



Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf

Quelle Städeli

Grundwasserschutzzonenausscheidung - Hydrogeologischer Bericht

20. Mai 2025

PG0908.200

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Ausgangslage und Zielsetzung	3
1.1.	Projektdaten	3
1.2.	Ausgangslage	3
1.3.	Zielsetzung und Auftrag	4
1.4.	Allgemeine Angaben zur Wasserversorgung	5
1.5.	Relevante Grundlagen	7
2.	Hydrogeologische Verhältnisse	9
2.1.	Allgemeine Geologie	9
2.2.	Allgemeine Hydrogeologie	11
2.3.	Hydrologische Bemessung des Einzugsgebiets	12
2.4.	Fliessgeschwindigkeiten und Verweildauer des Grundwassers	13
3.	Art, Aufbau und Zustand der Quellwasserfassungen	31
4.	Wasserbeschaffenheit des Quellwassers	32
4.1.	Feldmessungen	32
4.2.	Quellwasserqualität	35
5.	Gefahrenkataster	39
6.	Schutzzonendimensionierung	40
6.1.	Allgemeine Bemerkungen	40
6.2.	Bedeutung der Schutzzonen	40
6.3.	Hydrogeologische Dimensionierung der Schutzzonen	42
7.	Schutzzonenreglement mit Nutzungsbeschränkungen und Schutzmassnahmen	45
8.	Konsequenzen der Schutzzonenausscheidung	45
8.1.	Konsequenzen auf die bestehende Nutzung	45
8.2.	Konsequenzen auf die geplante künftige Nutzung	46
9.	Vorschlag künftiges Überwachungsprogramm	47
10.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	48

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

Anhang A	Allgemeine geologische und hydrogeologische Situation
Anhang B	Situation Markiersvers 2002 und 2024
Anhang C	Probenahmeplang Markiersversuch 2024
Anhang D	Geländeanalyse
Anhang E	Grundlagen Schutzzonendimensionierung
Anhang F	Gefahrenkataster und Massnahmenkatalog zum Konfliktplan
Anhang G	Zusammenfassung Wasserbeschaffenheit

VERZEICHNIS DER BEILAGEN

Beilage 1	Schutzzonenplan
Beilage 2	Konfliktplan
Beilage 3	Schutzzonenreglement

1. Ausgangslage und Zielsetzung

1.1. Projektdaten

Wasserversorgung	Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO) 6430 Schwyz
Kontaktperson Wasserversorgung	Adrian Tschümperlin Präsident
Projekt-Nr. pegeol ag	PG0908.200
Projektbezeichnung	Schutzzonenausscheidung Quelle Städeli

Tabelle 1-1: Projektdaten

1.2. Ausgangslage

Die Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO) versorgt zur Zeit sowohl landwirtschaftliche Betriebe in der Landwirtschaftszone sowie Wohnbauten in der Bauzone im Gemeindegebiet Schwyz. Aus Administrativen- und Kostengründen steht für die Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO) aktuell eine Umstrukturierung zur Diskussion. Möglicherweise werden künftig einzelne Bauten und Anlagen in die Versorgungsstruktur der Dorfgenossenschaft Schwyz (DGS) überführt. Unabhängig davon, soll die vorliegend relevante Quelle Städeli für die Versorgung der Bauzone erhalten bleiben.

Bedingt durch die Trinkwasserversorgung der Wohnbevölkerung ist der Wasserversorgung der Gemeinde Schwyz ein grosses öffentliches Interesse zuzuweisen. Grundsätzlich gilt, wer Trinkwasser abgibt, hat alle massgebenden Bestimmungen des Lebensmittelgesetzes (LMG [Ref.24]) und der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV [Ref.27]) zu beachten. Die gesetzlichen Anforderungen an Trinkwasser sind durch Höchst- und Richtwerte in der Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV [Ref.26]) geregelt.

Für die Quelle Städeli wurde im Jahre 2007 bereits eine rechtskräftige Schutzzone ausgeschieden [Ref.14][Ref.15], wofür deren hydrogeologischen Grundlagen im Jahre 2002 erhoben wurden [Ref.16]. Strittiger Punkt bei der heutigen Nutzung der Quelle Städeli ist die Dimension der Grundwasserschutzzone und die damit einhergehenden Nutzungseinschränkungen. Gemäss unserem Kenntnisstand geben insbesondere die landwirtschaftlichen Einschränkungen innerhalb der Grundwasserschutzzone S2 Anlass zur Diskussion. Derweil sind mit dem Schutzonenreglement einzelne verfügte Massnahmen (u.a. bauliche Sicherung und Anpassung bestehender Strassen, vgl. Art. 11 des Reglements) bis anhin nicht umgesetzt worden.

Die aktuelle Grundwasserschutzzone wurde auf Basis eines Markierversuchs und hydrogeologischen Aufnahmen nach damaligem Stand der Technik dimensioniert [Ref.16]. Sie erfüllt die wichtigsten Anforderungen einer Grundwasserschutzzone nach Gewässerschutzverordnung (GSchV [Ref.25]) und ist damit bundesrechtskonform¹:

¹ Die Fassung weist die gemäss Gewässerschutzverordnung erforderlichen Schutzzonen auf und diese sind rechtskräftig ausgeschieden. In dieser Einteilung sind allfällige Nutzungskonflikte nicht berücksichtigt und basiert auf einer Umfrage des BAFU's (2018).

- Ziff. 122 Abs. 3 GSchV: S1 ist um die Quelle und unmittelbare Umgebung auszuscheiden
- Ziff. 123 Abs. 3 Bst. a GSchV: Mind. 100 m Abstand zwischen Grenze S1 und S2
- Ziff. 124 Abs. 2 GSchV: Abstand zwischen S2 und S3 mind. so gross wie S1 bis S2

Im Zusammenhang mit der potenziellen Umstrukturierung der Versorgungsstruktur und entsprechender Zuständigkeiten soll die bestehende Grundwasserschutzzone überprüft und nach heute geltenden Anforderungen revidiert ausgeschieden werden.

Grundwasserschutzzone sind das wichtigste Instrument des nutzungsorientierten planerischen Grundwasserschutzes und sind gemäss Art. 20 des Gewässerschutzgesetzes (GSchG [Ref.23]) sowie Art. 29 Abs. 2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV [Ref.25]) zum Schutz der im öffentlichen Interesse liegenden Fassungen auszuscheiden. In Kombination mit dem fachgerechten Baustandard der Wasserversorgungseinheiten und den unumgänglichen Wartungsarbeiten inkl. Kontrollgängen, kann die bestmögliche Rohwasserqualität garantiert werden.

1.3. Zielsetzung und Auftrag

Grundsätzliches Ziel ist es die Fachunterlagen bereit zu stellen, so dass eine fachgerechte Grundwasserschutzzone ausgeschieden resp. die bestehende Schutzzone revidiert werden kann. Die Ausscheidung der Grundwasserschutzzone hat in Anlehnung an die „Wegleitung Grundwasserschutz“ [Ref.29] und der Praxishilfen „Grundwasserschutzzone bei Lockergesteinen“ [Ref.30] und/oder der Praxishilfe „Ausscheidung von Grundwasserschutzzone bei Kluffgrundwasserleitern“ [Ref.31] zu erfolgen.

Gemäss Rücksprache mit der WVGLO sollen die hierfür notwendigen Arbeiten (hydrogeologischer Bericht, Schutzzoneplan und Schutzzoneverordnung) im Frühjahr 2025 durchgeführt werden, so dass in der Folge über die weitere Nutzung der Quelle und folglich über die Umstrukturierung der Wasserversorgung befunden werden kann. Per Ende 2025 sollen schliesslich alle notwendigen Unterlagen vorliegen, so dass das Amt für Umwelt und Energie (AfU) die fachliche Prüfung durchführen kann. Gleichzeitig ist der Grundeigentümerschaft das rechtliche Gehör zu gewähren und über potenzielle Entschädigungen zu befinden. Im Anschluss daran soll die öffentliche Auflage durchgeführt und die revidierte Schutzzone letztlich rechtskräftig ausgeschieden werden.

Die WVGLO hat die pegeol ag beauftragt, die notwendigen Schritte für eine Schutzzoneauscheidung in die Wege zu leiten und ein entsprechendes Schutzzoneendossier zu erarbeiten.

Das vorliegende Schutzzoneendossier beinhaltet neben dem hydrogeologischen Bericht den dazugehörigen Schutzzoneplan, den Konfliktplan sowie das Schutzzoneverordnung. Mit vorliegender Dokumentation soll aufgezeigt werden, wie die einzelnen Schutzzone definiert wurden und was die Konsequenzen für die bestehende Nutzung im Einzugsgebiet der Quelle sind.

1.4. Allgemeine Angaben zur Wasserversorgung

Die Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO) wurde am 27.11.1968 gegründet und zählt rund 170 Genossenschaftler. Die Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO) versorgt zurzeit sowohl landwirtschaftliche Betriebe in der Landwirtschaftszone sowie Wohnbauten in der Bauzone im Gemeindegebiet Schwyz.

Die Versorgung der WVGLO wird heute über die Quellen Stockwald (rund 1188 bis 1198 m ü. M.) und über die Quelle Städeli (rund 792 m ü. M.) sichergestellt. Das Wasser der drei Quellen Stockwald wird hierzu nach einer Sammelbrunnenstube über 2 Druckbrecher dem Reservoir Rätigs zugeführt (rund 975 m ü. M.). Nach Versorgung erster landwirtschaftlicher Bauten im Gebiet Rätigs und einer weiteren Druckreduktion fliesst das Wasser der Quellen Stockwald zusammen mit dem Wasser der Quelle Städeli in das Reservoir Städeli (rund 790 m ü. M.). Dieses befindet sich gleich neben der Brunnenstube der Quelle Städeli, wo die drei einzelnen Fassungen der Quelle Städeli zufließen. Ab dem Reservoir Städeli werden die weiteren Versorgungsgebiete bzw. Zonen bedient [Ref.12].

Sämtliche der heute im ordentlichen Betrieb genutzten Quellen verfügen über eine rechtskräftig ausgeschiedene Grundwasserschutzzone:

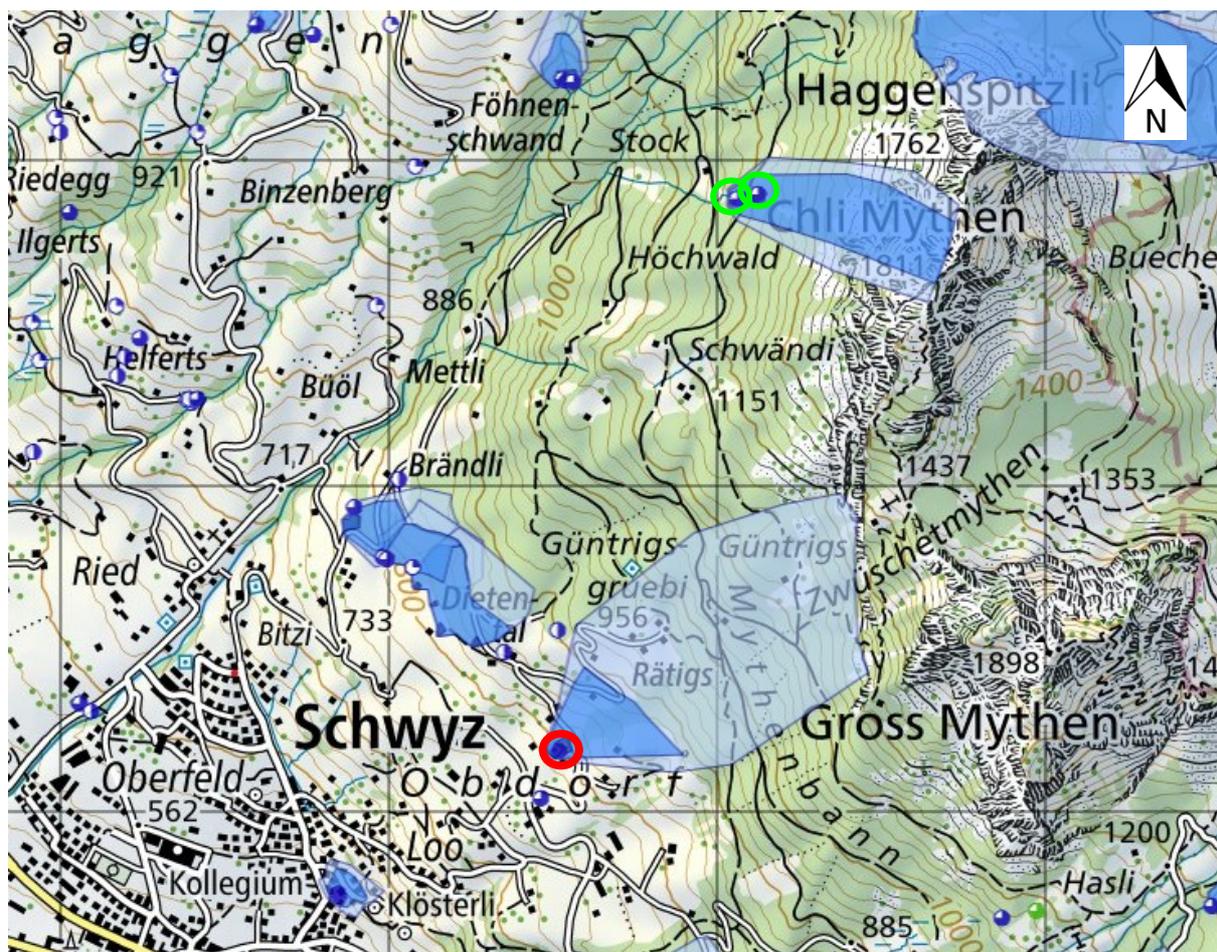


Abbildung 1-2: Lage der vorliegend relevanten Quelle Städeli (roter Kreis) und der heute ebenfalls durch die WVGLO genutzten Quellen Stockwald (grüne Kreise) inkl. bestehender Grundwasserschutzzonen (Quelle: <https://map.geo.sz.ch>)

Die Versorgungsstruktur ist mittlerweile teilweise veraltet und sanierungsbedürftig, wodurch sich mehrere Massnahmen aufdrängen würden. Die WVGLO ist nicht in der Lage, sämtliche Sanierungen selbst zu finanzieren und damit langfristig die Trinkwasserversorgung nach Stand der Technik zu erfüllen. Bereits seit 2009 ist ein Handlungsbedarf bekannt und es wurde schon mehrfach Lösungsvarianten skizziert, allerdings ohne Erfolg bisher [Ref.1][Ref.6][Ref.11][Ref.13].

Aktuell steht eine Option im Vordergrund, dass die Dorfgemeinschaft Schwyz (DGS) künftig die Versorgung der Bauten in der Bauzone Loo und tiefere Gebiete Syti und Gruchsi übernehmen würde, während die WVGLO nur noch die Versorgung der landwirtschaftlichen Bauten im Gebiet Obdorf bis Rätigs übernehmen würde [Ref.1].

Unklar bleibt zurzeit, ob die Quelle Städeli weiterhin als Trinkwasserquelle erhalten bleibt. Es ist zurzeit nicht ausgeschlossen, dass die Quelle Städeli für die öffentliche Trinkwasserversorgung aufgegeben wird und nur noch für private Bezüger aufrechterhalten werden soll. Die Option, dass auch die Quelle Städeli weiterhin für öffentliche Trinkwasserzwecke genutzt werden könnte, ist aber in Diskussion und wird mit der angedachten Umstrukturierung geprüft.

Der Wasserverbrauch im Versorgungsgebiet der WVGLO beläuft sich auf rund 47.6 m³/Tag, wovon rund 80-90% an die Bauzone Loo und die tieferen Gebiete Syti und Gruchsi abgehen (Daten 2022 [Ref.1]).

1.5. Relevante Grundlagen

1.5.1. Standortspezifische Unterlagen

- [Ref.1] WVG Loo-Obdorf, Werkplan Wasserversorgungsgenossenschaft, 1:500, 28.02.2025
- [Ref.2] Angaben zur Qualität und Quantität der Quelle Städeli, zur Verfügung gestellt durch die WVG Loo-Obdorf, 26.02.2025
- [Ref.3] E-Mail-Korrespondenz, Amt für Umwelt und Energie an WVG Loo-Obdorf bzgl. Auswertung Markierversuche und Anpassung Schutzzonen, 15.01.2025
- [Ref.4] WVG Loo-Obdorf, potenzielle Revidierung Grundwasserschutzzone Quelle Städeli – Schwyz, Kurzdokumentation Markierversuche 2002 & 2024, pegeol ag, 20.12.2024
- [Ref.5] Gemeinde Schwyz, Bauprojekt: 1476, WV Loo-Obdorf, Pflichtenheft für Ingenieursubmission Vorprojekt, Vorabzug, bpp Ingenieure AG, 16.07.2024
- [Ref.6] Gemeinde Schwyz, Aufteilung Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf, Vorprojekt, Technischer Bericht, HSK Ingenieur AG, 29.09.2020
- [Ref.7] WVG Loo-Obdorf, Werkplan Wasserversorgungsgenossenschaft, Rätigs-Städeli, 1:500, Plan Nr. 32-72, Mai 2020
- [Ref.8] Quelle Städeli, Loostrasse, Schwyz-Obdorf, Ableitung und Versickerung Strassenabwasser, Schreiben an Gemeinde Schwyz, Jäckli Geologie AG, 04.02.2020
- [Ref.9] Stellungnahme zur Quelle Städeli sowie der dazugehörigen Schutzzone, Schreiben an Gemeinde Schwyz, Amt für Umweltschutz, 17.04.2019
- [Ref.10] WVG Loo-Obdorf, Übersichtsplan Wasserversorgung, 1:5'000, 29.01.2019
- [Ref.11] Gemeinde Schwyz / Dorfgenossenschaft Schwyz (DGS), Integration des Gebiets Loo in die Dorfgenossenschaft Schwyz (DGS), Vorprojekt und Kostenvoranschlag, Neue Struktur für die Wasserversorgungs-Genossenschaft Loo-Obdorf (WVGLO), Holinger AG, 30.11.2018
- [Ref.12] WVG Loo-Obdorf, hydraulisches Schema, 07.04.2010
- [Ref.13] Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Wasserversorgung Loo-Obdorf, Gesamtkonzept, Geozug Ingenieure AG, 04.05.2009
- [Ref.14] Kanton Schwyz, Gemeinde Schwyz, Schutzzonenreglement für die Quellwasserfassungen Städeli, Louis Ingenieurgeologie GmbH, 21.11.2006, von der Gemeinde Schwyz erlassen am 15.06.2007, vom Regierungsrat genehmigt mit RRB Nr. 1032 vom 07.08.2007
- [Ref.15] Kanton Schwyz, Gemeinde Schwyz, Schutzzonenplan für die Quellwasserfassungen Städeli, Louis Ingenieurgeologie GmbH, 21.11.2006, von der Gemeinde Schwyz erlassen am 15.06.2007, vom Regierungsrat genehmigt mit RRB Nr. 1032 vom 07.08.2007
- [Ref.16] Kanton Schwyz, Gemeinde Schwyz, Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Schutzzonenausscheidung für die Quellwasserfassungen Stockwald und Städeli, hydrogeologischer Bericht, Louis Ingenieurgeologie GmbH, 10.12.2002
- [Ref.17] Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1152 Ibergereggen - Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2022

- [Ref.18] Hydrogeologische Karte der Schweiz, Toggenburg, Erläuterungen, Schweizerische Geotechnische Kommission, 1994
- [Ref.19] Hydrologischer Atlas der Schweiz - Bundesamt für Umwelt (BAFU), Stand Mai 2025
- [Ref.20] Gewässerschutzkarte, Grundwasserkarte, Zonenplan etc., Geoportal des Kantons Schwyz, <https://map.geo.sz.ch/> – kantonale Verwaltung, Stand Mai 2025
- [Ref.21] Aktuelle Kartengrundlagen, <https://map.geo.admin.ch/> - Bundesamt für Landestopografie, Stand Mai 2025
- 1.5.2. Gesetze, Verordnungen, Richtlinien
- [Ref.22] Schweizerisches Zivilgesetzbuch (ZGB) vom 10.12.1907, Stand am 01.01.2025
- [Ref.23] Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24.01.1991, Stand 01.04.2025
- [Ref.24] Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG) vom 20.06.2014, Stand 01.10.2024
- [Ref.25] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28.10.1998, Stand 01.01.2025
- [Ref.26] Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) vom 16.12.2016, Stand 01.02.2024
- [Ref.27] Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) vom 16.12.2016, Stand 01.02.2024
- [Ref.28] Verordnung des EDI über die Hygiene beim Umgang mit Lebensmitteln (HyV) vom 16.12.2016, Stand 01.02.2024
- [Ref.29] Wegleitung Grundwasserschutz, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 2004
- [Ref.30] Praxishilfe Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen bei Lockergesteinen, Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2012
- [Ref.31] Praxishilfe Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen bei Kluftgrundwasserleitern - Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 2003
- [Ref.32] Vollzugshilfe, Grundwasserschutz in stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern, Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2022
- [Ref.33] Praxishilfe Einsatz künstlicher Tracer in der Hydrogeologie - Arbeitsgruppe Tracer der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie SGH, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), 2002
- [Ref.34] Merkblatt Minimalanforderungen an Brunnenstuben und Reservoir -Laboratorium der Urkantone (LdU), 05.01.2011
- [Ref.35] Richtlinie für Projektierung, Ausführung und Betrieb von Quelfassungen, W10d, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), 1989
- [Ref.36] Leitlinie für eine gute Verfahrenspraxis in Trinkwasserversorgungen, W12, Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), 2017
- [Ref.37] Musterreglement für Grundwasserschutzzonen im Kanton Schwyz, Stand 26.10.2020

2. Hydrogeologische Verhältnisse

2.1. Allgemeine Geologie

Die vorliegend relevante Quelle Städeli entspringt letztlich aus einer Lockergesteinsdecke, welche das schräggestellte Unterpenninikum der Schlieren-Decke und deren helvetische Unterlage aus den komplex aufgebauten internen Einsiedeln-Schuppen bedeckt. Darüber befinden sich die Klippenmassen der Mythen-Roggenegg-Schuppe [Ref.17]:

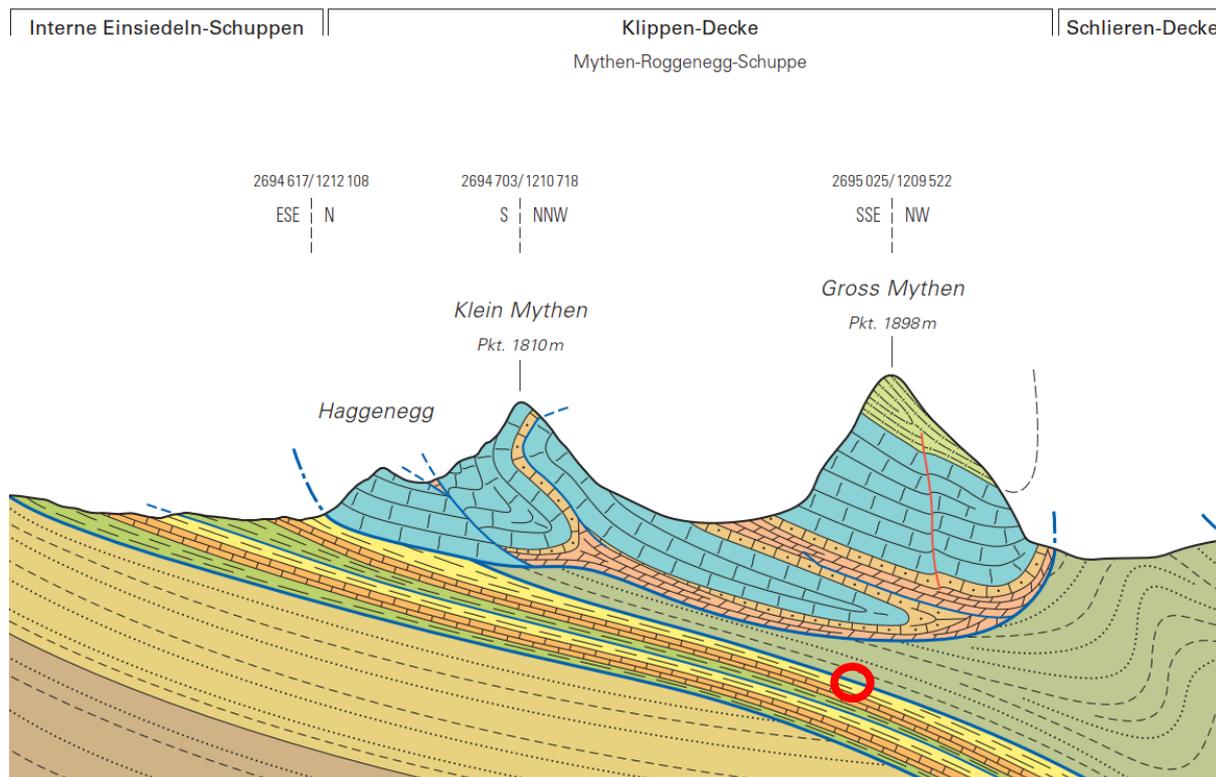


Abbildung 2-1: Geologisches Profil im Bereich des Bergkamms von der Haggenegg über die Mythen [Ref.17] inkl. projizierter Lage der Quellgruppe Städeli (roter Kreis)

Die internen Einsiedeln-Schuppen bilden einen stark deformierten Teil des Helvetikums. Sie bestehen hauptsächlich aus den Gesteinen der Seewen-, Amden-, Wang-, Euthal- und Stad-Formationen (späte Kreide bis Eozän). Häufig kommen dabei insbesondere Mergel sowie mikritische und sparitische Kalke vor. Ihr Aufbau ist deutlich komplexer als jener der externen Einsiedeln-Schuppen. Die Schuppen entstanden durch das Abscheren jüngerer Schichtanteile von der Front der Drusberg-Decke während des späten Oligozäns bis Miozäns. Ein besonderes Merkmal sind die tektonischen Mélange, in der die Gesteine wild durchmischt sind und damit ein Hinweis auf intensive Deformation durch Überschiebungen, Faltung und tektonische Vermengung sind. Die Entstehung ist eng verbunden mit der Bildung eines orogenen Keils und „Out-of-Sequence“-Überschiebungen (späte Aufschiebungen entgegen der Bewegungsrichtung) [Ref.17]. Die Internen Einsiedeln-Schuppen entwickelten sich vorwiegend durch Rücküberschiebung und Deckenabspaltung aus dem Helvetikum.

