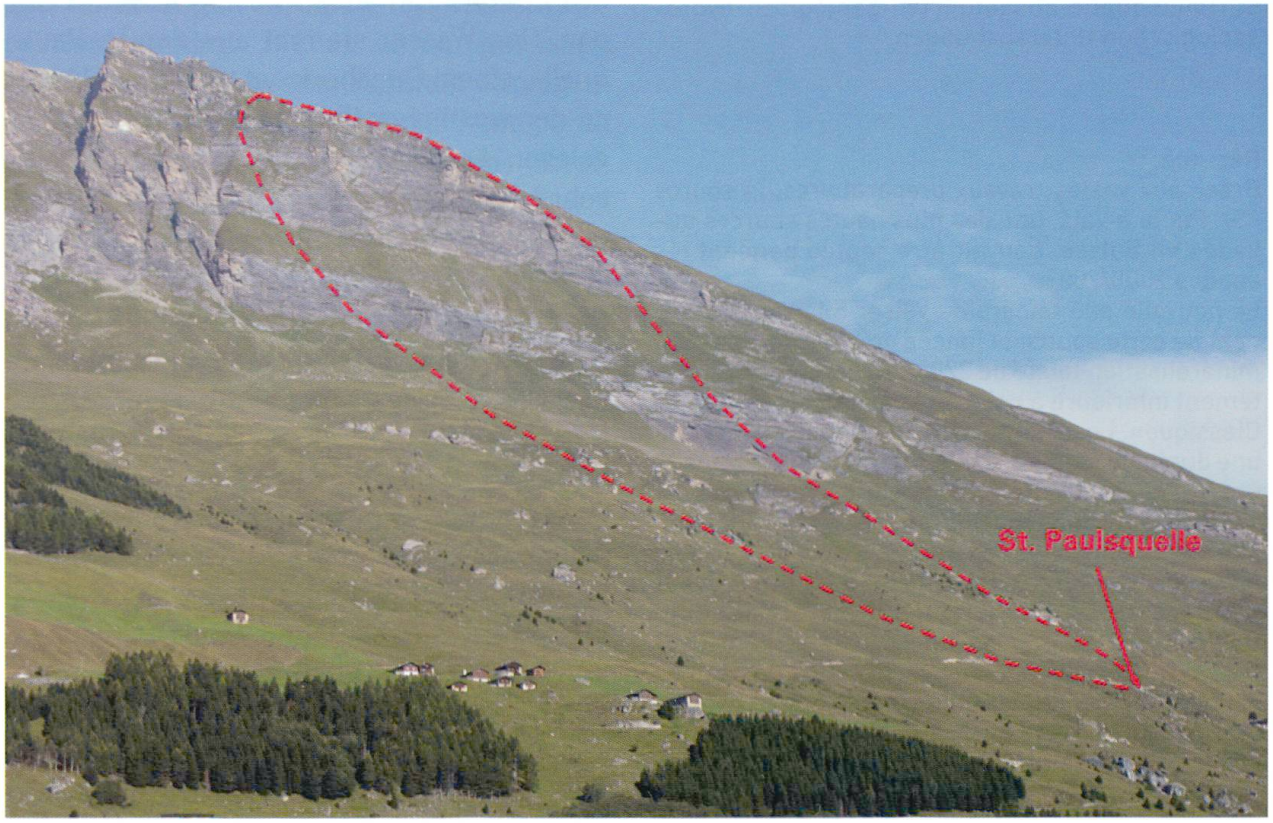


Fig. 1: Fernansicht der St. Paulsquelle und der darüber liegenden Hangbereiche, Blick Richtung Nord-Nordwest. (Rot: ungefähre Abgrenzung des anzunehmenden Einzugsgebietes).

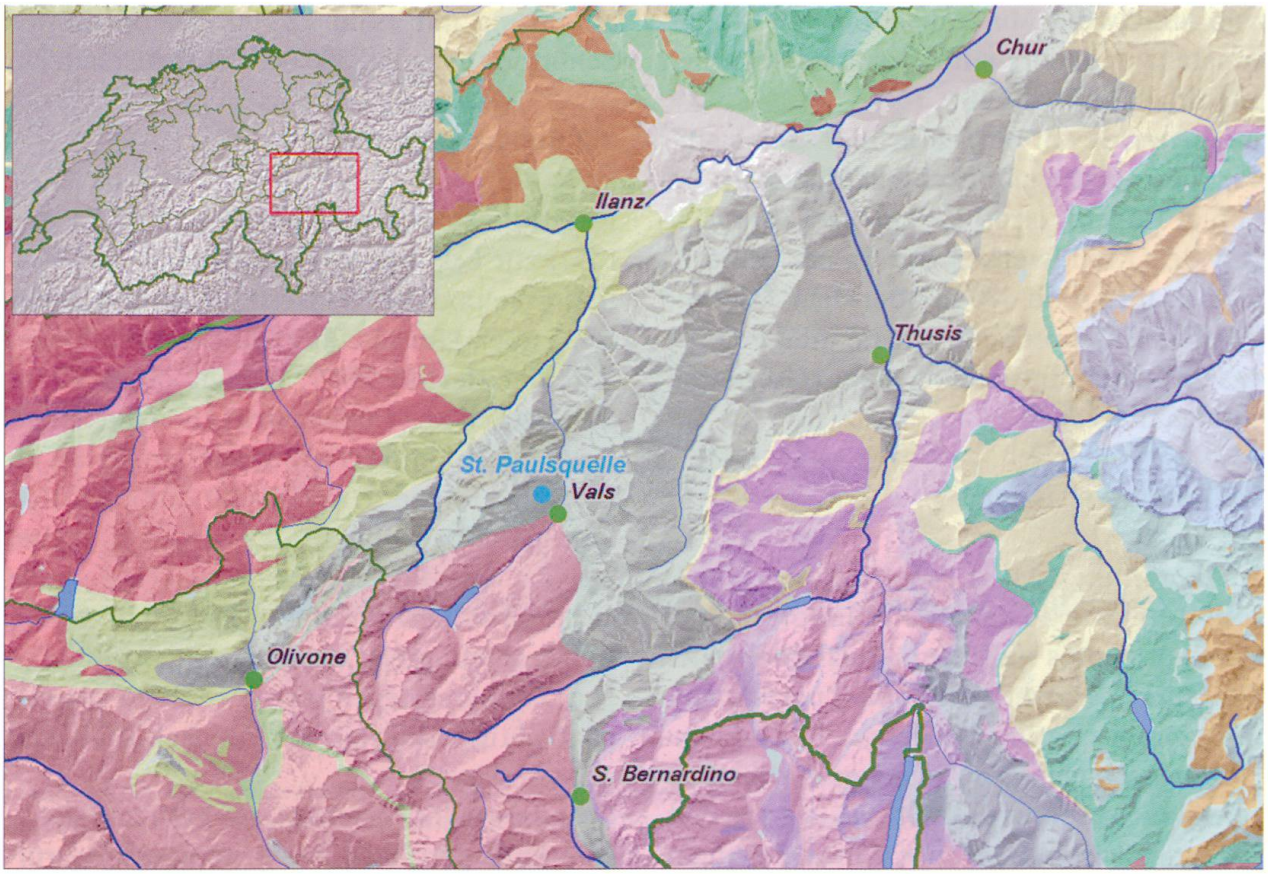


Fig. 2: Lage der St. Paulsquelle und tektonische Situation (Auszug aus: Tektonische Karte der Schweiz, 1:500'000, Vektorkarte). Hellrot südwestlich Vals: Adula-Decke; grau nordöstlich Vals: Unterpenninische Sedimentdecken inkl. Untere und Obere Valser Schuppen.



Fig. 3: Lage der neu gefassten St. Paulsquelle (Kartengrundlage reproduziert mit Bewilligung von swisstopo, BA110272).

zum Abfüllwerk, Mineralisation, Schüttungskonstanz und -minimum, Qualitätssicherheit und Erschliessbarkeit.
Die Kriterien am besten erfüllte der bisher nur marginal genutzte Quellhorizont im Gebiet Hüschi, circa 1.2 km westnordwestlich des Abfüllwerkes der Valser Mineralquellen und rund 570 m über dem Talgrund gelegen. Entsprechend wurde dieser Quellaustritt einer intensiven Langzeitüberwachung unterzogen.

