

Bauherrschaft	IBL Postfach 15 7206 Igis		
Planer	Marugg + Bruni Schulstrasse 1 7302 Landquart		
Koordinaten und Meereshöhe	Quelle	Koordinaten	Meereshöhe m ü.M.
	Weisstannwald	~2'758'946/1'203'447	~1034
	Schlüechtli	~2'758'977/1'203'569	~974
	Spiger-Weg	~2'759'108/1'203'830	~960
	Valsrank	~2'759'641/1'204'131	~798
	Sprützbuch	~2'759'799/1'204'297	~785
	Almeind	~2'759'641/1'204'132	~784
Gewässerschutzkarte	Für die oben genannten Quellen wurden bisher nur die generellen Schutzzonen ausgedehnt.		
Bodenbelastungen	Kein Eintrag vorhanden.		

3 Hydrogeologische Verhältnisse

3.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Quellen Weisstannwald und Schlüechtli	- Im Einzugsgebiet der Quellen Weisstannwald und Schlüechtli besteht der Felsuntergrund aus tertiären Mergelschiefern (gelb-blau gestrichelt, Anhang 2). Der Fels ist meist von einer geringdurchlässigen Hangschuttschicht mit wechselnden Mächtigkeiten bedeckt. Nur im Nahbereich der Quellen sind einige sehr kleine Felsaufschlüsse zu beobachten, so dass hier nur eine geringe Überdeckung vorhanden ist.
Quellen Spiger-Weg, Valsrank, Sprützbuch und Almeind	- Die Quellen Spiger-Weg, Valsrank, Sprützbuch und Almeind haben ihr Einzugsgebiet in den leicht verkarsteten Malmkalken (blau, Anhang 2) und dem Seewer Kalk (grün, Anhang 2). Die Quellen werden auch hier durch Lockergesteinshangwasser und durch Kluftwasser gespeist. - Im Bereich der Maiensäss Spig-Schlüechtli besteht eine Moränenüberdeckung über dem tiefen Fels, welche die Versickerung des Meteorwassers in den verkarsteten Fels verzögert.
Niederschläge/ Neubildungsrate	- Für die Abschätzung der Neubildungsrate wurden die beiden Messstationen Landquart und Bad Ragaz beigezogen. Die mittleren Niederschläge betragen für die Station Landquart 1073-1102 mm/Jahr und für Bad Ragaz 1095-1114 mm/Jahr. Der effektive Niederschlag im Einzugsgebiet der Quellen ist voraussichtlich noch mindestens um ca. 10% höher. - Bei einem Versickerungsbeiwert um ca. 0.5 ergibt sich eine Neubildungsrate um 12 l/min/ha.

3.2 Niederschlag/Oberflächenabfluss/Verdunstung

Verdunstung	- Für die Berechnung der Einzugsgebiete der Quellen wurden die Wetterstationen Bad Ragaz und Landquart beigezogen Bad Ragaz 780 m ü.M. 1114 l/m ² *a Landquart 740 m ü.M. 1073 l/m ² *a
-------------	---

- Verdunstung - Die Verdunstungsrate wurde entsprechend den Angaben in Tabelle 2 bestimmt.
- Oberflächenabfluss - Der Oberflächenabfluss hängt massgebend von der Hangneigung und der Zusammensetzung/Durchlässigkeit der Deckschichten ab. Im Allgemeinen gilt für die mittlere Höhe des Einzugsgebietes ein Oberflächenabfluss von ca. 500-550 l/Jahr.
- Der Oberflächenabfluss muss für jede Quelle separat abgeschätzt werden, was z.T. zu unterschiedlichen Neubildungsraten bei den verschiedenen Quellgruppen führen kann.
- Neubildungsrate - Die gemäss untenstehender Tabelle abgeschätzten höhenstufigen Niederschlagsmengen sowie die Verdunstungs- und Oberflächenabflussmengen können für die Einzugsgebiete der Quellen von Mastrils verwendet werden.