Die Schlieren-Decke ist Teil des Unterpenninikums und besteht überwiegend aus Kreide- und Paläogen-Flysch (Schlieren-Flysch). Im Umfeld der Quelle Städeli ist insbesondere der „Kreide-Anteil“ massgebend. Die Gesteine sind aus einer Wechsellagerung von schiefrigem Mergel und

grobem Kalksandstein sowie feinkörnigem Kalk, z.T. mit polymikten Konglomeratlagen aufgebaut. Tektonisch handelt es sich um eine ehemals zusammenhängende Flyscheinheit, die durch spätalpine Überschiebungen in zwei Stockwerke zerlegt wurde: Wägital-Flysch unten, Schlieren-Flysch oben. Die Schlieren-Decke bildete sich im Kontext eines frontalen Akkretionskeils, der sich aus penninischen Flyschpaketen aufbaute und nordwärts gegen das Helvetikum vorstieß. Infolge dieser Bewegung wurde die Schlieren-Decke zwischen Drusberg-Decke und Klippen-Decke eingeklemmt, wobei sie mehrfach verfaltet, gestört und lokal verschuppt wurde. Die Schlieren-Decke repräsentiert damit einen älteren, tiefmarinen Ablagerungsraum im Penninikum, der später zwischen auf- und überschobene helvetische und penninische Decken „eingeklemmt“ wurde.

Die Überschiebung der Schlieren-Decke über die Gesteine der internen Einsiedeln-Schuppen (Überschiebung 1. Ordnung, Deckengrenze) wird rund 150 bis 200 m hangseits der Quelle Städeli vermutet (vgl. Anhang A und Abbildung 2-1).

Die Gesteine der höheren Mythen-Roggenegg-Schuppe gehören zur mittelpenninischen Klippen-Decke, die während der Alpenbildung als tektonische Überschiebungsmassen aus Süden über das Helvetikum und Unterpenninikum verlagert wurde. Die Mythen-Klippe besteht dabei überwiegend aus massigen, kompakten Kalken des Sulzfluh-Kalks (Unterkreide) und den roten bis rötlichgrauen Mergeln und Kalken der Couches Rouges-Einheit (späten Kreide bis ins Paläogen). Diese Gesteine sind tektonisch auf Schlieren-Flysch und die internen Einsiedeln-Schuppen überschoben. Die Mythen stellen ein typisches Beispiel einer „echten“ Klippe dar bzw. ein isolierter Rest einer ehemaligen Decke.

Die Überschiebung der Klippen-Decke über die Gesteine der Schlieren-Decke (Überschiebung 1. Ordnung, Deckengrenze) wird rund 830 bis 880 m hangseits der Quelle erwartet (vgl. Anhang A und Abbildung 2-1).

Bedeckt wird die Felsunterlage im Bereich der Quelle Städeli aus pleistozänen und holozänen Lockergesteinen [Ref.17]. Genaue Kenntnisse über den Aufbau und die Mächtigkeit dieser Ablagerungen sind mangels Sondierungen nicht bekannt. Höchstwahrscheinlich handelt es sich dabei um sekundär umgelagertes Moränenmaterial und gravitativer Ablagerungen in Form von Hang- und Blockschutt sowie Hanglehmablagerungen und Rutschungen (vgl. Anhang A).

Das Einzugsgebiet ist generell sehr trocken und es finden sich bei normaler Witterung keine Oberflächengewässer. Dies deutet neben den zahlreichen Blöcken generell auf eher grobkörnige Lockergesteine mit einer gering ausgeprägten feinkörnigen Deckschicht und vielen Versickerungsmöglichkeiten sowie Schlucklöcher. So sind auch im direkten Einzugsgebiet der Quelle diverse Trockenrinnen vorhanden, die vermutlich nur bei sehr starken Niederschlägen wasserführend bzw. örtlich gleich wieder versickern. Oberflächennah sind im Gebiet Rätigs bis Karlisboden infolge Verwitterung derweil oft auch besser abgestufte kiesige Sande mit einem grösseren Feinkornanteil von über 1 m Mächtigkeit vorhanden (vgl. dazu Kap. 2.4.2). Im Allgemeinen wird im Einzugsgebiet der Quelle Städeli, wo vorhanden, eine Lockergesteinsmächtigkeit von bis zu rund 20 m angenommen.

2.2. Allgemeine Hydrogeologie

Die Quelle Städeli entspringt im Bereich des Übergangs der internen Einsiedeln-Schuppen, welche insbesondere durch unterschiedliche Mergel sowie mikritische und sparitische Kalke aufgebaut sind, zu den Gesteinen der Schlieren-Decke, welche aus schiefrigem Mergel und grobem Kalksandstein sowie feinkörnigem Kalk, z.T. mit polymikten Konglomeratlagen aufgebaut ist [Ref.17].

Diese unter- und mittelpenninischen Gesteine weisen im Allgemeinen nur eine geringe Durchlässigkeit auf. Die darüberliegenden Gesteine der Klippen-Decke zeigen derweil oft eine erhöhte Kluftzirkulation auf [Ref.18][Ref.18]. Der mächtige Sulzfluh-Kalk ist zudem leicht karstanfällig, während dem die geringmächtigen triadischen Gesteine an der Basis der Klippen-Decke (Gips und die Rauwacke) stark karstanfällig sind. Dank der Karstzirkulation in diesen Gesteinen können sich an der Oberfläche Karren, Versickerungstrichter und Dolinen als typische Karstformen bilden (wie z.B. im Bereich Zwüschetmythen). Aus stratigraphischer Sicht ist dem Schichtaufbau hangseits der Quelle Städeli daher eine heterogene, uneinheitliche Durchlässigkeit zuzuweisen.

Der Felsuntergrund im Einzugsgebiet der Quelle ist zudem als stark tektonisiert zu bezeichnen. Neben mindestens drei Überschiebungsflächen der differenzierten Decken und Schuppen kommen interne Verfaltungen und Störungen innerhalb des vermuteten Einzugsgebietes hinzu. Dies führt im Einzugsgebiet der Quelle Städeli zu einem komplexen Trennflächengefüge aus Schichtung, Schieferung, Klüftung und Störzonen bzw. Auf-, Über- und Abschiebungen. Die dominierende Durchlässigkeit in der Felsunterlage ist damit neben einer bescheidenen Porenzirkulation und einer gewissen Karstzirkulation insbesondere an die Zirkulation an Trennflächen gebunden. Aufgrund dieser Tektonisierung sind denn auch Kluftquellen in den sonst tendenziell eher schlecht durchlässigen unter- und mittelpenninischen Gesteine möglich.

Steilen Strukturen des komplexen Trennflächengefüges ermöglichen ein leichteres Eindringen von Wasser in grössere Tiefen und damit eine gewisse Verstärkung der Kluftzirkulation, verringern allerdings auch die Filterwirkung. Aufgrund der grossräumigen Struktur der internen Einsiedeln-Schuppen im Liegenden wird eine generelle Fliessrichtung des in den Festgesteinen zirkulierenden Grund- bzw. Bergwassers von Nordost nach Südwest erwartet. Dabei wird angenommen, dass speziell die naheliegende Überschiebungsfläche zwischen den internen Einsiedeln-Schuppen und der Schlieren-Decke massgebend ist für grossräumig zusammenhängende Wasserwegsamkeiten in der Felsunterlage (vgl. Anhang A und Abbildung 2-1).

Das allgemeine Schichteinfallen der vorliegenden relevanten helvetischen und unterpenninischen Gesteine beträgt rund 30 bis 85° und orientiert sich zwischen ca. 130 bis 180°. Die Gesteine der höheren Klippen-Decke fallen aufgrund der Faltenstruktur je nach Lage oft mit rund 5 bis zu 90° ein und sind mit rund 120 bis 340° mehr nach Westen orientiert.

Die Quelle Städeli wird vermutlich grösstenteils indirekt durch dieses Trennflächengefüge gespeisen (sekundärer Austritt). Aufgrund dessen wenig kompetenten Lithologie und den wasserführenden Schichten ist der Hang im Einzugsgebiet der Quelle stellenweise ins Rutschen geraten. Das Bergwasser fliesst nach dem Austritt aus der Felsunterlage entlang bevorzugter und relativ kurzer, sowie räumlich eng begrenzte Fliesswege innerhalb der Lockergesteine zur Quellwasserfassung.

Vermutlich nur untergeordnet wird die Neubildung des Quellwassers auch über die direkte Versickerung von Niederschlägen im nahen Einzugsgebiet der Quelle gebildet. Dabei sickert Niederschlagswasser durch die grobkörnigen Lockergesteine bis zur Felsoberfläche oder andere wenig-

bis undurchlässige Lockergesteine ab und fliesst schliesslich zur Quelle. Die relevanten Fliesswege bestehen vermutlich aus wenigen, hydraulisch mässig bis gut vernetzten sowie gut kommunizierenden Wasserwegsamkeiten. Es wird angenommen, dass die generelle Hangwasserfliessrichtung in den felsbedeckenden Lockergesteinen grundsätzlich dem Terraingefälle resp. der Felsoberfläche Richtung Südwesten folgt.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass das Quellwasser der Quelle Städeli hauptsächlich aus dem komplexen Trennflächengefüge der Felsunterlage stammt und untergeordnet über die darüberliegende Lockergesteinsdecke gespiesen wird. Der Felsuntergrund weist einen stratigraphisch stark wechselhaften Aufbau auf und ist tektonisch stark beansprucht. Zusammen mit dem starken Oberflächenrelief, vorhandenen Karstphänomenen und der Lockergesteinsdecke entspringt das Quellwasser einem stark heterogenen System (vgl. dazu Kap. 2.4).

2.3. Hydrologische Bemessung des Einzugsgebiets

Da im vermuteten erweiterten Einzugsgebiet der Quelle keine Gletscher vorliegen, erfolgt die Grundwasserneubildung grundsätzlich über Schmelz- und Niederschlagswasser.

Gemäss Hydrologischem Atlas der Schweiz [Ref.19] werden im vermuteten Einzugsgebiet rund 1'800 bis 2'000 mm Niederschlag pro Jahr (N) erwartet (Messwerte von 1991 bis 2020). Dem entgegen steht eine Evapotranspiration resp. Verdunstungsrate (ETP) von ca. 200 bis 400 mm pro Jahr pro Jahr (Messwerte von 1973 bis 1992). Zusammen mit Oberflächenabfluss (Q_0) von ca. 800 bis 1'000 mm pro Jahr kann gemäss Anhang 1 der Praxishilfe Ausscheidung von Grundwasserschutz-zonen bei Kluft-Grundwasserleitern [Ref.31] die jährliche versickerte Wassermenge (I) abgeschätzt werden, welche für die Grundwasserneubildung massgebend ist:

$$I = N - ETP - Q_0$$

Mit den ermittelten Mittelwerten ergibt sich mit dieser Formel eine jährliche Versickerungsmenge (I) von ca. 800 bis 1'000 mm pro Jahr.

In Kombination mit der mittleren Schüttungsmenge über ein Jahr (Q_{Jahr}) der Quelle Städeli (Annahme Median der Summe aus den 3 Zuläufen = ca. 720 l/min; vgl. auch Kap. 4) kann mit der jährlich versickerten Wassermenge (I) die ungefähre Oberfläche des Einzugsgebiets (F) abgeschätzt resp. festgelegt werden:

$$F = Q_{\text{Jahr}} / I$$

Demnach ergibt sich eine theoretische Oberfläche von ca. 400'000 m² welche für die Grundwasserneubildung entscheidend wäre. Aufgrund der topographischen und hydrogeologischen Verhältnisse dürfte das tatsächliche Einzugsgebiet allerdings um ein Vielfaches grösser sein.

Nach Anpassung der Grenzen des Einzugsgebietes an die lokalen topographischen und hydrogeologischen Verhältnisse ergibt sich das summarische Einzugsgebiet gemäss Anhang A, welches für die weitere Beurteilung als relevant betrachtet wird.

2.4. Fliessgeschwindigkeiten und Verweildauer des Grundwassers

Das zwar primär an die Trennflächen des Felsuntergrundes gebundene Quellwasser besteht höchstwahrscheinlich aus einer Mischung aus jüngerem und älterem Grund- bzw. Bergwasser. Das jüngere Wasser ist jener Anteil, welcher generell direkt über das gut vernetzte und durchlässige Trennflächensystem oder der Lockergesteinsdecke zur Quelle transportiert wird (präferenzielle Hauptfliesswege resp. grobe Lockergesteine sowie Hauptschieferung und Hauptschichtung sowie dominierende Hauptklüftung bzw. Überschiebung im Felsuntergrund, ggf. auch über Karstsysteme). Das relativ ältere Wasser hingegen stellt jener Anteil dar, welcher über Gesteinspartien geringer bis mittlerer Durchlässigkeit (untergeordnetes Trennflächengefüge resp. untergeordnete Klüftungen und weitere Trennflächen) Richtung Hauptfliesswege entwässert (Basisabfluss).

Im Hinblick auf die Schutzzonenausscheidung und Beurteilung möglicher Gefahrenherde inkl. Bachbeeinflussung wurde sowohl 2002 [Ref.16] wie auch 2024 ein Multi-Tracerversuch durchgeführt, der eine Beurteilung hydraulischer Verbindungen, die Fliessgeschwindigkeit und der Verweildauer im vermuteten Einzugsgebiet erlauben sollte.

Mit Hilfe eines Markierstoffs resp. Tracers² wird Wasser markiert, um seine Ausbreitung verfolgen zu können. Die Tracertechnik bietet die Gelegenheit, Teilaspekte des lokalen Wasserkreislaufes am Objekt selbst zu studieren. Der Einsatz von künstlichen Tracern ist eine anerkannte Methode, um den jeweiligen Sachverhalt resp. hydraulische Beziehungen stichhaltig zu quantifizieren. Dabei stellen die wasserlöslichen Fluoreszenztracer und Salze die häufigsten Markierstoffe dar.

Während bei Untersuchungen von Porengrundwasserleiter die Tracer vorzugsweise direkt in das Grundwasser gegeben werden (z.B. über Piezometer o.ä.) ist das bei Quellen in Hanglage aufgrund des meist sehr heterogenen Wasserlaufs, beschränkt auf bevorzugte Wasserwegsamkeiten, sowie der grossen Überdeckung meist kaum möglich. In solchen Fällen ist der Untergrund möglichst tief zu sondieren (z.B. mittels Rammkern-, Bagger-, Handsondage o.ä.), den einzugebenden Tracer aufgrund dessen Sorptionseigenschaften auszuwählen, die entsprechende Einspeisemenge des Tracers entsprechend zu erhöhen sowie eine genügende Benetzung des Untergrundes zu gewährleisten.

Da die Fliessgeschwindigkeiten im Untergrund bei niedrigen Grundwasserständen geringer sind als bei hohen Grundwasserständen, ist ein Markierversuch (MKV) generell unter Berücksichtigung der hydrologischen resp. hydrogeologischen Bedingungen durchzuführen. Damit möglichst hohe Fliessgeschwindigkeiten provoziert werden könnten, soll ein MKV während eher hoher Wasserführung erfolgen. Damit sollen möglichst ungünstige Verhältnisse bezogen auf eine mögliche Beeinträchtigung der Wasserqualität simuliert werden können.

Mit einem MKV können die Fliessgeschwindigkeiten und Verweilzeiten im Grundwasserleiter bestimmt, hydraulische Verbindungen und bevorzugte Versickerungsstellen kontrolliert sowie die Heterogenität des Grundwasserleiters überprüft werden.

² Anforderungen gemäss [Ref.32] u.a.: chemische Stabilität, möglichst geringe Sorptionstendenz, gute Wasserlöslichkeit, unbedenklich für Mensch, Tier und Pflanzen, gut erfassbar, tiefe Nachweisgrenze.

2.4.1. Markierversuch 2002 [Ref.16]

2.4.1.1. Zielsetzung

Erhebung Grundlagen für damalige Schutzzonenausscheidung:

- Ermittlung generelle Fliessgeschwindigkeiten
- Bestimmung Schutzzonengrenzen S2/S3

2.4.1.2. Durchführung

Der Ablauf des damaligen Markierversuchs (MKV) kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Versuchsdurchführung (vgl. Situationsplan in Anhang B)
 - Impfstelle A: Rätigs (bergseitige Böschung bei Strasse)
 - 100 g Uranin in ca. 2.0 m tiefen Baggerschlitz mit ca. 5 m³ Wasser aus nahegelegenen Hydranten eingespült. Versickerte gut.
 - Impfung: 19:00 Uhr, 10.09.2002
 - Impfstelle B: Karlisboden
 - 100 g Sulforhodamin B in ca. 2.0 m tiefen Baggerschlitz mit ca. 5 m³ Wasser nahegelegenen Laufbrunnen eingespült. Versickerte gut.
 - Impfung: 19:40 Uhr, 10.09.2002
 - Probenahme
 - Bei den beiden Quelleinlaufbecken Städeli 1 (OST) und Städeli 2 (WEST) während 20 Tagen in zeitlich zunehmenden Abständen von 3mal täglich zu Beginn bis 4mal wöchentlich am Ende des Markierversuches.
- Dokumentation [Ref.16]

Dem Start des Markierversuchs gingen über rund 5 Wochen erhebliche Niederschläge von total ca. 282 mm voraus. Generell war das vorangegangene Halbjahr (Februar bis August 2002) nass bis sehr nass. Der August und der September 2002 lagen zudem deutlich über der Referenzperiode 1991-2020³. Während des Markierversuchs ergaben sich Niederschläge von insgesamt rund 185 mm, wovon der Grossteil mit teils heftigen Niederschlägen zwischen dem 19. und 20.09.2002 niedergingen. Mit rund 1'200 bis 1'400 l/min lag die Quellschüttung während des Markierversuchs deutlich über dem langjährigen Median (weitere Details zu täglichen Schüttungsmessungen während des gesamten MKV sind nicht bekannt).

Der Untergrund kann daher zum Start und über die Dauer des Markierversuchs 2002 als sehr gut durchnässt bezeichnet werden. Mit rund 5 m³ wurde auch sehr viel Wasser zusammen mit dem Tracer eingespült, womit Verhältnisse mit sehr hohen vertikale Fliessgeschwindigkeiten prozontiert werden konnten.

³ [Messwerte und Messnetze - MeteoSchweiz](#)

2.4.1.3. Resultate

Die zusammenfassende Neuauswertung des Markierversuch 2002 in Bezug auf die Quelle Städeli kann dem Plan in der Beilage sowie folgender Tabelle entnommen werden:

Beziehung zur Quelle Städeli	Impfstelle A zu Städeli 1 (URA)	Impfstelle A zu Städeli 2 (URA)	Impfstelle B zu Städeli 1 (SRB)	Impfstelle B zu Städeli 2 (SRB)
Hydraulische Verbindung nachgewiesen?	ja	ja	ja	ja
Distanz zwischen Impfstelle & Quelle [m]	260	245	170	170
min. Verweilzeit [d]	10.9	1.5	1.5	3.0
max. Abstandsgeschwindigkeit [m/d]	23.8	163	115	57.2
Peak-Verweilzeit [d]	12.2	12.6	2.5	3.4
Peak-Geschwindigkeit [m/d]	21.3	19.4	68.0	50.0
mittlere Verweilzeit [d]	12.3	13.2	2.9	7.4
mittlere Abstandsgeschwindigkeit [m/d]	21.1	18.6	59.7	23.0
Dispersivität [m]	0.75	2.6	5.5	36.4
Dispersionskoeffizient [m ² /d]	15.8	49.0	331	837
Rückgewinnungsrate nach 10-Tagen [%]	0.00	0.08	1.01	0.23
Rückgewinnungsrate Abschluss MKV [%]	0.09	1.25	1.01	0.23

Tabelle 2-2: Neuauswertung Markierversuch 2002

Beide Impfstellen zeigten zu den jeweils näheren Fassungen (Impfstelle A zu Städeli 2 bzw. Impfstelle B zu Städeli 1) deutlich höhere maximale Fließgeschwindigkeiten (bis zu 163 m/d). Für die Ermittlung der Schutzzonengrenze S2/S3 ist indes die Peak-Geschwindigkeit massgebend. Hier liegen die Werte sowohl zwischen Impfstelle A und Städeli 1 & 2 (rund 20 m/d) wie auch zwischen Impfstelle B und Städeli 1 & 2 (rund 50 bis 70 m/d) relativ nahe beieinander.

Die teils sehr hohen maximalen Fließgeschwindigkeiten sind höchstwahrscheinlich das Produkt des natürlich gut durchnässten Untergrundes kombiniert mit den sehr hohen Mengen an zusätzlich eingespiessenen Wasser bei der Impfung.

Das schnelle Auftreten von Sulforhodamin B in der Quelle Städeli 1 bzw. Uranin in Städeli 2 nach rund 1.5 Tagen deutet primär auf die Erschliessung eines präferenziellen Fließweges mit einer direkten hydraulischen Verbindung zur Quelle.

Der hohe bis sehr hohe Dispersionskoeffizient bei Sulforhodamin B deutet zudem auf eine Lage im direkten Zuströmbereich. Die hohe bis sehr hohe Dispersivität beim nachgewiesenen Sulforhodamin B weist derweil auf eine starke Durchmischung in einem heterogenen Untergrund mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten und Porengrössen und auf eine grössere Verdünnung. Der Tracer verteilt sich über eine grosse Distanz und die Konzentrationen entlang der Fließwege nehmen allmählicher ab. Der Tracer kann sich über grosse Distanzen ungleichmässig ausbreiten,

was auf lange, kontinuierliche Fliesswege oder stark strukturierte Zonen hinweist. Aufgrund der grossen Dispersivität können Teile des Tracers früher ankommen (schnelle Fliesswege), während andere Teile verzögert auftreten (langsamer Transport durch weniger durchlässige Bereiche). Entsprechend sind die Durchgangskurven von Sulforhodamin B relativ langgezogen und weisen mehrere Peaks auf:

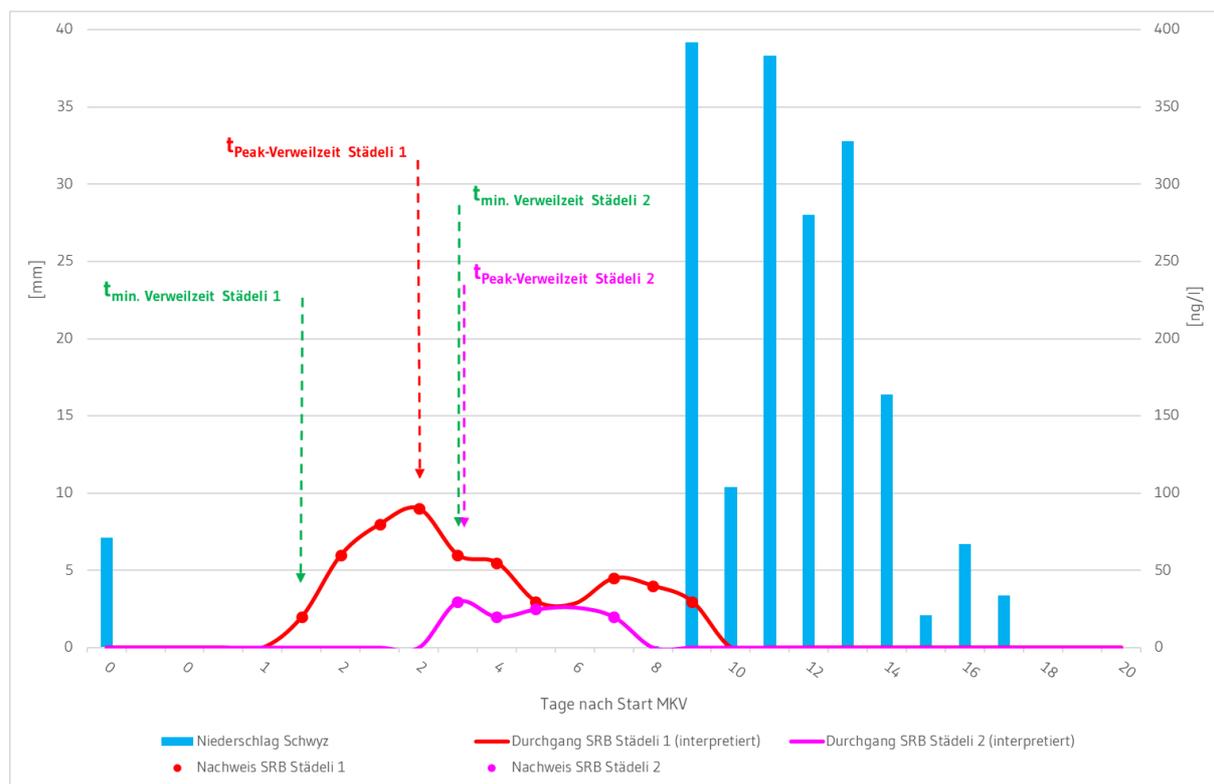


Diagramm 2-3: Durchgangskurve Sulforhodamin B, Markierversuch 2002

Im Gegensatz zum Durchgang von Sulforhodamin B zeigt der Durchgang von Uranin eine eher tiefe Dispersion und einen tieferen Dispersionskoeffizient. Das weist darauf hin, dass die Mischung und Streuung des Tracers durch Diffusion und mechanische Dispersion relativ gering ist und der Tracer stärker konzentriert bleibt. Es resultiert in eine schmalere Fahne, was auf eine Zirkulation in homogenerem Material und eher auf den Randbereich des Zuflussgebietes hindeutet.