3.2 Abflussverhalten

Zur kontinuierlichen Erfassung der Quellschüttung wurde circa 50 m unterhalb des Quellhorizontes im Hüschi-Bach über einen Zeitraum von zwei Jahren eine permanente Abflussmessstation betrieben. Periodische Einzelmessungen des Abflusses mittels Salzverdünnungsmethode wurden über den Zeitraum der kontinuierlichen Aufzeichnungen hinaus bis zur Fertigstellung der Fassung zu Kontrollzwecken ausgeführt (Fig. 4).
Die Schüttung zeigt einen deutlichen jahreszeitlichen Verlauf. Das Minimum wird im Frühling mit rund 150 l/min erreicht. Nach der Schneeschmelze tritt im Spätfrühling/Frühsommer ein starker und rascher Schüttungsanstieg auf Abflusswerte von bis zu 2'000-3'000 l/min ein. Ab Mitte Sommer findet ein genereller Schüttungsrückgang statt. Gelegentlich auftretende Zwischenmaxima sind auf kurzfristige, niederschlagsreiche Perioden zurückzuführen. Die Reaktionszeiten der Schüttung auf Niederschlagsperioden respektive Schneeschmelze variieren zwischen rund 3 Wochen und 2 Monaten. Die Jahresschüttung für das hydrologische Jahr 2006/07 kann aufgrund der Messungen mit rund 347'000 m^3 beziffert werden.
Aufgrund der Leerlaufkurven in den Wintern 2006/07 und 2007/08 kann der Auslaufkoeffizient α nach Maillet mit 0.013 respektive 0.008 bestimmt werden (Fig. 4). Dies entspricht gemäss K. U. Weyer (1972) einer Quelle mit mittlerer bis grosser Retention. Die abflussfähige Grundwassermenge ist bei niedriger Schüttung mit rund 22'000 m^3, bei hoher Schüttung mit rund 360'000 m^3 abzuschätzen.

3.3 Sondierbohrungen

Rotationskernbohrungen (Fig. 5, KB1 bis KB4) zur Erkundung der geologischen Verhältnisse und der Wasserführung im Nahbereich über dem Quellhorizont, ausgeführt im Sommer/Herbst 2007, zeigen circa 60 m nordöstlich des Quellaustritts den anstehenden Fels auf einer Tiefe zwischen 40-50 m. Darüber folgen rund 20–30 m mächtige Moräneablagerungen. Vorwiegend graue, stark siltig-sandige und sehr hart gelagerte Grundmoräneschichten wechseln mit sandig-kiesigen, meist braun-grauen Moränelagen. Zuoberst liegen hier rund 25 m vorwiegend siltig-sandig-kiesige Hangschuttablagerungen (Fig. 6).
Grundmoränehorizonte innerhalb der Hangschuttablagerungen lassen stellenweise rutschungsbedingte Umlagerungen vermuten. Als Gleithorizont liegen feinkörnige dichte Grundmoränelagen vor. Diese dürften auch die Basis grossräumigerer Rutschungen bilden (vgl. Fig. 9).
Die circa 10 m oberhalb des Quellhorizonts ausgeführten Bohrungen KB5 bis KB7 (Fig. 5) zeigen eine Rinnenstruktur in der Moräneoberfläche. Die darüber liegenden Hangschuttablagerungen sind im zentralen Bereich der Rinne an der Basis Wasser führend und weisen eine mittels 6-tägigem Lastpumpversuch ermittelte Transmissivität T von 5.5×10^{-2} m^2/s respektive eine spezifische Durchlässigkeit k_f von 4.2×10^{-2} m/s auf. Von den weiter entfernten Bohrungen KB1 bis KB4 reagierte lediglich KB3 mit einer schwachen Absenkung auf den Pumpversuch.

3.4 Geophysikalische Untersuchungen

Untersuchungen mittels geoelektrischer Tomographie und Georadar (Ausführung: Edi Meier + Partner AG) konnten über die Resultate der ersten Bohrungen KB1 bis KB4 referenziert werden und sollten ein besseres

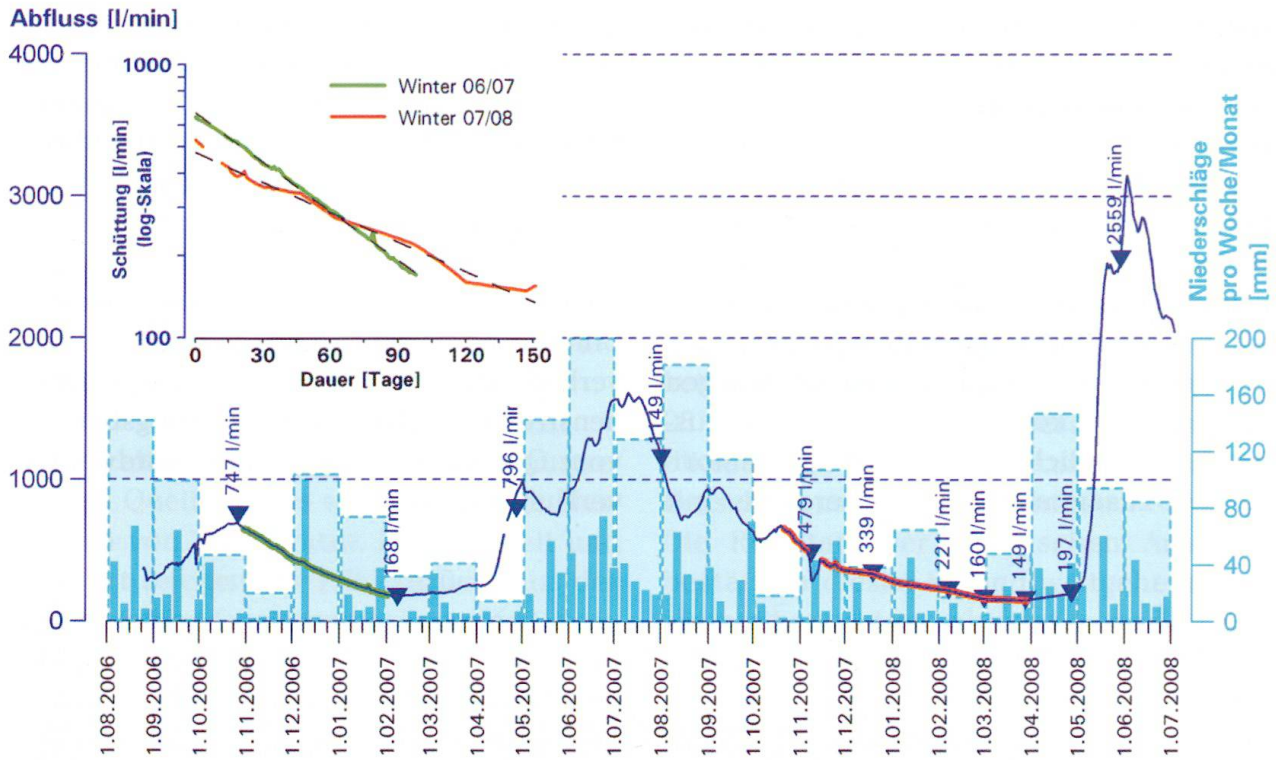


Fig. 4: Resultate der kontinuierlichen Abflussmessungen der Jahre 2006–2008 mit Auswertung der Leerlaufkurven sowie einzelnen Kontrollmessungen mittels Salzverdünnungsmethode (Dreiecke) und Niederschlagsdaten der Station Vals, MeteoSchweiz. (Grün und orange: Leerlaufkurven der Winter 2006/2007 respektive 2007/2008).

