

**Auftraggeber:**

**Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau**

---

# **Pilotprojekt WasserZukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken**

## **Transformationsanalyse**



Forschungsinstitut für  
biologischen Landbau  
Ackerstrasse 113  
5070 Frick



Simultec AG  
Hardturmstrasse 261  
8005 Zürich



**Dr. von Moos AG**

Geotechnisches Büro  
Bachofnerstrasse 5, CH - 8037 Zürich

**Beratende Geologen und Ingenieure**

www.geovm.ch info@geovm.ch  
Telefon +41 44 363 31 55 Fax +41 44 363 97 44

Filialen

Mäderstrasse 8, CH - 5400 Baden  
Dorfstrasse 40, CH - 8214 Gächingen

Telefon +41 56 222 09 45 Fax +41 44 363 97 44  
Telefon +41 52 681 43 27 Fax +41 44 363 97 44

**Inhalt**

<b>1. Auftrag</b>	<b>6</b>
<b>2. Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>3. Ausgangslage</b>	<b>7</b>
3.1 Modellierung Klima- und Entnahmeszenarien	7
3.2 Auswirkungenanalyse	8
<b>4. Grundlagen für die Transformationsanalyse</b>	<b>9</b>
4.1 Einleitung	9
4.2 Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen	10
4.3 Charakterisierung der Grundwasservorkommen	11
4.3.1 Klettgau-Wangental	11
4.3.2 Wutachtal, Schleithemertal	11
4.3.3 Hemmentalertal, Merishausertal	13
4.3.4 Bibertal-Nord	14
4.3.5 Schaffhausen-Breite, Buchthalen-Dörflingen	16
4.3.6 Bibertal-Süd, Stein am Rhein	18
4.3.7 Rüdlingen-Buchberg	19
4.4 Trinkwasserförderung	21
4.4.1 Wutachtal, Schleithemertal	21
4.4.2 Merishausertal	22
4.4.3 Bibertal-Nord	22
4.4.4 Schaffhausen-Breite, Buchthalen-Dörflingen	23
4.4.5 Bibertal-Süd	23
4.4.6 Rüdlingen-Buchberg	24
4.5 Oberflächengewässer	24
4.5.1 Abflussmessungen	24
4.5.2 Bewässerung aus Gewässern	27
4.6 Niederschläge im Kanton Schaffhausen	27
4.7 Landwirtschaftsflächen im Kanton Schaffhausen	29
4.8 Böden im Kanton Schaffhausen	36
<b>5. Transformationsanalyse</b>	<b>37</b>
5.1 Vorgehen für die Transformationsanalyse	37
5.2 Wasserbilanzen	37
5.3 Bewässerungsbedarf	40
5.4 Bewässerungsmöglichkeiten aus Grundwasser	41
5.4.1 Wutachtal	41
5.4.2 Schleithemertal	41
5.4.3 Hemmentalertal	42
5.4.4 Durachtal	42
5.4.5 Bibertal-Nord	42
5.4.6 Schaffhausen-Breite	42

Transformationsanalyse

5.4.7	Buchthalen-Dörflingen	43
5.4.8	Bibertal-Süd, Stein am Rhein	43
5.4.9	Rüdlingen-Buchberg	43
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>44</b>
<b>7.</b>	<b>Empfehlungen</b>	<b>45</b>
	<b>Literatur</b>	<b>46</b>

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1: Charakteristische Abflüsse in [m <sup>3</sup> /s] an den ausgewählten Messstellen (Mindestrestwassermenge ermittelt gemäss GwSchG [7]) .....	24
Tabelle 2: Mittlerer monatlicher Niederschlag (2012-2018) der Messstationen im Kanton Schaffhausen .....	28
Tabelle 3: Grundnutzungsanteile der Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen (Quelle: GIS-Browser Schaffhausen) .....	30
Tabelle 4: Transformierte Wasserbilanz in den seitlichen Einzugsgebieten und des Talgebiets der Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen .....	39
Tabelle 5: Jährlicher Bewässerungsbedarf der Kulturen bei moderater Bewässerung .....	40
Tabelle 6: Spezifischer, jährlicher Bewässerungsbedarf der Kulturmixe und Gesamt-Bewässerungsbedarf der einzelnen Gebiete .....	40

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Die Grundwasservorkommen in Lockergesteinen im Kanton Schaffhausen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen) .....	10
Abbildung 2: Die Grundwasservorkommen Wutachtal und Schleithemertal (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen) .....	11
Abbildung 3: Ganglinien des Wutach-Grundwassers, Grundwasserfassung Oberwiesen, Schleithem (1999-2009).....	12
Abbildung 4: Ganglinien des Grundwassers in der ehemaligen Fassung Brüel in Beggingen (2015-2020).....	12
Abbildung 5: Die Grundwasservorkommen Hemmentalertal und Merishausertal (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen) .....	13
Abbildung 6: Ganglinien des Durach-Grundwassers in der Fassung Engestieg, Schaffhausen (1998-2019).....	14
Abbildung 7: Die Grundwasservorkommen im Bibertal-Nord zwischen Hofen und Thayngen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen) .....	15
Abbildung 8: Ganglinien des Bibertal-Grundwassers in der Fassung Sööli, Bibern .....	15
Abbildung 9: Ganglinien des Bibertal-Grundwassers in der Fassung Unilever, Thayngen .....	16
Abbildung 10: Die Grundwasservorkommen Buchthalen–Dörflingen und Schaffhausen-Breite (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen).....	17
Abbildung 11: Ganglinie des Grundwasserstandes in der Fassung Warthau, Schaffhausen (2010)-2020) .....	17
Abbildung 12: Das Grundwasservorkommen im Bibertal-Süd zwischen Buch und Hemishofen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen).....	18
Abbildung 13: Ganglinien des Bibertal-Grundwassers in der Fassung Wilen, Ramsen .....	19
Abbildung 14: Die Grundwasservorkommen nördlich von Rüdlingen und Buchberg (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen) .....	20
Abbildung 15: Wasserstand in der Fassung Eggholz. Rüdlingen (2010-2020) .....	20
Abbildung 16: Fördermengen in den Grundwasserfassung Oberwiesen und Wunderklingen (2011–2020).....	21
Abbildung 17: Fördermengen in den 3 Grundwasserfassungen des Merishausertales (2011–2020).....	22
Abbildung 18: Fördermengen in der Fassung Unilever, Thayngen .....	22
Abbildung 19: Fördermengen in den Grundwasserfassungen Rheinhalde und Warthau, Schaffhausen (2011-2020).....	23
Abbildung 20: Fördermengen in den Grundwasserfassungen Wilen, Ramsen und Seewadel, Hemishofen (2009-2018).....	23
Abbildung 21: Fördermengen in der Grundwasserfassung Eggholz, Rüdlingen (2010-2020) .....	24
Abbildung 22: Gewässernetz und ausgewertete Abflussmessstellen .....	25
Abbildung 23: Abfluss (Tagesmittelwerte) der Durach bei Merishausen (2007-2021) .....	25
Abbildung 24: Abfluss (Tagesmittelwerte) der Biber bei Thayngen (2008-2020) .....	26
Abbildung 25: Abfluss (Tagesmittelwerte) des Rheins beim Kraftwerk Schaffhausen (1962-2020).....	26
Abbildung 26: Jahresniederschlag in mm der Messstationen in Schaffhausen, Hallau und Lohn .....	27
Abbildung 27: Niederschlagsverteilung Modell Meteoschweiz .....	28
Abbildung 28: Haupteinzugsgebiete und Gewässernetz im Kanton Schaffhausen .....	29
Abbildung 29: Nutzungen im Kanton Schaffhausen (Quelle Geoportal Schaffhausen).....	30
Abbildung 30: Kulturmix Klettgau (Quelle: Graf et al. 2020) .....	31
Abbildung 31: Wutachtal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) .....	31
Abbildung 32: Schleithemertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) .....	32
Abbildung 33: Hemmentalertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts).....	32
Abbildung 34: Merishausertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) .....	33
Abbildung 35: Bibertal-Nord: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts).....	33
Abbildung 36: Schaffhausen-Breite: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) ..	34
Abbildung 37: Buchthalen Dörflingen: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)	34
Abbildung 38: Bibertal-Süd: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) .....	35
Abbildung 39: Rüdlingen-Buchberg: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts) ..	35
Abbildung 40: Wasserbilanz in den seitlichen Einzugsgebieten und des Talgebiets im Klettgau. Angaben in Mio. m <sup>3</sup> pro Jahr. ....	38

## 1. Auftrag

---

- Auftraggeber: Tiefbau Schaffhausen, Abteilung Gewässer und Materialabbau  
Schweizersbildstrasse 69, 8200 Schaffhausen  
Ansprechperson: Jürg Schulthess
- Projekt: "Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken für die Landwirtschaft"  
(Arbeitstitel: WasserZukunft Klettgau) im Rahmen des Pilotprogramms  
(Phase II) des Bundesamts für Umwelt "Anpassung an den Klimawandel".
- Projektträger: Bundesamt für Umwelt und Kanton Schaffhausen (Tiefbau Schaffhausen,  
Landwirtschaftsamt und Interkantonales Labor)
- Gesamtprojektleitung, Hydrogeologie, Landschafts- und Regionalentwicklung:  
Dr. von Moos AG  
Dorfstrasse 40, 8214 Gächlingen  
Ansprechperson: Dr. Hans Rudolf Graf
- Landwirtschaft, Bodenkunde:  
FIBL Forschungsinstitut für biologischen Landbau  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, 5070 Frick  
Ansprechperson: Hansueli Dierauer
- Grundwassermodellierung, Boden-/Gewässerchemie:  
Simultec AG  
Hardturmstrasse 261, 8005 Zürich  
Ansprechperson: Christian Gmünder
- Auftragserteilung: Mit Schreiben vom 9. Juli 2019.
- Projektareal: Der Klettgau umfasst die Gemeinden des Ober- und Unterklettgaus des  
Kantons Schaffhausen. Der Projektperimeter betrifft die Ebene zwischen  
Beringen (ca. 2'687'081 / 1'283'270) und Trasadingen (ca. 2'674'755 /  
1'279'402) sowie die nördlich und südlich angrenzenden Hänge.
- Auftrag: Abklärung von nachhaltigen Bewässerungsmöglichkeiten im Klettgau in  
Anbetracht des Klimawandels anhand einer Modellierung (Phase I). Abklä-  
rung der Auswirkungen einer Bewässerung auf Boden, Grundwasserquali-  
tät, Landwirtschaft, Region und Landschaft sowie Ausarbeitung möglicher  
Anpassungsstrategien für die Landwirtschaft. Anhand der Ergebnisse sol-  
len Empfehlungen für eine nachhaltige Grundwassernutzungsstrategie des  
ganzen Kantons Schaffhausen in Bezug auf die Nutzung zu Bewässe-  
rungszwecken erstellt werden (Phase II).

## 2. Einleitung

---

***2019 hat der Bund das Pilotprogramm «Anpassung an den Klimawandel» mit schweizweit 50 Projekten gestartet. Der Kanton Schaffhausen beteiligt sich an diesem Programm mit dem Projekt «Wasserzukunft Klettgau - Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken». Da im Kanton Schaffhausen keine direkten Grundwassernutzungen bewilligt werden, soll mit dieser Studie untersucht werden, inwieweit eine landwirtschaftliche Bewässerung mit Grundwasser im Projekt-***

**gebiet Klettgau nachhaltig möglich wäre und welche Auswirkungen dies auf die Entwicklung der Umwelt, Landwirtschaft und Region im Klettgau haben könnte.**

**Wasserzukunft Klettgau ist ein Grundlagenprojekt und umfasst die vier Berichte „Modellierung der Klima- und Entnahmeszenarien“, „Auswirkungsanalyse und Anpassungsstrategien“, „Transformationsanalyse“ sowie „Empfehlungen für die Regelung der Wasserbezüge“. Die Berichte beinhalten verschiedene Ergebnisse, Einschätzungen und Empfehlungen. Diese sollen Politik und Behörden als Grundlage dienen, um unter Berücksichtigung der aktuellen Klimaentwicklung eine nachhaltige Wassernutzungsstrategie festlegen zu können.**

In der **Phase I** des Projekts wurden zunächst die für eine Modellierung erforderlichen Grundlagen beschafft, u.a. Angaben zur aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung, und daraus die Ist-Situation definiert. Darauf basierend wurden **4 Bewässerungs-Szenarien** entwickelt, für eine den heutigen Verhältnissen entsprechende Grundwasserentnahme sowie drei abgestufte Bewässerungsintensitäten. Die heutigen Verhältnisse wurden in einem **numerischen Grundwassermodell** implementiert. Mit den Bewässerungs-Szenarien entsprechenden Modellläufen wurde anschliessend abgeklärt, ob und in welchem Mass Grundwasserentnahmen für Bewässerungszwecke sich auf den regionalen Grundwasserspiegel auswirken [1].

In der **Phase II** wurden bisher die voraussichtlichen **Auswirkungen** einer Grundwasserentnahme für Bewässerungen in Hinblick auf die Landwirtschaft, Bodenqualität, Wasserqualität, Landschaft, Region sowie für Naturschutz und Ökologie für den Klettgau analysiert [2].

Diese Resultate wurden anschliessend vor dem Hintergrund aktueller Grundwasser-Nutzungsrechte sowie Schutzgebiete diskutiert und in allgemeine Empfehlungen für die **Anpassung von rechtlichen Grundlagen** sowie für **zukünftige Reglemente und Konzessionen** für Bewässerungsnutzungen umgesetzt [3].

Im vorliegenden Bericht sollen die bisher gewonnen Erkenntnisse in angemessener Bearbeitungstiefe auf die übrigen Gebiete des Kantons übertragen werden, wo Grundwasservorkommen eine Nutzung zu Bewässerungszwecken prinzipiell zulassen könnten.

### 3. Ausgangslage

---

#### 3.1 Modellierung Klima- und Entnahmeszenarien

In der Phase I des Pilotprojektes zur WasserZukunft Klettgau wurde anhand einer Modellierung verschiedener Bewässerungs- und Klimaszenarien abgeklärt, ob und in welchem Mass im Klettgau in Zukunft zusätzlich zur Trinkwasserversorgung nachhaltig Grundwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung entnommen werden könnte [1].

Als Basis für die Definition der Entnahme- bzw. Bewässerungsszenarien erfolgte eine Auswertung von Daten zur heutigen landwirtschaftlichen Nutzung im Klettgau. Darauf basierend wurden die vier Bewässerungsszenarien definiert, welche in die Modellierung einflussen:

- Szenario 1: keine Bewässerung
- Szenario 2: minimale Bewässerung zur Vermeidung irreversibler Schäden bei längeren Trockenphasen
- Szenario 3: moderate, auf den Wasserbedarf der einzelnen Kulturen abgestimmte Bewässerung
- Szenario 4: moderate Bewässerung eines Kulturmixes mit höherem Bewässerungsbedarf.

## Transformationsanalyse

Die Bilanzierung des Wasserhaushalts erfolgt dabei über drei Teilmodelle: Das Bodenwasserhaushaltsmodell, das Niederschlags-/Abflussmodell und das eigentliche Grundwassermodell. Im Bodenwasserhaushaltsmodell konnte dabei der Wasserbedarf des effektiv angebauten Kulturmixes eingegeben und variiert sowie über die Klimadaten der Oberflächenabfluss und der Anteil an Grundwasserneubildung berechnet werden. Das Niederschlags-Abflussmodell bildet die zeitliche Verzögerung vom Niederschlagsereignis bis zum Abfluss in den Gewässern ab.

Die Bewässerungsszenarien wurden anschliessend mit zwei unterschiedlichen Szenarien aus den Klimamodellen (konsequenter Klimaschutz bzw. kein Klimaschutz) kombiniert und jeweils für den Referenzzeitraum 1996 (1981 – 2010), für den Prognosezeitraum 2035 (2020 – 2049) und für das Extremjahr 4014 (Kombination der Trockenjahre 2003 und 2011) berechnet. Insgesamt zeigte sich eine starke Abhängigkeit des im Klettgau verfügbaren Grundwasservolumens von den klimatischen Bedingungen.

Relevant für die Einschätzung der Auswirkungen ist hierbei der minimale Grundwasserstand, da dieser eine Beeinträchtigung der Trinkwassergewinnung darstellen könnte. Dessen grösste Absenkung wird bei Bewässerungsszenario 4 und Klimaszenario ohne Klimaschutz erreicht. Dabei ist der minimale Grundwasserstand im Zeitraum 2020-2049 bereits ohne Bewässerung tiefer als im Zeitraum 1981 – 2010. Beim Klimaszenario mit Klimaschutz jedoch ist örtlich im Zeitraum 2020 – 2049 gegenüber dem Zeitraum 1981 – 2010 sogar ein Anstieg des minimalen Grundwasserstandes zu erwarten. Dies begründet sich in einer unterschiedlichen Jahresverteilung der Niederschläge, wobei in den Wintermonaten, welche für die Grundwasserneubildung massgebend sind, eine Zunahme des Niederschlags erwartet wird.

Insgesamt kann aus der Modellierung geschlossen werden, dass die Grundwasserabsenkung für alle Bewässerungsszenarien in einem aus hydrogeologischer Sicht tolerierbaren Mass liegen würden, ohne die Trinkwassernutzung in quantitativer Hinsicht zu beeinträchtigen.