Tabelle 2: Höhenstufige Niederschläge im Vorderrheintal unterhalb Ilanz nach Köhl (1953):

Höhe [m ü.M.]	N [mm/a]	V [mm/a]	A [mm/a]	NR [l/min/ha]
1100	1213	320	364	10
1200-1500	1250	300	375	11
1500-1800	1450	300	435	14
1800-2100	1650	300	495	16
2100-2400	1850	280	555	19
2400-2700	2100	270	630	23

- N: Niederschlagssumme
- V: Verdunstung
- A: Oberflächenabfluss
- NR: Neubildungsrate

3.3 Wasserchemie/Mikrobiologie

- Mikrobiologische Analysen - Alle Quellen - ausser Weisstannwald und Valsrank – wiesen in der Vergangenheit periodisch mikrobiologische Verunreinigungen auf. Mit der Neufassung aller Quellen konnte diese Problematik weitestgehend gelöst werden. Nur bei der Quelle Sprützbuch trat auch nach der Neufassung noch eine geringfügige mikrobiologische Verunreinigung mit 1 Enterokokke/100 ml auf. Möglicherweise ist dies auf einen Eintrag während der Fassungsarbeiten zurückzuführen. Weitere Messungen werden zeigen, ob die mikrobiologischen Verunreinigungen in Zukunft nicht mehr auftreten werden.
- Chemische Analysen - Die Wasserqualität aller Quellen ist prinzipiell in Ordnung. Nur beim TOC tritt periodisch eine geringfügige Überschreitung des Richtwertes auf (ausser bisher Quelle Almeind). Der erhöhte TOC-Gehalt ist auf die landwirtschaftliche Nutzung im weiteren Einzugsgebiet zurückzuführen. Meist geht der höhere TOC-Gehalt auch mit einem erhöhten (aber noch weit unter dem Grenzwert liegenden) Nitratgehalt einher.
- Der Mittelwert des TOC aller Messungen sowie der Gehalt im Mischwasser lag bisher unter dem Richtwert, so dass zur Zeit keine Massnahmen erforderlich sind.

3.4 Tracerversuche

Methodik und
Auswertung

- Die Analyseresultate werden in **Durchgangs- und Summenkurven** dargestellt. Im Verlauf eines Färbversuchs zeigen die Farbstoffkonzentrationen im Idealfall **ein** Maximum und gehen danach wieder auf einen geringen Konzentrationswert zurück (= eingipflige Durchgangskurve). Manchmal kommt ein Tracer in zwei oder mehreren Schüben, was möglicherweise auf verschiedene Fliesswege im Untergrund schliessen lässt. Die Auswertung der Färbversuchsergebnisse erfolgt, sofern umfassende Schüttungsdaten und vollständige Durchgangskurven vorliegen, über die Umrechnung der Konzentrationen in Frachten. Daraus wurden die **Summenkurven** erstellt. Diese geben bis zu einem bestimmten Zeitpunkt die am Beobachtungsort rückgewonnene Menge des Markierungsstoffes in Prozenten der im Verlauf eines Versuches wiedergefundenen Gesamtmenge an (= kumulierte, prozentuale Rückgewinnung). Aus den Durchgangs- und Summenkurven können verschiedene Fliessgeschwindigkeiten abgeschätzt werden:

$V_{\max}$

- Fliessgeschwindigkeit berechnet aus der Zeitspanne ab Tracereingabe bis zum ersten Einsatz des Tracers.

V_{dom}

- Fliessgeschwindigkeit berechnet aus der Zeitspanne ab Tracereingabe bis zum Erscheinen des Konzentrationsmaximums. Auf der Basis des zugrunde gelegten dispersiven Stofftransportes repräsentiert die dominante Abstandsgeschwindigkeit am besten das vom Tracer durchströmte Milieu und wird als wichtigster Parameter für die Dimensionierung der Schutzzone betrachtet. Die Zeitspanne von der Tracereingabe bis zum Konzentrationsmaximum wird als dominierende Verweilzeit bezeichnet.