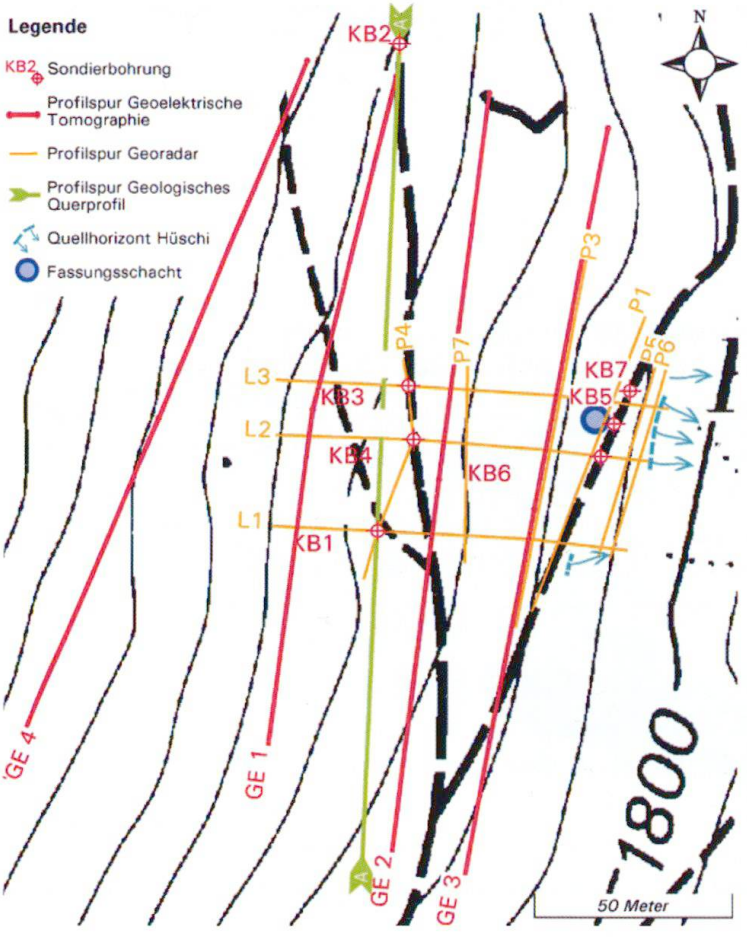


Fig. 5: Situation der Sondierungen (Bohrungen und Geophysik) im Nahbereich über dem Quellhorizont sowie Profilspur A-A' des geologischen Querprofils in Fig. 6 (Kartengrundlage reproduziert mit Einwilligung ALG vom 5.5.2011).

räumliches Verständnis des nahen Zuströmbereiches der Quelle sowie eine Optimierung der nachfolgenden Bohrungen ermöglichen.

Die Resultate der geoelektrischen Tomographie (Fig. 7) zeigen in den tieferen Bereichen (bis rund 30 m) eine Korrelation der dichten Grundmoränelagen mit Zonen von geringem Widerstand (blau). Markante oberflächennahe Zonen mit geringen Widerständen liegen im Süden und könnten mit den Wasseraustritten im südlichen Bereich des Quellhorizontes zusammenhängen. Bereiche mit hohen Widerständen (orange-braun) werden als trockener Hangschutt interpretiert. Eindeutige Hinweise bezüglich des Aquifers, welcher die Hauptaustritte des Quellhorizonts speist, konnten mit dieser Methode jedoch nicht erbracht werden.

Die Georadaraufnahmen, welche bis in eine Tiefe von rund 15 m Aufschlüsse über den Untergrund liefern, zeigen in den Nord-Süd verlaufenden Profilen Hinweise auf eine Rinnenstruktur, welche im Sondierungsbereich vom Quellhorizont aus nach Nordwesten verläuft (Fig. 8).

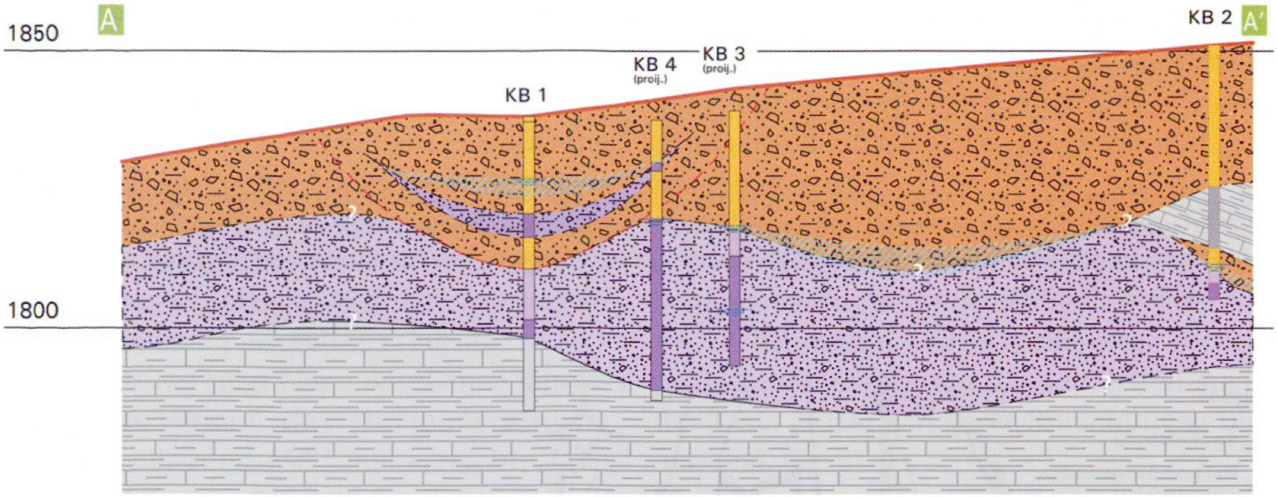


Fig. 6: Geologisches Profil, hangquerend circa 60 m über der Fassung der St. Paulsquelle. (Braun: Hangschutt; violett: Moräne; grau: Bündnerschiefer).

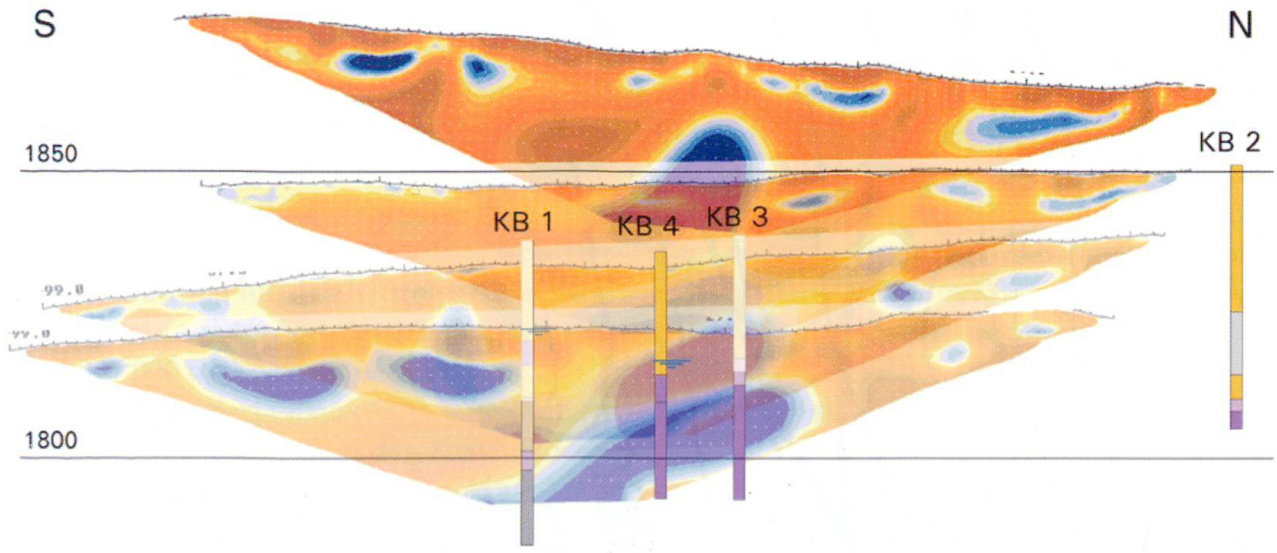


Fig. 7: Räumliche Ansicht der Profile der geoelektrischen Tomographie, Spuren GE1 bis GE4 mit Bohrprofilen KB1 bis KB4 (vgl. Situation in Fig. 5). (Blau: geringer Wiederstand [ca. 200–350 Ohm.m], braun: hoher Wiederstand [ca. 1000–1500 Ohm.m]).

Diese Struktur stellt möglicherweise eine ehemalige Rinne der Hangentwässerung dar oder kann durch eine kleinräumige frühe Rutschung erzeugt worden sein. Sie dürfte den räumlich klar begrenzten Austritt des Quellwassers als Quellhorizont verursachen.

3.5 Chemische und mikrobiologische Analysen

Vereinzelte Analysen des natürlich austretenden Quellwassers sowie manuelle Messungen von Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert reichen bis 1994 zurück. Aus der neu erstellten Quellfassung liegen seit Januar 2009 regelmässig Analysen von Wasserproben vor. Nach definitiver Installation des Leitungs- und Regelungssystems werden ab Herbst 2009 kontinuierlich die Parameter Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert, Trübung sowie die Entnahmemenge vor Ort mittels Messsonden erhoben. Die Analyse der wesentlichen chemischen und mikrobiologischen Grundparameter erfolgte an wöchentlich entnommenen Wasserproben. In monatlichen bis halbjährlichen Perioden wurden Analysen mit ausführlicheren Parameterlisten in Abstimmung mit den gesetzlichen Vorgaben durchgeführt.