### 3.2 Auswirkungsanalyse

Im Rahmen der Erarbeitung der Auswirkungsanalyse konnten für die einzelnen Bewässerungsszenarien( vgl. unten) gewisse wahrscheinliche Trends erkannt werden. Insgesamt hat sich erwiesen, dass die Kosten für das Ausbringen des Wassers auf die Felder von entscheidender Bedeutung sind für die Umsetzung von Bewässerungsmassnahmen. Es fallen Kosten an für technische Bewässerungs-Einrichtungen, die eigentlichen Wasserkosten sowie (beim höherem Bewässerungsbedarf der Szenarien 3 und 4) Kosten für eine vom Trinkwassernetz unabhängige Förder- und Verteil-Infrastruktur.

**Szenario 1:** Die Weiterführung der heutigen Bewirtschaftung wird sich schwierig gestalten, denn die Ertragseinbussen bei den meisten Kulturen nehmen weiter zu, was zu einer Verarmung des Kulturmixes und Extensivierung von Flächen führen könnte. Die Zahl der Betriebe dürfte verstärkt zurückgehen, bei einer Tendenz zur Vergrösserung der Betriebe. Die häufigere Austrocknung der Böden begünstigt die Auswaschung von Schadstoffen in Oberflächen- und Grundwasser. Fördernd auswirken kann sich dieses Szenario auf die Biodiversität, die Bodenqualität/-fruchtbarkeit, das Landschaftsbild und die regionale Attraktivität.

**Szenario 2:** Dieses Szenario ist auf die kurz- bis mittelfristige Erhaltung der heutigen Bewirtschaftungsweise und den aktuellen Kulturmix ausgelegt und dürfte dieses Ziel auch erreichen. Weil hierfür Wasser aus dem bestehenden Trinkwassernetz bezogen werden kann, ist auch eine finanzielle Tragbarkeit wahrscheinlich. Das zur Verfügung stehende Wasser genügt jedoch nicht, um stabile Erträge zu gewährleisten (Ertragsausfälle wahrscheinlich). Die landschaftlichen Qualitäten und die regionale Attraktivität dürften erhalten bleiben.

## Transformationsanalyse

**Szenario 3:** Die Bewässerungsmöglichkeiten in diesem Szenario dürften eine verbesserte Ertragssicherheit bewirken, was eine Tendenz zu Intensivierung auslösen könnte. Allerdings können die notwendigen Bewässerungsmengen nicht mehr aus dem Trinkwassernetz bezogen werden, sondern es müsste eine zusätzliche Infrastruktur aufgebaut werden. Unter dem Strich ist die Realisierung kaum zu erwarten. Der Ackerbau dürfte deshalb langfristig verschwinden. Es dürften vermehrt Kulturen mit höherer Wertschöpfung auf den guten Böden angebaut werden, während auf weniger fruchtbaren Böden der Oekoausgleich ausgebaut wird.

**Szenario 4:** Eine Verschiebung hin zu einer gewissen Intensivierung des Anbaus, sprich zu bewässerungsbedürftigen und –würdigeren Kulturen ist Grundbestandteil dieses Szenarios. Deshalb gilt hier grundsätzlich dasselbe wie für Szenario 3, nämlich dass der Aufbau einer zusätzlichen Infrastruktur limitierend wirken wird.

Anhand des Einbezugs von Vertretern verschiedener Interessensgruppen (Landwirte, Wasserversorgungen, Gemeinden, Naturschutz) in die Auswirkungsanalyse hat sich gezeigt, dass die Auswirkungen für die verschiedenen Bewässerungsszenarien auf deutlich unterschiedliche Akzeptanz stossen dürften. So würden die Szenarien 1 und 2 auf eine grundsätzliche Zustimmung stossen, wobei u.a. seitens Landwirtschaft Bedenken für Szenario 1 (weiterer Ertragsrückgang) und seitens Wasserversorgungen für Szenario 2 (Kapazitätsengpässe in Trockenphasen) Bedenken vorliegen. Die Auswirkungen der Szenarien 3 und 4 werden überwiegend als negativ beurteilt.

## 4. Grundlagen für die Transformationsanalyse

---

### 4.1 Einleitung

Das Ziel der Transformationsanalyse war die Übertragung der aus dem Gebiet Klettgau gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der hydrogeologischen Machbarkeit einer landwirtschaftlichen Bewässerung aus Grundwasser sowie der daraus zu erwartenden Auswirkungen auf die übrigen Gebiete des Kantons mit Lockergesteins-Grundwasservorkommen. Dabei war zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Vorkommen von ihren natürlichen Gegebenheiten her generell sehr unterschiedliche Voraussetzungen für eine Nutzung aufweisen. Ein wesentlicher Faktor ist in diesem Zusammenhang das jeweilige Vorhandensein von Oberflächengewässern (v.a. Flüssen).

In bestimmten Gebieten des Kantons sind bereits heute landwirtschaftliche Bewässerungen möglich bzw. in grösserem Mass geplant (Bibertal bei Buch, Ramsen und Hemishofen). Es war zu prüfen, ob allenfalls eine Ergänzung durch eine Grundwassernutzung möglich wäre.

Die landwirtschaftliche Nutzung in den übrigen Gebieten ist nicht notwendigerweise im gleichen Mass von niederschlagsarmen Verhältnissen geprägt wie der Klettgau. Die Niederschlagsverteilung kann daher ein wesentlicher Faktor bei der Beurteilung sein, ob Bewässerungen notwendig sind oder nicht. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Bodenschicht bzw. der Bodenwasserhaushalt. Dementsprechend wurde abgeklärt, ob die anderen Gebiete mit dem Klettgau zu vergleichen sind, oder ob Bodentypen auftreten, welche dort nicht bekannt sind. Der in einem bestimmten Gebiet angebaute Kulturmix ist ausschlaggebend für den Bewässerungsbedarf und wurde daher in die Betrachtungen einbezogen.

Für die Betrachtung all dieser Faktoren gilt, dass die Beurteilungen qualitativ erfolgten („gutachterlich“, keine weiteren Modellierung) ausgeführt wurden.

## 4.2 Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen

Einen Überblick über die Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen gibt Abbildung 1. Wiedergegeben sind darin nur diejenigen Vorkommen, welche in Lockergesteinen zirkulieren (überwiegend eiszeitliche Schotter). Auch gewisse Festgesteine sind als Grundwasserleiter bekannt, so vor allem die Kalke von Malm und Oberem Muschelkalk. Deren Erschliessung ist jedoch grundsätzlich schwierig, und eine entsprechende Nutzung soll im vorliegenden Projekt nicht betrachtet werden. Die meisten Lockergesteins-Grundwasservorkommen sind an die heutigen Täler gebunden. Ausnahmen sind die Gebiete Dörflingen–Buchthalen, Engiwald–Breite und nördlich Buchberg, wo die Grundwasser führenden Schichten eine mächtige Lockergesteinsbedeckung aufweisen und heute unter Hügeln liegen.

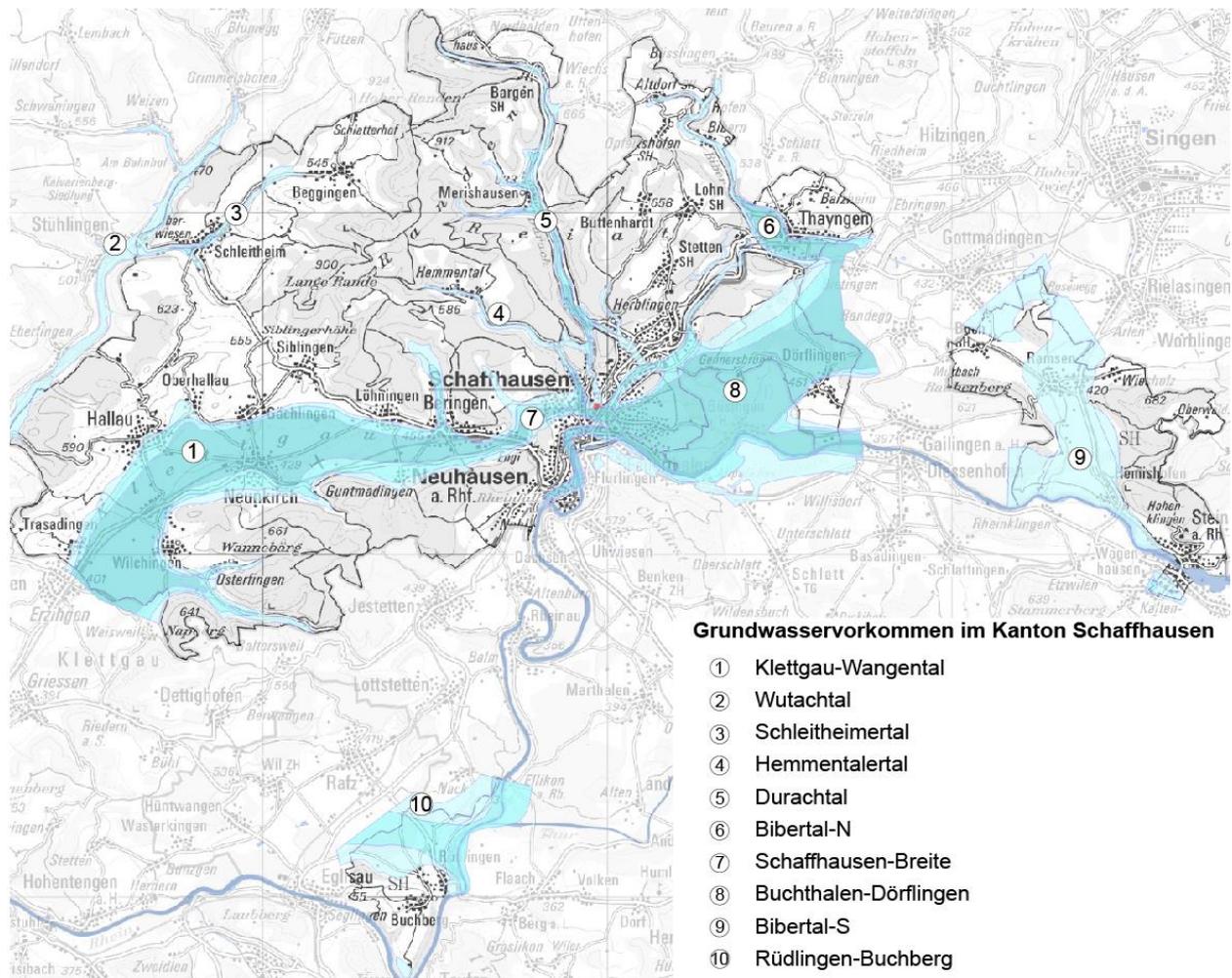


Abbildung 1: Die Grundwasservorkommen in Lockergesteinen im Kanton Schaffhausen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

Die nachfolgende Charakterisierung der einzelnen Vorkommen umfasst folgende Aspekte:

- Grundwassermächtigkeit
- Flurabstand
- Deckschichten
- Grundwasserneubildung
- Grundwasserspiegel-Schwankungen

## 4.3 Charakterisierung der Grundwasservorkommen

### 4.3.1 Klettgau-Wangental

Die Verhältnisse im Gebiet Klettgau-Wangental sind in [1] im Detail beschrieben und werden hier nur in den wesentlichen Punkten kurz zusammengefasst:

Die Grundwassermächtigkeit beträgt zwischen 35 bis 50 m, talabwärts abnehmend, bei einem in gleicher Richtung von 50 gegen 25 m abnehmenden Flurabstand (lokal maximal 80 m). Ausserhalb der tiefsten Talsohle wird der Grundwasserträger von gering durchlässigen Deckschichten von 10-30 m Mächtigkeit bedeckt. Die Grundwasserneubildung erfolgt praktisch ausschliesslich über Niederschläge mit einem Anteil an Zufluss aus den Randgebieten sowie (untergeordnet) aus dem Karstsystem des Oberen Malm. Eine relevante Infiltration aus Oberflächengewässern erfolgt lediglich im Oberklettgau (Beringen-Guntmadingen), da die aus den dortigen angrenzenden Hügeln entspringenden Bäche vollständig versickern. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels weisen eine Amplitude von rund 8 m auf. Es existieren insgesamt 6 Trinkwasserbrunnen (Löhningen, Gächlingen, Neunkich, Hallau, Wilchingen, Osterfingen).

### 4.3.2 Wutachtal, Schleitheimertal

Die Grundwasservorkommen, wie sie in der kantonalen Grundwasserkarte enthalten sind, sind Abbildung 2 zu entnehmen.

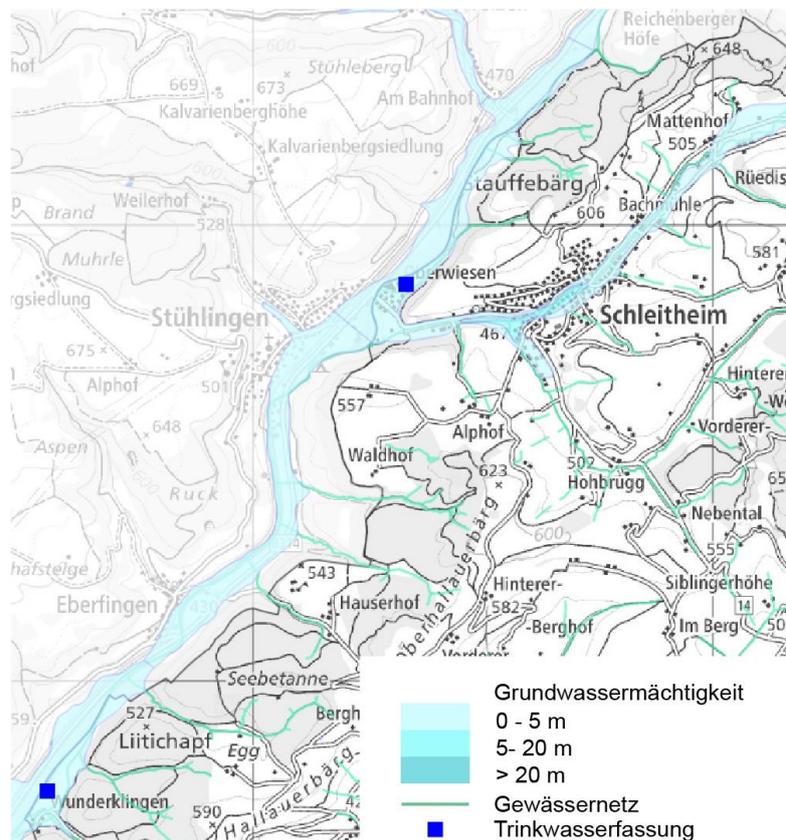


Abbildung 2: Die Grundwasservorkommen Wutachtal und Schleitheimertal (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

Die Verhältnisse im Wutachtal sind durch die Wutach selbst geprägt. Die Grundwassermächtigkeit liegt bei maximal 5 m bei einem Flurabstand von unter 5 m. Deckschichten kommen am Talrand in Form von wenige Meter mächtigem Hangschutt/-lehm vor. Die Grundwasserneubildung erfolgt überwiegend aus Infiltrat der Wutach und nur untergeordnet durch Niederschläge und Randzuflüsse. Die Grundwasserspiegel-Schwankungen werden durch die Wasserführung

Transformationsanalyse

der Wutach bestimmt und liegen bei ca. 2 m (vgl. Abbildung 3). Es bestehen 2 Trinkwassernutzungen (Oberwiesen und Wunderklingen, vgl. Abbildung 16).