Die Kombination von geringer Dispersivität mit der nachgewiesenen hohen maximalen Fließgeschwindigkeit (Impfstelle A zu Städel 2) ist eher ungewöhnlich und könnte neben natürlichen engen, hochdurchlässigen Schichten ohne grössere Heterogenitäten auch auf künstliche Strukturen wie Drainagen oder andere Kanäle hindeuten. Hier könnte beispielsweise die direkt neben der Impfstelle gelegene Strasse und hangparallele Leitungen eine Rolle gespielt haben (z.B. Entwässerung entlang Strasse, Hinterfüllungen von Leitungsgräben o.ä.). Der Durchgang von Uranin zeigt demnach entgegen Sulforhodamin B jeweils einen eindeutigen markanten Peak, der bei Städel 2 deutlich höher ausfällt:

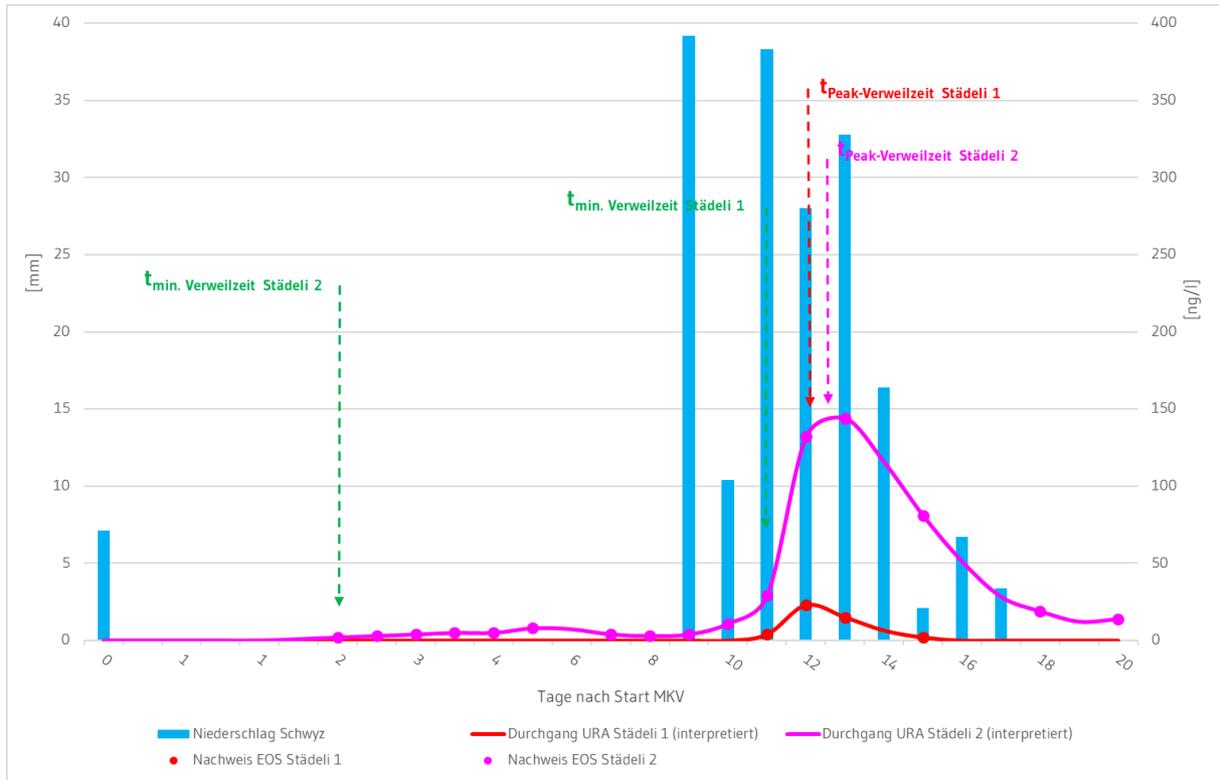


Diagramm 2-4: Durchgangskurve Uranin, Markierversuch 2002

Unter Berücksichtigung der Quellschüttung (vereinfachte Annahme je 1'300 l/min [Ref.16]) kann aus der Konzentrationskurve über das numerische Integral die aufsummierte Konzentrationssumme bestimmt werden. Die daraus resultierende Summenkurve in Diagramm 2-5 und Diagramm 2-6 gibt die zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Quelle wiedergefundene Menge von Sulforhodamin B bzw. Uranin an:

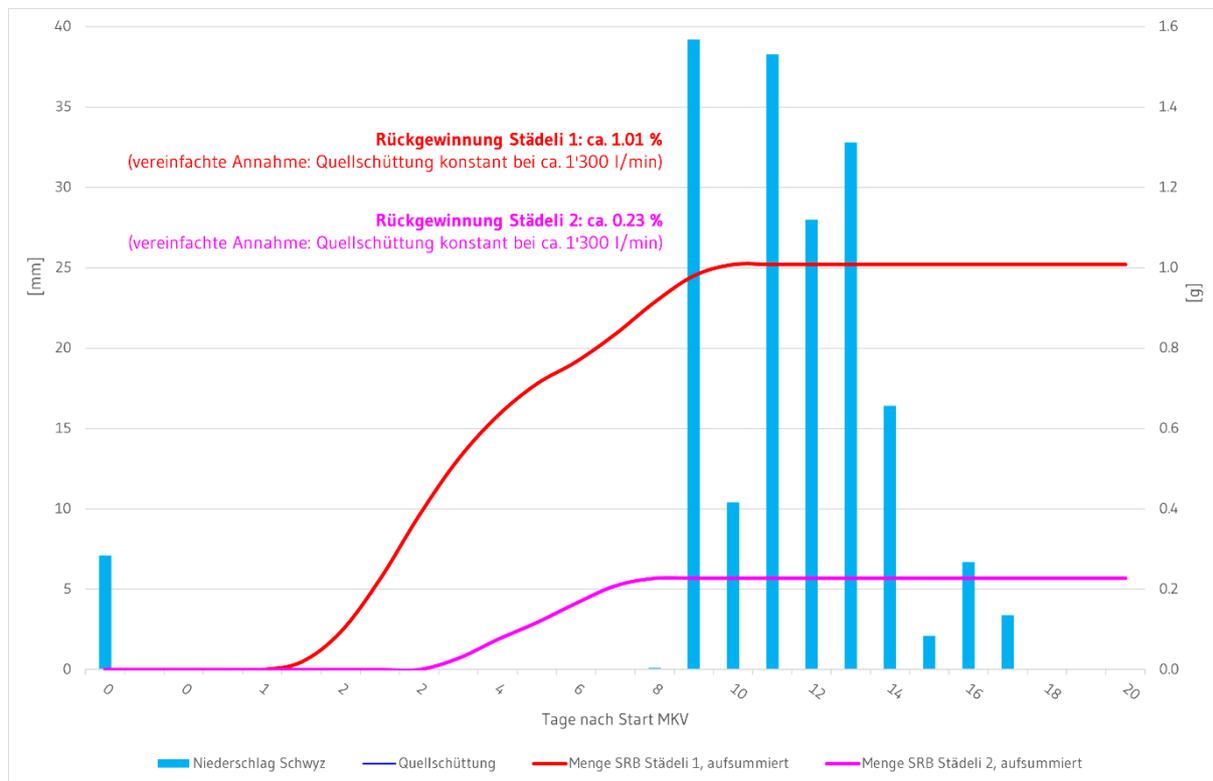


Diagramm 2-5: Summenkurve Sulforhodamin B, Markierversuch 2002

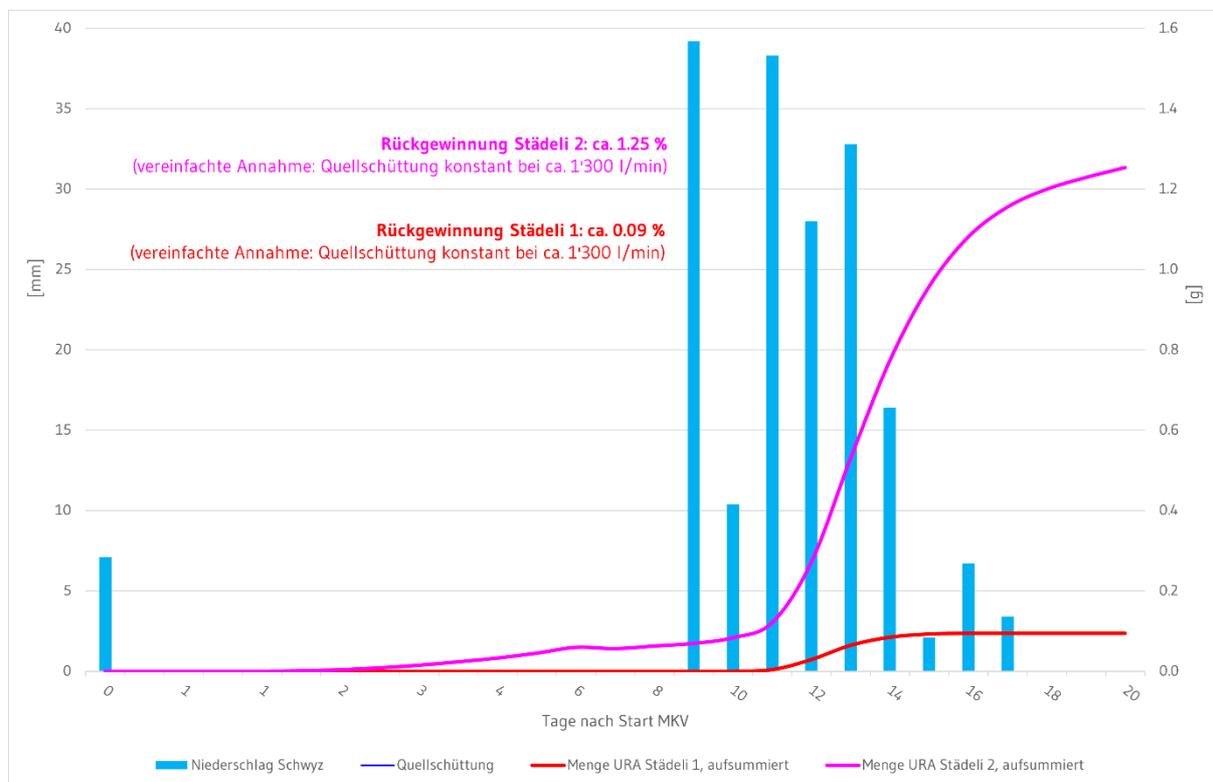


Diagramm 2-6: Summenkurve Uranin, Markierversuch 2002

Die Rückgewinnungsrate beträgt für Sulforhodamin B über die gesamte Versuchsdauer von 20 Tagen ca. 0.23 bis 1.01 % und für Uranin ca. 0.09 bis 1.25 %. Sulforhodamin B ist dabei komplett innerhalb der 10-Tagesgrenze angekommen bzw. ist danach trotz eintretender Niederschläge kein weiterer Nachweis mehr erfolgt. Ganz im Gegensatz zu Uranin, wo der grösste Anteil aufgrund der remobilisierenden Niederschlägen erst nach der 10-Tagesgrenze nachgewiesen worden ist. Nur beim Quelleinlaufbecken Städeli 2 wurden innerhalb der ersten 10 Tage rund 0.09 % des eingegebenen Uranin wiedergefunden.

2.4.2. Markierversuch 2024

2.4.2.1. Zielsetzung

Mittels durchgeführtem Markierversuch sollten folgende grundlegende Ziele verfolgt werden:

- Erhebung Grundlagen für potenzielle Revidierung der Grundwasserschutzzone
 - Ermittlung einer allfälligen hydraulischen Verbindung des Bereichs rund um den Stall bei Unter Rätigs auf Grundstücks GS-Nr. 3525 (Gebäude Nr. 2514 und 2515) zur Quelle
 - Ermittlung einer allfälligen hydraulischen Verbindung des Bereichs rund um den Stall bei Ober Rätigs auf Grundstücks GS-Nr. 3604 (Gebäude Nr. 2512) zur Quelle
 - Ermittlung einer allfälligen hydraulischen Verbindung des Bereichs rund um die Forststrassen im Bereich Mythenbann über Trockenrinnen zur Quelle
 - Ermittlung einer allfälligen hydraulischen Verbindung des Bereichs rund um die Alp Güntrigs auf Grundstücks GS-Nr. 2438 (Gebäude Nr. 3001) zur Quelle
 - Ermittlung generelle Fliessgeschwindigkeiten
 - Bestimmung der 10-Tages-Isochrone hinsichtlich Schutzzonengrenze S2/S3
 - Beurteilung vorhandene Gefahrenherde
 - Beurteilung grundsätzliches hydrogeologisches Modell

Zusammen mit der Eruierung der Gefahrenherde soll im Anschluss eine fachgerechte Grundwasserschutzzone sowie allenfalls notwendige Massnahmen nach Wegleitungen und Vollzugshilfen des BAFU[Ref.29][Ref.30][Ref.31] beurteilt und ausgeschieden werden.

2.4.2.2. Durchführung

Der Ablauf des Markierversuchs wurde in Anlehnung an die Praxishilfe [Ref.32] wie folgt ausgeführt:

- Grobplanung
 - Grundlagen Studium
 - Konzeptionelles Modell
 - Definition der Einspeise- und Probenahmestellen
 - Entnahme der Nullproben inkl. Leitparametermessungen (22.10.2024)

- Detailplanung
 - Analyse Nullproben
 - Definitive Festlegung von Einspeisestellen
 - Definitive Festlegung der Art der Tracer und der Einspeisemenge
 - Erstellung Probenahmeplan (vgl. Anhang C)
- Informationstätigkeit
 - Meldung an AfU, BAFU und Kantonspolizei (28.10.2024)
- Versuchsdurchführung (vgl. Anhang A)
 - Abteufen von 2 Baggersondagen (11.11.2024)
 - Sondage BS1 bei Impfstelle Nr. 1



Sondage: ca. 1.5 m

- 0.0 bis 0.15 m: organische Deckschichten
 - 0.15 bis 1.5 m: Sand, sil-
tig, kiesig, matrix- bis
komponentengestützt
- Zusätzlich 4 Löcher von
0.5 m Tiefe mit Handbohr-
stock abgeteuft

- Sondage BS2 bei Impfstelle Nr. 2



Sondage: ca. 1.7 m

- 0.0 bis 0.15 m: organische Deckschichten
- 0.15 bis 1.5 m: Sand, siltig, kiesig, schwach tonig, matrix- bis komponentengestützt

→ Zusätzlich 4 Löcher von 0.5 m Tiefe mit Handbohrstock abgeteuft

- Abteufen von 2 Handsondagen (11.11.2024)

- Sondage HS1 bei Impfstelle Nr. 3



2 Sondagen à ca. 0.4 m

- 0.0 bis 0.3 m: organische Deckschichten (lockerer Waldboden)
- 0.3 bis 0.4 m: Steine und Blöcke mit organischem Material dazwischen



- Sondage HS2 bei Impfstelle Nr. 4



Sondage: ca. 0.5 m

- 0.0 bis 0.1 m: organische Deckschichten
- 0.1 bis 0.5 m: Silt, sandig, schwach kiesig, tonig, matrixgestützt

→ Zusätzlich 4 Löcher von 1.0 m Tiefe mit Handbohrstock abgeteuft

- Aktive Vorspülung der beiden Bagger- und Handsondagen (11.11.2024)
 - BS1, Nr. 1: ca. 120 l
 - BS2, Nr. 2: ca. 140 l
 - HS1, Nr. 3: ca. 10 l
 - HS2, Nr. 4: ca. 20 l
- Impfung resp. Eingabe Tracer den Bagger- und Handsondagen (11.11.2024)

■ Impfung bei Impfstelle Nr. 1



300 g Sulforhodamin B
(11:30 Uhr, 11.11.2024)
→ sehr gute Versickerung

■ Impfung bei Impfstelle Nr. 2



300 g Eosin
(12:00 Uhr, 11.11.2024)
→ schlechte Versickerung

- Impfung bei Impfstelle Nr. 3



450 g Sulforhodamin G
(12:45 Uhr, 11.11.2024)
→ gute Versickerung

- Impfung bei Impfstelle Nr. 4



300 g Uranin
(13:15 Uhr, 11.11.2024)
→ sehr schlechte Versickerung

- Nachspülung der Impfstellen Nr. 1 & 2 nach Impfung (07.10.2024)

- Nr. 1: ca. 80 l
- Nr. 3: ca. 20 l
- Nr. 3: ca. 10 l
- Bei Nr. 2 versickerte das Wasser mit Tracer schlecht, wonach keine Nachspülung stattfand. Aufgrund der schlechten Sickerseigenschaften konnte derweil auch bei Nr. 3 nicht mehr Wasser dazugegeben werden.

- Start Probenahme (11.11.2024)
- Auswertungen Labor (06.12.2024 und 18.12.2024)

■ Dokumentation [Ref.4]

Unmittelbar vor dem Start des Markierversuchs war eine 2-wöchige Trockenphase. Diese war im Jahr 2024 ziemlich einzigartig, denn generell war das Jahr 2024 nass bis sehr nass. Die Niederschlagssummen im September und der Oktober 2024 lagen im Bereich des langjährigen Mittels gemäss Referenzperiode³ 1991-2020. Während des Markierversuchs ergaben sich Niederschläge von insgesamt rund 175 mm, welche über mehrere Tage verteilt waren. Am 21.11.2024 gingen allerdings rund 39 mm innert 24 grösstenteils in Form von Schnee nieder. Spätestens ab dem 25.11.2024 schmolz dieser aber wieder grösstenteils.

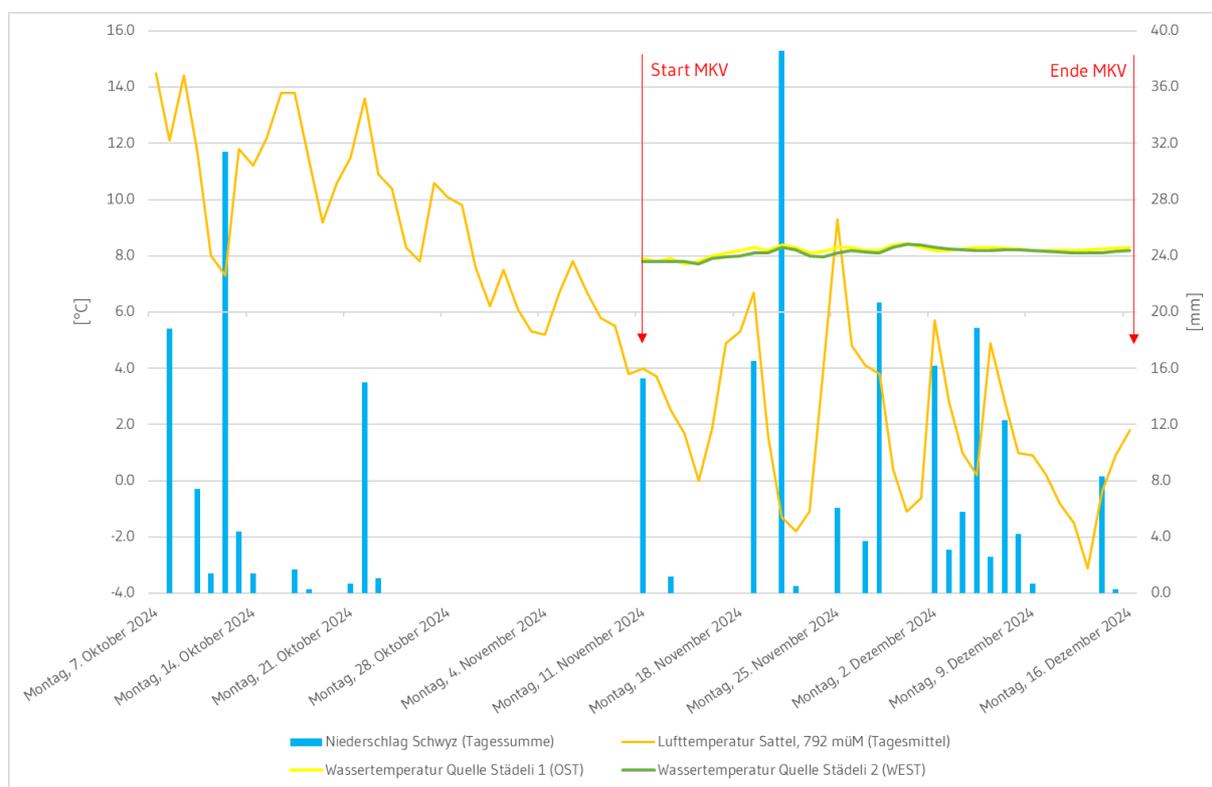


Diagramm 2-7: Hydrogramm der Quelle Städeli während des Markierversuchs 2024

Angaben über die Quellschüttung während des Markierversuchs fehlen. Gemäss Überlieferungen und Messungen im Leitsystem wird aber davon ausgegangen, dass die Gesamtschüttung immer 500 l/min oder mehr betragen hat.

Der Untergrund kann daher zum Start und über die Dauer des Markierversuchs 2024 als gut durchnässt bezeichnet werden. Dies zeigten auch die Bagger- und Handsondagen, wonach der Untergrund erdfeucht bis nass war. Zusammen mit dem Vor- und Nachspülen konnten erhöhte vertikale Fliessgeschwindigkeiten unter Umgehung der organischen Deckschichten provoziert werden konnten.

2.4.3. Resultate

Die zusammenfassende Auswertung des Markierversuch 2024 kann dem Plan in der Beilage sowie folgender Tabelle entnommen werden:

Beziehung zur Quelle Städeli	Impf- stelle Nr. 1 zu Städeli 1&2 (SRB)	Impf- stelle Nr. 2 zu Städeli 1 (EOS)	Impf- stelle Nr. 2 zu Städeli 2 (EOS)	Impf- stelle Nr. 3 zu Städeli 1&2 (SRG)	Impf- stelle Nr. 4 zu Städeli 1&2 (URA)
Hydraulische Verbindung nachgewiesen?	nein	ja	ja	nein	nein
Distanz zwischen Impfstelle & Quelle [m]	200	395	385	550	890
min. Verweilzeit [d]	-	20.9	20.9	-	-
max. Abstandsgeschwindigkeit [m/d]	-	18.9	18.5	-	-
Peak-Verweilzeit [d]	-	31.2	27.2	-	-
Peak-Geschwindigkeit [m/d]	-	12.7	14.2	-	-
mittlere Verweilzeit [d]	-	33.2	28.8	-	-
mittlere Abstandsgeschwindigkeit [m/d]	-	11.9	13.4	-	-
Dispersivität [m]	-	6.1	5.5	-	-
Dispersionskoeffizient [m ² /d]	-	72.8	73.3	-	-
Rückgewinnungsrate nach 10-Tagen [%]	-	0.00	0.00	-	-
Rückgewinnungsrate Abschluss MKV [%]	-	0.15	0.22	-	-

Tabelle 2-8: Neuauswertung Markierversuch 2024

Nur einer der vier eingegebenen Tracer konnte über die Versuchsdauer von 35 Tagen nachgewiesen werden. Damit konnte unter den vorherrschenden Bedingungen keine direkte hydraulische Verbindung zwischen weiterem Einzugsgebiet Richtung Mythenbannwald (aktuelle S3) und Quelle Städeli nachgewiesen werden. Ebenfalls konnten weder die hohen maximalen Fließgeschwindigkeiten aus dem Bereich Rätigs noch eine direkte hydraulische Verbindung zwischen Stall Unter Rätigs zur Quelle wie anno 2002 (vgl. Kap. 2.4.1.3) nachgewiesen werden.

Einzig der Bereich rund um den Hof bei Ober Rätigs zeigte eine Verbindung zur Quelle Städeli. Die erzielten Werte sind dabei plausibel und in sich gut übereinstimmend. Das Erstauftreten fand sowohl bei Städeli 1 wie auch bei Städeli 2 gleichzeitig am 21. Tag nach Impfung statt. Entsprechend sich auch die maximalen Abstandsgeschwindigkeiten nahezu identisch. Der 1. Peak der beiden Tracer ist allerdings zeitlich etwas versetzt, womit die massgebenden Peak-Geschwindigkeiten bei rund 13 bis 14 m/d liegen.