Die Messergebnisse der kontinuierlichen Aufzeichnungen sowie der Einzelmessungen zeigen für den Beobachtungszeitraum von Oktober 2009 bis Oktober 2010 bezüglich der Temperatur einen Schwankungsbereich von 4.8–5.1 °C und hinsichtlich der Leitfähigkeit eine Variation von 266–272 µS/cm (T_{ref} = 25 °C). Dies entspricht, insbesondere im Hinblick auf die starken Schüttungsunterschiede, sehr konstanten Verhältnissen.

Die Resultate der chemischen Analysen bestätigen diesen Befund weitgehend. Die Messreihen weisen, abgesehen von vereinzelten Messungen, einen Schwankungsbereich von bis zu 20% auf. Insbesondere liegen sämtliche Werte belastungsrelevanter chemischer Analyseparameter deutlich unter den massgebenden gesetzlichen Grenz- oder Richtwerten respektive sogar meist unter der jeweiligen Nachweisgrenze.

Im Wasser der St. Paulsquelle sind weder Eisen noch Mangan gelöst, die geringe natürliche α-Aktivität liegt auf einem sehr tiefen Niveau von 5 Bq/l. Sämtliche direkt von der

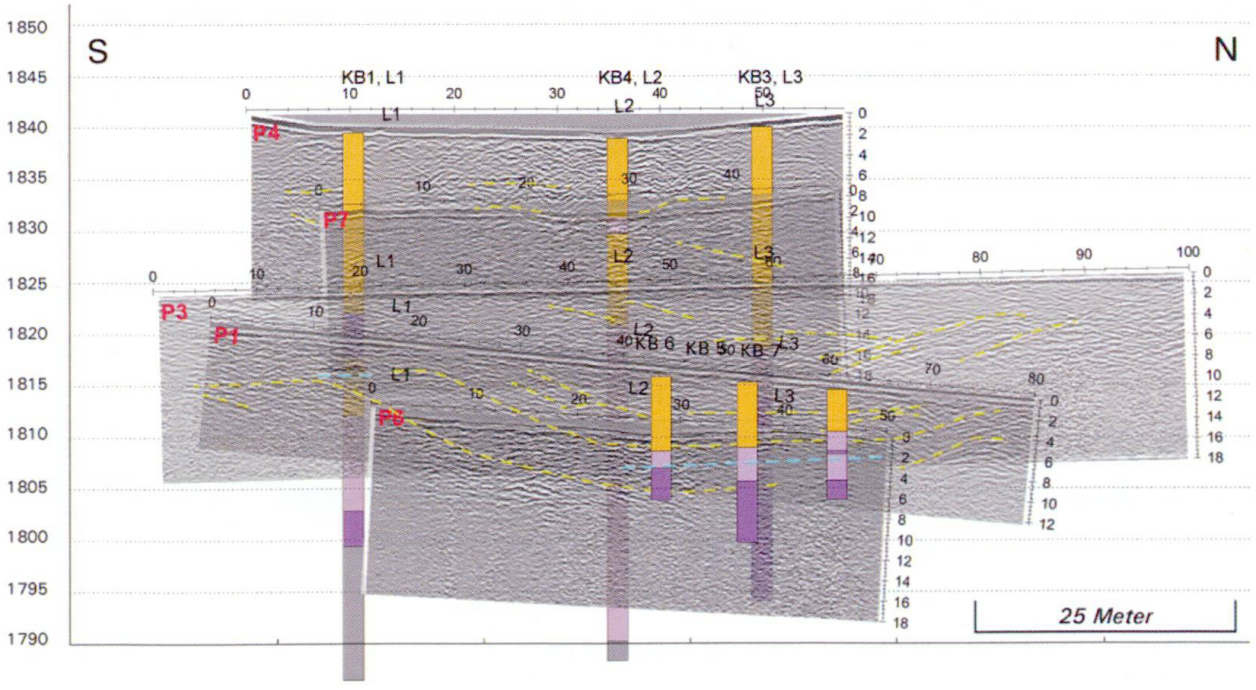


Fig. 8: Räumliche Ansicht der Nord-Süd verlaufenden Georadarprofile mit Profilen der Sondierbohrungen (vgl. Situation in Fig. 5). (Gelb: Interpretierte Strukturen, blau: Niveau und Ausdehnung Quellhorizont).

neuen Quellfassung entnommenen Wasserproben ergaben bei den mikrobiologischen Untersuchungen bezüglich der gesetzlichen Anforderungen sehr gute Resultate.
Aufgrund der ausgeführten Analysen kann das gefasste Wasser der St. Paulsquelle als ursprünglich rein bezeichnet werden und ist als Calcium-Hydrogencarbonat-Wasser zu klassieren. Gemäss Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser, kann es als «Natürliches Mineralwasser mit geringem Gehalt an Mineralien» bezeichnet werden.

3.6 Isotopenanalysen

Eine erste ausführliche Analyse von Umwelt-Isotopen des Quellwassers erfolgte an im September 2006 vom natürlichen Quellhorizont entnommenen Wasserproben. Der Quellabfluss lag zur Zeit der Probennahme mit rund 400 l/min auf einem eher tiefen Niveau. Von früheren Untersuchungen (Hartmann 1998) liegen aus den Jahren 1994–1996 weitere Daten zu Sauerstoffisotopen sowie allgemeinen hydrochemischen Parametern aus unterschiedlichen Jahreszeiten vor.
Am 10. Juni 2009 wurden erstmals von der neu erstellten Quellfassung Proben für ausführliche Analysen von Umwelt-Isotopen (^{3}H, ^{85}Kr, ^{18}O, ^{2}H, ^{13}C, ^{14}C, ^{34}S) und Spurengasen (SF_6, FCKW: F11, F12, F113) entnommen (Hydroisotop GmbH, Schweitenkirchen). Der Quellabfluss war zu diesem Zeitpunkt infolge vorangehender Schneeschmelze mit rund 2'500 l/min sehr hoch. Die Analyseresultate (Tab. 2) sind, unter Einbezug sämtlicher bisheriger Daten, wie folgt zusammenzufassen:

- Die bisherigen Analysen von 1994 bis 2009 zeigen insgesamt stabile Verhältnisse hinsichtlich Mineralisation und Alterszusammensetzung des Quellwassers.

Kationen			**Anionen**		
Lithium	Li^+	<0.005	Fluorid	F^-	<0.02
Natrium	Na^+	0.3	Bromid	Br^-	<0.05
Kalium	K^+	0.2	Chlorid	Cl^-	<1.0
Ammonium	NH_4^+	<0.02	Iodid	I^-	<0.005
Magnesium	Mg^{2+}	1.4	Nitrit	NO_2^-	<0.005
Calcium	Ca^{2+}	51.3	Nitrat	NO_3^-	1.8
Strontium	Sr^{2+}	0.21	Hydrogencarbonat	HCO_3^-	153
Mangan	Mn^{2+}	<0.002	Carbonat	CO_3^{2-}	<3
Eisen	Fe^{2+}	<0.005	Sulfat	SO_4^{2-}	8.5
			Hydrogensulfid	HS^-	<0.005
			Hydrogenphosphat	HPO_4^{2-}	<0.04
Summe gelöster Mineralstoffe					**220**
Gelöste Gase			**Undissoziierte Bestandteile**		
Sauerstoff	O_2	9.96			
Kohlendioxid	CO_2	8	m-Kieselsäure	H_2SiO_3	3.06
Schwefelwasserstoff	H_2S	<0.005	Borsäure	HBO_2	<0.08

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung des gefassten Wassers der St. Paulsquelle am 1.12.2009. (Auszug aus der ausführlichen Analyse des SGS Institut Fresenius, Angaben in mg/l).

- Die Daten für $\delta^{18}O$, ^{3}H, $\delta^{2}H$, ^{85}Kr, ^{14}C, SF_6 und FCKW-Spurengase (F11, F12, F113) weisen insgesamt auf eine mittlere Verweilzeit des Quellwassers von 2-5 Jahren und auf ein hauptsächliches Neubildungsgebiet in einer mittleren Höhenlage zwischen rund 2100 und 2500 m ü. M. hin.
- Der relativ geringe ^{3}H-Gehalt könnte auf eine stärkere Betonung von Winterniederschlägen im Quellwasser zurückzuführen sein.
- Zeitweise lokale, schnell abfliessende Oberflächenkomponenten im Quellwasser können, trotz der längeren mittleren Verweilzeit, nicht völlig ausgeschlossen werden.