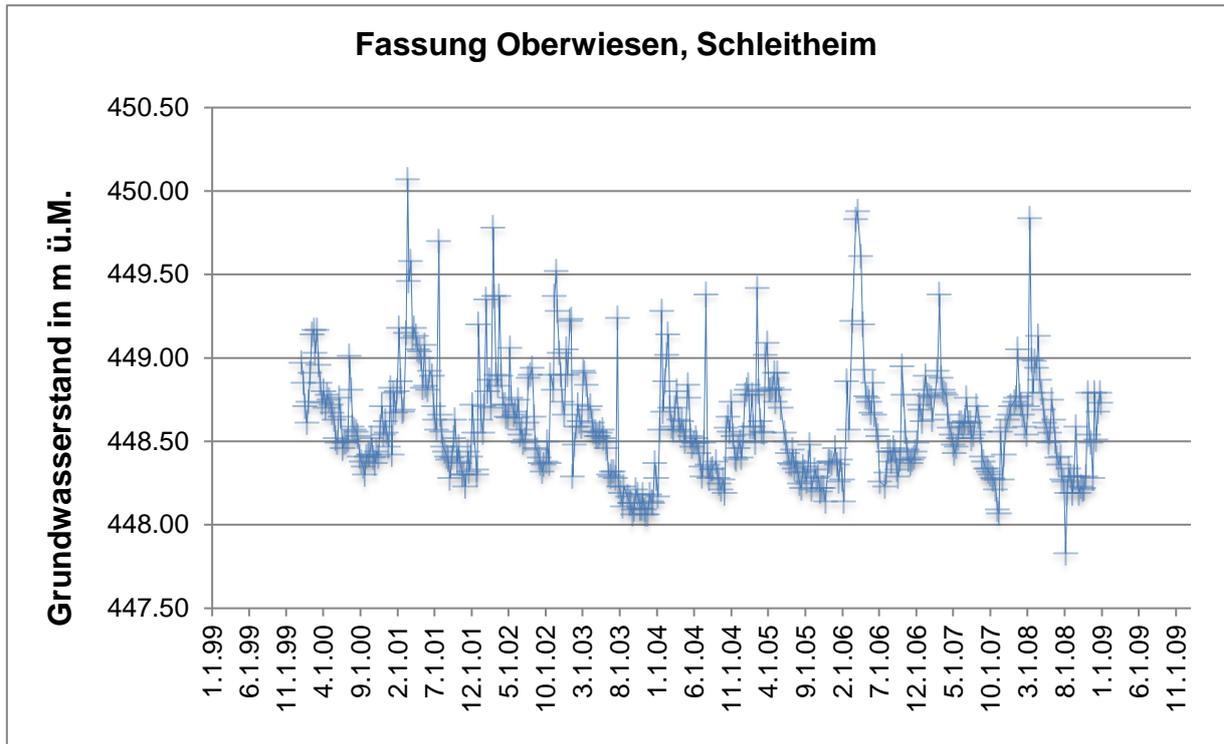


Abbildung 3: Ganglinien des Wutach-Grundwassers, Grundwasserfassung Oberwiesen, Schleitheim (1999-2009)

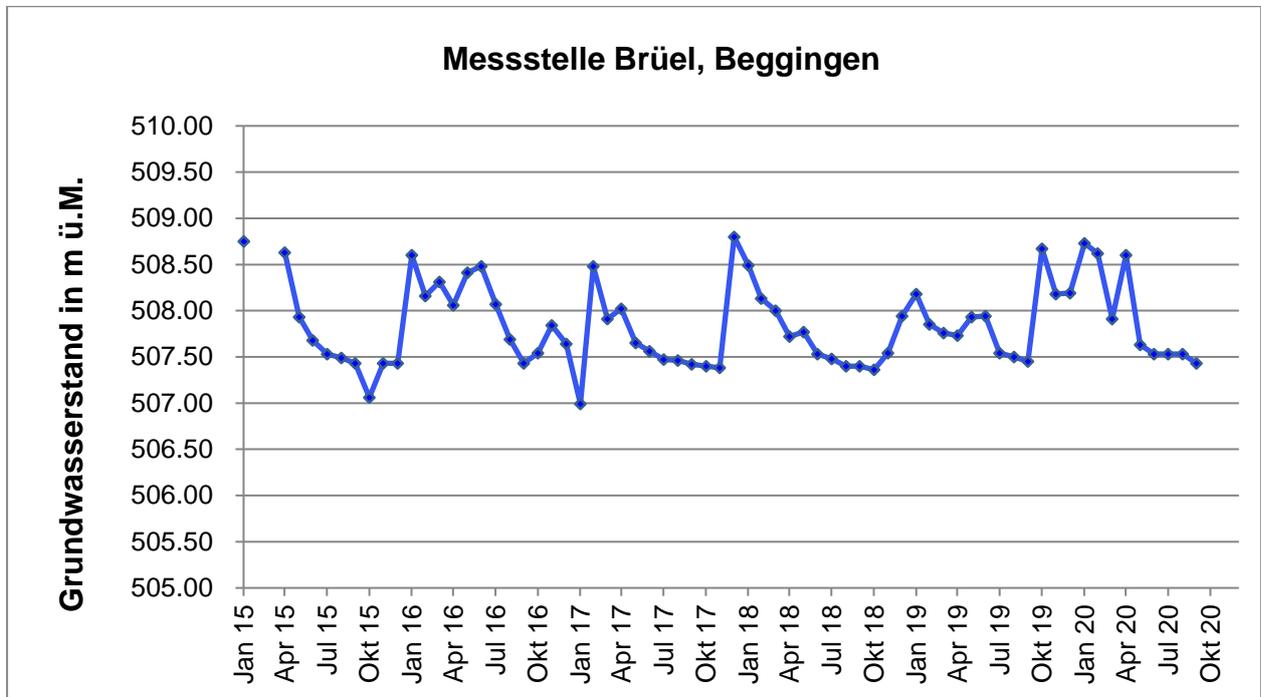


Abbildung 4: Ganglinien des Grundwassers in der ehemaligen Fassung Brüel in Beggingen (2015-2020)

Das Grundwasservorkommen im Schleitheimertal ist in der kantonalen Grundwasserkarte mit einer Mächtigkeit von meist <5 m angegeben. Die Mächtigkeit im Siedlungsbereich Schleitheim soll >5 m sei, wobei jedoch keine Messstellen vorliegen, die dies bestätigen würden. Es ist vielmehr von einem in wenigen Metern Tiefe auf dem Felsuntergrund zirkulierenden Schichtwas-

Transformationsanalyse

ser auszugehen, das lokal auch in die geklüfteten/verkarsteten Kalke und Dolomite des Oberen Muschelkalks hineinreicht. Zwischen Beggingen und Schleithem liegt ein kleinräumiges Vorkommen vor, welches früher in der unterhalb von Beggingen liegenden Fassung Brüel genutzt wurde. Die Grundwasserspiegelschwankungen liegen bei rund 2 m (vgl. Abbildung 4). Das Niederschlagswasser im Schleithemertal dürfte weitestgehend über den Schleithemberbach abgeführt werden. Allenfalls könnte im Talabschnitt zwischen Schleithem und Oberwiesen ein kleineres Grundwasservorkommen existieren.

**4.3.3 Hemmentalertal, Merishausertal**

Die Grundwasservorkommen, wie sie in der kantonalen Grundwasserkarte enthalten sind, sind Abbildung 5 zu entnehmen.



Abbildung 5: Die Grundwasservorkommen Hemmentalertal und Merishausertal (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

Beide Vorkommen zirkulieren in relativ engen Strängen aus lokalem Bachschutt. Während im Merishausertal die Grundwassermächtigkeit talabwärts generell zunimmt und im Süden zeitweise sogar über 20 m betragen kann, liegt sie im Hemmentalertal bei nur wenigen Metern und in geringer Tiefe. Hier ist es auch schwierig zwischen Grundwasserleiter und Deckschichten zu unterscheiden, da Bachschutt und lateraler Materialeintrag eng verflochten sind. Im Merishausertal ist zuoberst meist eine geringmächtige Lage aus Schwemmlern vorhanden. Die Grundwasserneubildung erfolgt in beiden Gebieten (zusätzlich zum direkten Niederschlag) einerseits durch Infiltration der Bäche (Hemmentalerbach, Durach) andererseits aber durch Zufluss aus dem Karstsystem des Oberen Malm, was in kurzfristig aber vor allem auch jahreszeitlich stark schwankenden Grundwasserspiegeln resultiert. So werden im Merishausertal Schwankungen von gegen 17 m festgestellt (vgl. Abbildung 6). Für das Hemmentalertal liegen keine Messreihen vor, es ist jedoch grundsätzlich von vergleichbaren Verhältnissen auszugehen (stark schwankender Grundwasserspiegel). Im Merishausertal existieren drei Trinkwassernut-

zungen (2 in Merishausen, Schaffhausen-Engestieg, vgl. Abbildung 17). Daten zum Abfluss der Durach sind in Abbildung 21 dargestellt.

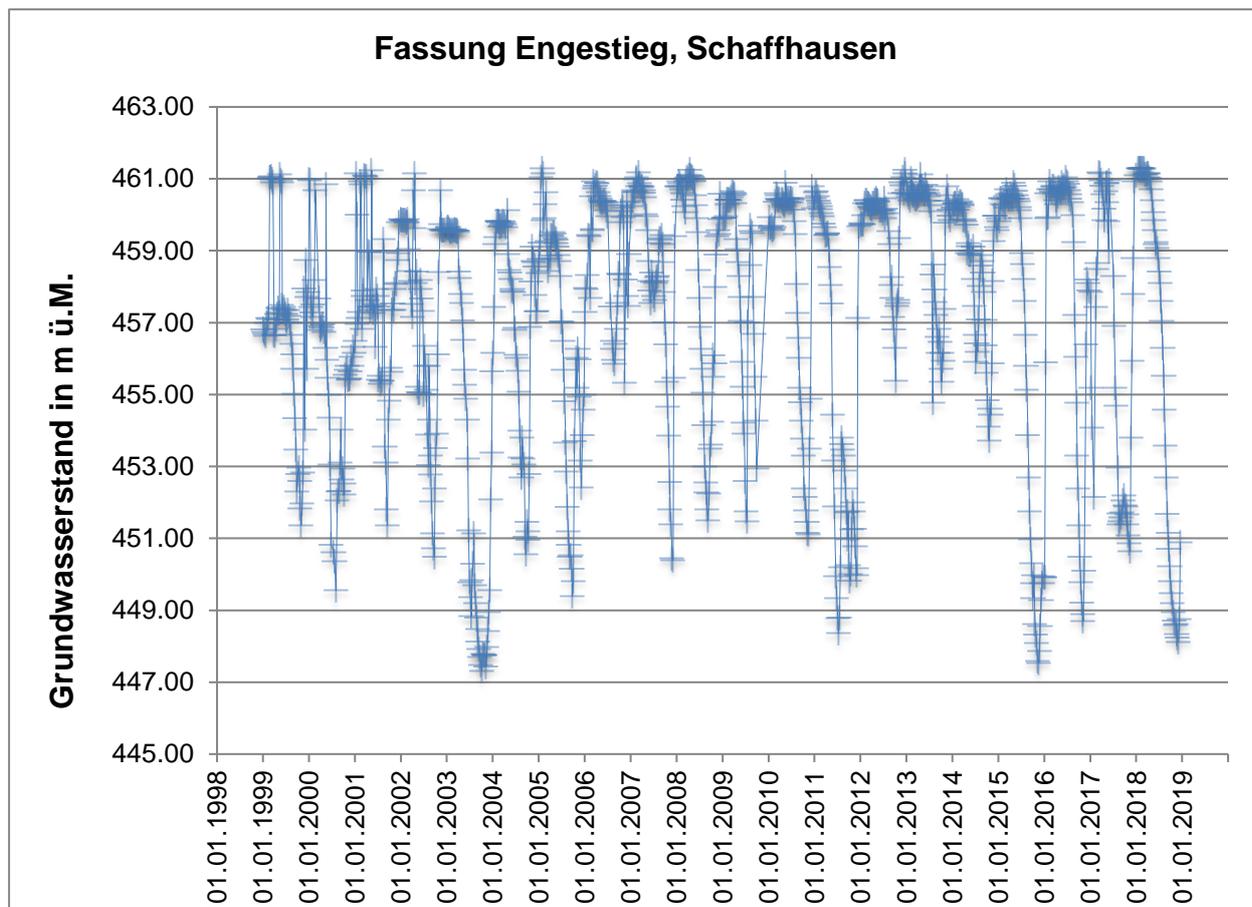


Abbildung 6: Ganglinien des Durach-Grundwassers in der Fassung Engestieg, Schaffhausen (1998-2019)

#### 4.3.4 Bibertal-Nord

Das Grundwasservorkommen, wie es in der kantonalen Grundwasserkarte enthalten ist, ist Abbildung 7 zu entnehmen.

Im Bereich Bibertal-Nord sind zwei Grundwasservorkommen zu berücksichtigen. Einerseits dasjenige in den relativ geringmächtigen Talschottern zwischen Hofen und Thayngen und andererseits das tiefliegende, überdeckte Vorkommen, welches unter dem Hügel zwischen Schlatt am Randen und Barzheim nach Süden, also nach Thayngen fließt (auf Abbildung 7 nicht dargestellt). Die beiden Vorkommen werden im Bereich von Thayngen durch mächtige Moränen und Seeablagerungen hydraulisch voneinander getrennt. Südöstlich von Thayngen könnten sie hingegen in hydraulischem Kontakt stehen.

Oberhalb von Thayngen zirkuliert das Grundwasservorkommen in spät- bis nacheiszeitlichen Schottern von geringer Mächtigkeit (< 5 m) bei einem Flurabstand von ebenfalls rund 5 m. Eine gerungmächtige Deckschicht aus Bach- und Schwemmschutt/-lehm ist vorhanden. Die Grundwasserneubildung erfolgt wahrscheinlich überwiegend aus Infiltrat der Biber, wobei Niederschläge und Randzuflüsse aus dem relativ grossen Einzugsgebiet jedoch ebenfalls einen merklichen Beitrag leisten dürften. Die Spiegelschwankungen betragen 2-3 m (vgl. Abbildung 8). Heute bestehen keine Trinkwassernutzungen mehr; die früheren wurden vor wenigen Jahren im Rahmen des Anschlusses an die Thaynger Fassungen aufgegeben. Dieses Vorkommen wird heute noch in der im Zentrum von Thayngen liegenden Brauchwasserfassung der Firma Unilever genutzt (vgl. Abbildungen 9 und 18).

Transformationsanalyse

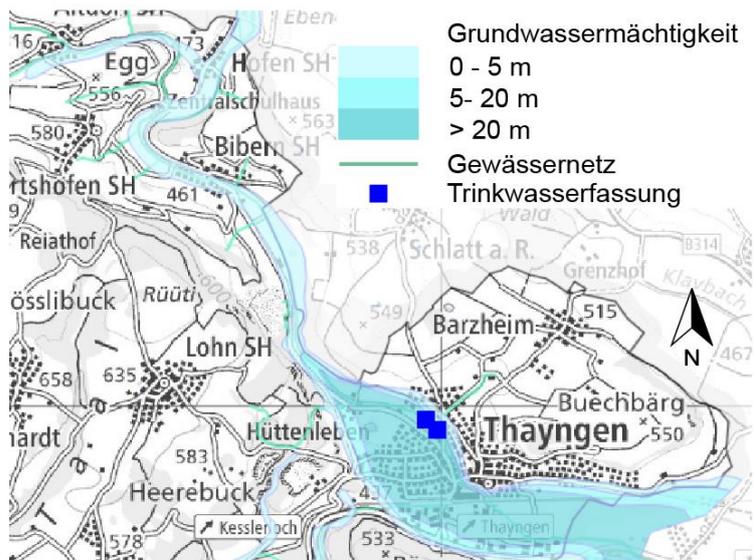


Abbildung 7: Die Grundwasservorkommen im Bibertal-Nord zwischen Hofen und Thayngen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

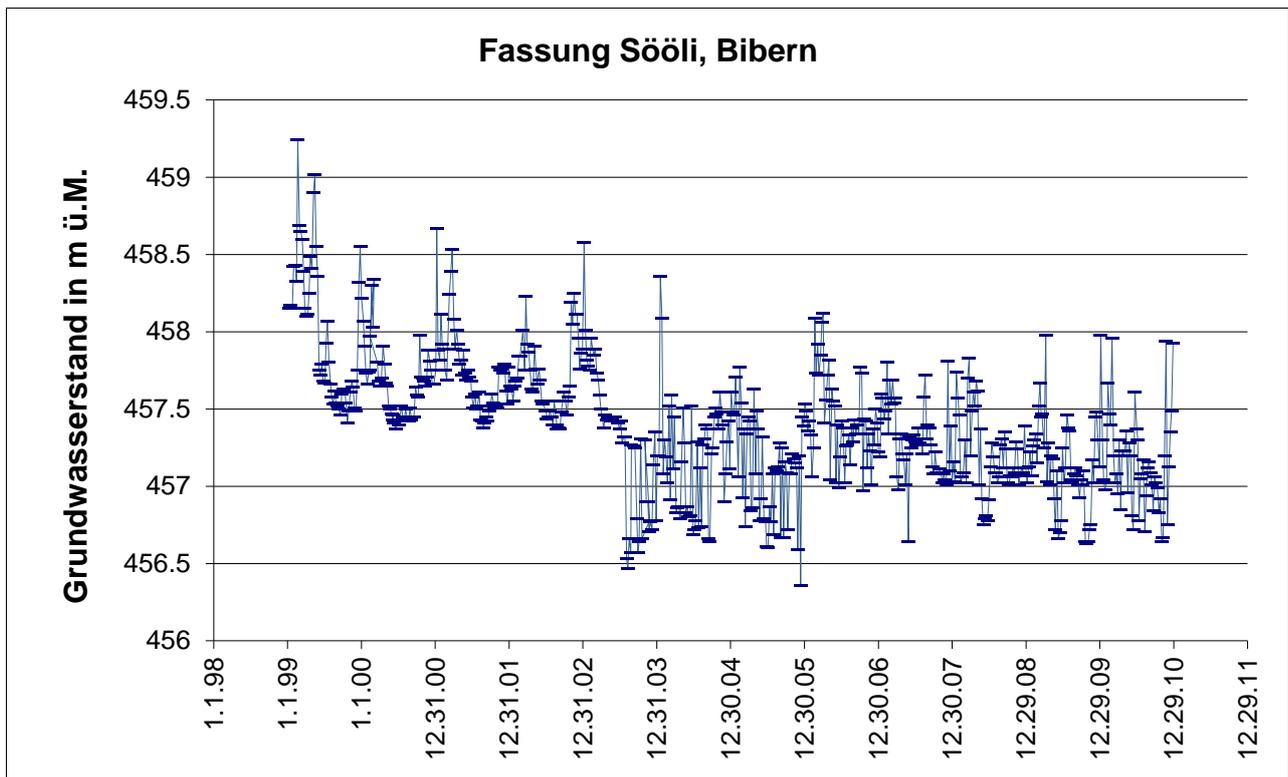


Abbildung 8: Ganglinien des Bibertal-Grundwassers in der Fassung Sööli, Bibern

Das tiefere Grundwasserstockwerk zirkuliert in einem eiszeitlichen Schotter, welcher in einer heute vollständig durch Lockergesteine überdeckten alten Rinne liegt, über deren genauen Verlauf nur wenige Angaben vorliegen. Es ist wohl von einem Verlauf über Schlatt am Randen und Barzheim auszugehen. Der genutzte Schotter weist eine mächtige Bedeckung aus Moränen und eiszeitlichen Seeablagerungen auf. Diese gering durchlässigen Deckschichten bewirken, dass das Grundwasser im Bereich von Thayngen einen gespannten Druckspiegel aufweist, dessen Niveau im Bereich der Terrainoberfläche liegt. Da die einzigen Beobachtungsstellen gleichzeitig auch die für die Trinkwasserversorgung genutzten Brunnen (Büten, Merzenbrun-