Die erhöhte Dispersivität weist derweil auf eine gute Durchmischung in einem mässig heterogenen Untergrund mit unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten und Porengrößen und auf eine gute Verdünnung. Der Tracer verteilt sich über eine grosse Distanz und die Konzentrationen entlang der Fließwege nehmen allmählicher ab. Der Tracer kann sich über grosse Distanzen ungleichmässig ausbreiten, was auf lange, kontinuierliche Fließwege oder stark strukturierte

Zonen hinweist. Aufgrund der grossen Dispersivität können Teile des Tracers früher ankommen (schnelle Fliesswege), während andere Teile verzögert auftreten (langsamer Transport durch weniger durchlässige Bereiche). Der hohe Dispersionskoeffizient deutet zudem auf eine Lage im direkten Zuströmbereich. Die Durchgangskurven von Eosin zeigt folgendes Diagramm:

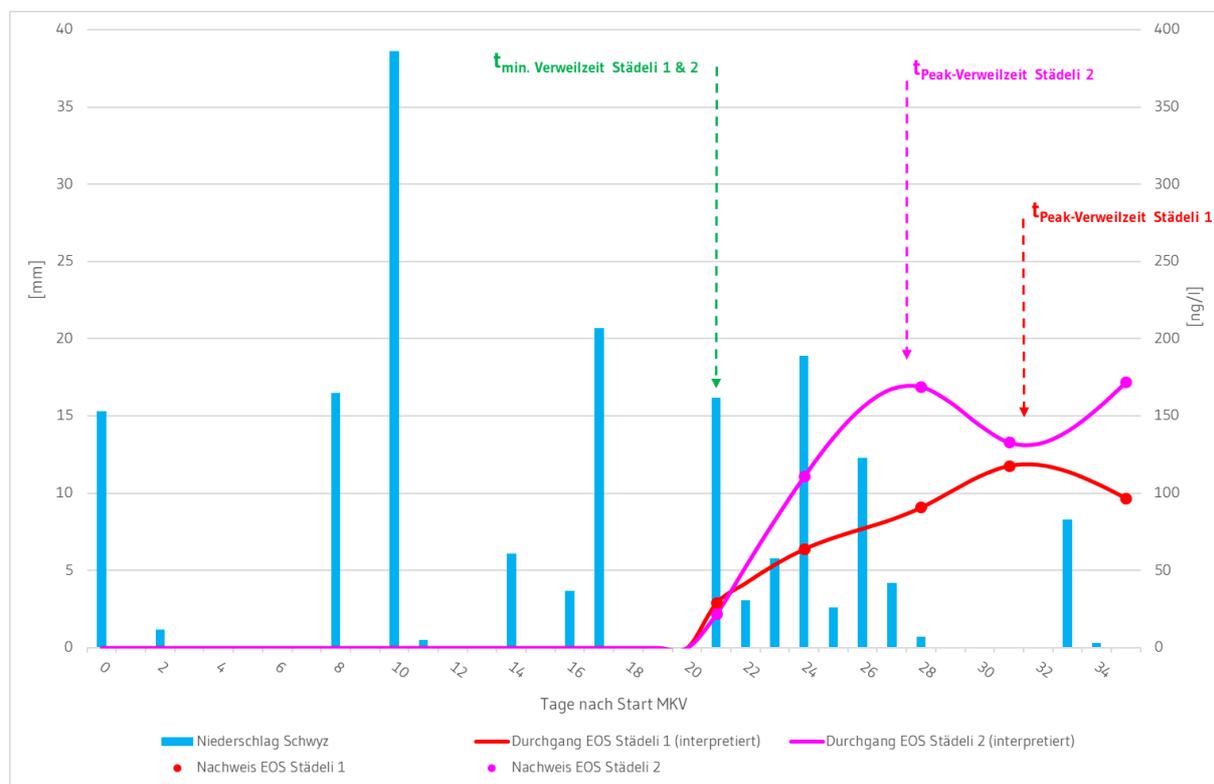


Diagramm 2-9: Durchgangskurve Eosin, Markierversuch 2024

Zwar wurden aufgrund der schlechten Zugänglichkeit und hohen Schüttungsmengen keine Schüttungsmessungen bei den Probenahmen durchgeführt. Hingegen wurden jeweils die Wassertemperaturen gemessen (vgl. Diagramm 2-7).

Trotz stark ändernder Witterungsbedingungen und einer Schwankung der Lufttemperatur zwischen -3.1 bis 9.3 °C (MeteoSchweiz-Station Sattel³ auf 792 m ü. M.) blieb die Wassertemperatur über die gesamte Versuchsdauer zwischen 7.7 und 8.5 °C ziemlich konstant. Dies ist ein Anzeichen, dass die generelle Verweildauer des Kluft-Lockergesteins-Mischwassers resp. der Anteil an älterem Wasser auch bei nassen Bedingungen immer noch hoch ist und eine gute Mineralisierung des Quellwassers erlaubt.

Unter Berücksichtigung der Quellschüttung⁴ (vereinfachte Annahme je 250 l/min) kann aus der Durchgangskurve von Eosin über das numerische Integral die aufsummierte Konzentrationssumme bestimmt werden. Die daraus resultierende Summenkurve in Diagramm 2-10 gibt die zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Quelle wiedergefundene Menge von an:

⁴ Überlieferungen und Messungen im Leitsystem wird aber davon ausgegangen, dass die Gesamtschüttung immer 500 l/min oder mehr betragen hat.

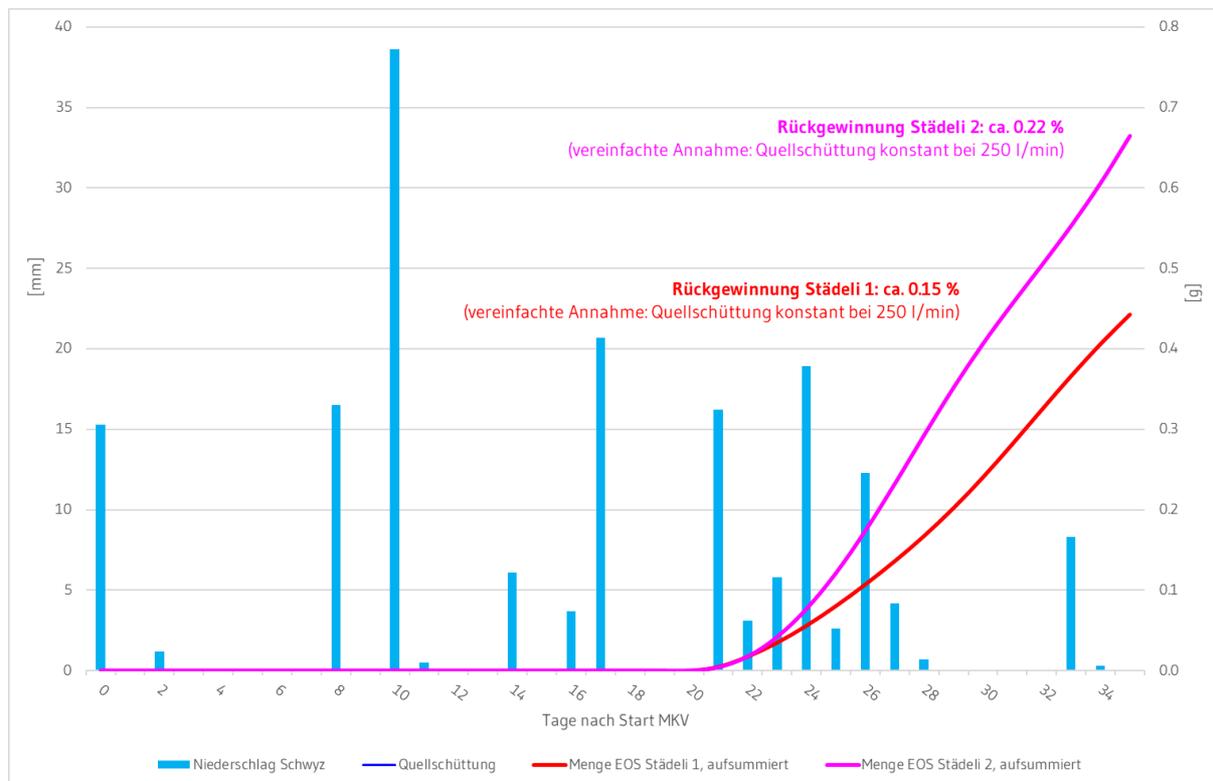


Diagramm 2-10: Summenkurve Eosin, Markierversuch 2024

Die Rückgewinnungsrate beträgt für Eosin über die gesamte Versuchsdauer von 35 Tagen ca. 0.15 bis 0.22 %. Innerhalb der ersten 10 Tage wurde der Tracer nicht nachgewiesen.

2.4.4. Zusammenfassende Folgerungen

Die bisher ausgeschiedene Grundwasserschutzzone wurde auf Basis des Markierversuchs 2002 und den hydrogeologischen Aufnahmen nach damaligem Stand der Technik dimensioniert [Ref.16]. Sie erfüllt die wichtigsten Anforderungen einer Grundwasserschutzzone nach Gewässerschutzverordnung (GSchV) und ist damit bundesrechtskonform⁵:

- Ziff. 122 Abs. 3 GSchV: S1 ist um die Quelle und unmittelbare Umgebung auszuscheiden
- Ziff. 123 Abs. 3 Bst. a GSchV: Mind. 100 m Abstand zwischen Grenze S1 und S2
- Ziff. 124 Abs. 2 GSchV: Abstand zwischen S2 und S3 mind. so gross wie S1 bis S2

Bei der Schutzzonenausscheidung 2002 hat man den Ersteintritt des Markierstoffs verwendet, um die Schutzzonengrenzen zu dimensionieren. Zudem hat der Gutachter trotz Ergebnisse des damaligen Markierversuchs eine eigene Interpretation angewendet und für die Fließgeschwindigkeiten vereinfacht rund 100 m/Tag angenommen. Unklar ist uns zudem, warum entgegen den hydrogeologischen Grundlagen [Ref.16] die Schutzzone S2 anno 2007 «nur» bis Unter Rätigs ausgeschieden wurde und nicht wie initial vorgeschlagen bis Güntrigs. Hier wurde vermutlich nachträglich justiert, ohne dass entsprechende Grundlagen vorliegen.

⁵ Die Fassung weist die gemäss Gewässerschutzverordnung erforderlichen Schutzzonen auf und diese sind rechtskräftig ausgeschieden. In dieser Einteilung sind allfällige Nutzungskonflikte nicht berücksichtigt und basiert auf einer Umfrage des BAFU's (2018).

Heute wird gemäss BAFU-Vollzugshilfe [Ref.30] in der Regel der Zeitpunkt des ersten Peaks verwendet, um die 10-Tage-Isochrone und damit die Schutzzongrenze S2 zu definieren. Entsprechend ist die PEAK-Geschwindigkeit massgebend für die Dimensionierung der Schutzzongrenze S2/S3. Vorliegend wurden PEAK-Geschwindigkeiten zwischen 10 bis 70 m/d ermittelt⁶.

Auf Basis der Neuauswertung des Markierversuchs 2002 und den zusätzlichen Erkenntnissen aus dem Markierversuch 2024 wird eine Redimensionierung der Schutzzone Städeli als notwendig erachtet. Folgende generelle Anpassungen wurden bereits mit Abschluss des Markierversuchs 2024 als möglich erachtet und dem AfU unterbreitet:

- Vorschlag Verkleinerung S2
 - Stallungen auf Grundstück GS-Nr. 3525 und obliegende Strasse bei Unter Rätigs neu ausserhalb S2
 - Westliche Begrenzung neu etwas weiter nach Südosten verlegen
- Vorschlag Vergrösserung S2
 - In zentralem Bereich Geländemulde/Rinne Richtung Nordosten, ohne dass neue Bauten betroffen wären
 - Bei Karlisboden, ohne dass neue Bauten betroffen wären
- Vorschlag Verkleinerung S3
 - Begrenzung neu zwischen Ober Rätigs und Güntrigsgruebi
 - Begrenzung neu bei Forststrasse in Mythenbannwald
- Anpassung S1
 - Kann revidiert werden, wenn Fassungen lokalisiert worden sind [Ref.1]

Nach Konsultation der Ergebnisse des Markierversuchs 2024 und Neuauswertung des Markierversuchs 2002 [Ref.4] erachtet das AfU die Interpretation und Neubewertung als schlüssig und die generellen Vorschläge der Anpassung der Schutzzone als realisierbar [Ref.3].

Im Rahmen der vorliegenden Auswertung musste die Erstbewertung hinsichtlich Verkleinerung der Schutzzone S2 betreffend obliegende Strasse bei Unter Rätigs relativiert werden. Nach detaillierter Auswertung sämtlicher Grundlagen im Rahmen der vorliegenden Schutzzonenausscheidung musste die Spitzkehre östlich des Grundstücks GS-Nr. 2001 in der Schutzzone S2 belassen werden (vgl. dazu Kap. 6).

Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten und dem Markierversuch kann die Vulnerabilität der Quelle Städeli im Allgemeinen als mittel bezeichnet werden. Während die Vulnerabilität aufgrund von Versickerungs-/Infiltrationsstellen (z.B. Trockenrinnen oder andere Schlucklöcher wie Dolinen o.ä.) in den entsprechenden Bereichen als hoch angenommen werden muss, ist sie im restlichen Einzugsgebiet klein bis mittel (vgl. Anhang A und Anhang E).

Die Quelle zeigt eine hohe Trägheit der Wassertemperatur gegenüber sich ändernden hydrologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 4.1). Die Schüttung hingegen kann stark auf Niederschlags-

⁶ Auf eine Erhöhung der massgebenden Peak-Geschwindigkeit infolge der vertikalen Sickerstrecke zwischen Tracereingabe und Grundwasseroberfläche wird verzichtet, da die damaligen Niederschläge eine erhöhte vertikale Fliessgeschwindigkeit ermöglichte und da der Tracer in ein zuvor ausgehobenes Sickerloch eingegeben wurde, welches mit genügend Wasser vor- und nachgespült wurde.

ereignisse reagieren. Die Quelle zeigt damit deutliche Anzeichen eines Piston-Effekts, so dass während und auch nach Niederschlagsereignissen noch älteres resp. gut mineralisiertes Wasser Richtung Quelle gedrückt wird. Dies ist ein Anzeichen, dass die generelle Verweildauer des Kluft-Lockergesteins-Mischwassers resp. der Anteil an älterem Wasser auch bei nassen Bedingungen immer noch hoch ist. Der Anteil an jüngerem, frisch infiltrierendem Wasser ist demgegenüber allermeist nicht dominant bzw. nicht massgebend für den mittleren Quellwasserertrag.

Die Fliessgeschwindigkeiten sind je nach Untergrund im Einzugsgebiet der Quelle sehr unterschiedlich. Während in den Lockergesteinen generell massgebende Fliessgeschwindigkeiten von rund 10 bis 25 m/d angenommen werden können, sind diese entlang präferenziellen Fliesswegen ungleich höher. Im Bereich von versickerungswirksamen Schlucklöcher oder Trockenrinnen wie im Wald zwischen Karlisboden und Husmattli müssen vereinzelt Fliessgeschwindigkeiten von bis zu 70 m/d angenommen werden.

Ähnlich sind auch im komplexen Trennflächengefüge des Felsuntergrundes stellenweise massgebenden Fliessgeschwindigkeiten von bis über 50 m/d zu erwarten. Entlang der dominierende Hauptklüftung könnten im Felsuntergrund demnach Fliessgeschwindigkeiten von bis zu ≥ 300 m/d erreicht werden (entsprechende Fliessgeschwindigkeiten wurden bei anderen Quellen im Kanton Schwyz im Bereich der Schlieren-Decke bereits nachgewiesen). Vorliegend konnten jedoch keine präferenzielle Fliesswege resp. keine derart hohen Fliessgeschwindigkeiten ermittelt werden.

3. Art, Aufbau und Zustand der Quellwasserfassungen

Über die Art, den Aufbau und den Zustand der drei vermuteten Quellwasserfassungen der Quelle Städeli ist nur sehr wenig bekannt. Erstellt wurden die Fassungen aufgrund der Konsultation historischer Karten vermutlich in den 1940er. Davor speiste die Quelle einen Bach, welcher heute unterhalb der Brunnenstube eingedolt ist und nur noch das Überlaufwasser der Quelle sowie diverse ungenutzte Wasserläufe aufnimmt [Ref.1][Ref.7][Ref.16].

Aufgrund des Alters, den damals oft verwendeten Materialien (evtl. bereits PVC-Rohre, mangelnde Abdeckung etc.) und den eigenen Erfahrungen mit ähnlichen Quellen aus den 1940er bis 1960er muss davon ausgegangen werden, dass die Fassungen heute in einem eher mässigen bis schlechten Zustand sind. Aus Erfahrungen mit Quellen in ähnlicher Umgebung und Alter ist im Allgemeinen anzunehmen, dass kein eigentliches oder ein nur gering ausgeprägtes Fassungsbaupunkt rund um die Fassungsleitungen vorliegt. Demnach ist vermutlich kein betonierter Fassungsriegel und keine fachgerechte Abdeckung mit genügender Abdichtung und keine ausreichende Filterkiesfüllung zu erwarten. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Fassungen nicht den Kriterien der Richtlinie des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW [Ref.35]) entsprechen. Trotzdem zeigen die beiden Einlaufbecken in der Sammelbrunnenstube keine übermässigen Verfärbungen, Ablagerungen und anderweitige Verunreinigungen, so dass die Fassungen höchstwahrscheinlich noch intakt sind und eine hohe Wasserqualität zulassen (vgl. Kap. 4).

Die drei vermuteten Quellwasserfassungen werden separat in die Sammelbrunnenstube Städeli geleitet. Nur die westlichste Fassung wird dabei noch separat über dazwischenliegenden einen Kontrollschacht geführt. Die beiden östlichen Fassungen laufen schliesslich in das östliche Sammelbecken Städeli 1 und die westlichste Fassung in das Quelleinlaufbecken Städeli 2. Folgende Abbildungen zeigen den aktuellen Kenntnisstand über die Fassungsituation:

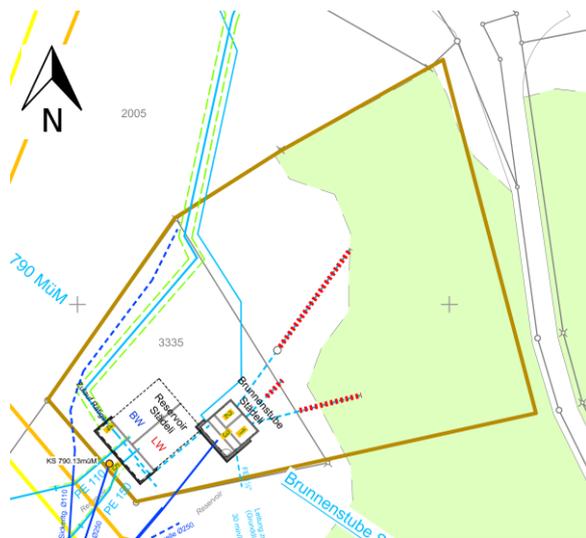


Abbildung 3-1: Werkplan mit Lage des Reservoirs, der Sammelbrunnenstube und der Situation der Fassungen der Quelle Städeli (roter Bereich = Annahme Verlauf Fassungen) [Ref.1]

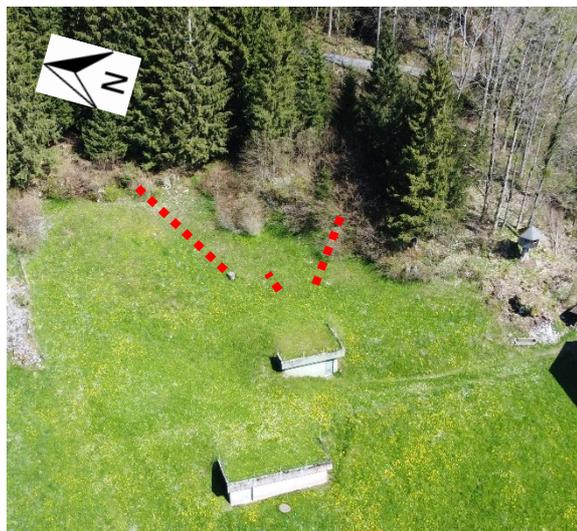


Abbildung 3-2: Drohnenbild der Situation rund um die Quelle Städeli (roter Bereich = Annahme Verlauf Fassungen); Drohnenbild vom 10.04.2025 (pegeol ag)

An der Oberfläche sind von Fassung keine Spuren erkennbar. Die Oberfläche liegt in landwirtschaftlich extensiv genutzter Fläche (nur Mähen) im Übergang zu Wald. Die Überdeckung der Fassung wird mit nur 2.0 bis 4.0 m vermutet.

4. Wasserbeschaffenheit des Quellwassers

4.1. Feldmessungen

Im Rahmen der Kontrollbegehungen des jeweiligen Brunnenmeisters der WVGLO und den Erhebungen für die Schutzzonenausscheidung wurden diverse Stichtagmessungen der Schüttungen und Feldparameter (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert) durchgeführt. Die Feldmessungen der Quelle Städeli (Sammelwasser) können wie folgt zusammengefasst werden (vgl. dazu Anhang G und Abbildung 4-2):

	Schüttung [l/min]	Wassertemperatur [° C]	Leitfähigkeit [µS/cm]
Median	720.0	7.0	275
Min	105.0	5.9	269
Max	2'500.0	7.9	283
Schwankungsziffer	23.8	1.3	1.1
Anzahl Messungen	693	334	5

Abbildung 4-1: Zusammenfassung der bisherigen Messungen der Feldparameter der Quelle Städeli (Sammelwasser)

Mit einer Schwankungsziffer (Q_{max} / Q_{min}) von 23.8 ist die Quelle als wenig zuverlässig zu bezeichnen. Berücksichtigt sind in dieser Minima-/Maxima-Auswertung Messungen von 1997 bis 2023. Insbesondere die Schüttungsmessungen sind damit über eine lange Zeitreihe erhoben, womit eine breit abgestützte und robuste Schwankungsziffer resultiert. Ab 2010 sind die Daten allerdings nur bedingt aussagekräftig, da zu diesem Zeitpunkt eine UV-Anlage im Reservoir Städeli eingebaut und der Zähler auf 500 l/min beschränkt wurde. Bei Angaben nach 2010 und Werten von > 500 l/min erfolgte schliesslich nur noch eine Sichtschtätzung [Ref.2].

Folgende Kastengrafik zeigt die erwartete Verteilung der Quellschüttung:

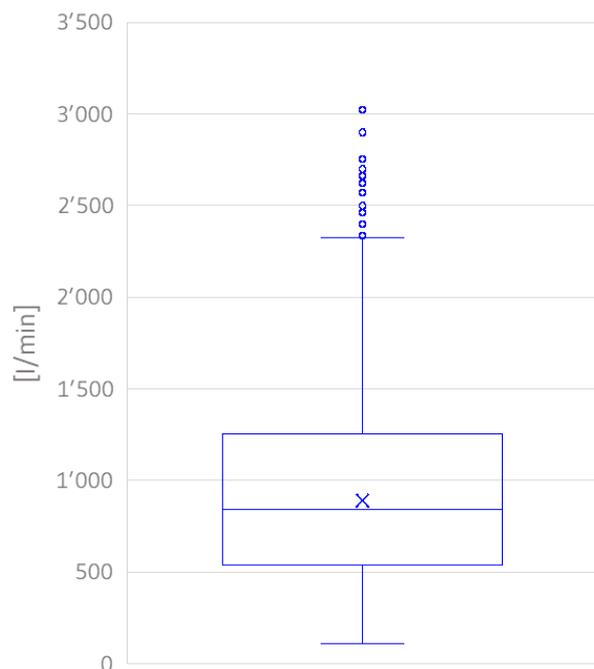


Abbildung 4-2: Verteilung der Schüttung der Quelle Städeli, Sammelwasser (Whisker Box-Plot aus interpolierten Daten gemäss Abbildung 4-3)

Die geringsten Schüttungen (< 300 l/min) treten jeweils in den Wintermonaten November bis Februar auf. Je nach hydrologischem Jahr können aber vereinzelt auch in den Sommer und den Herbstmonaten tiefe Schüttungsmengen auftreten. Die bisher geringsten Mengen wurden im Januar 2017 nachgewiesen (bisherigen Minimum von 105 l/min am 24.01.2017). Mit Eintreten der Schneeschmelze steigert sich die Schüttung relativ schnell, so dass allermeist hohe Schüttungen (> 1'000 l/min) in den Monaten Februar bis Mai eintreten. Kombiniert mit längeren und ergiebigen Niederschlagsphasen können sich so bis in den Herbst erhöhte Erträge ergeben. So wurde das bisherige Maximum von 2'500 l/min einerseits am 11.08.2007 und andererseits am 14.07.2008 gemessen.