3.7 Tracerversuche

Zur Untersuchung von Infiltrationsbereichen und Fliesswegen respektive -zeiten wurden im Einzugsgebiet in zwei Versuchsetappen insgesamt 7 Fluoreszenz-Tracer sowie ein Salz-Tracer eingesetzt.
Im Frühling 2009 wurden direkt nach der Schneeschmelze im näheren Einzugsgebiet bei einer maximalen Distanz zur Quellfassung von 430 m die sechs Fluoreszenz-Tracer Na-Naphtionat, Duasyn, Uranin, Eosion, sowie Sulforhodamine G und B in Gesamtmengen von jeweils 300-800 g in unterschiedlichen Geländebereichen an jeweils vier Stellen in den Untergrund eingespült. Ziel des Versuchs war die Prüfung und allfällige Lokalisierung präferenzieller Infiltrationszonen und entsprechender Abflusspfade im näheren Einzugsgebiet im Hinblick auf eine Schutzzonenausscheidung.
Im Frühherbst 2009 erfolgte eine zweite Tracer-Eingabe im entfernteren Einzugsgebiet bis zu einer Distanz von 1'100 m von der Fassung. Die höchstgelegenen Eingabestellen lagen auf 2340 m ü. M. direkt unter den steilen Felswänden des Piz Serenastga. Es wurden einerseits nochmals die Tracer Uranin und Eosin sowie Pyranin in, im Vergleich zum ersten Versuch, deutlich höheren Gesamtmengen von 2'000-2'250 g an jeweils 7-10 Stellen in den Untergrund eingespült. Ziel war die Untersuchung allfälliger schneller Abflusspfade zur Quellfassung aus weiter entfernten Infiltrationsbereichen. Des weiteren wurde als Referenzversuch an vier Eingabestelle 110 m von der Fassung entfernt insgesamt 50 kg des Salz-Tracers KCl eingesetzt.
Die Analysen mittels Spektrofluorophotometer (Nano Trace Technologies, Worben) ergaben für die vor Versuchsbeginn entnommenen Referenzproben aufgrund der sehr reinen Qualität des Quellwassers vergleichsweise niedrige Nachweisgrenzen. Diese reichen für die Tracer Duasyn, Uranin, Eosion sowie Sulforhodamine G und B von 1-10 ppt, für Pyranin bis 142 ppt und für Na-Naphtionat bis 606 ppt. Die Bedingungen für einen Tracernachweis waren somit ideal.
Bis zum Frühsommer 2010 wurde das gefasste Quellwasser laufend beprobt und analysiert. Innerhalb der rund 15 Monate seit der ersten Eingabe respektive der rund 11 Monate nach der zweiten Tracereingabe sind keine Spuren der Tracer detektiert worden. Die Untersuchungen werden fortgeführt.

	^{3}H	^{85}Kr	$\delta^{18}O$	$\delta^{2}H$	$\delta^{13}C$-DIC	^{14}C	$\delta^{34}S$-SO_4	$\delta^{18}O$-SO_4
	Tritium	Krypton-85	Sauerstoff-18	Deuterium	Kohlenstoff-13	Kohlenstoff-14	Schwefel-34	
	[TU]	[dpm/mgKr]	‰	‰	‰	‰-modern	‰	‰
10.6.2009	5.8 ± 0.7	84.1 ± 3	-13.53	-97.7	-9.7	70.4 ± 2.5	-11.1 ± 1.0	-0.5 ± 0.2
12.9.2006	7.2 ± 0.4		-14.24	-103.1	-10.8	69.1 ± 0.9	-4.3	-4.8
1994–1996			-13.8 bis -14.3	-97				

Tab. 2: Zusammenstellung der Isotopendaten des Wassers der St. Petersquelle. (Probenahme bis 2006 ab Quellhorizont, 2009 aus neuer Quellfassung).

3.8 Ökologische Beurteilung

Die eidgenössische und kantonale Gesetzgebung verlangt eine ökologische Beurteilung des durch die Quellfassung verursachten Eingriffs. Es erfolgten hierzu die Aufnahme von Flora und Fauna in den Quellfluren unterhalb des betroffenen Quellhorizontes und entlang des betroffenen Hüschi-Baches sowie hydrologische Untersuchungen im Hinblick auf die Festsetzung von Restwassermengen. Als zentral für den Schutz von Flora und Fauna zeigte sich die Gewährleistung minimaler Restwassermengen, insbesondere bei geringer Quellschüttung. Aufgrund der mehrjährigen Abflussmessungen konnten die zu gewährleistenden Restwassermengen zuverlässig bestimmt werden. Die Überwachung des verbleibenden Quellabflusses erfolgt über eine permanente Grundwasserpegel-Messsonde in der Sondierbohrung KB5, welche zwischen der Quellfassung und dem Quellhorizont liegt. Die Korrelation von Wasserstand und Abfluss erfolgt über referenzierende Abflussmessungen mittels Salzverdünnung. Auf diese Weise kann bei der Steuerung der Entnahme die notwendige Restwassermenge jederzeit berücksichtigt werden.

4. Hydrogeologisches Modell

4.1 Einzugsgebiet

Unter Berücksichtigung der jährlichen Niederschläge von 1067 mm (Jahre 2006/07) und einer mittleren Verdunstungsrate von 320 mm wird die Einzugsgebietsgrösse der St. Paulquelle mit rund 0.5 km^2 abgeschätzt, wobei Oberflächenabflüsse aus dem Einzugsgebiet vollständig mit den ausgeführten Abflussmessungen berücksichtigt werden. Die Abgrenzung eines Einzuggebietes mit entsprechender Grösse reicht bis zur Krete des Bergkammes des Piz Serenastga (Fig. 1).

4.2 Geologie

Der lithologische Aufbau im Einzugsgebiet der St. Paulsquelle ist geprägt durch oberflächlich versackte Bündnerschiefer und Grüngesteine der Oberen Valser Schuppen. Diese Festgesteine sind bedeckt mit teilweise dicht gelagerten Moräne- und zuoberst mit blockigen Hangschuttablagerungen. Dichte Grundmoräneschichten dürften gegen das obere Einzugsgebiet hin dünner ausgebildet sein respektive bereichsweise gänzlich fehlen. Die Lockergesteinsablagerungen können teilweise verrutscht sein. Die im obersten Einzugsgebiet liegenden steilen und zum Teil zerklüfteten Felswände werden vorwiegend durch massige Marmore, in geringem Mass auch durch Grüngesteine der Aul-Decke aufgebaut.
Die Morphologie zeigt, auf dem digitalen Geländemodell DTM-AV gut ersichtlich (Fig. 9), unter dem Quellhorizont deutlich grossflächige alte Rutschungsstrukturen mit parabolischen Anrissnischen und einem konkaven Ablagerungsbereich am Hangfuss. Diese postglazialen Rutschungen, verursacht durch lang anhaltende Wasserzutritte, dürften die Hangschuttablagerungen und die obersten Moräneablagerungen erfasst haben. Als Gleithorizont können dicht gelagerte Grundmoräneablagerungen gedient haben. Der Quellhorizont der St. Paulsquelle stellt den obersten und wahrscheinlich hauptsächlichen Verursacher für diese Rutschungen dar.

4.3 Fliesswege

Das anzunehmende Einzugsgebiet der St. Paulsquelle verfügt über keine oberflächliche Entwässerung.
Als gut Grundwasser leitende Schichten liegen einerseits die versackten Partien der Bündnerschiefer/Grüngesteine vor, in denen Wasser entlang von Klüften und Rissen abfliessen kann. Andererseits weisen die Hangschuttablagerungen mässig gute bis bereichsweise sehr gute Durchlässigkeiten

auf. Innerhalb der Hangschuttablagerungen können, insbesondere entlang von ehemaligen Entwässerungsrinnen, die im Hangfallen ausgerichtet sind, gute Durchlässigkeiten vorliegen. Durch diese können grössere Bereiche drainiert werden. Weiter tragen auch grobkörnigere oder oberflächlich aufgelockerte Moränelagen zum Grundwasserabfluss bei. Kompakte Bündnerschiefer und Grüngesteine sowie dicht gelagerte Moräne wirken generell als Grundwasserstauer. Lagen- respektive zonenweise kann jedoch auch hier, wie Bohrbefunde zeigen, eine Wasserführung untergeordneter Bedeutung vorliegen.