Transformationsanalyse

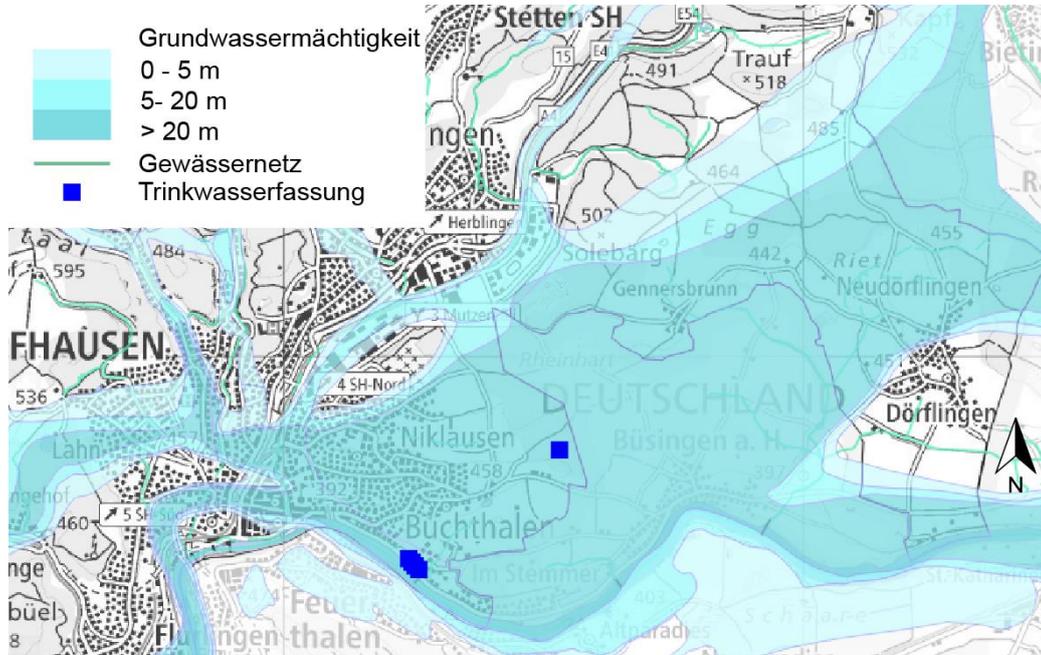


Abbildung 10: Die Grundwasservorkommen Buchthalen–Dörflingen und Schaffhausen-Breite (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

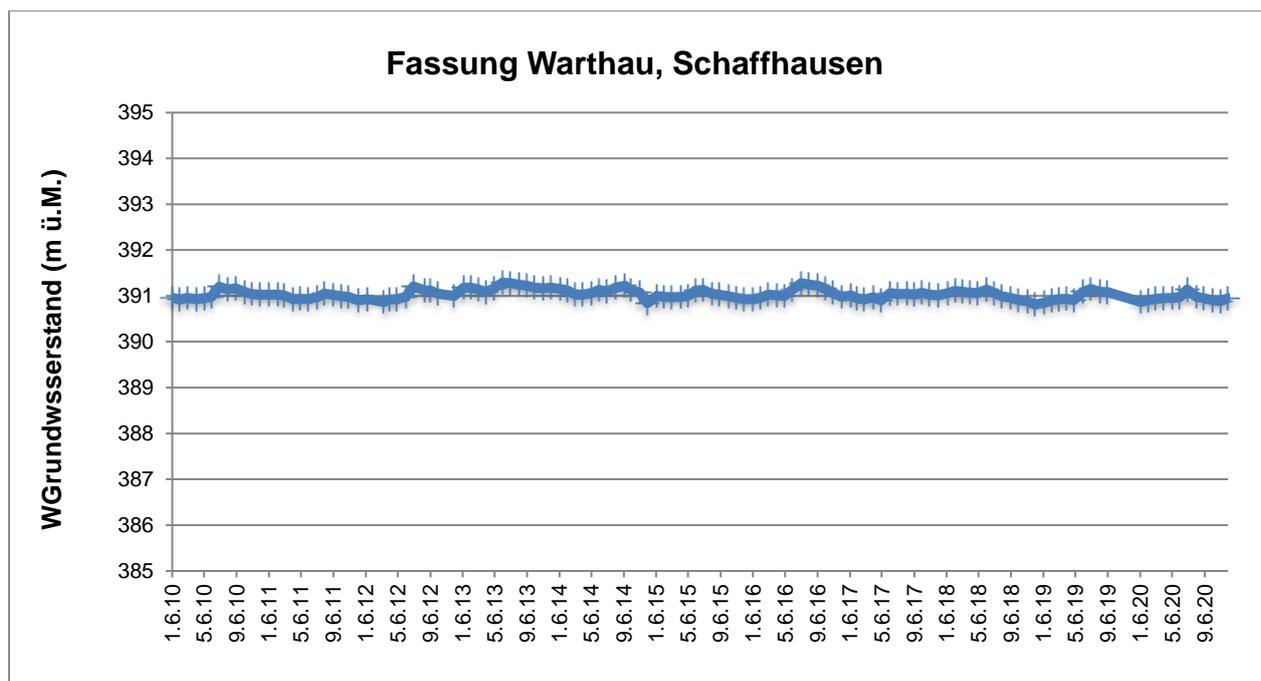


Abbildung 11: Ganglinie des Grundwasserstandes in der Fassung Warthau, Schaffhausen (2010)-2020)

Im Gebiet zwischen Dörflingen und Buchthalen, werden die Schotter von einer mächtigen Abfolge aus Moränen und Seeablagerungen überdeckt, die im Stadtgebiet weitgehend erodiert ist. Der Flurabstand des Grundwasservorkommens hängt direkt mit der heutigen Geländeoberfläche zusammen. So beträgt er im Osten zum Teil über 50 m, im Stadtgebiet oft unter 10 m und im Breitegebiet wieder gegen 50 m. Die Grundwasserneubildung erfolgt wahrscheinlich überwiegend aus Rheinfiltrat, wobei auch Niederschlag und ein gewisser Zufluss aus dem Bereich Bibertal eine Rolle spielen dürfte. Im Breitegebiet wird vor allem Niederschlag und Zufluss aus dem Hemmentalertal wesentlich sein. In diesem Gebiet verläuft eine unterirdische Wasserscheide. So erfolgt der Abfluss hauptsächlich gegen Osten und erst etwa ab dem Engiwald in Richtung Westen. Der Grundwasserspiegel schwankt im Einflussbereich des Rheinfiltrats nur sehr wenig, da der Rheinspiegel mit dem Kraftwerk künstlich geregelt wird (Abflussdaten vgl.

Transformationsanalyse

Abbildung 25). Hier wird das Grundwasser mit der Fassung Rheinhalde für die Trinkwasserversorgung genutzt). Auch im Gebiet zwischen Dörflingen und Buchthalen sind die Schwankungen ausgesprochen gering und bezeugen damit eine schwache Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen. Hier befindet sich die zweite Trinkwasserfassung der Stadt Schaffhausen (Warthau, Abbildung 11).

**4.3.6 Bibertal-Süd, Stein am Rhein**

Die Grundwasservorkommen, wie sie in der kantonalen Grundwasserkarte enthalten sind, sind Abbildung 12 zu entnehmen.

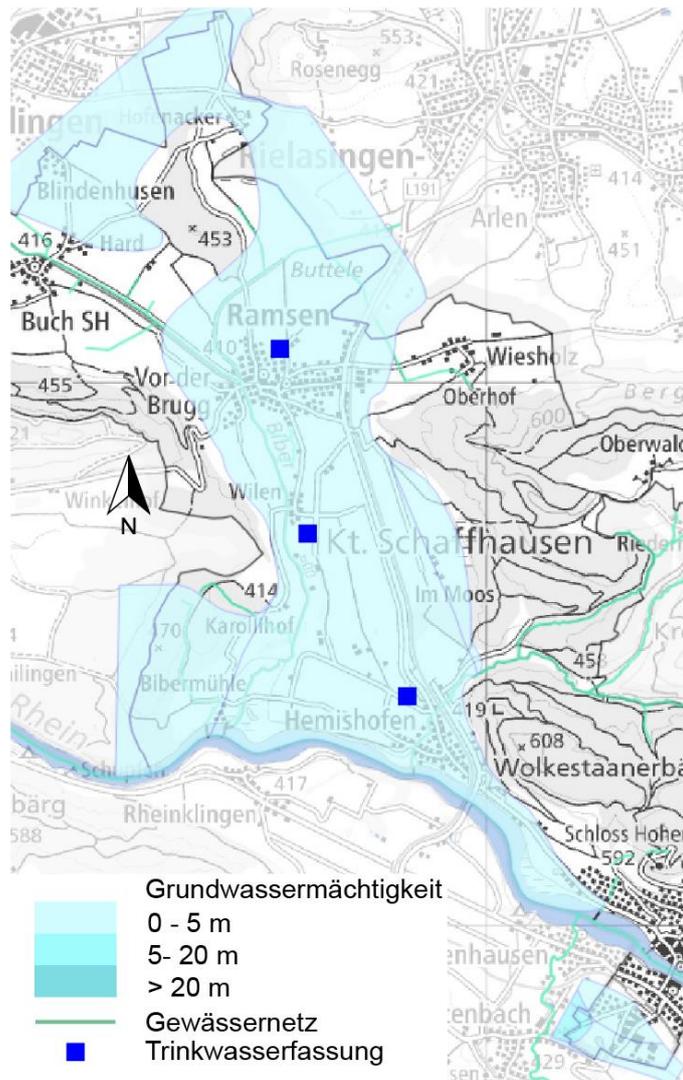


Abbildung 12: Das Grundwasservorkommen im Bibertal-Süd zwischen Buch und Hemishofen (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

Das Grundwasser im südlichen Bibertal zirkuliert in eiszeitlichen Schottern, die gegen Ende der letzten Eiszeit entstanden. Sie wurden vermutlich von Norden her geschüttet, denn ihre Unterkante senkt sich von Norden gegen Süden. Ihre Mächtigkeit liegt um 10-15 m. Darunter liegen mächtige eiszeitliche Seeablagerungen (Stauer). Das in den Schottern zirkulierende Grundwasser fließt ebenfalls von Norden nach Süden und weist eine Mächtigkeit von meist unter 5 m auf. Nur in der Rinnenachse kann sie lokal gegen 10 m ansteigen. Deckschichten liegen vor allem entlang der Biber vor. Sie sind lehmig und wenige Meter mächtig. Die Grundwasserneubildung erfolgt vorwiegend aus lokalem Niederschlag und allenfalls aus seitlichem Zufluss. Hierbei ist aber der Einfluss von Drainagen und den Charakteristiken der Randgebiete kaum bekannt. Infiltration aus der Biber dürfte wegen der erwähnten Deckschichten nur untergeordnet eine Rolle spielen. Der Grundwasserspiegel schwankt im Jahresverlauf um 2-3 m (Abbildung

## Transformationsanalyse

13). Es werden zwei Trinkwasserfassungen betrieben (Ramsen: PW Wilen, Hemishofen: PW Seewadel). Die Jahresfördermengen der 2 Pumpwerke sind in Abbildung 20 dargestellt.

In den Randbereichen des tals sind sowohl auf der östlichen Seite (Gebiet Sankert) wie auch auf der westlichen Seite (Gebiet Staffelwald) weitere lokale und zum Teil tieferliegende Lockergesteinsgrundwasservorkommen bekannt. Diese sind jedoch wenig untersucht, weshalb über ihre Interaktion mit dem Grundwasser der Talsohle kaum Informationen vorliegen. Die Vorkommen sind von geringdurchlässigen Deckschichten überlagert und das Grundwasser deshalb subartesisch gespannt. Über Grundwasserneubildung und Druckspiegelschwankungen liegen keine Informationen vor.

Südlich des Rheins bei Stein am Rhein erstreckt sich ein geringmächtiges Grundwasservorkommen (<5 m) in späteiszeitlichen Schottern, die auf Seeablagerungen aufliegen. Über die längerfristigen Spiegelschwankungen liegen keine Angaben vor. Es existiert eine kleine Fassung beim Sportplatz, deren Wasser für die Bewässerung des Rasens genutzt wird und damit die Kapazität des Vorkommens praktisch ausschöpft.

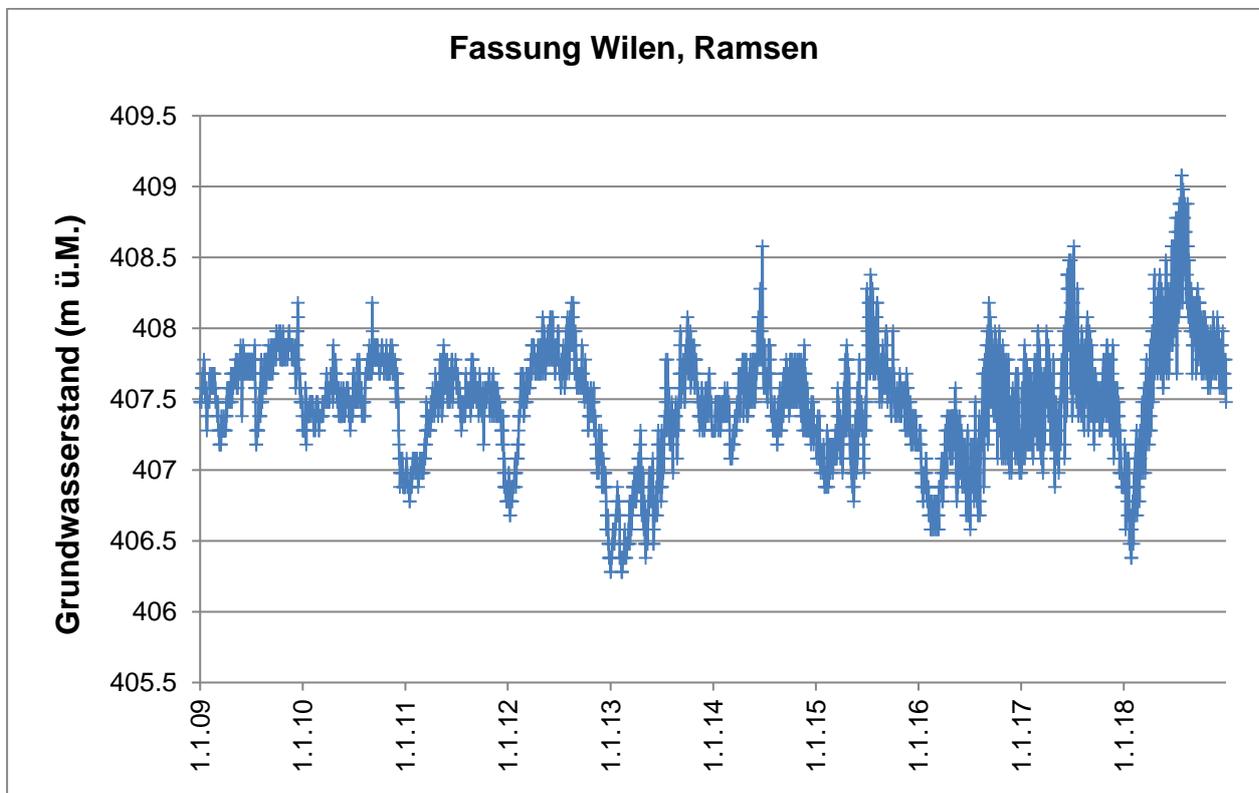


Abbildung 13: Ganglinien des Bibertal-Grundwassers in der Fassung Wilen, Ramsen

#### 4.3.7 Rüdlingen-Buchberg

Die Grundwasservorkommen, wie sie in der kantonalen Grundwasserkarte enthalten sind, sind Abbildung 14 zu entnehmen.

Das Grundwasser zirkuliert in eiszeitlichen Schottern. Deren unteren Anteile dürften noch der vorletzten Eiszeit angehören, die oberen aber sind während der letzten Eiszeit entstanden. Sie füllen das nördlich von Rüdlingen nach Westen verlaufende ehemalige Rheintal. Die Unterkante liegt auf rund 320 m ü.M., und die grösste Mächtigkeit der Schotterabfolge dürfte gegen 70 m betragen. Allerdings ist sie entlang vom Rhein durch die Erosion während der ausgehenden letzten Eiszeit reduziert. Rheinparallel verlaufende Terrassen auf verschiedenen Höhen dokumentieren diesen Vorgang.