Folgende Diagramme zeigen die saisonalen Ganglinien der Quellschüttung und der Wassertemperatur (Gesamtbetrachtung von 1997 – 2010 und Detailbetrachtung von 2005 & 2006):

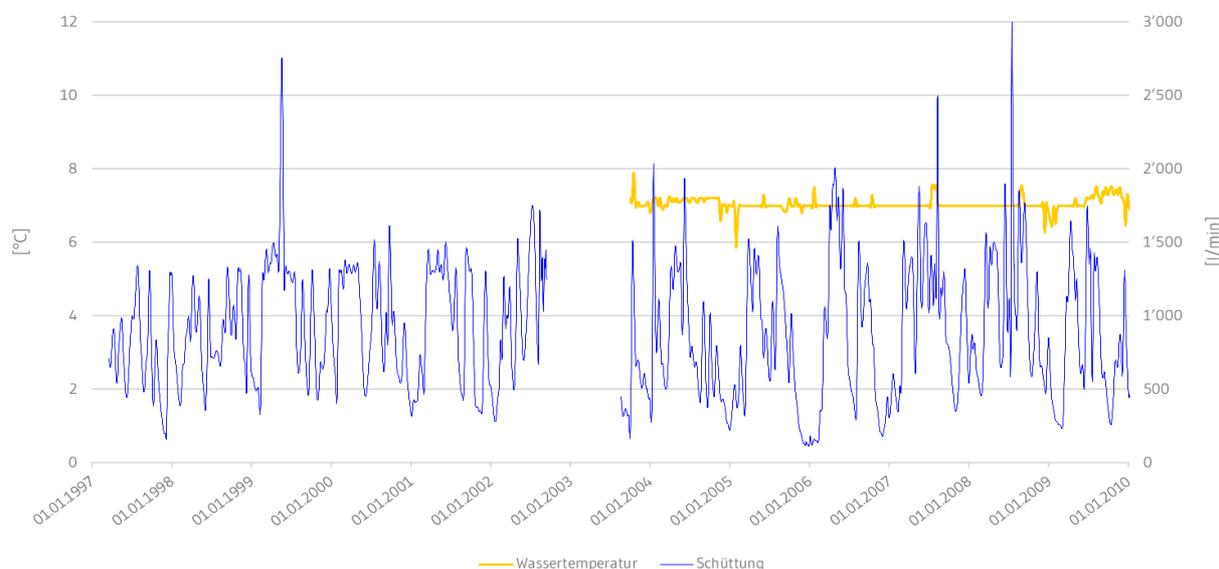


Abbildung 4-3: Hydrogramm der Quelle Städeli: interpolierter Verlauf der Quellschüttung (Cubic Spline) des Sammelwasser aufgrund Einzelmessungen von 1997 bis 2010 (danach nicht mehr repräsentativ)

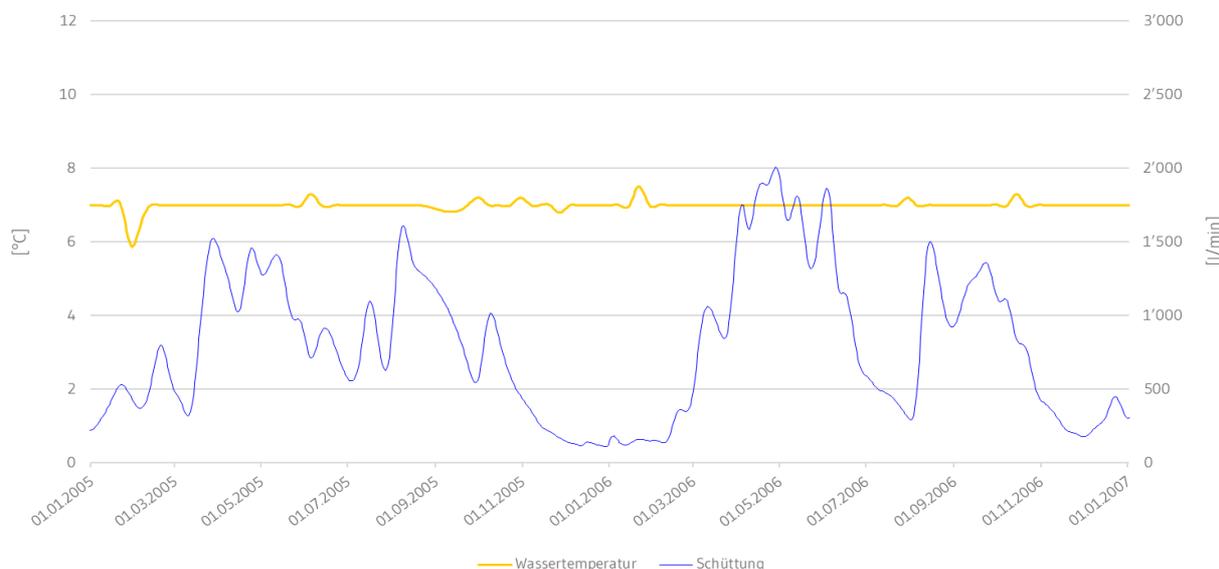


Abbildung 4-4: Hydrogramm der Quelle Städeli: interpolierter Verlauf der Quellschüttung (Cubic Spline) des Sammelwasser aufgrund Einzelmessungen von 2005 & 2006

Aus Abbildung 4-4 ist der jahreszeitliche Verlauf sehr gut erkennbar. Die verfügbaren Informationen³ deuten darauf hin, dass die Niederschlagsmengen in diesen beiden Jahren in vielen Regionen der Schweiz im Bereich des langjährigen Mittels lagen. Grössere Abweichungen der langjährigen Norm (Referenzperiode 1991-2020) sind indes speziell in den Monaten August 2005 und August 2006 erwähnenswert, wo deutlich mehr Niederschläge niedergingen als gemäss Normwert erwartet werden könnte. Dies widerspiegelt sich anhand sommerlich Schüttungsspitzen der Quelle Städeli relativ gut.

Zwar fehlen meist enge Messreihe rund um Niederschlagsereignisse, aber anhand der vorhandenen Daten lässt sich doch ein Sommerevent extrahieren, welches die Reaktion der Quelle auf ein ausgeprägtes Niederschlagsereignis zeigt. Nach vorangegangenen Monaten im Bereich der langjährigen Norm (Referenzperiode 1991-2020) ergaben sich im August 2002 teilweise übernormale Regenmengen. Der Monat begann mit häufigen Regenfällen, die am 10. und 11. gebietsweise sehr ergiebig waren und stellenweise in der Zentralschweiz zu Hochwasser führte. Nach einer anschließenden trockenen Periode vom 14. bis 19.08.2002 kam es zu regional heftigen Gewitterregen. Der Verlauf der Quellschüttung in dieser Phase zeigt die Reaktionszeit der Quelle auf grössere Niederschlagsereignisse gut auf. Demnach wird mit einer allgemeinen Peak-Reaktionszeit von rund 4 Tagen auf grössere Niederschlagsereignisse gerechnet:

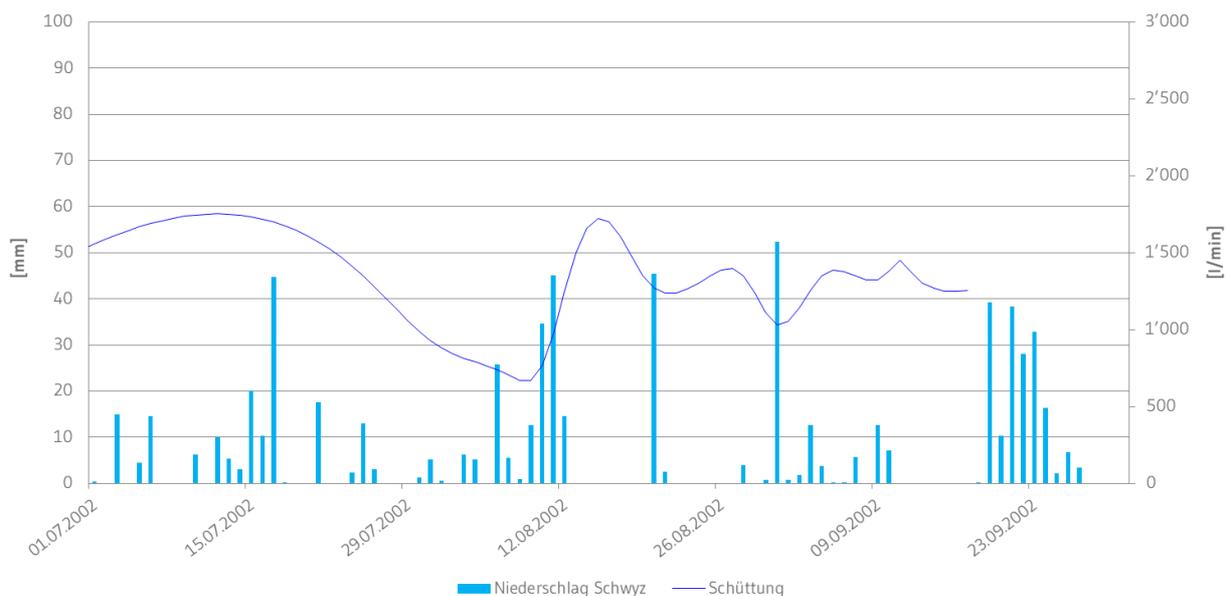


Abbildung 4-5: Hydrogramm der Quelle Städeli: interpolierter Verlauf der Quellschüttung (Cubic Spline) des Sammelwasser aufgrund Einzelmessungen sowie tägliche Niederschlagssummen in Schwyz im Sommer 2002

Die östlichste Fassung bringt jeweils am meisten Wasser, während die westlichste Fassung rund 15-20 % weniger bringt. Die mittlere Fassung ist die kleinste und bringt jeweils nur wenig Wasser (i.d.R. < 10 l/min).

Entgegen der Schüttung reagiert die Wassertemperatur kaum oder nur sehr wenig ausgeprägt auf sich ändernde Witterungsbedingungen (vgl. Abbildung 4-4). Sie kann damit als sehr träge und mit einer gesamthaften Schwankung von 2.0 °C als sehr konstant bezeichnet werden. Auch grössere Sommergewitter wie im August 2005 und August 2006 haben kaum einen Einfluss auf die Wassertemperatur. Das bisherige Minimum von 5.9 °C wurde am 29.01.2005 und das Maximum von 7.9 °C nach dem Hitzesommer 2003 am 19.10.2003 gemessen.

Die Bandbreite der elektrischen Leitfähigkeit von rund 250 bis 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zeigt, dass die Gesamtmineralisation zwar nicht sehr hoch, aber typisch für die Herkunft von Grundwasser aus Karbonat- oder Silikatgesteinen ist. Es liegen bisher aber zu wenige Messungen vor, um eine ergänzende Auswertung (z.B. im Zusammenhang mit Niederschlagsereignissen o.ä.) vorzunehmen. Die bisherigen Messungen zeigen aber zumindest, dass die Schwankung nur gering ist und keine ausgeprägten menschliche Einflüsse (z.B. durch Streusalz, Düngung, Abwässer, Deponie o.ä.) zu erwarten sind.

Aufgrund der Annahme einer indirekt durch das Trennflächengefüge gespeisten Quelle (sekundärer Austritt aus dem Lockergestein), dem Verlauf der Schüttung und den bisherigen Leitparameternmessungen wird von einem gewissen „Piston-Effekt“⁷ ausgegangen werden. Das bedeutet, dass aufgrund des miteinhergehenden erhöhten hydraulischen Drucks im Trennflächengefüge der Felsunterlage während und nach Niederschlagsereignissen „älteres“ resp. gut mineralisiertes Wasser Richtung Quelle gedrückt wird und während dieser Phase zum Überlauf kommt. Dies wäre ein Anzeichen, dass die generelle Verweildauer des Kluft-Lockergesteins-Mischwassers resp. der Anteil an älterem Wasser auch bei nassen Bedingungen immer noch hoch ist. Dem entgegen ist aber aufgrund der Markierversuche auch ein gewisser meteoritischer Effekt⁸ und/oder ein Dilution-Effekt⁹ zu erwarten. Details sind hierzu aber nicht bekannt, da eine enge Messreihe rund um Niederschlagsereignisse fehlen. Generell aber kann angenommen werden, dass der Anteil an jüngerem, frisch infiltrierendem Wasser allermeist nicht dominant bzw. nicht massgebend ist.

4.2. Quellwasserqualität

Analog den Feldmessungen wurden im Rahmen der Qualitätssicherung während Kontrollbegehungen des jeweiligen Brunnenmeisters der WVGLO und im Rahmen der Erhebungen für die Schutzzonenausscheidung einzelne Laboranalysen durchgeführt. Die uns bekannten Analysen sind in Anhang G ausgewertet und zusammengefasst.

Drei der sieben Proben hinsichtlich Mikrobiologie wurden während der sommerlichen Bewirtschaftungsperiode (August 2002, 2008 und 2022) durchgeführt. Während die allgemeine Witterung rund um die Probenahme vom 25.08.2022 (Städli 2) als trocken zu bezeichnen ist, war die Witterung und der Untergrund vor und während der Probenahme am 28.08.2002 (Städli 2) und 25.08.2008 (Städli 1) nass und kann damit jeweils als risikoorientiert betrachtet werden. Zum Zeitpunkt dieser beiden Probenahmen lag denn auch die Quellschüttung mit 1'350 bzw. 1'450 l/min über dem langjährigen Median.

Die bisherigen chemisch-physikalische Analysen wurden ebenfalls am 28.08.2002 (Städli 2) und 25.08.2022 (Städli 2) sowie am 10.12.2008 (Städli 1) und 02.04.2025 (Städli 1 + 2) durchgeführt.

⁷ Im Falle eines Piston-Effekts bewirkt der Anstieg des hydraulischen Drucks nach starken Niederschlägen, dass älteres Wasser in Richtung des Quellaustritts gedrückt wird. Der Anstieg der Schüttung geht dann, zumindest zu Beginn des Hochwasserereignisses, nicht mit einer Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit und/oder einer Änderung der Wassertemperatur einher.

⁸ Stark erhöhte Niederschläge können zu einer Mischung von infiltriertem Regenwasser und Oberflächenwasser führen, das schnell zur Quelle gelangt. Dies ist insbesondere in Karstsystemen relevant.

⁹ Nach starken Niederschlägen kann frisch infiltriertes Wasser direkt durch präferenzielle Fließwege (z. B. grobkörnige Lockergesteine, Klüfte, Risse, oder Karsthöhlen) die Quelle erreichen. Dies führt zu einer Verdünnung des älteren, mineralreicheren Grundwassers und könnte eine Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit nach Einsetzen der Niederschläge provozieren.

In Bezug auf die wichtigsten Parameter gemäss der schweizerischen Gesetzgebung [Ref.25] [Ref.26][Ref.29] und den technologisch relevanten Parameter für Wasserversorgungen und Konsumenten lässt sich das Wasser der Quelle Städeli zusammenfassend wie folgt beurteilen:

- Das Wasser ist aufgrund der hohen Calcium- (51 - 53 mg/l) und den Magnesium-Gehalten (3 - 4 mg/l) generell als weich bis mittelhart zu bezeichnen (Gesamthärte rund 14.3 – 14.8 °fH). Diese Werte sind typisch für eine Prägung durch karbonatische Gesteine, insbesondere Kalkstein. Das sehr hohe Ca/Mg-Verhältnis (ca. 13:1) unterstreicht den dominierenden Einfluss von Kalkstein gegenüber Dolomit, da letzterer einen höheren Magnesiumgehalt verursachen würde. Bei klassischen Karstquellen würden indes höhere Härte- werte (>15 °fH) erwartet werden. Dies könnte darauf hindeuten, dass das Wasser der Quelle Städeli relativ kurz mit dem karbonatischen Gestein in Kontakt stand, wie es bei schneller Karstdrainage über Klüfte und Spalten oder zusätzlichem Kontakt mit anderen Gesteinen typisch ist. Höchstwahrscheinlich liegt eine Mischung verschiedener Grundwas- seranteile vor, etwa aus kalkhaltigen Formationen wie auch aus Mergel oder grobkörnig- em Kalksandstein (z. B. aus der Schlieren-Decke oder den Einsiedler-Schuppen). Letztere könnten die Mineralisierung leicht abschwächen und sind vorliegend vermutlich im nahen Einzugsgebiet dominierend. Insgesamt lässt sich das Wasser als moderat, aber gut mine- ralisiert charakterisieren.
- Nitrat (4.4 – 5.4 mg/l), Nitrit (< 0.005 bis 0.015 mg/l) und Ammonium (< 0.01 bis 0.02 mg/l) sind generell in einem tiefen bis sehr tiefen Bereich, wenn überhaupt nach- weisbar. Einzig Nitrit überschreitet phasenweise den SVGW-Erfahrungswert von 0.01 mg/l knapp, hält aber den TBDV-Höchstwert jederzeit ein. Dies könnte möglicherweise ein Hin- weis auf geringfügige biologische Abbauprozesse sein. Es bestehen sonst keine Hinweise auf eine Verunreinigung durch Abwasser oder Hofdünger oder eine relevante landwirt- schaftliche Belastung (vgl. auch nächster Punkt).
- Sulfat (9.9 – 14.5 mg/l), Chlorid (< 1.0 bis 1.0 mg/l) und ortho-Phosphat (< 0.01 bis 0.01 mg/l) bewegen sich in einem tiefen bis sehr tiefen Bereich und halten die gesetzli- chen Anforderungen sowie die Erfahrungswerte nach SVGW stets ein. Die niedrigen Sul- fat- und Chloridwerte deuten darauf hin, dass kein bedeutender Einfluss von Gips oder Evaporiten vorliegt. Im Vergleich zu Quellen ohne entsprechende Gesteine im Einzugsge- biet sind die Sulfat-Gehalte allerdings als leicht erhöht zu bezeichnen, was auf das allge- meine Einzugsgebiet bis zu den Gesteinen der Mythen-Roggenegg-Schuppe schliessen lässt. Ferner sind keine Hinweise auf starke Düngemiteleinträge vorhanden.
- Der TOC-Wert¹⁰ (0.7 – 0.9 mg/l) liegt in einem tiefen bis mittleren Bereich. Die organische Fracht könnte theoretisch sowohl natürlichen wie auch anthropogenen Ursprungs sein. Aufgrund der anderen Parameter und mangels entsprechender Gefahrenherde, welche auf eine anthropogene Beeinträchtigung hinweisen könnten, ist von einem natürlichen Ursprung auszugehen. Ein niedriger organischer Kohlenstoffgehalt geogener Ursprungs spricht dafür, dass das Wasser wenig Kontakt mit oberflächlichen organischen Stoffen hat und eher aus tieferen Schichten stammt.

¹⁰ TOC (= total organic carbon) ist ein Summenparameter, der den gesamten organisch gebundenen Koh- lenstoff im Wasser erfasst

- Der Absorptionskoeffizient 254¹¹ nm (1.5 bis 2.0 /m) liegt in einem mittleren Bereich und weist auf einen moderaten Anteil an organischen Verbindungen hin. Dies kann die Effizienz einer UV-Desinfektion beeinträchtigen, da mehr UV-Energie erforderlich ist, um Krankheitserreger wirksam zu inaktivieren. Wenn die UV-Anlage aber entsprechend dimensioniert ist, ist eine wirksame UV-Desinfektion aber gut möglich.
- Die bisher in den Proben gemessene Trübung korreliert indirekt mit dem Absorptionskoeffizienten 254 nm. Die Trübung ist in aller Regel sehr gering (< 0.1 NTU), könnte aber kurzzeitig in Folge von intensiven Niederschlägen und mangelnder Fassung (vgl. dazu Kap. 3) den zulässigen Höchstwert nach TBDV phasenweise trotzdem überschreiten.
- Das Aussehen der Färbung und der Trübung sowie der Geruch des Quellwassers war bislang unauffällig bzw. nicht zu beanstanden.
- Die Wassertemperaturen bewegen sich zwischen 5.9 und 7.9 °C (vgl. dazu Kap. 4.1) und unterschreiten damit die Erfahrungswerte nach SVGW teilweise. Die Quellwassertemperaturen hängen neben dem saisonalen Effekt in der Regel von der Höhenlage und der Grösse des Einzugsgebietes sowie der der Grundwasserüberdeckung und der Verweildauer des Grundwassers im Untergrund ab. Bei mächtigen Grundwasserüberdeckung aus gering durchlässigen Deckschichten und geringer Grundwasserfliessgeschwindigkeit entspricht die mittlere Quellwassertemperatur in etwa dem Jahresmittel der Lufttemperatur im Einzugsgebiet, wobei die Quellwassertemperaturen meist nur 1 bis 2 °C um den Mittelwert schwanken. In der Annahme einer mittleren Jahrestemperatur im Einzugsgebiet von rund 5 bis 7 °C und der geringen Variabilität sprechen somit die bisher gemessenen Quellwassertemperaturen zwischen rund 5.5 bis 8.5 °C für eine hohe Verweildauer des Grundwassers im Untergrund.
- Die bisher gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten schwanken wenig zwischen rund 250 bis 300 µS/cm (vgl. Kap. 4.1). Da diese Werte auch bei erhöhten Schüttungen nach Niederschlägen gemessen worden sind, kann analog der Wassertemperatur vermutet werden, dass die Leitfähigkeitsmessungen auch für eine hohe oder zumindest für eine mittlere Verweildauer sprechen. Denn, umso tiefer die Gesamtmineralisation nach einem Niederschlagsereignisses ist, umso höher ist der Anteil an jung infiltriertem Niederschlagswasser¹². Dabei könnte das jüngere Wasser aus der Lockergesteinsdecke selbst oder aus dem Trennflächengefüge stammen.
- Der pH-Wert liegt konstant zwischen 7.9 bis 8.0 und damit innerhalb der Erfahrungswerte nach SVGW und ist einwandfrei.
- Die mikrobiologischen Hygieneparameter während unterschiedlicher Witterungsbedingungen und unterschiedlicher Bewirtschaftung im Einzugsgebiet zeigen, dass das Wasser auch bei ungünstigen Verhältnissen (landwirtschaftliche Bewirtschaftung kombiniert mit stärkeren Niederschlagsphasen) als meistens hygienisch einwandfrei bezeichnet werden kann. Die bisher gemessene Höchstkonzentration an aeroben, mesophilen Keimen (AMK) von 10 KBE/ml ist als sehr tief zu werten. Der einmalige Escherichia coli- und Enterokokken-Nachweis von je 1 KBE/100 ml am 25.08.2022 erfolgte eigentlich zwar während einer Trockenphase. Zwischen dem 15.08. und dem 20.08.2022 ergaben sich aber teilweise

¹¹ Auch SSK 254 nm genannt; Streuung (Schwebestoffe) und Absorption im Bereich des UV-Lichtes (gelöste organische Fracht); Durchlichtmessung bei 254 nm von ungefiltertem Wasser

¹² Regenwasser weist grundsätzlich eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit von < 50 µS/cm auf

mehrere heftige Gewitter mit Starkregen¹³, so dass diese Nachweise damit begründet werden. Dies zeigt, dass das Wasser insbesondere bei ungünstigen Verhältnisse (landwirtschaftliche Bewirtschaftung kombiniert mit stärkeren Niederschlagsphasen) vereinzelt auch als verunreinigt zu bezeichnen ist. Die Analysen der mikrobiologischen Hygieneindikatoren lassen aber auch annehmen, dass das Quellwasser ausserhalb der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungszeit und grösserer Niederschlagsereignisse meist eine hygienisch einwandfreie Qualität aufweisen sollte. Dies ist möglicherweise der bestehenden Schutzzone und bestehender Nutzungseinschränkungen zu verdanken.

- Alle einmalig untersuchten Pestizide oder deren Metaboliten wurden in der Probe vom 02.04.2025 nicht nachgewiesen. Damit besteht kein Verdacht auf eine Beeinträchtigung der Wasserqualität durch den Einsatz von Insektiziden, Fungiziden oder Holzschutzmitteln.

Damit das Trinkwasser jederzeit eine hygienisch einwandfreie Qualität aufweist und bedenkenlos zu Trinkwasserzwecken konsumiert werden kann, wird das Rohwasser im Reservoir Städeli durch eine genügend gross dimensionierte UV-Anlage desinfiziert.

Abgesehen von vereinzelt mikrobiologischen Beanstandungen hielt das beprobte Quellwasser zum Zeitpunkt der jeweiligen Probenahmen die Anforderungen gemäss GSchV [Ref.25] und die Höchstwerte gemäss TBDV [Ref.26] ein.

Eine anthropogene Beeinflussung wurde anhand der bisherigen chemisch-physikalischen Laboranalysen nicht nachgewiesen. Aufgrund der Wasserqualität kann die Vulnerabilität der Quelle Städeli im Allgemeinen als klein bezeichnet werden. Eine massgebende anthropogene Beeinflussung über Landwirtschaft, Dünger, Pestizide, Abwasser o.ä. scheint aufgrund der bisherigen Proben nicht wahrscheinlich. Weitere Analysedetails können dem Anhang G entnommen werden.

¹³ [Monatsrückblick August 2022 - Hitze, Trockenheit und Gewitter - Meteo - SRF](#)

5. Gefahrenkataster

Neben der Aufnahme der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten der Quelle Städeli sowie dessen Einzugsgebiet wurden am 10.04.2025 auch potenzielle Gefahrenherde aufgenommen. Der daraus resultierenden Konfliktplan ist in Beilage 2 und der dazugehörige tabellarische Gefahrenkataster in Anhang F aufgeführt. Der Gefahrenkataster mit dem Konfliktplan ergibt eine detaillierte Übersicht über die Konfliktsituation im Gebiet der auszuscheidenden Schutzzonen [Ref.30]. Abgebildet ist dabei die empfohlene Massnahme gegenüber dem heutigen Zustand, also mit bereits bestehender Grundwasserschutzzone.

Innerhalb des für die Quelle relevanten Einzugsgebiets ist insbesondere die land- und fortwirtschaftliche Nutzung relevant. Dazu zählen neben den landwirtschaftlichen Betrieben bei Obrigs, unter und ober Rätigs sowie Karlisboden auch die Waldbewirtschaftung inkl. dazugehörige Flur-, Forst- und Feldwege. Das gesamte Gebiet ist denn auch gemäss Zonenplan entweder Teil der Landwirtschaftszone oder Wald.