Die Isotopen-Analysen legen ein hauptsächliches Neubildungsgebiet in einer Höhenlage von 2100–2500 m ü. M. nahe. Hier kann eine rasche Infiltration insbesondere in die versackten Felsbereiche entlang hangquerender Anrisszonen, welche morphologisch zum Teil deutlich ausgebildet sind, erfolgen. Ein wichtiger Eintrag stellt dabei die Infiltration von Schmelzwasser im Frühling dar, ebenfalls widergespiegelt im Befund der stärkeren Betonung der Winterniederschläge aufgrund der Tritium-Analysen. Der schnelle Abfluss aus der obersten steilen Gipfelzone des Einzugsgebietes bewirkt eine weitere Konzentration der Infiltration in diesem Bereich. Weitere flächenhafte Infiltration erfolgt im gesamten mit Lockergesteinen bedeckten Einzugsgebiet über die Hangschuttablagerungen bis in Tiefenlagen, in denen Grundwasser stauende Moräne- oder evtl. Felsschichten auftreten. Diese sind in Tiefen von einigen 10-er Metern anzunehmen. Für das flächenhafte Durchsickern dieser Lockergesteinsschicht wird eine Sickergeschwindigkeit im Bereich von 1 dm/Tag und daraus folgend ein Zeitbedarf von etlichen Monaten bis zu einem Jahr als realistisch betrachtet. Dabei ist in der Vegetationsperiode nur bei längeren nieder-

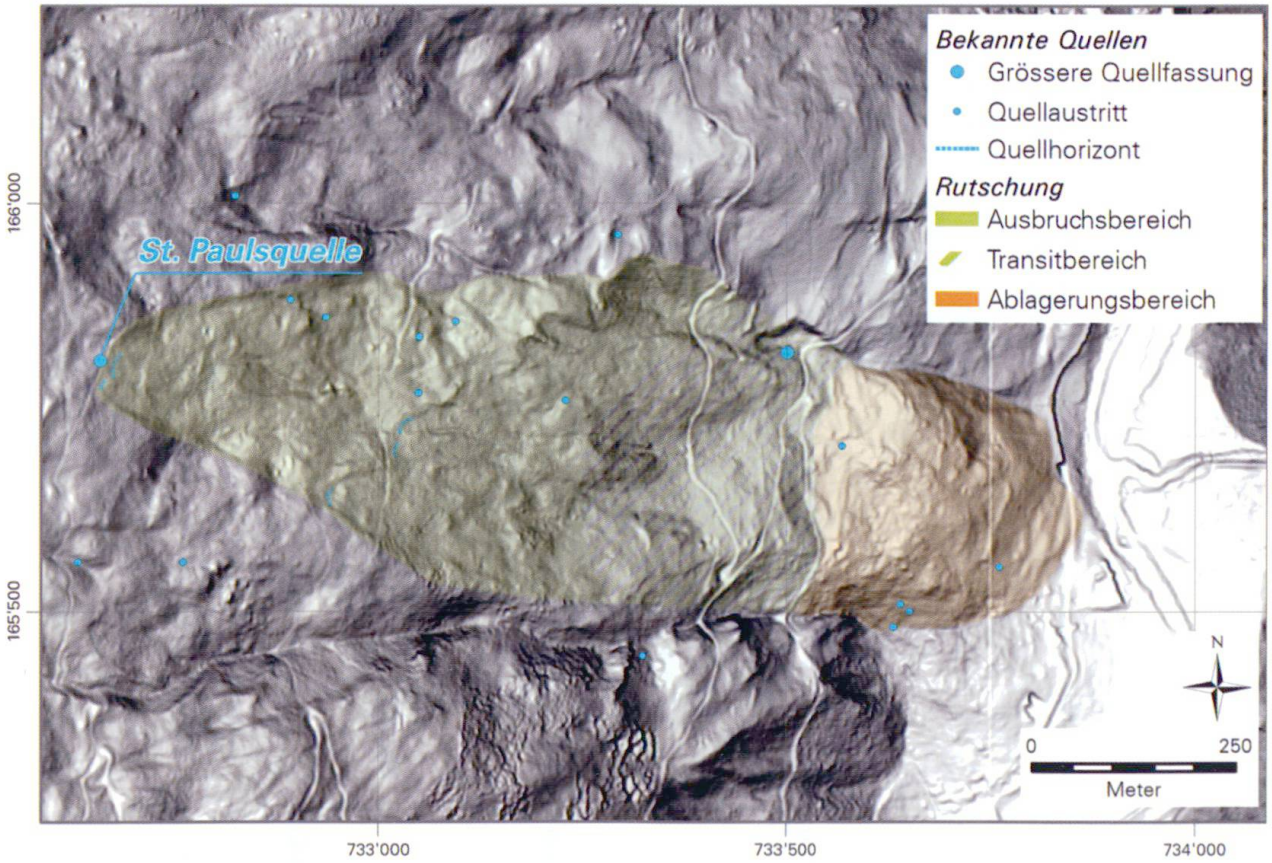


Fig. 9: Digitales Höhenmodell DTM-AV mit Abgrenzung der mitunter durch den Quellaustritt «Hüschi» verursachten Rutschung (Kartengrundlage reproduziert mit Einwilligung ALG vom 5.5.2011).

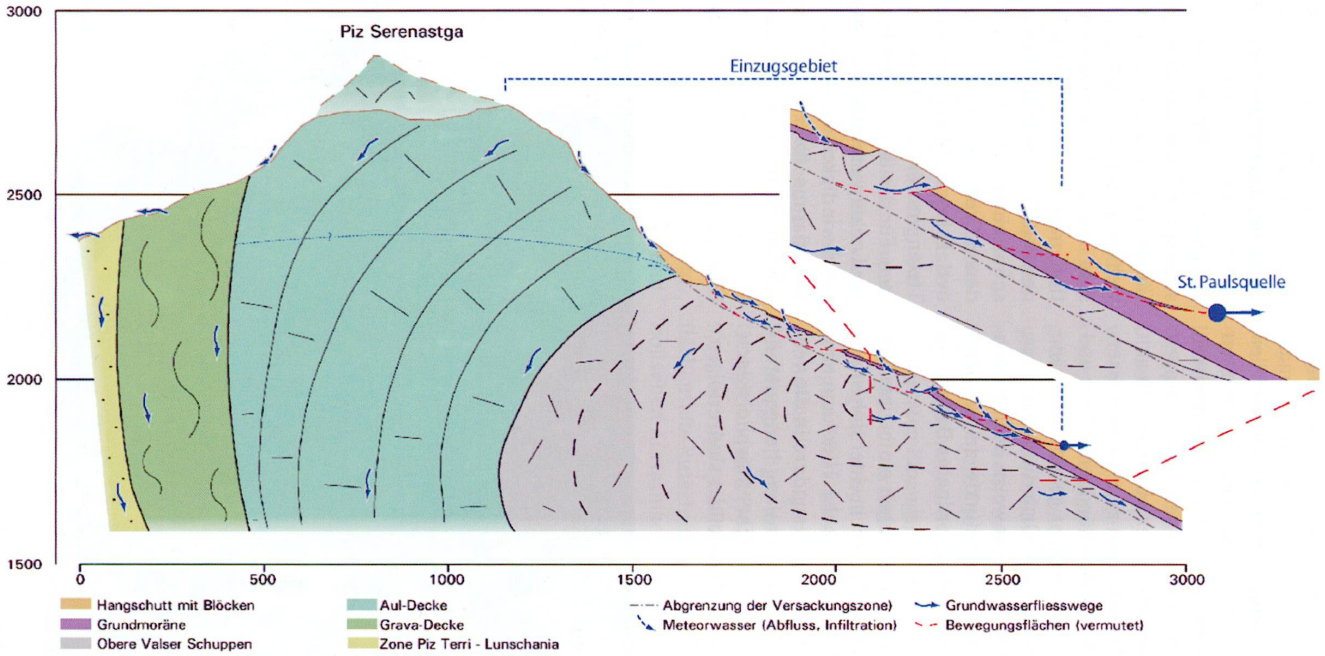


Fig. 10: Geologisches Modell des Einzugsgebietes der St. Paulsquelle mit anzunehmenden Fliesswegen.

schlagsreichen Perioden mit infiltrierendem Niederschlagswasser zu rechnen. Bei Schneebedeckung im Winter findet gar keine Infiltration statt. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sind Verweilzeiten des Wassers im Bereich von einem bis mehreren Jahren, wie dies auch die Resultate der Isotopenuntersuchungen und der Tracer-Versuche nahe legen, plausibel.