Transformationsanalyse

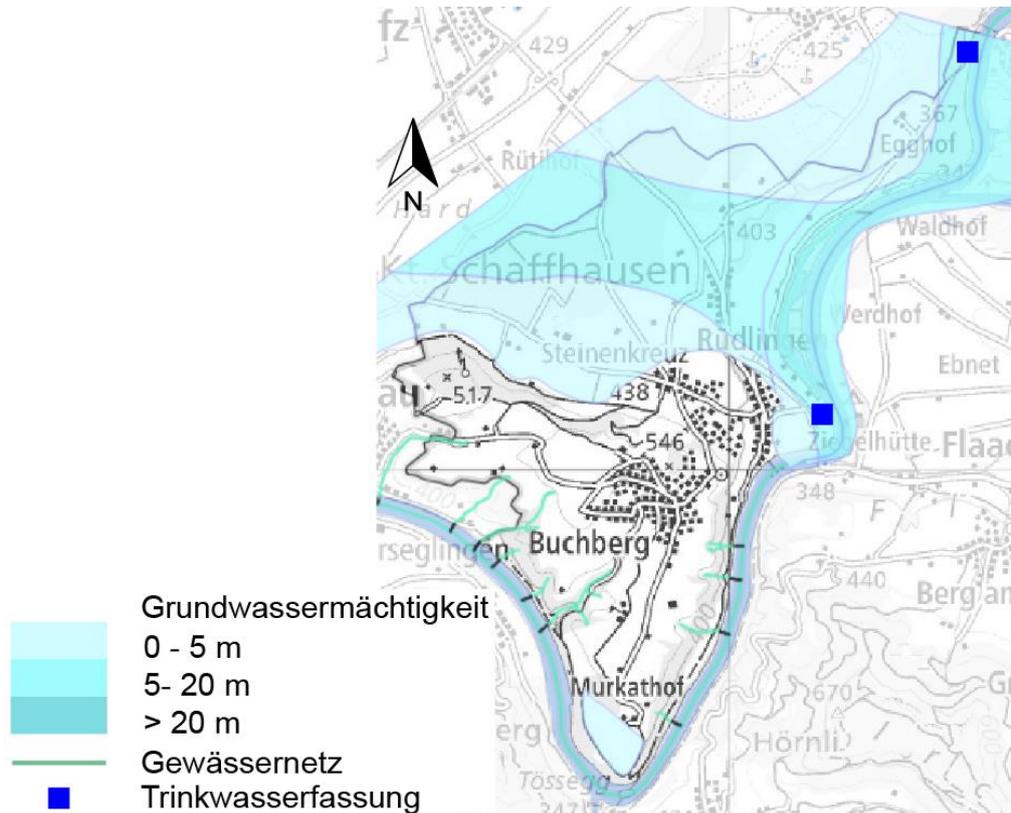


Abbildung 14: Die Grundwasservorkommen nördlich von Rüdlingen und Buchberg (Quelle: GIS-Browser Kanton Schaffhausen)

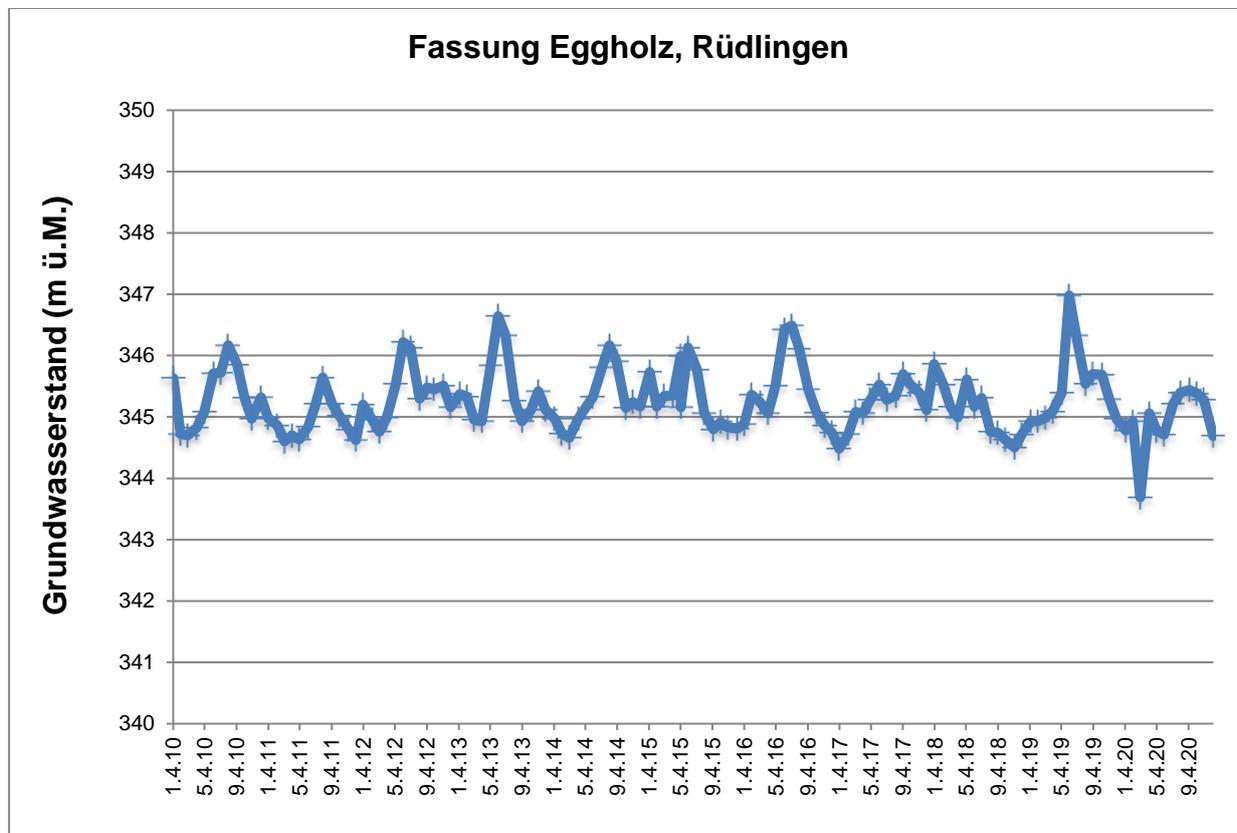


Abbildung 15: Wasserstand in der Fassung Eggholz, Rüdlingen (2010-2020)

Der Erosion sind auch die einst vorhandenen Deckschichten aus Moränen der letzten Eiszeit zum Opfer gefallen. Sie sind noch westlich von Steinenkreuz erhalten geblieben. Die Mächtigkeit

Transformationsanalyse

keit des Grundwassers kann in Rinnenmitte 20 m übersteigen. Im Bereich des Endmoränenwalls westlich von Rüdlingen verläuft eine Grundwasserscheide. Das Grundwasser westlich davon fliesst in Richtung Rafzerfeld, während es sich im Osten hin zum Rhein bewegt. Die Grundwasserneubildung dürfte in erster Linie aus lokalem Niederschlag und seitlichem unterirdischem Zufluss erfolgen. In Rheinnähe allerdings ist die Flussinfiltration aus dem Rhein dominierend. Die Spiegelschwankung sind dementsprechend in Rheinnähe gering (vgl. Abbildung 15) und folgen den Schwankungen des Rheins. Der Rheinpegel wird im Wesentlichen durch die Staustufe des Kraftwerks Eglisau bestimmt, wobei aber die periodisch hohe Wasserführung der Thur zu einem zeitweisen Ansteigen führt. Die frühere Trinkwasserfassung Rüdlingen ist heute stillgelegt, und die Anlage im Eggholz dient nicht der direkten Trinkwassergewinnung sondern der Grundwasseranreicherung im Rafzerfeld (vgl. Abbildung 21).

**4.4 Trinkwasserförderung**

Die Wassermengen, welche den verschiedenen Grundwasservorkommen für die Trinkwasserversorgung entnommen werden, sind in den folgenden Kapiteln in Form von Säulendiagrammen mit den jährlichen Fördermengen veranschaulicht – soweit entsprechende Daten verfügbar sind.

**4.4.1 Wutachtal, Schleithemertal**

Die gesamten Trinkwasserentnahmen der 2 Schweizerischen Fassungen sind in Abbildung 16 dargestellt. Sie betragen in den letzten 10 Jahren zwischen 350'000 bis 500'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

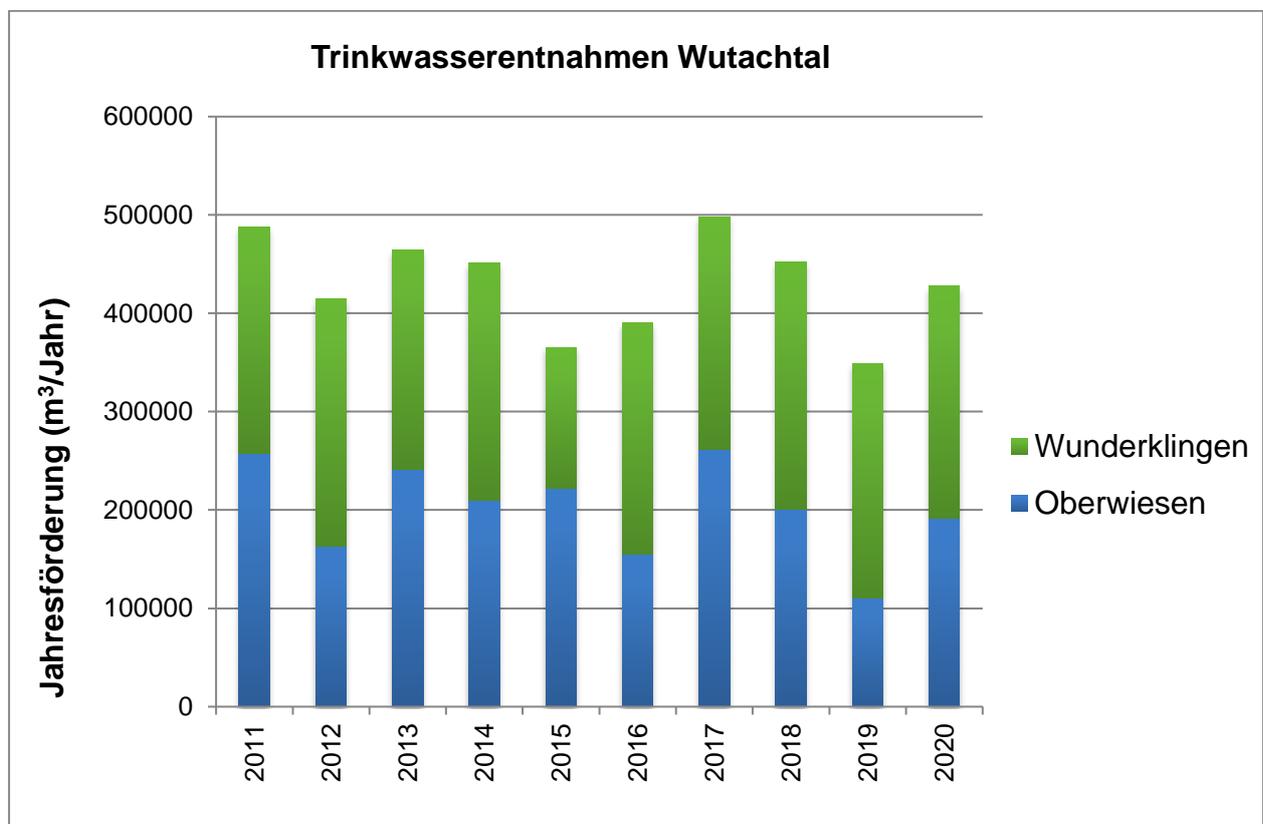


Abbildung 16: Fördermengen in den Grundwasserfassung Oberwiesen und Wunderklingen (2011–2020)

#### 4.4.2 Merishausertal

Die gesamten Trinkwasserentnahmen der insgesamt 3 Fassungen sind in Abbildung 17 dargestellt. Sie betragen in den letzten 10 Jahren zwischen knapp 200'000 bis über 500'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

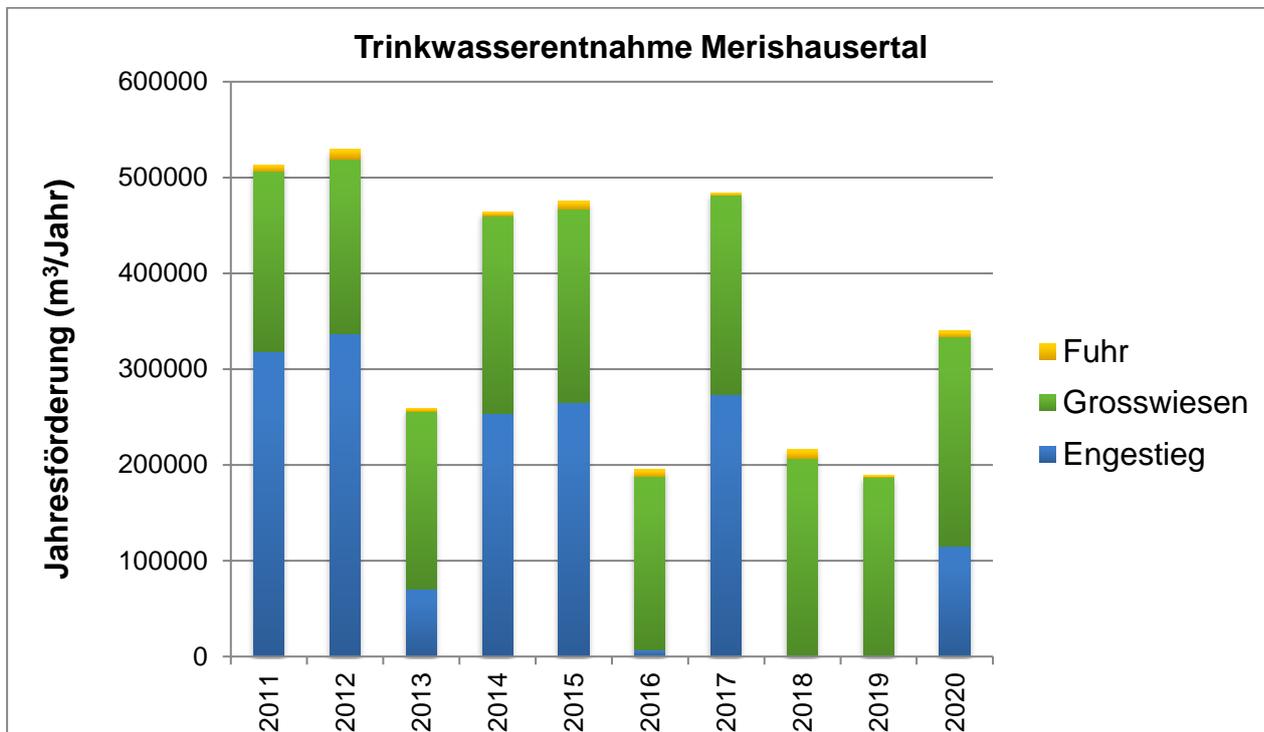


Abbildung 17: Fördermengen in den 3 Grundwasserfassungen des Merishausertales (2011–2020)

#### 4.4.3 Bibertal-Nord

Die einzige Fassung im oberen Grundwasserleiter ist die Baruchwasserfassung der Firma Unilever. Die Grundwasserentnahmen der letzten 20 Jahre sind in Abbildung 18 dargestellt. Sie betragen zwischen knapp 150'000 bis gegen 450'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

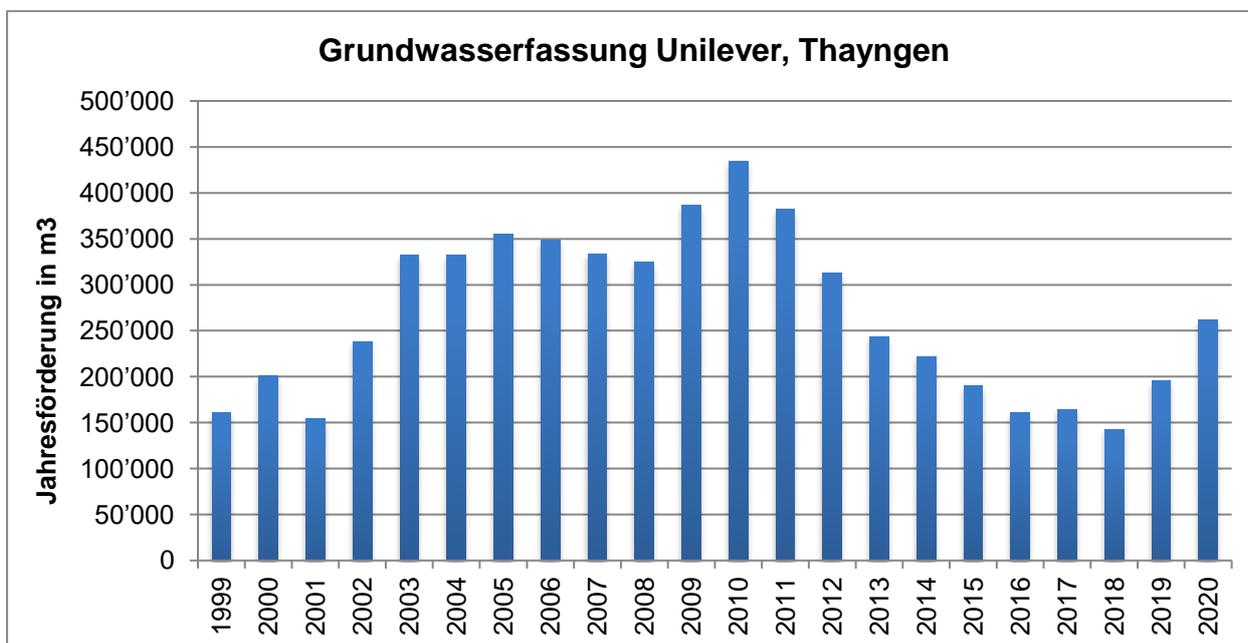


Abbildung 18: Fördermengen in der Fassung Unilever, Thayngen

#### 4.4.4 Schaffhausen-Breite, Buchthalen-Dörflingen

Die beiden Fassungen Rheinhalde und Warthau liefern das Trinkwasser für die Stadt Schaffhausen, mit entsprechend relativ hohen Entnahmemengen (vgl. Abbildung 19). Sie betragen in den letzten 10 Jahren zwischen rund 3'300'000 und knapp 4'500'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