Die private Nebenstrasse nach ober Rätigs (Sackgasse) wird neben der Erschliessung der landwirtschaftlichen Betrieben auch für den anschliessenden Waldbewirtschaftungsweg sowie dem Zugang zum Reservoir Rätigs der WVGLO benötigt.

Neben der Privatstrasse und den Stallungen für die landwirtschaftliche Nutzung ist zudem noch ein Wohnhaus und Vereinslokal bei ober Rätigs sowie kleinere Nebenbauten (Weideschopf, Bienenhaus) als bestehende Bauten zu nennen. Das Schmutzwasser des Wohnhauses und des Vereinslokals wird über erdverlegte Leitungen und eine lokale Kleinkläranlage beim Stall ober Rätigs aus der Schutzzone Richtung Dorfbach geführt. Die Stallungen Obrigs und unter Rätigs, welche heute noch für die Viehwirtschaftung betrieben werden, entwässern in lokale Güllengruben. Die anderen Stallungen bei ober Rätigs und Karlisboden werden nicht mehr für die Viehwirtschaftung genutzt, weshalb deren Güllengruben verfüllt und nicht mehr in Betrieb sind.

Daneben gibt es noch mehrere kleine Gefahrenherde, welche für die revidierte Schutzzonenausscheidung relevant sind: Lagerung diverser Abfälle (u.a. Wellenblech, Beton, Pneu, Holztisch, PE-Rohre, Plastik, Stahlelemente etc.), Ablagerung von unverschmutztem bis schwach verschmutztem Aushub (organoleptische Beurteilung, mineralische Fremdstoffe wie Ziegel und Beton), Deposition Asthaufen (Schlagabraum), Abstellen von Fahrzeuge und alte Maschinen (Bagger, Anhänger etc.), Feld-Mistlager, Feuerstelle, Holzbeige, Viehtränken.

Trotz dieser Gefahrenherde zeigen die durchgeführten Abklärungen, dass das Gefährdungspotenzial innerhalb des Einzugsgebiets der Quelle Städeli in einer beherrschbaren Grössenordnung liegt. Der Standort der Quellwasserfassung wird damit zur Trinkwassergewinnung und entsprechender Schutzzonenausscheidung als geeignet betrachtet.

6. Schutzzonendimensionierung

6.1. Allgemeine Bemerkungen

Grundwasserschutzzonen dienen dazu, Trinkwassergewinnungsanlagen und das Grundwasser unmittelbar vor seiner Nutzung als Trinkwasser vor schleichender sowie unfallbedingter Beeinträchtigungen zu schützen. Sie sind um die im öffentlichen Interesse liegenden Grundwasserfassungen auszuscheiden, d.h. um alle Fassungen, deren Wasser den Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung entsprechen muss, sowie um Grundwasser-Anreicherungsanlagen. Die Grundwasserschutzzonen sind das wichtigste Instrument des nutzungsorientierten planerischen Grundwasserschutzes [Ref.29]. In Kombination mit dem fachgerechten Baustandard der Wasserversorgungseinheiten (Quellschacht, Sammelschacht, Brunnenstube, Reservoir etc.) gemäss Vorgaben [Ref.34][Ref.35] und Stand der Technik kann die bestmögliche Trinkwasserversorgung erreicht werden.

Grundwasser-leitertyp	Locker-gestein	Karst / Kluft		Vorschriften	
		schwach heterogen	stark heterogen		
Grundwasser-schutzzonen	S1	S1	S1	Vorschriften	
	S2	S2	S2		
	S3	S3	Sh		
			Sm		

Abbildung 6-1: Darstellung Schutzzonentypen nach Grundwasserleitertyp (<https://www.bafu.admin.ch/>)

Grundsätzliche bundesrechtliche Vorgaben wie die Aufgabe zur Schutzzonenausscheidung und allgemeine Massnahmen zum Schutz der Gewässer bei Bauarbeiten innerhalb der Schutzzonen sind im Gewässerschutzgesetz (GSchG [Ref.23]) und in der Gewässerschutzverordnung (GSchV [Ref.25]) festgehalten.

6.2. Bedeutung der Schutzzonen

Die Wegleitung Grundwasserschutz [Ref.29] sowie die Vollzugshilfe Grundwasserschutz in stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern [Ref.32] präzisiert die bundesrechtlichen Vorgaben gemäss GSchG und GSchV und führt folgende Bedeutungen den einzelnen Schutzzonen zu:

- Schutzzone S1: Fassungsbereich

Die Zone S1 umfasst die unmittelbare Umgebung einer Trinkwasserfassung. Sie sollte im Besitz des Fassungsinhabers sein und grundsätzlich eingezäunt werden. Die Zone S1 soll dabei verhindern, dass Verunreinigungen direkt in die Fassung gelangen könnten und dass die Fassungsanlage durch Eingriffe beschädigt oder gar zerstört werden könnte.

Aus diesem Grunde sind innerhalb der Schutzzone S1 grundsätzlich nur Bauten und Anlagen die der Wassergewinnung dienen zulässig. Die Nutzung einer Grünfläche innerhalb der S1 wird auf Dauergrünland mit Schnittnutzung beschränkt (keine Düngung jeglicher Art, kein Weidegang etc.).

- Schutzzone S2: Engere Schutzzone

Die Zone S2 soll verhindern, dass Keime und Viren sowie abbaubare Stoffe wie Benzin oder Mineralöl in die Fassung oder Anreicherungsanlage gelangen könnten oder das Grundwasser durch Grabungen und unterirdische Arbeiten verunreinigt werden könnte. Ferner soll verhindert werden, dass die natürliche Filterwirkung des Bodens und des Untergrundes verringert werden könnte, potenzielle Schadstoffe rasch und in hoher Konzentration in die Fassung gelangen könnten oder der Grundwasserzufluss durch unterirdische Anlagen behindert würde.

In der Schutzzone S2 gilt entsprechend ein allgemeines Bauverbot, während Weidegang und Düngung unter gewissen Bedingungen zulässig sind.

- Schutzzone S3: Weitere Schutzzone

Die Zone S3 bildet eine Pufferzone um die Schutzzone S2. Sie gewährleistet den Schutz vor Anlagen und Tätigkeiten, die ein besonderes Risiko für das Grundwasser bedeuten und soll es ermöglichen, dass bei unmittelbar drohender Gefahr (z.B. bei einem Unfall mit einem Gefahrgut) für die erforderlichen Interventions- oder Sanierungsmassnahmen genügend Zeit und Raum zur Verfügung stehen.

Nutzungen wie Materialabbau und Anlagen wie Gewerbe- und Industriebetriebe gehören zu den innerhalb der S3 nicht zugelassenen Nutzungen.

- Schutzzone Sh: hoch vulnerable Zonen

Die Zone Sh entspricht im Wesentlichen den Vorgaben der Zone S2 und bedarf es, sofern keine genügend ausgebildete und durchgehende Bodenschicht vorhanden ist. Sie ist insbesondere um potenzielle Infiltrationsstellen wie z.B. Karrenfelder, Dolinen und Bäche auszuscheiden, so dass das Grundwasser nicht durch Bau und Betrieb von Anlagen und das Ausbringen von Stoffen verunreinigt wird. Ferner soll die Schutzzone Sh verhindern, dass die Hydrodynamik des Grundwassers durch bauliche Eingriffe beeinträchtigt wird.

Während in der Zone S2 unter gewissen Bedingungen die Anwendung von flüssiger Hof- und Recyclingdünger ausnahmsweise toleriert werden kann, ist eine solche Ausnahme in der Zone Sh nicht möglich. Dafür kann der Bau oder die Erweiterung von Anlagen zugelassen werden, sofern die Trinkwassernutzung nicht gefährdet wird.

- Schutzzone Sm: mittel vulnerable Zonen

Das Schutzziel ist dasselbe wie bei Zone Sh und beruht darauf, dass im Unterschied zu Lockergesteinsgrundwasserleitern und schwach heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern die Verweilzeit in stark heterogenen Grundwasserleitern nicht zwingend mit zunehmender Distanz zur Fassung zunimmt, d.h. kurze Fließzeiten bis zur Fassung sind von beliebigen Standorten innerhalb des Einzugsgebiets möglich. Das Fassungseinzugsgebiet muss unter diesem Aspekt als Gesamtsystem betrachtet werden.

Betreffend Bauten und Anlagen gelten sehr ähnliche Auflagen wie in der Zone S3. Das Ausbringen von flüssigen Hof- und Recyclingdüngern ist gestattet.

6.3. Hydrogeologische Dimensionierung der Schutzzonen

6.3.1. Grundsätze gemäss Wegleitung Grundwasserschutz und Vollzugshilfe Grundwasserschutz in stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern

■ Schutzzone S1: Fassungsbereich

Die Zone S1 umfasst die Fassungsanlage, d.h. bei Vertikalfilterbrunnen den Brunnen-schacht, bei Horizontalfilterbrunnen den Brunnen-schacht und die Horizontalstränge, bei Quellfassungen den Fassungsstrang mit Filterrohren, evtl. mit Einbezug der Brunnen-stube sowie den durch den Bohr- oder Bauvorgang aufgelockerten Bereich rund um die Fassung. Grundsätzlich gilt: die Begrenzung der Zone S1 soll vom äussersten Rand eines Fassungselementes (Fassungsstrang, Horizontalfilterstrang, usw.) gemessen mindestens 10 m weit reichen. Bei Quellfassungen kann der Grenzabstand talseitig weniger als 10 m betragen, soll aber bergseitig, zum Schutz vor Einschwemmungen, umso grösser sein umso steiler der Hang ist.

Je nach Situation (Bauwerk, Art des Grundwasserleiters, allg. Geologie etc.) kann die S1 auch grösser bemessen werden. Insbesondere bei speziellen hydrogeologischen Bedingungen (z.B. stark vulnerablen Karst- oder Kluftsysteme) können auch weitere Teile zum Fassungsbereich dazu gezählt werden, welche nicht unmittelbar an die Fassung angrenzen aber eine direkte hydraulische Verbindung zu Fassung aufweisen. So sind insbesondere Schluckstellen, bei denen eine Gefährdung der Trinkwassernutzung besteht, und deren unmittelbare Umgebung durch eine S1 zu schützen.

■ Schutzzone S2: Engere Schutzzone

Die Zone S2 wird grundsätzlich so angelegt, dass die Verweilzeit (Fließsdauer, Aufenthaltszeit, Verweildauer) des Grundwassers vom äusseren Rand der Zone S2 bis zur Grundwasserfassung mindestens 10 Tage beträgt. Der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2 in Zustromrichtung soll bei Lockergesteins-, sowie bei kaum vulnerablen Kluft- und Karstgrundwasserleitern mindestens 100 Meter betragen.

Grundlegend für die Dimensionierung der Schutzzone S2 sind Markierversuche sowie hydrogeologischen Feldaufnahmen. Dabei ist insbesondere ein Augenmerk auf Oberflächen-gewässer, Trockenrinnen, allfällige Schlucklöcher, Vernässungen, geologische Einheiten allgemein, Trennflächengefüge, Naturgefahren, anthropogene Nutzungen etc. zu achten.

■ Schutzzone S3: Weitere Schutzzone

Für die Dimensionierung der Zone S3 in Lockergesteins-Grundwasserleitern sowie schwach heterogenen Karst- und Kluftgrundwasserleitern soll der Abstand vom äusseren Rand der Zone S2 bis zum äusseren Rand der Zone S3 mindestens so gross sein wie der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2. Analog zu den hydrogeologischen Aufnahmen für die Schutzzone S2 sind auch hier die gleichen Kriterien wichtig.

Die Zone S3 wird bei stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern nicht mehr ausgedehnt sondern durch die Zonen Sh und Sm ersetzt.

- Schutzzonen Sm und Sh: mittel und hoch vulnerable Zonen

Bei stark heterogenen Karst- und Kluftgrundwasserleitern sind weitere Faktoren für eine situativ angepasste Dimensionierung entscheidend, da die Verweildauer des Grundwassers mit zunehmender Entfernung zur Fassung nicht generell zu nimmt. Massgebend ist hier die Beurteilung der Vulnerabilität im Einzugsgebiet der Fassungen mittels EPIK- oder DISCO-Methode. Sie wird aufgrund der Mächtigkeit und Beschaffenheit der Überdeckung, der Ausbildung des Karst- oder Kluftsystems sowie der Versickerungsverhältnisse bestimmt. Gebiete mit hoher Vulnerabilität werden der Zone Sh, jene mit mittlerer Vulnerabilität der Zone Sm zugewiesen.

6.3.2. Definition des Verfahrens zur Schutzzonenausscheidung

Gemäss den Ausführungen unter Kapitel 2 und 4 handelt es sich beim vorliegenden Fall indirekt durch eine Trennflächengefüge gespiesen Quelle (sekundärer Austritt aus dem Lockergestein) mit einer kleinen bis mittleren Vulnerabilität. Nur bei potenziellen Versickerungs-/Infiltrationsstellen ist die Vulnerabilität als erhöht zu bezeichnen.

Während die Lockergesteinsdecke im Einzugsgebiet, wo vorhanden, im Bereich von bis zu rund 20 m Metern angenommen wird, ist das Trennflächengefüge aus Schichtung, Schieferung, Klüftung und Störzonen bzw. Auf-, Über- und Abschiebungen kombiniert mit einzelnen Karsterscheinungen als komplex zu bezeichnen. Zusammen mit der starken Tektonisierung des Felsuntergrundes, dem starken Oberflächenrelief und der lokalen Rutschung rund um die Quellegruppe ist das Grund- bzw. Bergwassersystem als stark heterogen zu bezeichnen mit teilweise hohen Fließgeschwindigkeiten in präferenziellen Fließwegen.

Dementgegen konnte bislang keine ausgeprägte mikrobiologische Beeinträchtigung nach Niederschlägen nachgewiesen werden. Zudem ist zwar die statistische Auswertung der Messungen der elektrischen Leitfähigkeit und der Laboranalysen relevanter Parameter noch wenig robust, trotzdem zeichnet sich eine generell geringe Variabilität qualitativer Parameter ab. So lässt die bisher nachgewiesene geringe Variabilität der über mehrere Jahre gemessene Wassertemperatur annehmen, dass die Verweildauer des Kluft-Lockergesteins-Mischwassers resp. der Anteil an älterem Wasser auch bei nassen Bedingungen immer noch hoch ist bzw. nur wenig frisch versickertes Niederschlagswasser zu den Quellen gelangt. Auch andere Parameter wie beispielsweise Nitrat, Sulfat, Calcium und Magnesium schwanken trotz unterschiedlicher Witterung nur sehr wenig. Zudem zeigen auch die Trübung und der TOC-Gehalt, dass das System im Allgemeinen nur als wenig vulnerabel angenommen werden kann.

Aufgrund folgender Kriterien wird für die Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen der Fall „schwach heterogene Systeme“ [Ref.32] als massgebend bzw. genügend erachtet:

- verzögerte Reaktion der Quellschüttung auf grössere Niederschlagsereignisse (ca. 4 Tage)
- die Fließzeit erhöht sich mit zunehmendem Abstand zur Fassung
- relativ mächtige Lockergesteinsdecke (Annahme > 10 m im Bereich der Quelle)
- geringe Variabilität qualitativer Parameter und der geringen mikrobiologische Beeinträchtigung bzw. der daraus abgeleiteten geringen bis mässigen Vulnerabilität des Systems
- überwiegend silikatischen Gesteinen der Schlieren-Decke und der internen Einsiedler-Schuppen im direkten Einzugsgebiet

Die Bemessung der Schutzzonen kann damit primär auf der Basis der Verweilzeiten des Grundwassers im Grundwasserleiter bzw. nach der Isochronen-Methode erfolgen [Ref.30][Ref.31].

6.3.3. Dimensionierung der Schutzzonen

In Anlehnung an die BAFU-Vollzugshilfen [Ref.30][Ref.31] wurde für die Schutzzonenausscheidung die dominante Hauptfliessrichtung unterirdischer Wasserwegsamkeiten (vgl. Kap. 2.2 und 2.4) und das relevante Einzugsgebiet (vgl. Kap. 2.3) definiert sowie die Abflussrichtung der Fels-oberfläche und der Geländeoberfläche bestimmt. Auf Basis der mittels Markierversuche ermittelten Fliessgeschwindigkeiten und Verweildauer (vgl. Kap. 2.4) wurde die 10-Tages-Isochrone¹⁴ definiert. Aufgrund des stark ausgeprägten Oberflächenreliefs wurde zudem eine Hanganalyse mit Modellierung des Oberflächenabflusses durchgeführt. Die wichtigsten Parameter sind dazu in Anhang D und Anhang E dargestellt.

Gemäss Kapitel 2.4.4 wird vorliegend generell von einer massgebenden Fliessgeschwindigkeit von ca. 10 bis 25 m/Tag ausgegangen. Gemäss 10-Tagesregel würde dies einem Abstand der Schutzzone S1 zur S2 in Hauptzuströmrichtung von rund 100 bis 250 m entsprechen. Im Bereich von versickerungswirksamen Schlucklöcher oder Trockenrinnen wie im Wald zwischen Karlisboden und Husmattli müssen derweil vereinzelt Fliessgeschwindigkeiten von bis zu 70 m/d angenommen werden. Aufgrund topografischer Verhältnisse, dem geforderten minimalen Abstand von 100 m und praktischer Umgrenzung entlang von Parzellengrenzen und weiteren raumplanerischen Zonengrenzen wird vorliegend ein Abstand S1 zur S2 in Hauptzuströmrichtung von rund 300 bis 400 m gewählt. Der Abstand der Schutzzone S2 zur Grenze S3 wird analog dazu mit rund 300 m gewählt. Der Abstand zwischen der Quellwasserfassung und den Schutzzonengrenzen S1 beträgt in Abhängigkeit der Topografie in Zuflussrichtung rund 15 bis 20 m.

Die so definierten Schutzzonengrenzen können dem Schutzzonenplan gemäss Beilage 1 entnommen werden.

¹⁴ Die 10-Tages-Isochrone entspricht der Grenzlinie, von der aus das Grundwasser bis zum Erreichen der Fassungsanlage 10 Tage benötigt.

7. **Schutzzonenreglement mit Nutzungsbeschränkungen und Schutzmassnahmen**

Zusammen mit dem Schutzzonenplan gemäss Beilage 1 ist für die Grundwasserschutzzonenauscheidung ein Schutzzonenreglement gemäss Art. 20 GSchG [Ref.23] mit Schutzmassnahmen und Eigentumsbeschränkungen festzulegen. Dieses befindet sich in der Beilage 3 und basiert auf dem Musterreglement des Amtes für Umwelt und Energie des Kantons Schwyz [Ref.37].

8. **Konsequenzen der Schutzzonenauscheidung**

8.1. **Konsequenzen auf die bestehende Nutzung**

Die Behörde hat gemäss Art. 31 Abs. 2 GSchV [Ref.25] dafür zu sorgen, dass

- bei bestehenden Anlagen in den Schutzzonen, bei denen die konkrete Gefahr einer Gewässerverunreinigung besteht, die nach den Umständen gebotenen Massnahmen zum Schutz der Gewässer, insbesondere diejenigen nach Anhang 4 Ziffer 2 GSchV getroffen werden und
- dass bestehende Anlagen in den Grundwasserschutzzonen S1 und S2, die eine Grundwasserfassung oder -anreicherungsanlage gefährden, innert angemessener Frist beseitigt werden sowie bis zur Beseitigung der Anlagen andere Massnahmen zum Schutz des Trinkwassers, insbesondere Entkeimung oder Filtration, getroffen werden.

Innerhalb der revidierten Schutzzonen S1, S2 und S3 liegen einzelne Gefahrenherde vor, aus welchen sich gemäss Art. 31 Abs. 2 GSchV resp. gemäss Schutzzonenreglement bauliche Massnahmen aufdrängen:

- Dauernde Markierung Schutzzone S1
- Nebenstrasse, Abschnitt in S2 nahe S1: Überprüfung Zustand Bauwerke (Schächte, Leitungen) und Sanierung Strassenentwässerung (Randbordüre, undichte Belagsstellen, evtl. Schächte und Ableitungen), Beschilderung «Wasserschutzgebiet», Beschilderung «Verbot für Motorwagen, Motorräder, Mofas» (Zubringerdienst gestattet) ab Übergang zu Privatstrasse
- Nebenstrasse, Abschnitt in S2 und S3 bei Obrigs bis ober Rätigs: Es drängen sich zurzeit keine Massnahmen bezüglich Anpassung der Strassenentwässerung auf. Sollten aber Qualitätsproblemen auftreten oder die Strasse ohnehin saniert werden, sind entsprechende Massnahmen zu prüfen.
- Stallungen, Wohnhaus und Vereinslokal in S3 bei Obrigs bis ober Rätigs: Abklärungen zur Dachentwässerung (ggf. Anpassungen sofern direkte unterirdische Versickerung), Dichtheitsprüfung Schmutzwasser- und Hofdüngeranlagen alle 5 Jahre, Aufhebung Versickerung Abwasser Garage Wohnhaus

Weiter drängen sich folgende einmalige Massnahmen auf:

- Entsorgung / Entfernung diverser gelagerter Abfälle aus Schutzzone (u.a. Wellenblech, Beton, Pneu, Holztisch, PE-Rohre, Plastik, Stahlelemente etc.)
- Entsorgung / Entfernung Feld-Mistlager aus Schutzzone
- Entsorgung / Entfernung grössere Asthaufen (Schlagabraum) von > 3 m² aus S2

- Entfernung abgestellter alter Maschinen (Bagger, Anhänger etc.) aus Schutzzone (oder Platzierung auf einem gegen Abgang wassergefährdender Stoffe gesicherten Platz)
- Entfernung Lager Siloballen auf Naturboden aus Schutzzone (oder Platzierung auf einem befestigten Platz)

Bezüglich landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Nutzung drängen sich folgende Einschränkungen weiterhin auf:

- Weideverbot in S1
- Gülleverbot in S2
- Verbot von Rodungen in S2
- Generelles Verbot Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln

Diese Massnahmen ergänzen heute bereits vorhandene Einschränkungen aufgrund der bestehenden Grundwasserschutzzonen. Weitere Details und die Notwendigkeit entsprechender Massnahmen kann dem Massnahmenkatalog in Anhang F und dem Konfliktplan in Beilage 2 entnommen werden.

8.2. Konsequenzen auf die geplante künftige Nutzung

Da die Schutzzone weder Bauzonen oder sonstige bekannte Vorhaben tangiert, sind keine Konsequenzen für geplante künftige Nutzungen zu erwarten.

Bei potenziellen Ersatzneubauten (Bauen ausserhalb von Bauzonen) gelten in der Landwirtschaftszone neben den ohnehin strengen Voraussetzungen nach Raumplanungsgesetz (RPG) sowie Raumplanungsverordnung (RPV) zusätzlich die Vorgaben des vorliegenden Schutzzonenreglements. Ersatzneubauten sind in der Grundwasserschutzzone S3 nicht generell ausgeschlossen sind, ihre Zulässigkeit jedoch im Einzelfall zu prüfen.

9. Vorschlag künftiges Überwachungsprogramm

In Anlehnung an die Wegleitung Grundwasserschutz [Ref.29] sollten im Eigeninteresse der Wasserversorgung die Verhältnisse mindestens innerhalb der Schutzzonen regelmässig kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass keine konkrete Gefährdung der Fassungen entsteht und die Schutzzonenvorschriften eingehalten werden. Die diesbezügliche Kontrolle sollte durch regelmässige Begehungen der Schutzzonen sowie durch Beprobung des Quellwassers erfolgen. Ein entsprechender Kontrollplan kann sich am Gefahrenkataster gemäss Anhang F orientieren und ist mindestens alle 5 Jahre zu überprüfen und an die bestehenden Risiken anzupassen.

Um die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmung gemäss TBDV [Ref.26] zu gewährleisten oder frühzeitig etwaige negative Entwicklungen zu erkennen ist nach SVGW-Richtlinie [Ref.36] ein Selbstkontrollkonzept mit regelmässiger Überwachung der Wasserqualität zu etablieren. Folgendes Programm wird generell vorgeschlagen:

Parameter	Regelmässigkeit	Bemerkung Regelmässigkeit
Feldparameter (Vorort-Messungen der Schüttung, Wassertemperatur, pH und elektr. Leitfähigkeit)	≥ 3/Jahr	Bei Probenahmen Mikrobiologie und bei speziellen Ereignissen (z.B. nach stärkeren Niederschlägen, lange Trockenzeiten etc.)
mikrobiologischer Hygieneindikatoren (Aerobe, mesophile Keime (AMK), Escherichia coli, Enterokokken)	≥ 3/Jahr	Risikoorientierte Probenahme (z.B. nach stärkeren Niederschlägen, landwirtschaftliche Bewirtschaftung in S2, Gülleausstrag in S3 etc.) ≥ 2mal im Sommer ≥ 1mal im Winter
Trübung	≥ 3/Jahr	Risikoorientierte Probenahme (z.B. nach stärkeren Niederschlägen, landwirtschaftliche Bewirtschaftung etc.)
chemisch-physikalische Standardparameter (insbesondere Ammonium, Nitrit, Nitrat, TOC/DOC)	≥ 1/Jahr	
Pestizide (inkl. Abbauprodukte)	≥ alle 5 Jahre	
Weitere Parameter nach Verdacht	nach Bedarf	Risikoorientierte Probenahme nach Verdachtsmoment (z.B. nach Treibstoffverlust auf Flurweg o.ä.)