Als Quellwasserreservoire werden in erster Linie die Sackungsbereiche sowie die unterste Lage der Hangschuttablagerungen betrachtet. Unter Annahme einer mittleren nutzbaren Porosität des Reservoirs von rund 15% lassen sich für die abgegrenzte Einzugsgebietsteilfläche mit Lockergesteinsbedeckung/Sackung von rund 360'000 m^2, unter Berücksichtigung der abflussfähigen Grundwassermengen, die durchschnittliche Mächtigkeit der Wassersättigung bei niedriger Schüttung mit rund 0.4 m und bei hoher Schüttung mit rund 7 m abschätzen. Als weiteres Reservoir ist aufgrund der tektonischen Situation die Aul-Decke nicht auszuschliessen. Bei vollständiger Sättigung bis auf eine Höhenkote von rund 2400 m ü. M. und gegebener Durchlässigkeit/Klüftigkeit wäre eine seitliche Infiltration in den Sackungsbereich der Oberen Valser Schuppen nicht auszuschliessen (Fig. 10). Direkte diesbezügliche Hinweise liegen jedoch zurzeit nicht vor.

Im Nahbereich des Quellhorizontes «Hüschi» verläuft die Wasserführung in den Hangschuttablagerungen und den darunter folgenden, obersten aufgelockerten Moräneablagerungen. Dicht gelagerte Moränelagen bilden einen deutlichen Stauhorizont. Das Quellwasser wird auf der Oberfläche der dicht gelagerten Moräneablagerungen in einer Rinnenstruktur kanalisiert, deren Verlauf aufgrund geophysikalischer Untersuchungen (Georadar) in nordöstlicher Richtung vermutet wird. Der als Schichtquelle zu bezeichnende natürliche Quellhorizont wurde durch die weiter oben beschriebene grossräumige Rutschung freigelegt. Damit das in den versackten Bündnerschiefern zirkulierende Wasser dem Quellhorizont zufliessen kann, muss es in die oberflächennahen Hangschuttablagerungen aufstossen können. Dies kann einerseits in Bereichen mit fehlenden dichten Moräneablagerungen oder entlang von Rutschungs- oder Sackungsflächen, welche die dichten Schichten durchtrennen, erfolgen.

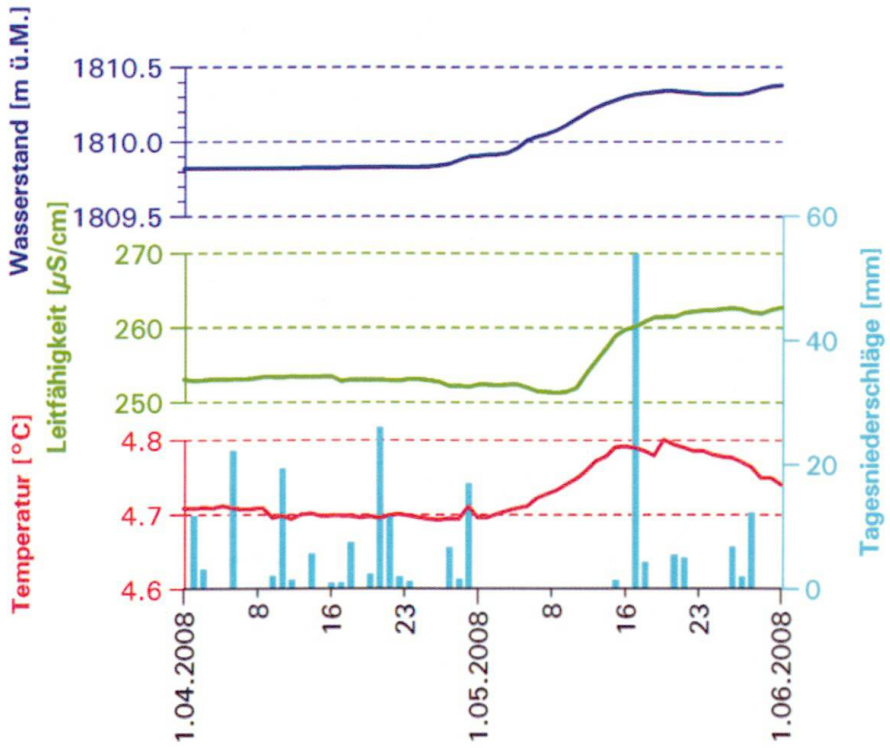


Fig. 11: Messung von Pegel, Leitfähigkeit und Temperatur im Aquifer über dem Quellhorizont.

4.4 Schüttungsdynamik und Vulnerabilität

Die Abflussmessungen zeigen Reaktionszeiten auf niederschlagsreiche Perioden respektive auf die Schneeschmelze von mehreren Wochen bis wenigen Monaten (Fig. 4). Die relativ grossen Schüttungsschwankungen im Jahresverlauf kontrastieren deutlich zu den sehr konstanten qualitativen Verhältnissen am Quellaustritt.

Aufgrund der bisherigen Untersuchungen liegen keine Hinweise auf sehr schnelle Fliesswege von Niederschlags- oder Schmelzwasser zur Quelle vor. Die markanten Schüttungsschwankungen können mit Druckänderungen im Quellwasserreservoir erklärt werden (Piston-Effekt). Mit einem Druckanstieg wird dabei älteres Wasser im untersten Reservoirbereich ausgestossen. Zentrale Bedeutung hat in diesem Zusammenhang der versackte Felsbereich als ein Kluftaquifer, in welchem sich durch die Überlagerung abdichtender Moräneschichten ein Druck aufbauen kann. Es wird angenommen, dass dieses Reservoir wesentlich für die Schüttungsschwankungen verantwortlich ist und die Hangschuttablagerungen als Lockergesteinsaquifer ein Reservoir mit kontinuierlicherem Grundabfluss darstellt. Ein weiterer Hinweis auf das Wirken des Piston-Effekts zeigen Pegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen im Aquifer direkt über dem Quellaustritt (Fig. 11). Bei erhöhtem Grundwasserpegel, der einem erhöhten Quellabfluss entspricht, treten leicht zeitverzögert gering erhöhte Leitfähigkeits- und Temperaturwerte auf. Dies kann mit einem grösseren Anteil an älterem, etwas wärmerem und höher mineralisiertem Wasser erklärt werden.

Aufgrund der Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen kann von einem gut geschützten Grundwasservorkommen respektive von einer geringen Vulnerabilität ausgegangen werden.