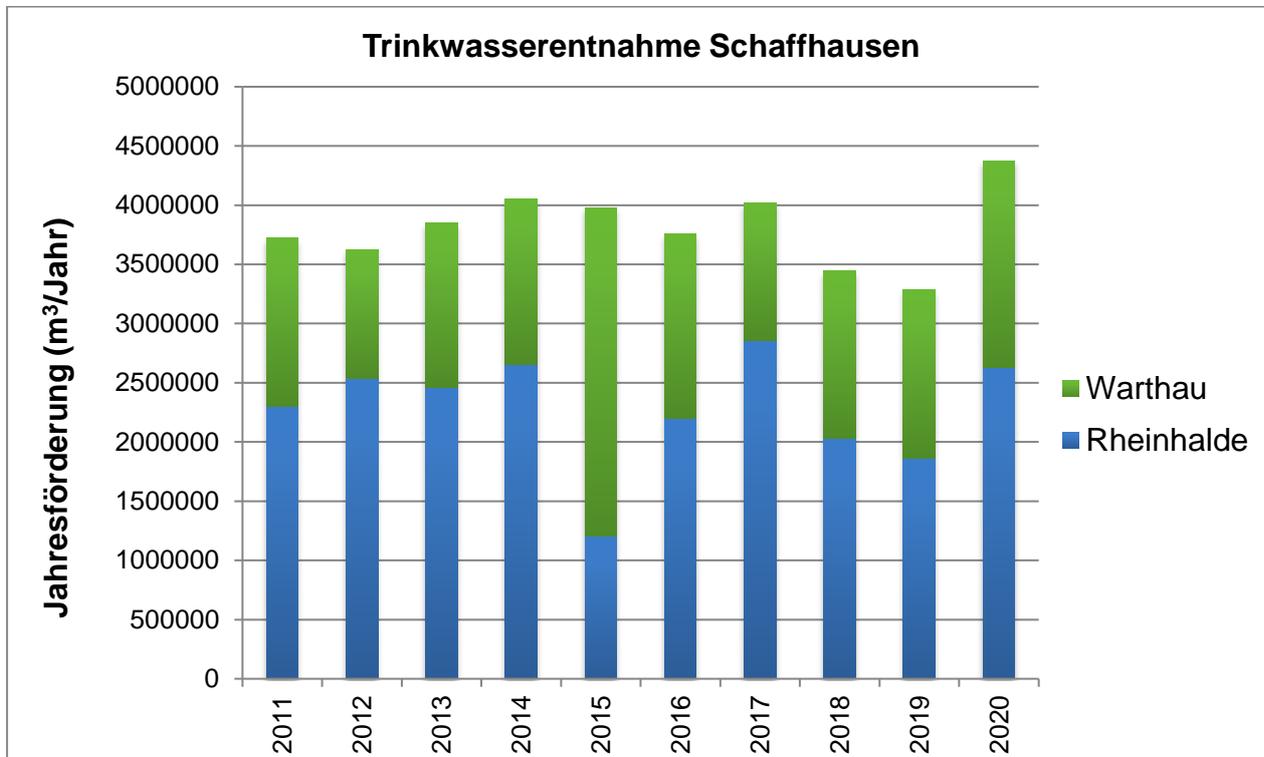


Abbildung 19: Fördermengen in den Grundwasserfassungen Rheinhalde und Warthau, Schaffhausen (2011-2020)

#### 4.4.5 Bibertal-Süd

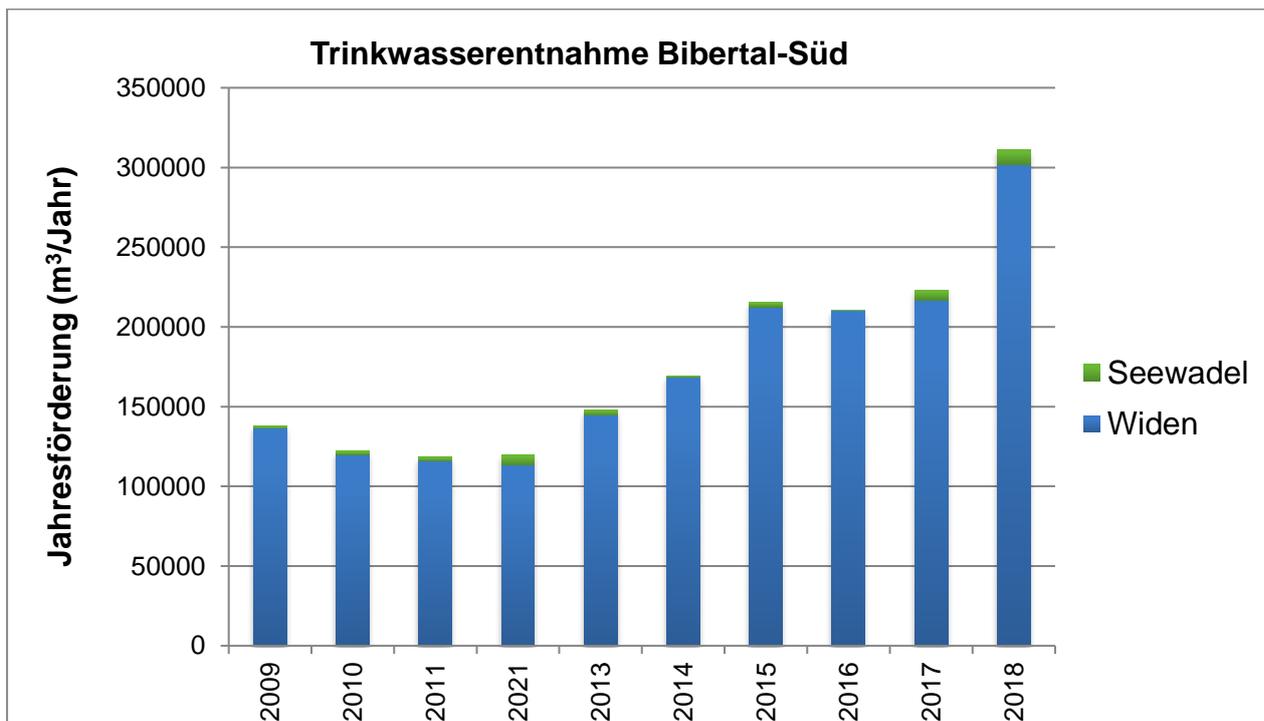


Abbildung 20: Fördermengen in den Grundwasserfassungen Widen, Ramsen und Seewadel, Hemishofen (2009-2018)

Transformationsanalyse

Die gesamten Trinkwasserentnahmen der 2 Fassungen sind in Abbildung 20 dargestellt. Sie betragen in den letzten 10 Jahren zwischen gut 110'000 bis über 300'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

**4.4.6 Rüdlingen-Buchberg**

Die Entnahmemenge in der Fassung Eggholz, welche der Grundwasseranreicherung im Rafzerfeld (Kanton ZH) dienen, sind in Abbildung 21 dargestellt, Sie betragen in den letzten 10 Jahren meist um 1'000'000 m<sup>3</sup>, lagen aber im 2020 bei mehr als doppelt so viel.

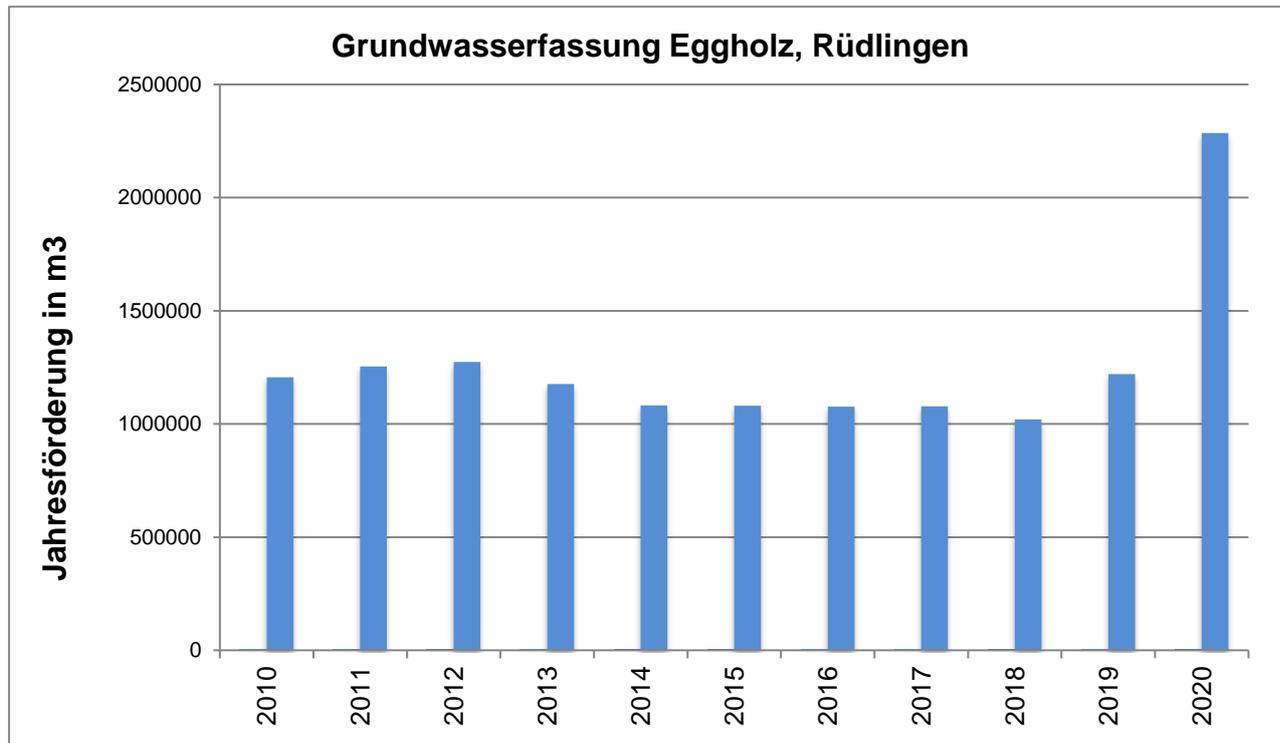


Abbildung 21: Fördermengen in der Grundwasserfassung Eggholz, Rüdlingen (2010-2020)

**4.5 Oberflächengewässer**

**4.5.1 Abflussmessungen**

Im Kanton Schaffhausen werden an verschiedenen Stellen die Abflüsse der Gewässer gemessen (vgl. Tabelle 1).

Messstelle	Qmin	Qmax	Qmittel	Q347	Mindest-Restwassermenge
Biber Buch	0.29	21.7	1.32	0.35	0.21
Biber Thayngen	0.04	15.3	0.63	0.1	0.08
Durach SH	0.02	3.95	0.79	0.04	0.04
Durach Merishausen	0	2.54	0.17	0	0
Halbach Hallau	0	17.3	0.14	0.02	0.02
Schleitheimerbach	0	16.3	0.34	0.04	0.04
Rhein Neuhausen	115	1173	367	185	10
Wutach Oberlauchringen	0.26	271	9.36	2.6	0.92

Tabelle 1: Charakteristische Abflüsse in [m<sup>3</sup>/s] an den ausgewählten Messstellen (Mindestrestwassermenge ermittelt gemäss GwSchG [7])

Transformationsanalyse

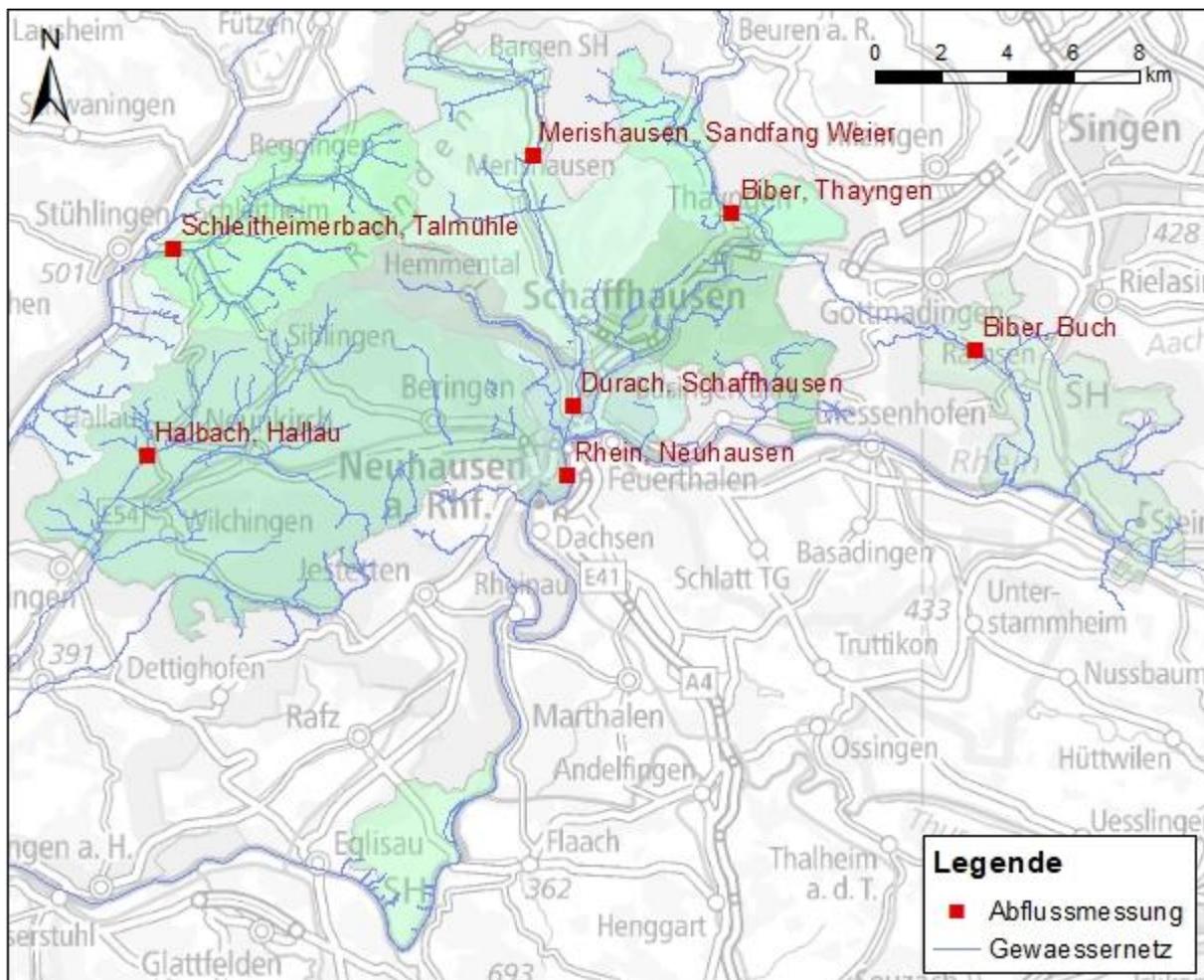


Abbildung 22: Gewässernetz und ausgewertete Abflussmessstellen

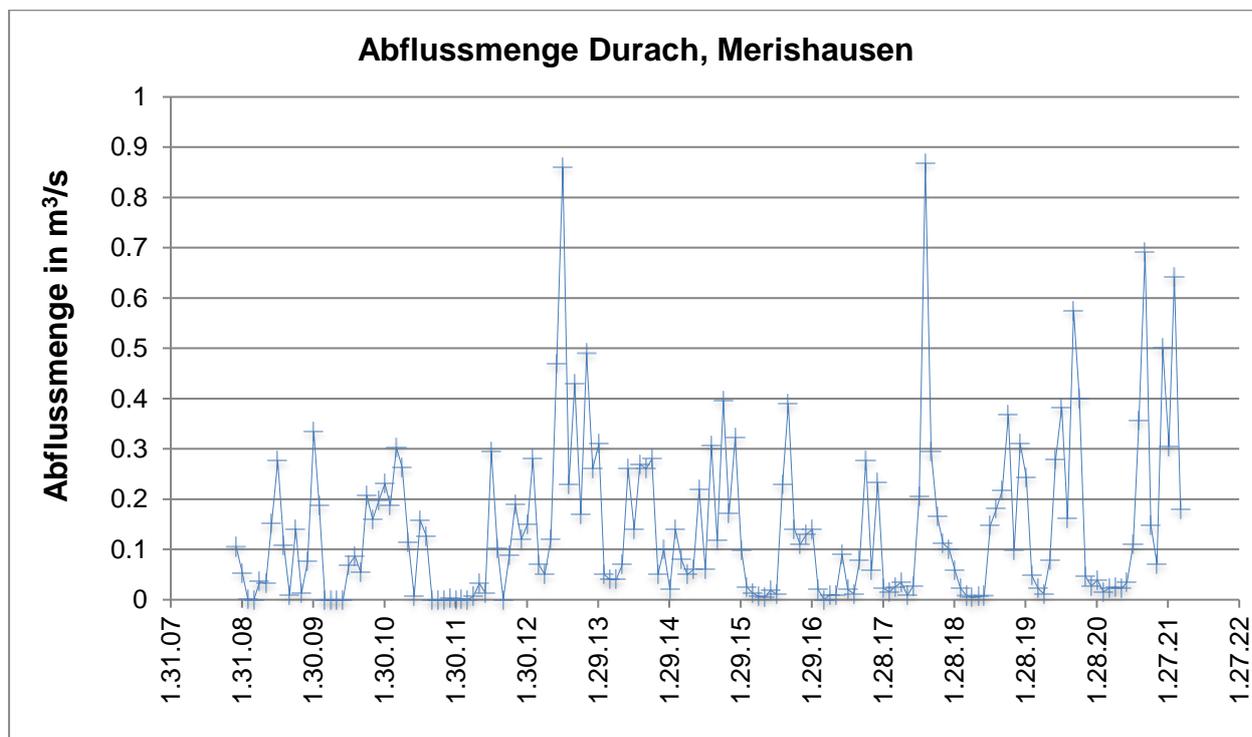


Abbildung 23: Abfluss (Tagesmittelwerte) der Durach bei Merishausen (2007-2021)

Transformationsanalyse

Von den Abflüssen hängt es ab, ob ein Oberflächengewässer für Bewässerungszwecke genutzt werden kann. Insbesondere darf die Bewässerung die vorgeschriebene Restwassermenge eines Gewässers nicht schmälern. Soweit vorhanden, wurden deshalb für jedes Einzugsgebiet eine Abflussmesstelle ausgewählt und ausgewertet. Abbildung 22 zeigt die ausgewählten Messtellen, Tabelle 1 die charakteristischen Abflüsse.