Durchführung und
Resultate der
Tracerversuche

- Am 16.06.2014 wurden 4 Tracer in Hand- und Baggerschlitze eingepflegt und mit Wasser nachgespült. Aufgrund der z.T. schlechten Zugänglichkeit konnte nicht immer mit ausreichend Wasser nachgespült werden. Mit den während der Versuchsdauer herrschenden lang anhaltenden Niederschlägen konnte aber von einer guten Durchtränkung des Bodens und somit einer Verfrachtung der Farbstoffe ausgegangen werden.
- Am 16.06.2015 wurde ein zweiter Färbversuch durchgeführt. Bei den sich im potentiellen Einzugsgebiet der Quellen befindlichen Gebäude in grösserer Entfernung zu den Quellen wurden nun auch noch Tracer in Baggerschlitze eingepflegt.
- Eine Übersicht über die Färbversuchsstandorte gibt Anhang 1a.
- Die Versuchsergebnisse sind im Kapitel 4 bei den einzelnen Quellen beschrieben.

Interpretation der Tracerversuche vom
16.06.14

- Während der Probenahmezeit waren ausgiebige Niederschläge zu verzeichnen. Es konnte also davon ausgegangen werden, dass eine gute Wassersättigung im Boden vorhanden war und die Farbstoffe in die gesättigte Zone verfrachtet wurden.
- Dass nun keiner der Farbstoffe in den entsprechenden Quellen gefunden wurde – oder zumindest in den ersten 20 Tagen der Versuchsdauer – lässt folgende Schlüsse zu:
 - Die Fliesszeiten von den Tracereingabestellen bis zu den Quellen betragen mehr als 20 Tage.
 - Von den Tracereingabestellen fliesst überhaupt kein Wasser zu den Quellen.

Interpretation der
Tracerversuche vom
16.06.15

- Von den Tracereingabestellen floss während der Versuchsperiode kein Wasser zu den Quellen. Zu einer anderen Jahreszeit (z.B. während der Schneeschmelze) fliesst aber dennoch Wasser aus diesen Bereichen zu den Quellen.
 - Die Farbstoffe wurden vollständig vom Lockergestein adsorbiert und konnten nicht in die gesättigte Zone oder in den Fels eindringen.
- Aufgrund dieser nicht eindeutigen Resultate der Färbversuche wurden am 16.06.15 zusätzliche Versuche durchgeführt.
- Das hydrogeologische Modell bei den Quellen Weisstannwald und Schlüechtli mit einem mässig gut bis gering durchlässigen Gehängeschutt/Moräne über nicht verkarstetem Fels (Flysch) wurde durch den Färbversuch vom 16.06.15 bestätigt.
- Bei den Quellen Valsrank, Sprützbuch und Almeind wurde durch den zweiten Versuch bestätigt, dass die Moränendecke auf Spig ausreichend mächtig und geringdurchlässig ist, so dass die Farbstoffe nicht innerhalb 20 Tagen zu den Quellen fliessen. Zusammen mit den Resultaten der ersten Färbekampagne wird abgeleitet, dass die im Einzugsgebiet anstehenden Seewer Kalke viel weniger (oder gar nicht) verkarstet sind als die Quintner Kalke bei der Quelle Spiger-Weg. Die Schutzzonen, wie sie aufgrund der ersten Versuche ausgeschieden wurden, wurden beibehalten.
- Bei der Quelle Spiger-Weg erreichte der Farbstoff bereits nach 1 Tag in hoher Konzentration die Quelle. Aufgrund dieses Resultates sind für das Einzugsgebiet im Quintner Kalk stark heterogene Karstgrundwasserverhältnisse zu postulieren. Für das weitere Einzugsgebiet gilt es zu berücksichtigen, dass der Farbstoff über den Ablauf eines Tränkebrunnens über weitere Strecken oberflächlich in Richtung Quelle abgeflossen ist.

3.5 Detaillierte Schutzzonen

Zone S1

- **Fassungsbereich.** Dieser umfasst das direkt zufließende Wasser und die Fassungsanlagen. Der Grenzabstand Fassung-Zone S2 soll in Zuflussrichtung 10 - 20 m betragen.
- Die Ausscheidung der Zone S1 soll gewährleisten, dass keinerlei Fremdstoffe in die Fassung gelangen, ohne dass Abbau- oder Reinigungsvorgänge wirksam werden können.