Tabelle 9-1: Vorschlag Überwachungsprogramm Wasserqualität Quelle Städeli nach Leitlinie W12 [Ref.36]

Da bisher erst wenige Feldparametermessungen (insbesondere elektrische Leitfähigkeit) und wenige Laboranalysen vorliegen, ist dem Überwachungsprogramm entsprechende Wichtigkeit zuzuweisen. Sollten sich widererwarten entgegen den bisherigen Analysen qualitative Auffälligkeiten ergeben, ist die Situation neu zu beurteilen.

10. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Quelle Städeli zeigt aus hydrogeologischer und qualitativer Sicht ein stabiles und gut geschütztes Verhalten. Die chemischen Untersuchungen weisen auf ein natürlich mineralisiertes Wasser hin. Die Wasserqualität der Quelle Städeli ist generell als gut bis sehr gut zu werten. Vereinzelt können sich allerdings Überschreitungen der zulässigen Höchstwerte für die mikrobiologischen Hygieneparameter während resp. direkt nach Starkniederschlagsereignissen und landwirtschaftlichen Bewirtschaftung des Einzugsgebietes ergeben.

Die jeweiligen Anforderungen der wichtigsten chemisch-physikalischen Parametern gemäss der schweizerischen Gesetzgebung und den technologisch relevanten Parameter für Wasserversorgungen und Konsumenten sind mit einer Ausnahme bisher stets eingehalten worden. Einzig Nitrit überschreitet zweitweise den SVGW-Erfahrungswert knapp, hält aber den TBDV-Höchstwert jederzeit ein. Dies wird als Produkt eines geringfügigen biologischen Abbauprozesses gedeutet. Eine anthropogene Beeinflussung des Quellwassers über Landwirtschaft, Dünger, Pestizide, Abwasser o.ä. konnte anhand der bisherigen chemisch-physikalischen Laboranalysen nicht nachgewiesen werden.

Die Schüttung der Quelle kann in Anbetracht der hydrogeologischen Lage als mässig bis hoch betrachtet werden. Die Quelle ist aufgrund ihrer hohen Variabilität der Schüttung von bisher gemessenen 105 bis 2'500 l/min als wenig zuverlässig zu charakterisieren (Median = 720 l/min).

Die Grundlagedaten hinsichtlich mikrobiologischen Wasseranalysen, chemisch-physikalischen Wasseranalysen, Schüttungsmessungen, Leitfähigkeitsmessungen, Wassertemperaturmessungen etc. sind in der jüngeren Vergangenheit periodisch aufgenommen worden. Wir empfehlen in Anlehnung an die Leitlinie W12 des Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches [Ref.36], dass das Wasser künftig regelmässiger untersucht wird. Dabei sind auch vermehrt risikoorientierte, d.h. bei möglichst schlechten Voraussetzungen Beprobungen und Messungen durchzuführen. Damit könnte frühzeitig auf eine allenfalls schleichend eintretende Verschmutzung reagiert werden.

Da das Gefährdungspotenzial bestehender Gefahrenherde im Einzugsgebiet der Fassungen als in einer beherrschbaren Grössenordnung eingeschätzt wird, können die bestehenden Fassungen ordnungsgemäss geschützt werden und sind daher geeignet zur Trinkwassergewinnung. Zusammen mit den empfohlenen Massnahmen kann weiterhin eine hohe Rohwasserqualität gewährleistet werden. In Kombination mit dem fachgerechten Baustandard der Wasserversorgungseinheiten und den unumgänglichen Wartungsarbeiten inkl. Kontrollgängen in den Schutzzonen kann die bestmögliche Rohwasserqualität garantiert werden.

Damit das Trinkwasser jederzeit eine hygienisch einwandfreie Qualität aufweist und bedenkenlos konsumiert werden kann, sollte das Rohwasser weiterhin durch eine genügend gross dimensionierte UV-Anlage desinfiziert werden (inkl. vorgeschaltetem Trübungsverwurf).

Mit der Ausscheidung resp. Revidierung der Grundwasserschutzzonen für die Quellen Städeli werden die gesetzlichen Verpflichtungen hinsichtlich planerischem Gewässerschutz sowie planerischer Qualitätssicherung des Trinkwassers als Lebensmittel erfüllt. Wir empfehlen die Grundwasserschutzzone gemäss Beilage 1 auszuschneiden.

Die Nutzung der Quelle Städeli ermöglicht eine robuste und standortnahe Trinkwasserversorgung. Aufgrund ihrer Höhenlage und der bestehenden Infrastruktur eignet sich die Quelle insbesondere auch für eine dezentrale Trink- und Notwasserversorgung. Im Kontext zunehmender klimatischer Unsicherheiten und steigender Anforderungen an die Versorgungssicherheit stellt die Quelle Städeli eine wertvolle regionale Ressource dar. Ihre Weiterführung, oder zumindest der Erhalt als strategische Reservequelle bzw. Teil eines Redundanzsystems, stärkt sowohl die Versorgungsautonomie der Gemeinde als auch die Resilienz des Gesamtsystems.

Es wird empfohlen, die Quelle Städeli weiterhin als Trinkwasserquelle zu nutzen oder sie langfristig in ein überregionales Versorgungskonzept einzubinden und zu sichern.

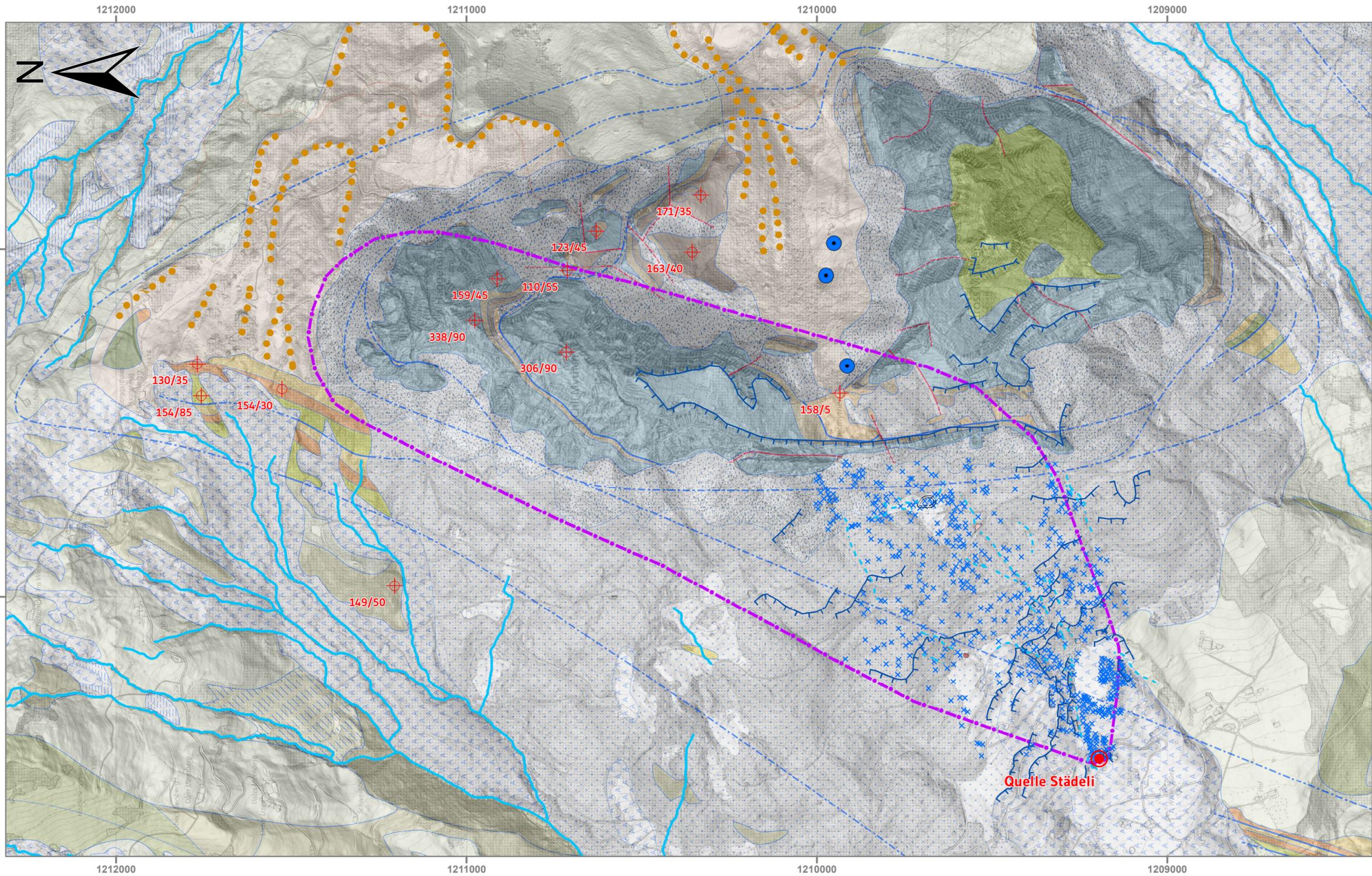
Für die pegeol ag



Aron Lüthold

Immensee, den 20. Mai 2025

ANHANG A ALLGEMEINE GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE SITUATION



Legende

- Elemente Quelle Städeli**
- Quelle Städeli
 - vermutetes Einzugsgebiet Quelle Städeli

- Wasserläufe und Rinnen**
- Trockenrinne (zeitweise wasserführend)
 - wasserführende Rinne (Gewässernetz SZ)

Geologie (Geocover ergänzt mit Feldaufnahmen)

- Senke ohne oberirdischen Abfluss
- Eorsionsrand
- Steichen Fallen
- versetzter Erratiker / Sturzblock
- Moränenwall (Lokalgletscher)
- Doline
- Ttec Bruch, vermutet
- Ttec Bruch, gesichert, im Allgemeinen
- Ttec Überschiebung, gesichert, im Allgemeinen
- Ttec Überschiebung, vermutet
- Materialentnahmestellen
- Künstliche Ablagerungen
- Bachschutt (kegel), Pleistozän
- Moräne (Till), gross Tal- und Vorlandgletscher, spät Pleistozän
- Moräne (Till), lokaltgletscher, spätes Pleistozän
- strukturierter Hangschutt
- Blockschutt
- Rutschmasse
- Sumpf

Couches-Rouges-Gruppe: rötlicher, z.T. auch hellgrauer und grünlicher schiefriger Mergel und Kalk, im Südwesten an der Basis des Grossen Mythen geringmächtiger rotgrün gebänderter Radiolarit : Mittelpenninikum, Klippen-Decke, Mythen-Roggenegg-Schuppe

Sulzfluh-Kalk ("Malmkalk"): hellgrau bis grauweisslich anwitternder, im Bruch hell- bis mittelgrauer massiger mikritischer, seltener sparitischer Kalk : Mittelpenninikum, Klippen-Decke, Mythen-Roggenegg-Schuppe

Griggeli-Formation: Mythen-Kieselkalk: bräunlich und rau anwitternder, im Bruch dunkelgrauer feinspätiger Kieselkalk mit Silexkonkretionen. An der Basis Kondensationshorizont: dunkelgrauer spätig- kieseliger Kalk, reich an Phosphoritknollen

Gibel-Formation: oolithischer, Trocholine führender Kalk und sandig-detritischer Spatkalk : Mittelpenninikum, Klippen-Decke, Mythen-Roggenegg-Schuppe

Gips, gelber Dolomit und Rauwacke ("Karpathischer Keuper") : Mittelpenninikum, Klippen-Decke, Mythen-Roggenegg-Schuppe

Tektonisches Melange: Stad-Formation: grünlichgrauer, teilweise fast schwarzer, z.T. gelblich anwitternder Mergel : Oberhelvetikum, Interne Einsiedeln-Schuppen

Tektonisches Melange: Seewen-Formation: knorriger, hellgrau anwitternder mikritischer Kalk : Oberhelvetikum, Interne Einsiedeln-Schuppen

Schlieren-Flysch: Wechsellagerung von schiefrigem Mergel und grobem Kalksandstein sowie feinkörnigem Kalk ("Alberese-Kalk"), z.T. mit polymikten Konglomeratlagen : Unterpenninikum, Schlieren-Decke

Tektonisches Melange: Euthal-Formation: glaukonit- und phosphoritreicher, z.T. spätiger Kalk und grauer sparitischer fossilreicher Kalk : Oberhelvetikum, Interne Einsiedeln-Schuppen

Tektonisches Melange: Amden-Formation: dunkel- bis rauchgrauer, oft kalkreicher, seltener sandiger Mergel : Oberhelvetikum, Interne Einsiedeln-Schuppen

Tektonisches Melange: Wang-Formation: grauer sandiger schiefriger Kalk, oft Glaukonit führend: Oberhelvetikum, Interne Einsiedeln-Schuppen

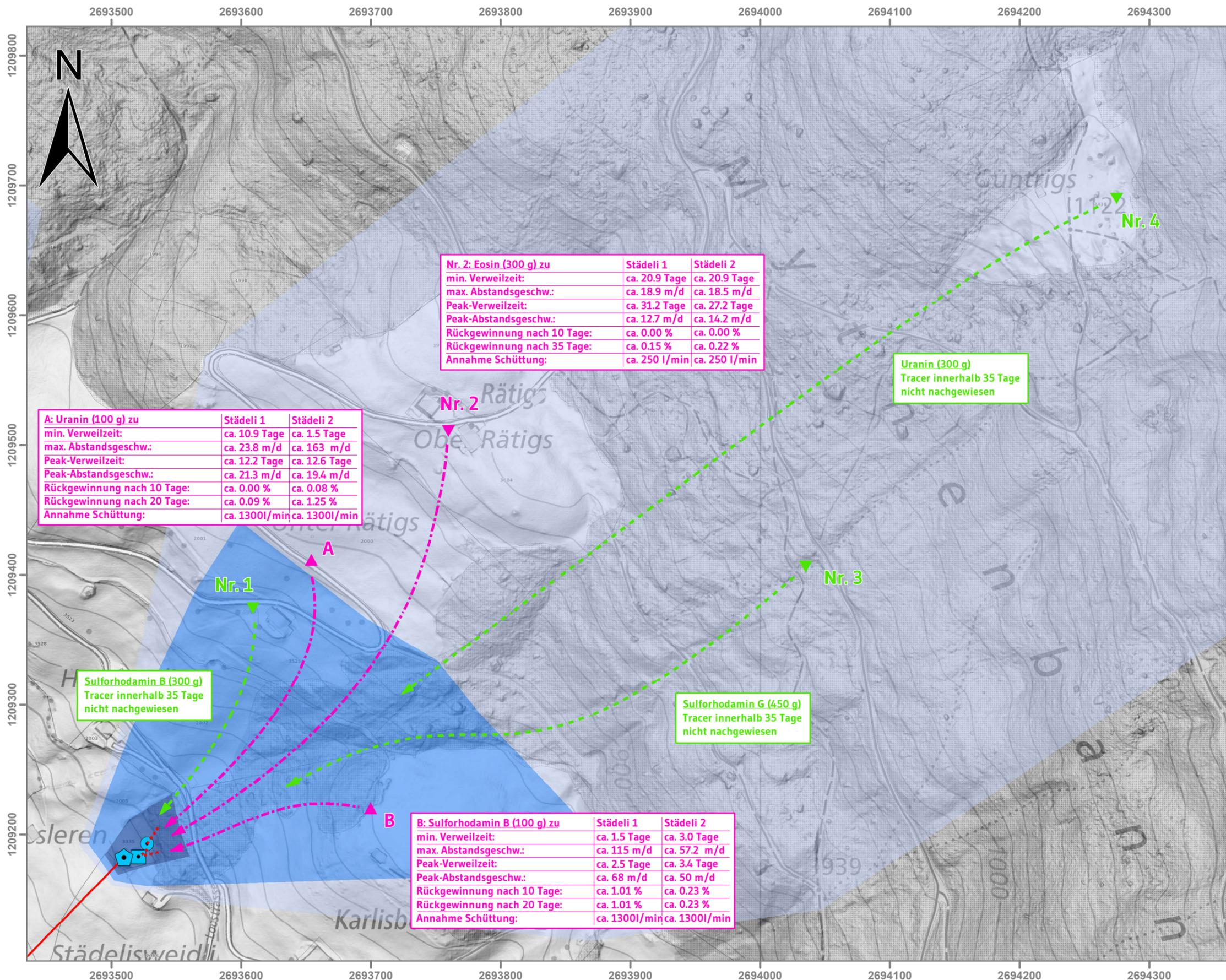
Wägital-Flysch: Wechsellagerung von grünlichem bis dunkel-grauem Tonstein mit braunem feinkörnigem Sandstein und bräunlich beigem Kalk : Unterpenninikum, Wägital-Decke

Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Quelle Städeli: Revidierung Grundwasserschutzzonen Projekt	PG0908.200 Projekt-Nr.	1.1 Version	1:10'000 Massstab	 
Allgemeine geologische und hydrogeologische Situation Planbezeichnung	24.04.2025 Datum	A Anhang	420 x 297 mm Format	



Quelle Geodaten: <https://www.swisstopo.admin.ch/>
Ergänzende Feldaufnahmen pegeol ag vom 31.05.2023

ANHANG B SITUATION MARKIERVERS 2002 UND 2024



Legende

Quelle Städeli

- Brunnenstube
- Quellschacht
- ⬠ Reservoir
- ⋯ Fassungsleitung (Lage vermutet)
- Ableitungen

Grundwasserschutzzonen

- S1 (bestehend, in Kraft)
- S2 (bestehend, in Kraft)
- S3 (bestehend, in Kraft)

Markierversuch 2002

Nachweis Tracer in Quelle

- ▲ ja

Markierversuch 2024

Nachweis Tracer in Quelle

- ▼ ja
- ▼ nein

Hydraulische Verbindung

- ▶ hydraulische Verbindung nachgewiesen
- -▶ keine hydraulische Verbindung nachgewiesen

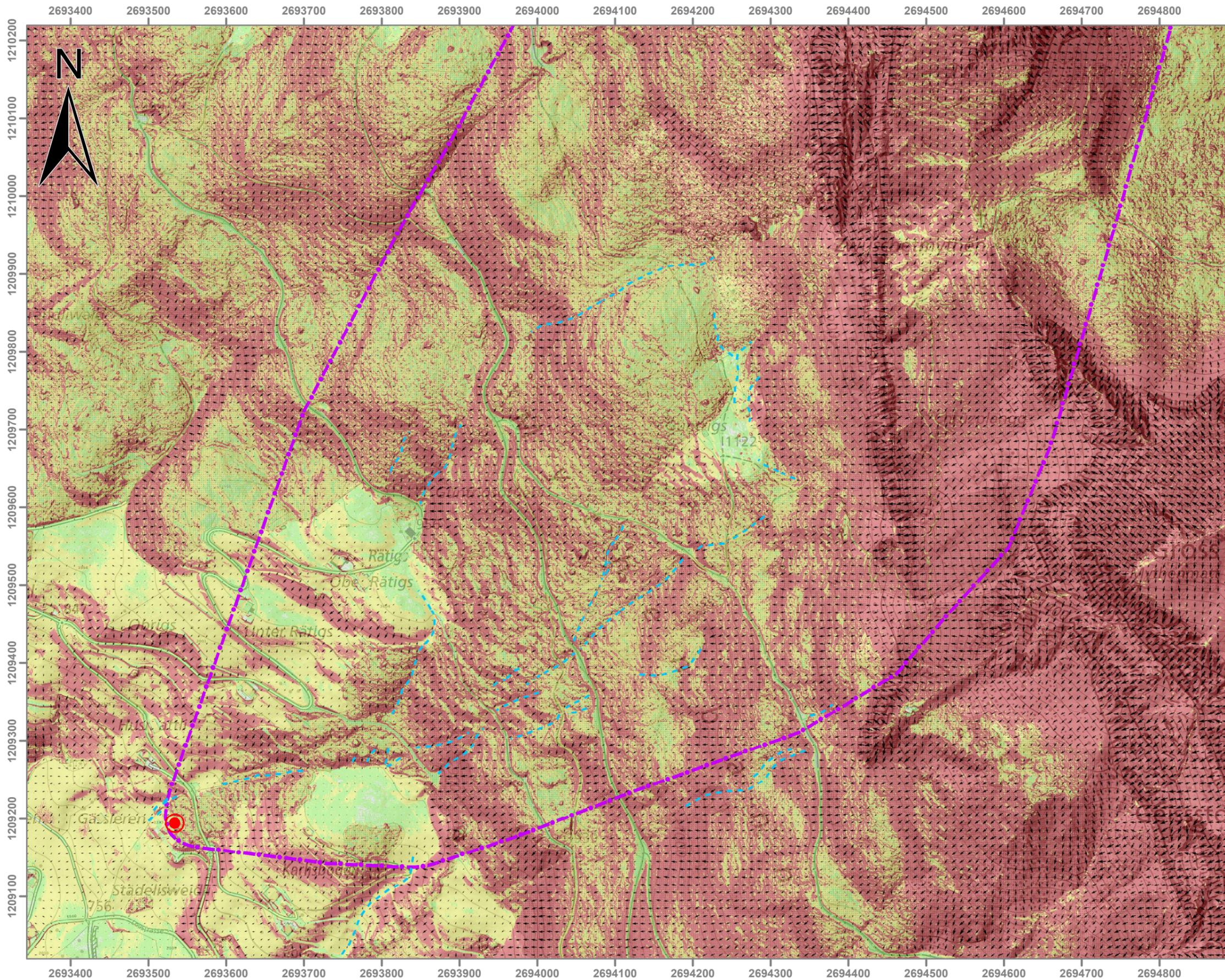
0 50 100 200 Meter

Quelle Geodaten: <https://map.geo.sz.ch/>
Quelle Geodaten: <https://www.swisstopo.admin.ch/>

Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Quelle Städeli: Revidierung Grundwasserschutzzonen Projekt	PG0908.200 Projekt-Nr.	2.0 Version	1:3'000 Massstab	 
Situation Markierversuch 2002 und 2024 Planbezeichnung	12.05.2025 Datum	B Anhang	420 x 297 mm Format	

**ANHANG C PROBENAHMEPLANG MARKIERVERSUCH
2024**

ANHANG D GELÄNDEANALYSE



Legende

Elemente Quelle Städeli

-  Quelle Städeli
-  vermutetes Einzugsgebiet Quelle Städeli

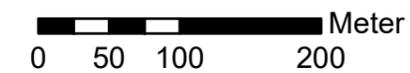
Wasserläufe und Rinnen

-  Trockenrinne (zeitweise wasserführend)

Hangneigung

-  <2%
-  2-10%
-  10-25%
-  >25%

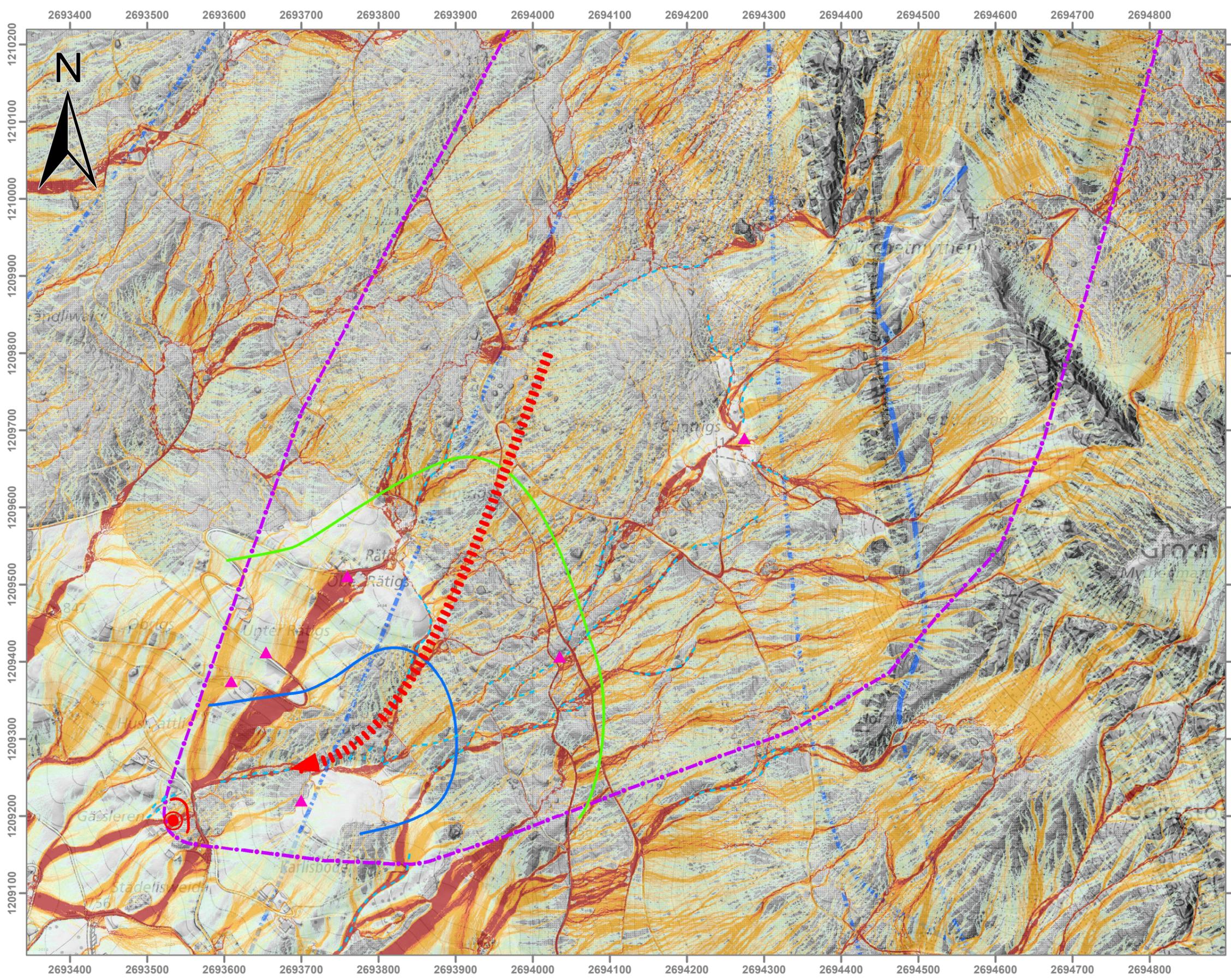
-  Abflussrichtung und Ausprägung



Quelle Geodaten: <https://map.geo.sz.ch/>
 Quelle Geodaten: <https://www.swisstopo.admin.ch/>

Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Quelle Städeli: Revidierung Grundwasserschutzzonen <small>Projekt</small>	PG0908.200 <small>Projekt-Nr.</small>	1.0 <small>Version</small>	1:5'000 <small>Massstab</small>	 
Geländeanalyse <small>Planbezeichnung</small>	24.05.2025 <small>Datum</small>	D <small>Anhang</small>	420 x 297 mm <small>Format</small>	

ANHANG E GRUNDLAGEN SCHUTZZONENDIMENSIONIERUNG

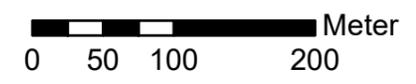


Legende

- Elemente Quelle Städeli**
 - Quelle Städeli
 - ⋯ vermutetes Einzugsgebiet Quelle Städeli
- Markierversuch 2002 & 2024**
 - ▲ Impstellen
- Fließrichtung Grundwasser**
 - ⋯▶ Annahme dominante Hauptfließrichtung unterirdische Wasserwegsamkeiten
- Vereinfachte Annahme Isochronen**
 - S1
 - 10 Tage
 - 20 Tage
- Wasserläufe und Rinnen**
 - - - Trockenrinne (zeitweise wasserführend)
- modellierter Oberflächenabfluss**

Ansammlung Wasser aus umliegender Oberfläche (umso grösser die Kumulation, umso enger der Fließweg und umso grösser die entwässerte Oberfläche)

 - minimale Kumulation
 - sehr geringe Kumulation
 - geringe Kumulation
 - mässige Kumulation
 - hohe Kumulation
 - sehr hohe Kumulation
 - höchste Kumulation
- Geologie (Geocover)**
 - Ttec Überschiebung, gesichert, im Allgemeinen
 - - - Ttec Überschiebung, vermutet



Quelle Geodaten: <https://map.geo.sz.ch/>
 Quelle Geodaten: <https://www.swisstopo.admin.ch/>

Wasserversorgungsgenossenschaft Loo-Obdorf, Quelle Städeli: Revidierung Grundwasserschutzzonen <small>Projekt</small>	PG0908.200 <small>Projekt-Nr.</small>	1.0 <small>Version</small>	1:5'000 <small>Massstab</small>	
Grundlagen Schutzzonendimensionierung <small>Planbezeichnung</small>	24.05.2025 <small>Datum</small>	E <small>Anhang</small>	420 x 297 mm <small>Format</small>	

ANHANG F GEFAHRENKATASTER UND MASSNAHMENKATALOG ZUM KONFLIKTPLAN

Gefahrenkataster und Massnahmenkatalog zum Konfliktplan

(Stand: 20.05.25)

Zone	Fläche [m ²]	Parzelle Nr.	Gefahrenherd Nr. (vgl. Konfliktplan)	Kategorie	Beschreibung bestehender Gefahrenherd	Primär relevante Stoffgruppen	Risiko	Notwendigkeit Massnahme (gegenüber bestehender Situation)	Empfohlene Massnahme
S1	472	3335, 2006	1	Landwirtschaftliche Nutzung	Mähen (in ehemaliger S1)	pathogene Keime	klein	ja	Dauernde Markierung Schutzzone S1 (Anpassung) (weiterhin Weideverbot resp. Einzäunen während Viehwirtschaftung; Bewirtschaftung durch Grasschnitt)
S2	23'134	2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 3523, 3575	2	Landwirtschaftliche Nutzung	Mähen, Mistaustrag und Viehwirtschaftung (in ehemaliger S2)	pathogene Keime	klein	nein (bereits in bestehender S2)	(weiterhin Verbot von Gülleaustrag)
S2	2'521	2000, 2007	3	Landwirtschaftliche Nutzung	Mähen, Gülle- und Mistaustrag, Viehwirtschaftung (in ehemaliger S3)	pathogene Keime	mittel	ja	Verbot Einsatz von flüssigen Hof- und Recyclingdünger
S3	8'362	2001, 2007, 3523, 3525	4	Landwirtschaftliche Nutzung	Mähen, Mistaustrag und Viehwirtschaftung (in ehemaliger S2)	pathogene Keime	klein	nein (bisher in S2)	(Eingeschränkter Gülleaustrag wieder möglich)
S3	45'191	1999, 2000, 2001, 2007, 3523, 3604	5	Landwirtschaftliche Nutzung	Mähen, Gülle- und Mistaustrag, Viehwirtschaftung (in ehemaliger S3)	pathogene Keime	klein	nein (bisher in S3)	(weiterhin eingeschränkter Gülleaustrag möglich)
S2	-	2002	6	Weidetränke	1 Viehtränke (gespiesen durch lokale Quelle), Grasnarbe intakt, Überlauf über die Schulter	pathogene Keime	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(im Rahmen baulicher Änderungen ist zu prüfen, ob die Viehtränke aus der Schutzzone S2 versetzt werden kann oder andere Massnahmen getroffen werden können)
S2	-	2002	7	Weidetränke	1 fixe Viehtränke auf dem Feld, Speisung unklar, Grasnarbe teilweise nicht intakt, Überlauf unklar	pathogene Keime	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(im Rahmen baulicher Änderungen ist zu prüfen, ob die Viehtränke aus der Schutzzone S2 versetzt werden kann oder andere Massnahmen getroffen werden können)
S3	564	3525	8	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Stall Obrigs , v.a. für Schafe, im Jahr 2005 Bodenplatte Laufstall und Abschlusschwelle saniert, Mistplatte und Bereich für Tierhaltung mit Randbordüre, Entwässerung in Güllenbucke, letzte Dichtheitsprüfung Bauwerke Hofdüngeranlagen im Jahre 2020, Dachwasser (Ziegel und Wellenblech) wird lokal versickert (unklar ob gesamthaft über Boden, oder teilweise auch direkt in den Untergrund) (in ehemaliger S2)	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Abklärungen zur Dachentwässerung; Sofern Versickerung direkt unterirdisch Anpassung der Entwässerung innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone Dichtheitsprüfung Hofdüngeranlagen alle 5 Jahre; Bei Anzeichen auf Alterung oder undichten Stellen Sanierung
S3	13	3525	9	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Weideschopf Obrigs , Nutzung unklar, keine Abwasser Bauwerke, Versickerung Dachwasser (Ziegel) flächig über bewachsener Boden (in ehemaliger S2)	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	klein	nein	-

Zone	Fläche [m ²]	Parzelle Nr.	Gefahrenherd Nr. (vgl. Konfliktplan)	Kategorie	Beschreibung bestehender Gefahrenherd	Primär relevante Stoffgruppen	Risiko	Notwendigkeit Massnahme (gegenüber bestehender Situation)	Empfohlene Massnahme
S3	934	2000	10	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Stall unter Rätigs , v.a. für Kühe, teilweise im Jahre 2000 saniert (unklar was), Mistplatte mit Randbordüre, Entwässerung in Güllebencke, letzte Dichtheitsprüfung Hofdüngeranlagen unbekannt, Versickerung Dachwasser (Ziegel und Wellenblech) über bewachsener Boden, unbefestigter Laufhof, Lagerung von Siloballen auf Naturboden <i>(in ehemaliger S3)</i>	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Dichtheitsprüfung Hofdüngeranlagen alle 5 Jahre; Bei Anzeichen auf Alterung oder undichten Stellen Sanierung Aufhebung unbefestigter Laufhof oder Befestigen und kontrollierte Entwässerung (z.B. in Güllebencke) innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone Keine Lagerung von Siloballen auf Naturboden (nur im Ausnahmefall zulässig)
S3	42	2000	11	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Lagerung von Siloballen auf Naturboden <i>(in ehemaliger S3)</i>	pathogene Keime	mittel	ja	Keine Lagerung von Siloballen auf Naturboden (nur im Ausnahmefall zulässig)
S3	377	3604	12	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Stall ober Rätigs , Alter Stall v.a. für Abstellen von Gerätschaften, keine Tierhaltung mehr, ursprüngliche, alte Güllebencke kaputt und nicht mehr in Betrieb, Dachwasser (Ziegel und Wellenblech) wird lokal versickert (unklar ob gesamthaft über Boden, oder teilweise auch direkt in den Untergrund) <i>(in ehemaliger S3)</i>	anorganische & organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Abklärungen zur Dachentwässerung: Sofern Versickerung direkt unterirdisch Anpassung der Entwässerung innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone
S3	929	1999	13	Bauten und Anlagen	Wohnhaus ober Rätigs , teilweise saniert und angebaut, Entwässerung häusliches Abwasser über Kleinkläranlage (2-Kammeranlage CreaBeton) beim Stall (25) und danach über eine Leitung aus der Schutzzone Richtung Dorfbach (Lage unbekannt), die Anlage wird jährlich visuell kontrolliert, letzte Dichtheitsprüfung häusliches Abwasser unbekannt, Schacht in Garage läuft über Ölabscheider und versickert lokal, Dachwasser (Ziegel und Wellenblech) wird lokal versickert (unklar ob gesamthaft über Boden, oder teilweise auch direkt in den Untergrund), kleine Garten- und Teichanlage <i>(in ehemaliger S3)</i>	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe, Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel - gross	ja	Abklärungen zur Dachentwässerung: Sofern Versickerung direkt unterirdisch Anpassung der Entwässerung innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone Dichtheitsprüfung Schmutzwasseranlagen alle 5 Jahre; Bei Anzeichen auf Alterung oder undichten Stellen Sanierung Aufhebung Versickerung Abwasser Garage innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone Einschränkung Einsatz Pestizide im Garten
S3	13	1999	14	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Bienenhaus , keine Abwasser Bauwerke, Versickerung Dachwasser (Wellenblech) flächig über bewachsener Boden <i>(in ehemaliger S3)</i>	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	klein	nein	-
S3	58	2000, 3604	15	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Mistlager auf dem Feld	pathogene Keime	mittel	ja	Entsorgung / Entfernung aus Schutzzone innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone

Zone	Fläche [m ²]	Parzelle Nr.	Gefahrenherd Nr. (vgl. Konfliktplan)	Kategorie	Beschreibung bestehender Gefahrenherd	Primär relevante Stoffgruppen	Risiko	Notwendigkeit Massnahme (gegenüber bestehender Situation)	Empfohlene Massnahme
S3	74	3604	16	Bauten und Anlagen	Vereinslokal ober Rätigs , Entwässerung häusliches Abwasser gemeinsam mit Wohnhaus über Kleinkläranlage (2-Kammeranlage CreaBeton) beim Stall (25) und danach über eine Leitung in den Dorfbach (Lage unbekannt), letzte Dichtheitsprüfung häusliches Abwasser unbekannt, Versickerung Dachwasser (Wellenblech) flächig über bewachsener Boden <i>(in ehemaliger S3)</i>	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	mittel	ja	Dichtheitsprüfung Schmutzwasseranlagen alle 5 Jahre; Bei Anzeichen auf Alterung oder undichten Stellen Sanierung
S2	71	2007	17	Landwirtschaftliche Anlagen und Bauten inkl. Hofdüngeranlagen	Weidestall Karlisboden , v.a. für Einlagern von Material, keine Tierhaltung mehr, ursprüngliche, alte Güllebucket nicht mehr in Betrieb (mit Kies und Stein gefüllt und oben zubetoniert), Versickerung Dachwasser (Ziegel) flächig über bewachsener Boden <i>(in ehemaliger S2)</i>	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	klein	nein	-
S1	896	2006	18	Forstwirtschaftliche Nutzung	Wurzeleinwuchs in Fassung; Potenzieller Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln und Beeinträchtigung schützende Deckschicht <i>(in ehemaliger S1 und teilw. ehemalige S2)</i>	Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel - gross	ja	Dauernde Markierung Schutzzone S1 (Anpassung); Bäume und Sträucher nur einsetzen und erhalten, wenn deren Wurzeln die Fassung nicht erreichen können resp. nur flachwurzelnde Bäume und Sträucher in einem Abstand von ≥ 3 m zum Fassungsbauwerk favorisieren <i>(weiterhin Verbot Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln sowie Verbot von Rodungen und forstlicher Pflanzengärten)</i>
S2	438	2006	19	Forstwirtschaftliche Nutzung	Potenzieller Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln und Beeinträchtigung schützende Deckschicht <i>(in ehemaliger S2)</i>	Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel - gross	nein <i>(bereits in bestehender S2)</i>	<i>(weiterhin Verbot Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln sowie Verbot von Rodungen und forstlicher Pflanzengärten)</i>
S2	48'846	2000, 2002, 2007, 3525, 3604	20	Forstwirtschaftliche Nutzung	Potenzieller Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln und Beeinträchtigung schützende Deckschicht <i>(in ehemaliger S2 und ehemalige S3)</i>	Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel	nein <i>(bereits in bestehender S2/S3)</i>	<i>(weiterhin Verbot Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln sowie Verbot von Rodungen und forstlicher Pflanzengärten)</i>
S1, S2	-	2002, 2006, 2007, 2027	22	Forstwirtschaftliche Nutzung	Deponierung Asthaufen (Schlagabraum) mit potenzieller Erhöhung / Mobilisierung von Keimen, Huminstoffen, Stickstoff, Phosphat und Pestiziden	pathogene Keime, Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel	ja	Grössere Haufwerke (> 3 m ²) entfernen und ausserhalb der S2 lagern oder verwerten; Keine neuen Haufwerke in S1 & S2 anlegen
S3	146'816	1999, 2007, 3604	21	Forstwirtschaftliche Nutzung	Potenzieller Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln und Beeinträchtigung schützende Deckschicht <i>(in ehemaliger S3)</i>	Pestizide, Stickstoffverbindungen	mittel	nein <i>(bereits in bestehender S3)</i>	<i>(Grundsätzliches Verbot Einsatz von Dünge-, chemischen Pflanzen- und Holzschutzmitteln; Ausnahmen bedürfen im Einzelfall einer Bewilligung und eine Begleitung einer Fachperson)</i>
S3	-	2027	23	Forstwirtschaftliche Nutzung	Deponierung Asthaufen (Schlagabraum) mit potenzieller Erhöhung / Mobilisierung von Keimen, Huminstoffen, Stickstoff, Phosphat und Pestiziden	pathogene Keime, Pestizide, Stickstoffverbindungen	klein - mittel	ja	nur kleine Asthaufen (< 3 m ²) zulässig und dürfen nicht in Trockenrinnen oder Mulden platziert werden; beim Auftreten von Verunreinigungen des Quellwassers sind die Haufwerke aus der Schutzzone zu entfernen

Zone	Fläche [m ²]	Parzelle Nr.	Gefahrenherd Nr. (vgl. Konfliktplan)	Kategorie	Beschreibung bestehender Gefahrenherd	Primär relevante Stoffgruppen	Risiko	Notwendigkeit Massnahme (gegenüber bestehender Situation)	Empfohlene Massnahme
S3	-	2027	24	Forstwirtschaftliche Nutzung	Holzlagerplatz (unbehandeltes, frisch geschlagegens Holz)	Pestizide, Stickstoffverbindungen	klein	nein	-
S2 (und ausserhalb)	-	1940	25	Bauwerke Wasser / Abwasser	Betonschacht Zustand unklar, mit Einlaufrost	pathogene Keime, organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Überprüfung Zustand Schacht innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone; wenn defekt oder undicht Sanierung innerhalb 5 Jahre nach Ausscheidung Schutzzone; Dichtheitsprüfung alle 5 Jahre
S2 (und ausserhalb)	-	1940	26	Bauwerke Wasser / Abwasser	unterirdische Ableitung Strassenabwasser, Zustand unklar, Entwässerung /Ausleitung unklar	pathogene Keime, organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Überprüfung Zustand und Verlauf Leitung innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone; wenn defekt oder undicht Sanierung innerhalb 5 Jahre nach Ausscheidung Schutzzone; Dichtheitsprüfung alle 5 Jahre
S2	355	1940, 3523	27	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	asphaltierte Nebenstrasse (hauptsächlich Gemeinde, kleiner Teil Privat), mit wenigen Rissen, teilweise mit bergseitiger Randbordüre, Ableitung Strassenwasser über 3 bergseitige Einlaufschächte (25, 26) und teilweise über talseitige Schulter	pathogene Keime, organische Schadstoffe	mittel - gross	ja	Sanierung Strassenentwässerung (zumindest durchgehender Randabschluss) innerhalb 5 Jahre nach Ausscheidung Schutzzone; Beschilderung Wasserschutzgebiet; Beschilderung "Verbot für Motorwagen, Motorräder, Mofas" (Zubringerdienst gestattet) ab Übergang zu Privatstrasse innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone
S2	110	3523	28	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	asphaltierte Nebenstrasse (Privatstrasse, Sackgasse), guter Zustand, Entwässerung über die Schulter, nur Anliegerverkehr	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein - mittel	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen und/oder bei Sanierung Strasse Anpassung Entwässerung überprüfen)
S2	18	2003	29	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	Hofzufahrt, guter Zustand, Entwässerung über die Schulter	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen und/oder bei Sanierung Zufahrt Anpassung Entwässerung überprüfen)
S2, S3	1225.2	2000, 2001, 3523, 3525, 3604	30	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	asphaltierte Nebenstrasse (Privatstrasse, Sackgasse), guter Zustand, Entwässerung über die Schulter, nur Anliegerverkehr	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein - mittel	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen und/oder bei Sanierung Strasse Anpassung Entwässerung überprüfen)
S2, S3	3890.4	2000, 2001, 2002, 2007, 2027, 3523, 3525, 3604	31	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	teilweise gekiester, teilweise begrünter Feld- und Waldweg, flächige Versickerung und Entwässerung über die Schulter	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen und/oder bei Sanierung Weg Anpassung Entwässerung überprüfen)
S2, S3	2933.9	2027	32	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	Forststrasse, gekiest, flächige Versickerung und Entwässerung über die Schulter sowie teilweise über Querrinnen	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein - mittel	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen und/oder bei Sanierung Strasse Anpassung Entwässerung überprüfen)
S3	1169.2	2027, 3604	33	Nebenstrassen, Landwirtschaftliche Flurwege, Forst- und Feldwege	teilweise gekiester, teilweise begrünter Wander- und Waldweg, flächige Versickerung und Entwässerung über die Schulter	pathogene Keime, organische Schadstoffe	klein	nein (bereits in bestehender S2)	-
S2	21.4	2027	34	Umschlag- und Abstellplatz	alter Militäranhänger abgestellt, Untergrund unbefestigt	anorganische & organische Schadstoffe	klein	ja	Entfernung aus Schutzzone innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone

Zone	Fläche [m ²]	Parzelle Nr.	Gefahrenherd Nr. (vgl. Konfliktplan)	Kategorie	Beschreibung bestehender Gefahrenherd	Primär relevante Stoffgruppen	Risiko	Notwendigkeit Massnahme (gegenüber bestehender Situation)	Empfohlene Massnahme
S3	601.8	1999, 2027	35	Umschlag- und Abstellplatz, Lager, Ablagerungen, Deponie, Grillstelle	Lagerung diverser Abfälle (u.a. Wellenblech, etc.), Ablagerung von schwach verunreinigtem Aushub (organoleptische Beurteilung, mineralische Fremdstoffe wie Ziegel und Beton), Abstellen von Fahrzeugen und alte Maschinen (Bagger, Anhänger etc.), Feuerstelle	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	klein - mittel	ja	Entsorgung / Entfernung Abfälle und alte Maschinen, Anhänger etc. aus Schutzzone innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone beim Auftreten von Qualitätsproblemen ist das auch das abgelagerte schwach verschmutzte Material zu entfernen
S2		2002, 2007, 3525	36	Lager, Ablagerungen, Deponie	Lagerung diverser Abfälle (u.a. Wellenblech, Beton, Pneu, Holztisch, PE-Rohre, Plastik, Stahlelemente etc.)	anorganische & organische Schadstoffe	klein - mittel	ja	Entsorgung / Entfernung aus Schutzzone innerhalb 1 Jahr nach Ausscheidung Schutzzone
S2		2002	37	Lager, Ablagerungen, Deponie	Ablagerung von unverschmutztem Aushub (organoleptische Beurteilung)	anorganische & organische Schadstoffe	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen ist das deponierte Material zu entfernen)
S2		3525	38	Lager, Ablagerungen, Deponie	Holzbeige, unbehandeltes Holz unter Wellenblech	Pestizide, anorganische & organische Schadstoffe	klein	bis auf Weiteres nicht notwendig	(beim Auftreten von Qualitätsproblemen ist das deponierte Material zu entfernen)
S3		2027	39	Grillstelle	private Feuerstelle, Kinderhütte	pathogene Keime, anorganische & organische Schadstoffe	klein	nein	

ANHANG G ZUSAMMENFASSUNG WASSERBESCHAFFEN- HEIT

Auswertung Laboranalysen 2002, 2008, 2010, 2022, 2025 und Feldmessungen seit 2003

Parameter	Einheit	Quelle Städeli (beide Einläufe)			Erfahrungswerte SVGW W12	Indikatorenwerte Wegleitung BAFU	Anforderungen GSchV	Höchstwerte TBDV	Anzahl Analysen	
		Min	Max	Median						
Standardparameter	Wassertemperatur	[°C]	5.9	7.9	7.0	8 - 15	< ± 3 ¹⁾	-	-	335
	Elektrische Leitfähigkeit	[µS/cm]	269	283	275	200 - 800	-	-	-	5
	pH-Wert	[-]	7.9	8.0	8.0	6.8 - 8.2	< ± 0.5 ¹⁾	-	_- ³⁾	5
	Aerobe, mesophile Keime (AMK)	[KBE/ml]	n.n.	10	3	-	-	-	100	7
	Escherichia coli	[KBE/100ml]	n.n.	1	n.n.	-	-	-	n.n.	7
	Enterokokken	[KBE/100ml]	n.n.	1	n.n.	-	-	-	n.n.	7
	Trübung	[TE/F]	< 0.1	0.2	0.1	< 0.5	< 1	-	1 ²⁾	5
	Säureverbrauch (pH4.3)	[mmol/l]	2.5	2.6	2.6	-	-	-	-	5
	Absorptionskoeffizient (254 nm, roh)	[/m]	1.5	2.0	1.6	-	-	-	-	5
	Absorptionskoeffizient (436 nm, roh)	[/m]	0	0.1	0.1	-	-	-	-	5
	Gesamthärte	[°fH]	14.3	14.8	14.4	-	-	-	-	5
	Ammonium	[mg/l]	< 0.01	0.02	0.01	< 0.05	< 0.1 (ox) ¹⁾	< 0.1 (ox)	0.1 (ox)	5
	Nitrit	[mg/l]	< 0.005	0.015	0.008	< 0.01	< + 0.05 ¹⁾	-	0.1	5
	Nitrat	[mg/l]	4.4	5.4	4.8	< 25	< 25	25	40	5
	ortho-Phosphat	[mg/l]	< 0.01	0.01	0.005	< 0.05	< + 0.05 ¹⁾	-	-	5
	Chlorid	[mg/l]	< 1	1	0.5	< 20	< 40	40	_- ³⁾	5
	Sulfat	[mg/l]	9.9	14.5	14.4	< 50	< 40	40	_- ³⁾	5
Calcium	[mg/l]	51	53	51	-	< + 40 ¹⁾	-	-	5	
Magnesium	[mg/l]	3	4	3.6	-	< + 10 ¹⁾	-	-	5	
TOC	[mg C/l]	0.7	0.9	0.8	-	-	-	2 ²⁾	5	
Pestizide	Chlorothalonil R417888	[µg/l]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	< 0.1	0.1	0.1	2
	Chlorothalonil R471811	[µg/l]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	< 0.1	0.1	0.1	2
	Metolachlor	[µg/l]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	< 0.1	0.1	0.1	2
	Metolachlor-ESA	[µg/l]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	< 0.1	0.1	0.1	2
	Metolachlor-OA	[µg/l]	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	< 0.1	0.1	0.1	2

¹⁾ Veränderung um höchstens den Wert X als im naturnahen Zustand des Grundwassers

²⁾ keine Höchstwerte, sondern Richtwerte gemäss TBDV

³⁾ Höchst-/Richtwerte sind aufgehoben worden

n.n. = analysiert aber nicht nachgewiesen / kleiner Bestimmungsgrenze

XX = Überschreitung der Erfahrungswerte

XX = Überschreitung der Indikatorenwerte

XX = Überschreitung Anforderungen GSchV

XX = Überschreitung der Höchstwerte