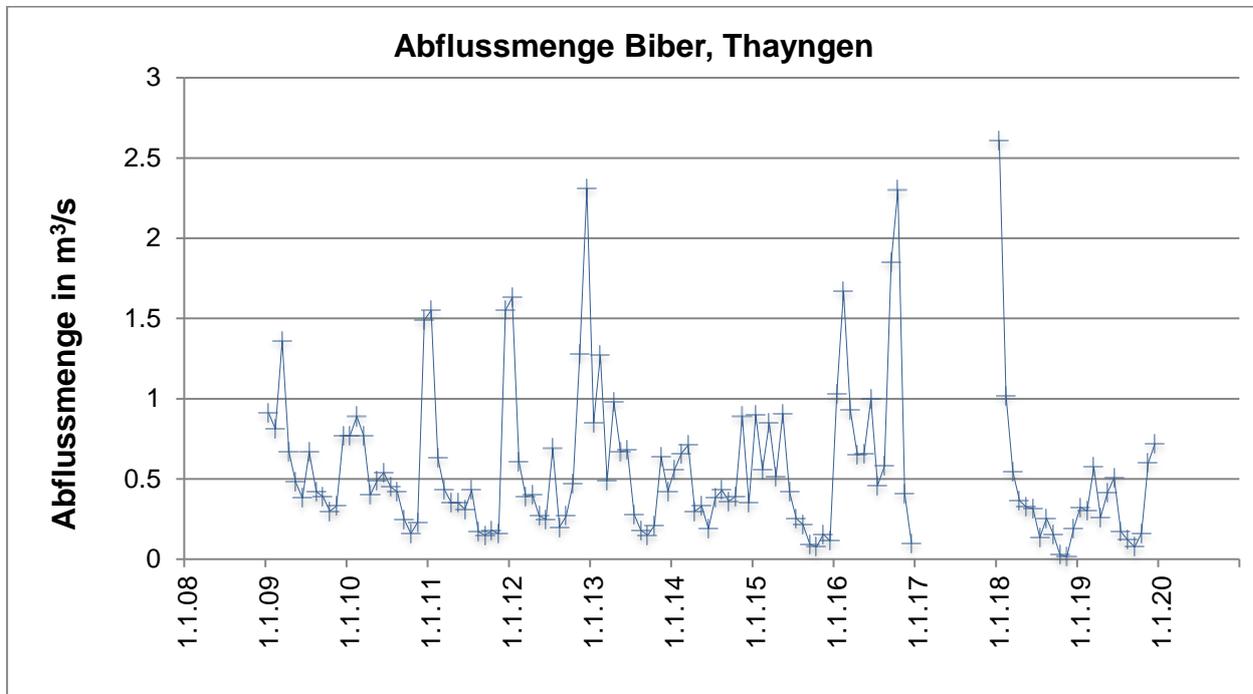


Abbildung 24: Abfluss (Tagesmittelwerte) der Biber bei Thayngen (2008-2020)

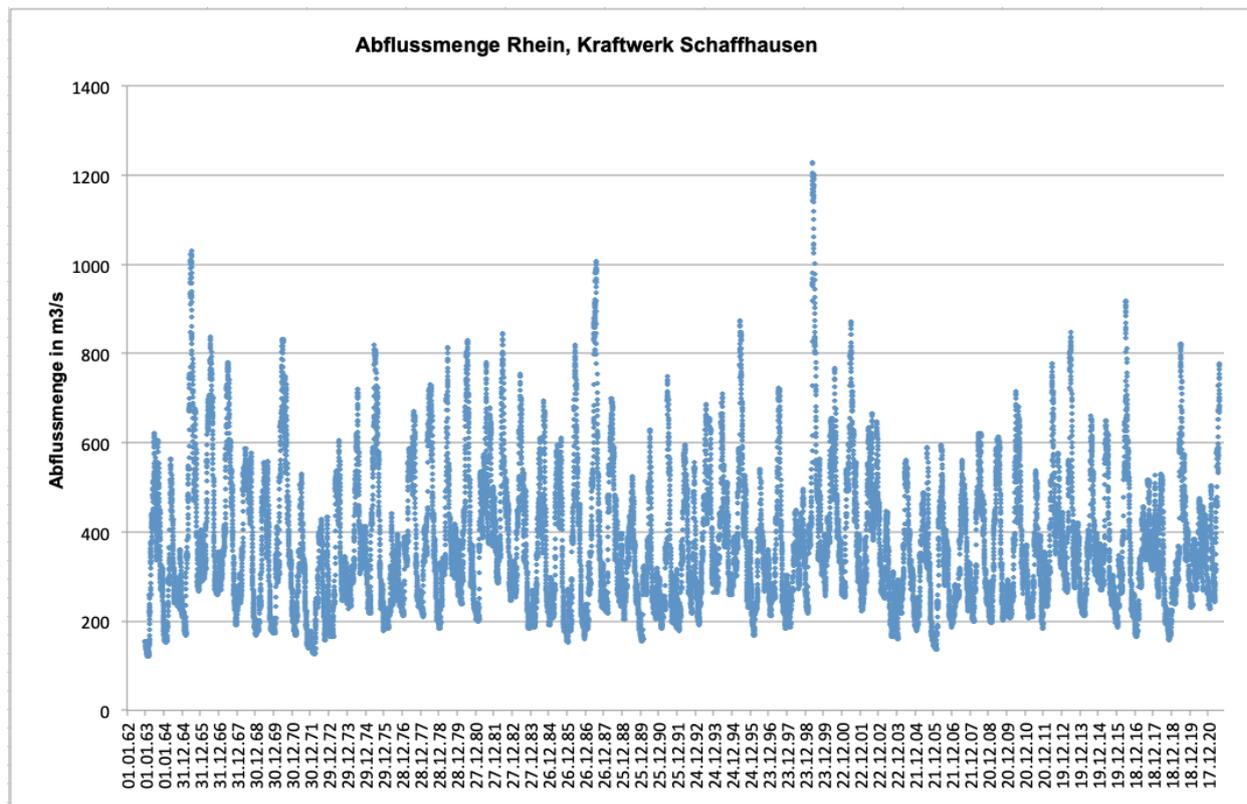


Abbildung 25: Abfluss (Tagesmittelwerte) des Rheins beim Kraftwerk Schaffhausen (1962-2020)

Zur Veranschaulichung des Verhaltens der verschiedenen Gewässer wurden die vorhandenen Angaben zu den Tagesmittelwerten graphisch dargestellt (vgl. Abbildungen 23 bis 25). Es fehlen Angaben zur Wutach bei Oberwiesen oder Wunderkligen sowie zu Fulach. Die einzelnen Kurven werden nicht weiter kommentiert.

#### 4.5.2 Bewässerung aus Gewässern

Aktuell werden nur im unteren Bibertal zwischen Buch und Hemishofen Oberflächengewässer (Biber, Rhein) zu Bewässerungszwecken genutzt. An 19 Stellen kann heute mittels Pumpen Wasser gefördert werden. Zurzeit wird aber ein Projekt vorbereitet, welches eine zentrale Entnahmestelle im Uferbereich des Rheins zwischen Hemishofen und Bibernmühle vorsieht.

#### 4.6 Niederschläge im Kanton Schaffhausen

Anhand der Klimastationen in Hallau, Schaffhausen und Lohn wird die räumliche Verteilung des Niederschlags untersucht. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die gemessenen Jahresniederschläge von 2012 bis 2018 dargestellt. Während der Jahresniederschlag in Hallau und in Lohn über den betrachteten Zeitraum im Mittel knapp mehr als 800 mm/a beträgt, werden in Schaffhausen im Mittel 930 mm/a gemessen. Die Jahresganglinien unterscheiden sich kaum, wobei bei allen Stationen im März am wenigsten Niederschlag fällt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Im Mittel fällt in den Sommermonaten (April-September) leicht mehr Niederschlag als im Winter (Oktober-März).

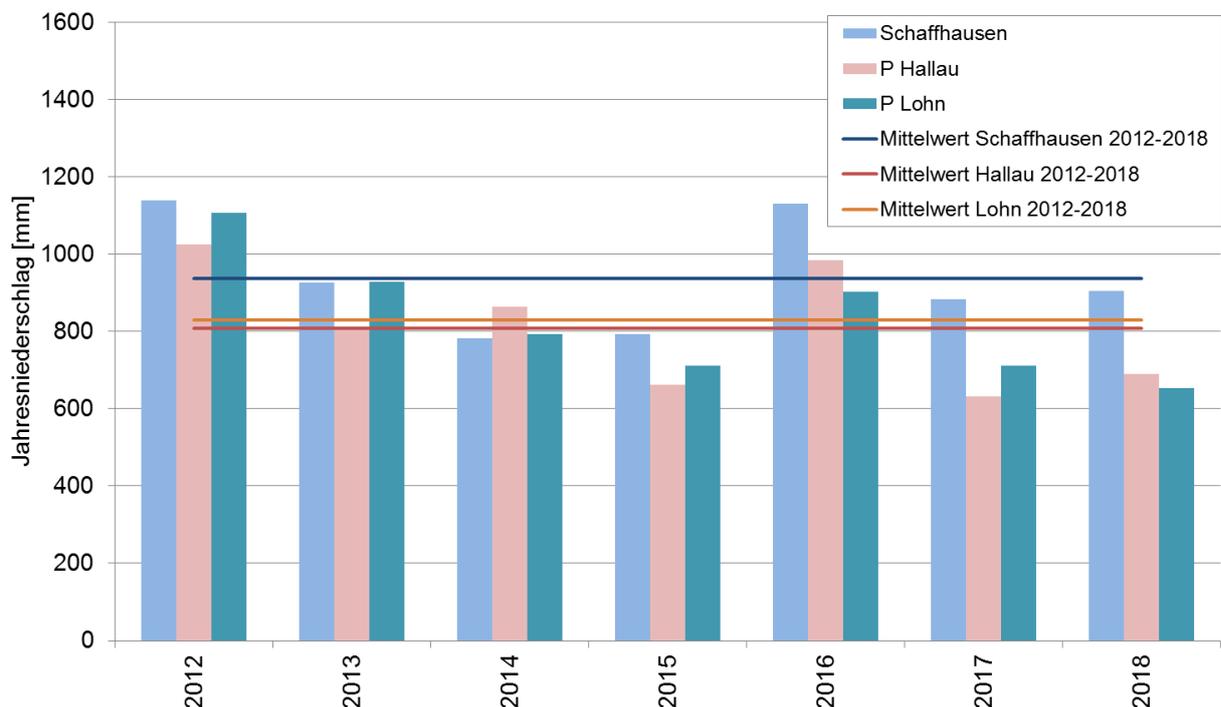


Abbildung 26: Jahresniederschlag in mm der Messstationen in Schaffhausen, Hallau und Lohn

Abbildung 27 zeigt die im Modell der Meteoschweiz simulierte Niederschlagsverteilung der Jahre 1981 bis 2010 im Gebiet des Kantons Schaffhausen. Die höchsten Niederschläge resultieren im Südwesten, die tiefsten im Nordosten. Die Simulation stimmt nicht mit den Messwerten in den Messstellen Hallau und Lohn überein. Für die weiteren Betrachtungen werden deshalb zu jedem Einzugsgebiet eine Messstelle zugeordnet und deren Messwerte verwendet.

Transformationsanalyse

Monat	Schaffhausen	Hallau	Lohn
Januar	97.5	91.4	83.2
Februar	49.8	49.1	50.5
März	41.4	33.3	36.6
April	83.1	74.4	78.0
Mai	112.7	90.3	89.9
Juni	89.3	84.6	82.6
Juli	99.6	81.8	88.5
August	85.5	60.2	66.8
September	59.4	46.3	54.9
Oktober	60.0	52.5	57.0
November	90.7	80.6	82.7
Dezember	68.3	64.4	58.9
<b>Total</b>	<b>937.3</b>	<b>809.0</b>	<b>829.7</b>
Anteil Sommer	56%	54%	56%
Anteil Winter	44%	46%	44%

Tabelle 2: Mittlerer monatlicher Niederschlag (2012-2018) der Messstationen im Kanton Schaffhausen.

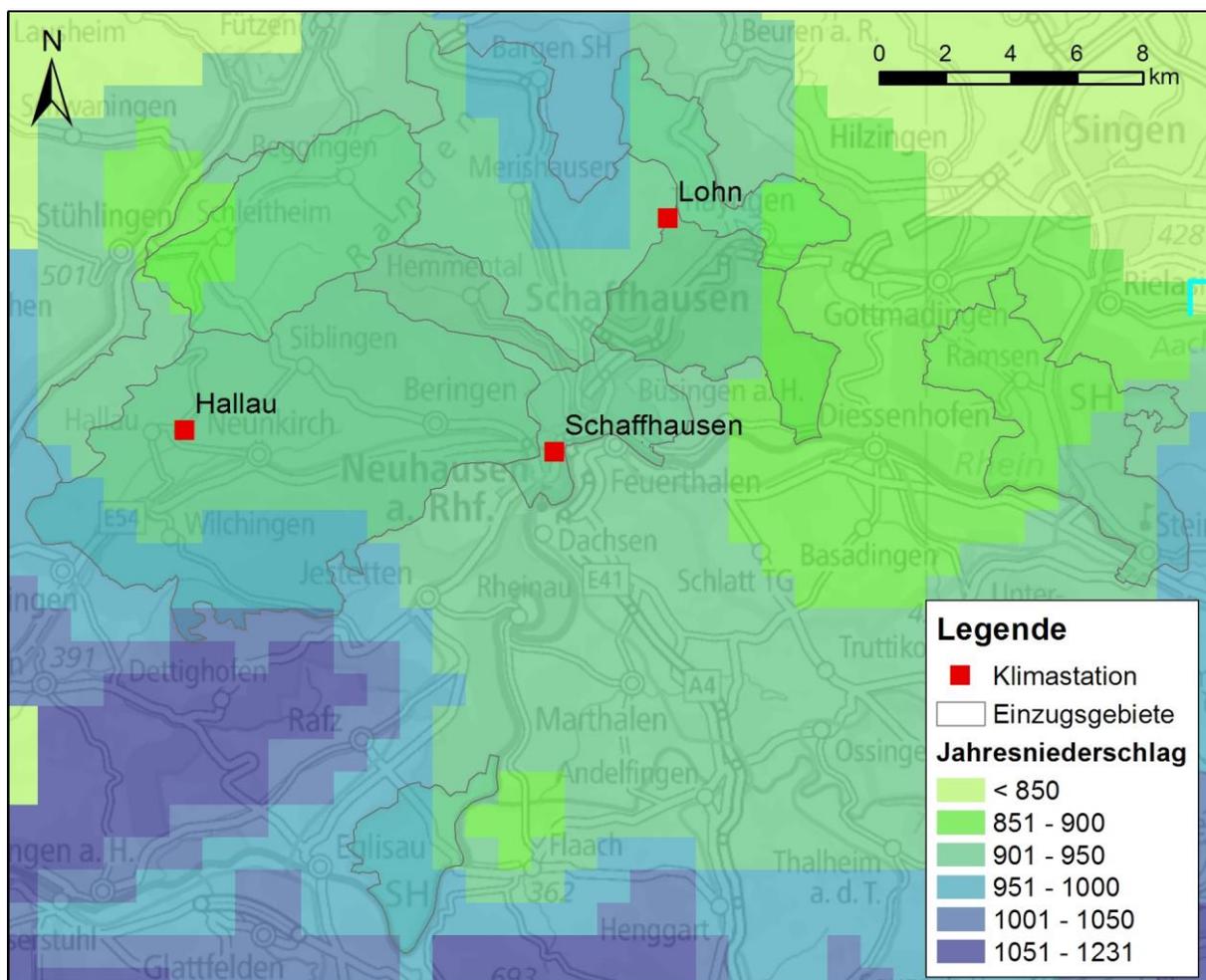


Abbildung 27: Niederschlagsverteilung Modell Meteoschweiz

## 4.7 Landwirtschaftsflächen im Kanton Schaffhausen

Die landwirtschaftliche Nutzung beschränkt sich nicht nur auf die Fläche der Grundwasservorkommen, sondern umfasst auch die seitlichen Einzugsbereiche. Die Kantonsfläche wurde deshalb in Einzugsgebietsflächen unterteilt, welche jeweils einem Grundwasserleiter zugeordnet werden können (Abbildung 28). Zur Charakterisierung der landwirtschaftlichen Nutzung in den einzelnen Einzugsgebietsflächen wurden die folgenden Quellen ausgewertet:

- Layer «Landwirtschaftliche Nutzungsflächen (Kulturen)» des Geoportals Schaffhausen [4]
- Interlis-Datei «Landw. Bewirtschaftung: Nutzungsflächen» der geodienste.ch [5]

Die in der Interlis-Datei enthaltenen Flächen decken die Landwirtschaftsflächen nicht vollständig ab, enthalten dafür Angaben zu den einzelnen Kulturen. Sie wurden deshalb zur Ermittlung des jeweiligen Kulturmix verwendet.