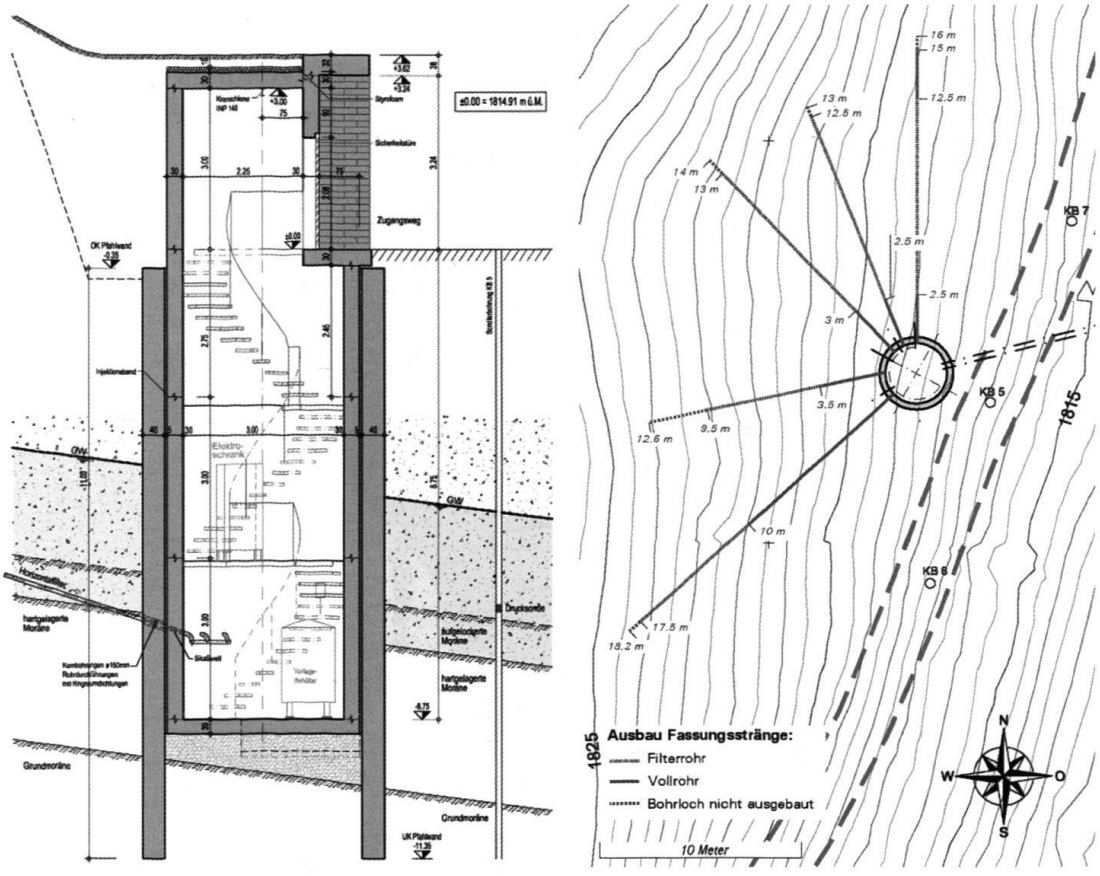


Fig. 12: Querschnitt durch den Fassungsschacht im Hangfallen (Plan: Straub AG, Chur) und Lage der Fassungsstränge.

5. Die Quellfassung

Um eine Beeinträchtigung von Quellhorizont und Quellflur zu vermeiden und das Quellwasser möglichst direkt zu erschliessen, erfolgte die Fassung des Quellwassers durch subhorizontale Bohrungen. Diese wurden von einem 15 m über dem Quellhorizont liegenden und rund 9 m tiefen Fassungsschacht aus in den Anströmbereich vorgetrieben.
Der runde Fassungsschacht mit einem Aussendurchmesser von 4.5 m wurde als überschnittene Pfahlwand ausgeführt. Die Pfahlbohrungen von 0.4 m Durchmesser sind mit einer Länge von 11 m bis in die dichten Grundmoräneablagerungen vorgetrieben worden. Die Ausführung der radialen, leicht steigenden Fassungsbohrungen von 13-18 m Länge erfolgte nach Aushub des Schachtes. In die Bohrungen wurden 2"-Edelstahlverrohrungen mit Wickeldrahtfilter eingebaut. Der nachfolgende Innenausbau des Schachtes weist einen Innendurchmesser von 3 m auf (Fig. 12). Für das darüber liegende Quellhaus waren besondere Anforderungen in Bezug auf Lawinensicherheit und Zugänglichkeit im Winter zu erfüllen.
Die Installationen in der Quelle erlaubt eine direkte Regulierung der Abflüsse aus den einzelnen Fassungssträngen sowie ein freies Abfliessen des Quellwassers in einem abgeschlossenen Leitungssystem. Die Parameter Temperatur, Leitfähigkeit, pH, Druck, Trübung und Schüttung werden vor Ort kontinuierlich überwacht (Fig. 13). Zwei der fünf Fassungsstränge dienen der Versorgung der nahe gelegenen Alphütten. Das Wasser aus den drei anderen Fassungsrohren, welche zur Mineralwassernutzung verwendet wird, fliesst frei vom Zwischenspeichertank im Fassungsschacht über eine 1.5 km lange, neu verlegte Edelstahl-Leitung zur rund 570 Höhenmeter tiefer gelegenen Produktionsanlage im Tal.
Für die Produktion ist, unter Berücksichtigung der erforderlichen Restwassermengen, eine bedarfsorientierte Entnahme zwischen rund 80 l/min und 500 l/min möglich. Damit ist eine jährliche Produktion von rund 130'000 m^3 Mineralwasser realisierbar.

6. Schlussbemerkungen

Mit der Fassung der St. Paulsquelle ist es gelungen, ein qualitativ hochwertiges Mineralwasser neu zu erschliessen, welches auch angesichts der beachtlichen jahreszeitlichen Schwankungen von ausserordentlicher qualitativer Konstanz ist. Intensive chemische Validierungsanalysen sowie die Fluoreszenzanalytik zeichnen das Bild eines sehr reinen Wassers ohne anthropogene Beeinflussungen.
Umfangreiche Voruntersuchungen ermöglichten eine optimale Planung des Fassungsbauwerks und eine gute Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse im Nahbereich der Fassung. Offene Fragen bestehen in Bezug auf die grossräumigen Fliesswege. In diesem Zusammenhang sind weitere Erkenntnisse aus der Fortführung der Analytik hinsichtlich der im Einzugsgebiet eingebrachten Fluoreszenztracer zu erwarten.

Dank

Wir danken der Valser Mineralwasser GmbH und ihren am Projekt beteiligten Mitarbeitern sowie den weiteren Projektpartnern Straub AG, Chur, und HT Systems, Horw, für die ausgezeichnete und vertrauensvolle Zusammenarbeit. Nicht zuletzt dem Leitspruch des Betriebsleiters Urs Länzlinger «Nur wer gegen den Strom schwimmt erreicht die Quelle» ist die erfolgreiche Realisierung dieses Projektes zu verdanken.

Literatur

Bundesamt für Landestopographie, 2005: Tektonische Karte der Schweiz, 1:500'000, Vektordatensatz.

Bundesamt für Landestopographie, 2007 (Hrsg.): Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1234, Vals.

Hartmann, P. 1998: Mineralwasservorkommen im nördlichen Bündnerschiefergebiet mit Schwerpunkt Valsertal, Dissertation ETH Zürich.

Högl, Otto (Hsg.), 1980: Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz; Verlag Haupt.

Nabholz, W. K. 1985: Geologie der Thermalquelle von Vals (Graubünden), Eclogae geol. Helv. 78/2, 235–248.

Wyss, R. & Isler, A. 2007: Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1234 Vals.

Unpublizierte Berichte

Dr. Roland Wyss GmbH, 2008: Quellgebiet Hüschi, Vals: Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen. Bericht vom 15. Februar 2008.

Hydroisotop GmbH, 2009: Ergebnisse hydrochemischer und isotopenhydrologischer Untersuchungen, Quelle Hüschi. Bericht vom 9. Oktober 2009.

Dr. Roland Wyss GmbH, 2010a: Schutzzonenausscheidung Quellfassung Hüschi, Vals. Bericht vom 21. Januar 2010.

Dr. Roland Wyss GmbH, 2010b: Quellfassung Hüschi, Vals: Klassierung als Mineralwasser. Bericht vom 22. Januar 2010.

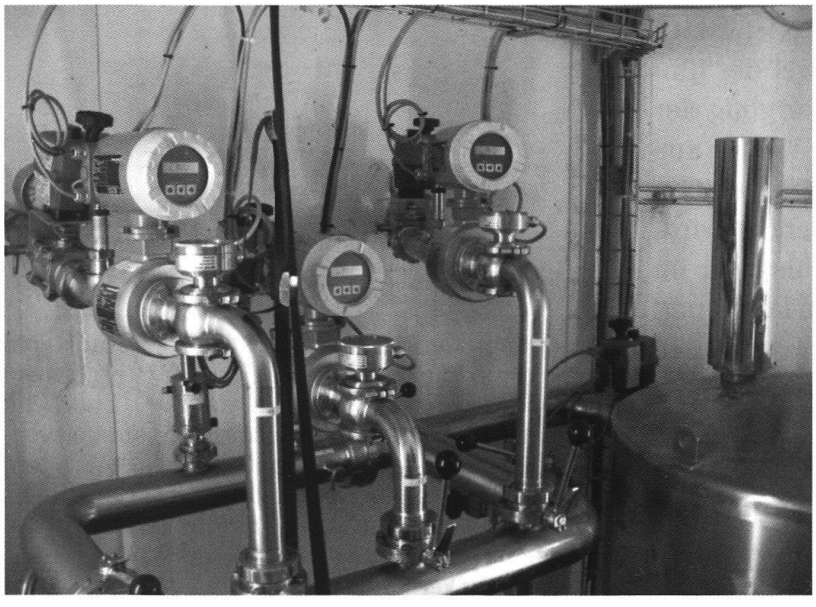


Fig. 13: Installationen zur Ableitung und Überwachung des Quellwassers im Fassungsschacht.