Zone S2

- **Engere Schutzzone.** Die Zone S2 soll gewährleisten, dass
- schwer abbaubare Stoffe nicht ins Grundwasser gelangen können
 - durch abbaubare Stoffe keine zusätzliche Belastung des Grundwassers entsteht und
 - bei akuten Gefahren (Unfällen) ausreichend Zeit und Raum zur Intervention und Sanierung verbleibt.
- Die Zone S2 ist so gross zu wählen, dass ein Wasserteilchen vom Rand der Zone S2 durchschnittlich 10 Tage im Boden verweilt bis es die Fassung erreicht. Die Grösse der Zone S2 ist anhand der dominierenden, aus den Färbversuchen bestimmten Fließgeschwindigkeit sowie anhand der lokalen hydrogeologischen Verhältnisse (z.B. Mächtigkeit der Deckschichten) zu definieren.

	- Der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2 muss mindestens 100 m betragen.
Zone S3	- Weitere Schutzzone. Die Zone S3 hat die Funktion einer Pufferzone. Der Sickerweg von einer potentiellen Verunreinigungsstelle bis zur Fassung muss so gross sein, dass die Herabsetzung der Konzentration unerwünschter Stoffe durch Elimination oder Verdünnung auf ein unbedenkliches Mass mit grosser Sicherheit gewährleistet ist. - Der Grenzabstand der Zone S3 ist in Grundwasser-Zuflussrichtung in der Regel rund doppelt so gross zu wählen wie der Grenzabstand der Zone S2.
Hydrogeologische Umgrenzung	- Die hydrogeologische Umgrenzung basiert auf hydrogeologischen Kriterien und richtet sich nach den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung.
Praktische Umgrenzung	- Die praktische Umgrenzung umhüllt die hydrogeologische Umgrenzung und berücksichtigt die örtlichen Gegebenheiten wie z.B. Geländestrukturen, Grundstücksgrenzen, Bauten und Anlagen, Waldränder. Sie stellt im Schutzzonenplan die rechtskräftige Abgrenzung dar.

4 Quellgebiete

4.1 Weisstannwald

Koordinaten/Höhe	- ~2'758'946/1'203'447 / ~1034 m ü.M.
Beurteilung des Detaillierungsgrades	- Vom externen Bearbeiter des ANU wurde der Detaillierungsgrad für die Untersuchungen als komplex eingestuft und ist mit der Lage von Maiensässhütten im potentiellen Einzugsgebiet zu begründen.
Färbversuch 16.06.14	- Bei der Quelle Weisstannwald ist in der Verlängerung der Fassung eine alte Entwässerungsrinne erkennbar. Der Farbstoffeingabestandort vom Versuch am 16.06.14 wurde deshalb 30 m oberhalb der Quelle in dieser Rinne gewählt (vgl. Anhang 1a). Der Tracer Eosin (100g) wurde in einen Handschlitz geimpft und anschliessend mit Wasser vollständig aufgefüllt. - Bis 20 Tage nach der Impfung konnte der Tracer nicht im Quellwasser nachgewiesen werden.
Färbversuch 16.06.15	- Am 16.06.15 wurden beim Maiensäss Prafisasca 300g Eosin und bei der Naturfreunde hütte 300g Uranin eingespült. - Bis 20 Tage nach der Impfung konnte der Tracer Uranin von der Naturfreunde hütte nicht im Quellwasser nachgewiesen werden. Hingegen erreichte das Eosin vom Maiensäss Prafisasca nach 17 Tagen mit einem relativen (?) Maximum die Quelle. Daraus ergibt sich eine dominierende Fliessgeschwindigkeit $v_{dom}=20$ m/Tag.
Hydrogeologie	- Der Felsuntergrund im Einzugsgebiet der Quelle Weisstannwald ist kein Karstgestein. Die tertiären Mergelschiefer sind trotz der Angaben in der Gewässerschutzkarte (Karstgebiet) eher als Stauer einzustufen. Das lediglich mittlere bis tiefe Schüttungsverhältnis sowie die gesamte Schüttungscharakteristik (Anhang 10.2) weisen ebenfalls nicht auf eine Karstquelle hin. - Die Quelle entspringt direkt aus dem bei der Neufassung 2016/17 freigelegten Fels (Flysch) aus einer Kluft in rund 4-5 m UKT. Das Meteorwasser