Etwa 45% des Kantonsgebietes sind landwirtschaftlich genutzt, weitere 40 % werden von Wald bedeckt [4]. Das restliche Kantonsgebiet besteht hauptsächlich aus Siedlungs- und Gewerbegebiet, untergeordnet sind Gewässerflächen und Materialabbau (Abbildung 29). Die Nutzung spielt neben der Geländeneigung für die Aufteilung des Niederschlages in Verdunstung, Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung eine grosse Rolle. Im Wald verdunstet beispielsweise ein grösserer Anteil des Niederschlages als in den übrigen Flächen [6].

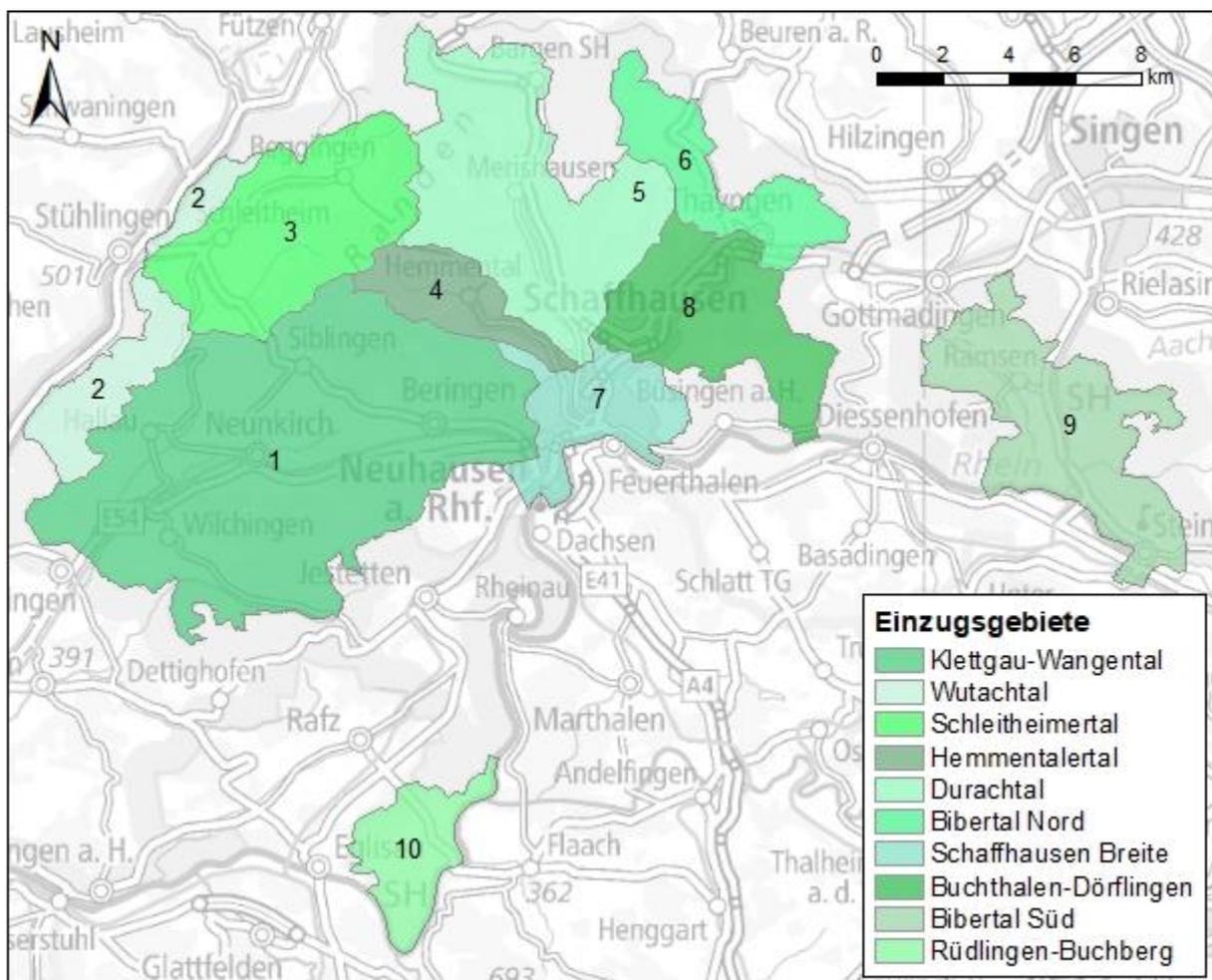


Abbildung 28: Haupteinzugsgebiete und Gewässernetz im Kanton Schaffhausen

In Tabelle 3 sind die Nutzungsanteile der den Grundwasservorkommen zugeordneten Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen tabellarisch angegeben. Gewässer, Deponien und Materialab-

Transformationsanalyse

baugebiete sind in der Kategorie *Andere* aufgeführt. Ein Teilgebiet von etwa 600 ha Grösse bei Neuhausen wurde keinem Grundwasservorkommen zugeordnet.

Nr.	Einzugsgebiet	Fläche [ha]	Landwirtschaft	Wald	Siedlung	Andere
1	Klettgau	9427	48.2 %	39.5 %	11.3 %	1.0 %
2	Wutachtal	1503	29.9 %	67.9 %	2.1 %	0.1 %
3	Schleithemtal	3231	58.1 %	34.8 %	6.6 %	0.5 %
4	Hemmental	1038	25.3 %	67.2 %	7.3 %	0.2 %
5	Durachtal	4321	24.4 %	68.9 %	6.3 %	0.4 %
6	Bibertal-N	1564	59.7 %	20.2 %	18.0 %	2.0 %
7	Schaffhausen-Breite	1462	11.7 %	21.7 %	62.6 %	4.0 %
8	Buchthalen-Dörflingen	2429	35.7 %	43.7 %	18.7 %	2.0 %
9	Bibertal-S	3124	44.9 %	39.6 %	12.2 %	3.4 %
10	Rüdlingen-Buchberg	1137	46.6 %	35.5 %	9.9 %	8.1 %
	nicht zugeordnet	608				
	<b>Kanton SH</b>	<b>29845</b>	<b>40.9 %</b>	<b>44.6 %</b>	<b>13.0 %</b>	<b>1.6 %</b>

Tabelle 3: Grundnutzungsanteile der Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen (Quelle: GIS-Browser Schaffhausen)

Bei den meisten Einzugsgebieten decken die Bewaldung und die landwirtschaftliche Nutzung über 80 % der Fläche ab. Der Einzugsbereich des Grundwasservorkommens *Schaffhausen-Breite* verfügt über einen städtischen Charakter und ist zu etwa zu 60 % überbaut. Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen variiert zwischen 10 und 60 %.

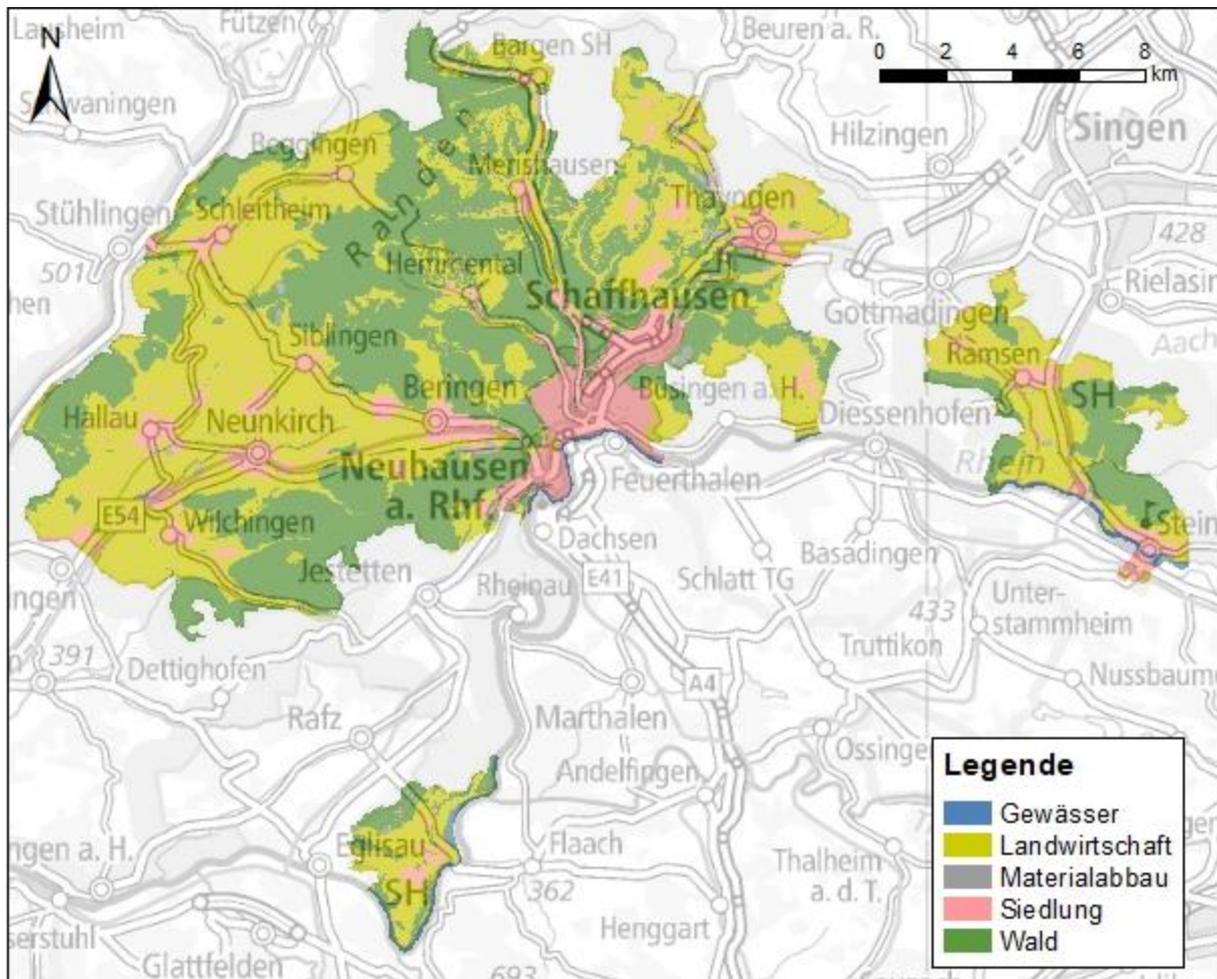


Abbildung 29: Nutzungen im Kanton Schaffhausen (Quelle: Geoportail Schaffhausen)

Transformationsanalyse

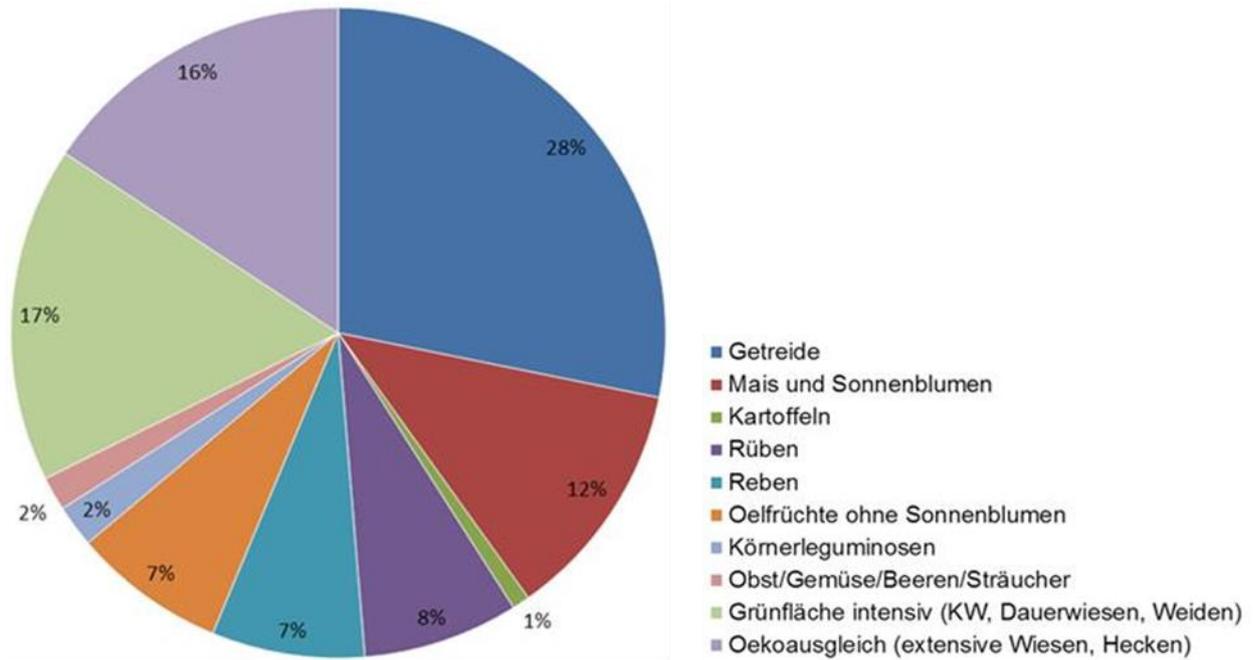


Abbildung 30: Kulturmix Klettgau (Quelle: Graf et al. 2020)

Als Grundlage für die qualitative Charakterisierung der weiteren Landwirtschaftsgebiete werden die Verhältnisse im Klettgau hinsichtlich Kulturmix zusammenfassend beschrieben. Die dort aktuell zu verzeichnende Verteilung der verschiedenen Kulturgruppen ist Abbildung 30 zu entnehmen. Die wesentlichen Charakteristiken dieses Mixes sind der relativ hohe Anteil an Getreide und Grünflächen (inkl. Oekoausgleichsflächen) sowie die sehr geringen Anteile von Körnerleguminosen, Obst/Gemüse/Beeren/Sträucher sowie Kartoffeln. Als Kulturen mit höherem Wasserbedarf sind Mais und Sonnenblumen sowie Rüben mit mittleren Anteilen vertreten.

In der Abbildung 322 bis Abbildung 39 sind jeweils links die Aufteilung auf Wald, Landwirtschaft und Siedlung und rechts der Kulturmix des Einzugsbereiches anhand von Kuchendiagrammen dargestellt. Für jedes Einzugsgebiet wird kurz auf markante und hinsichtlich Bewässerungsbedarf relevante Unterschiede gegenüber dem Klettgau hingewiesen. Praktisch alle Einzugsgebiete weisen einen höheren Anteil an Wiesen auf als der Klettgau.

**Wutachtal**

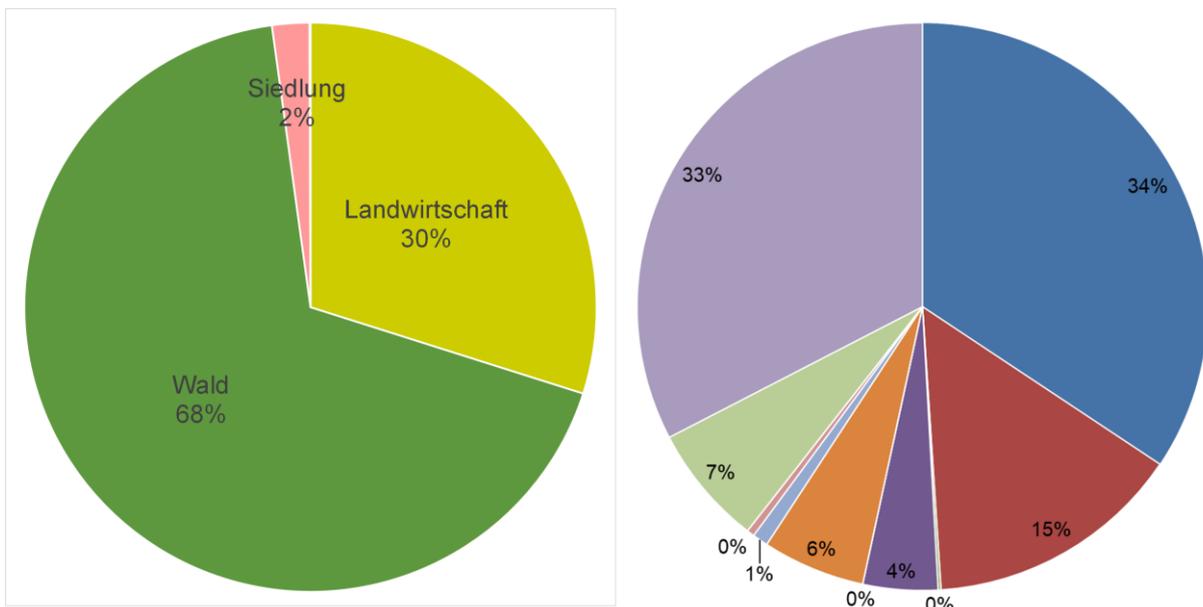


Abbildung 31: Wutachtal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Transformationsanalyse

Der Kulturmix des Wutachtals weist einen noch höheren Getreideanteil als der Klettgau auf. Ebenfalls höher ist der Anteil an Ökoflächen und intensiven Grünflächen. Mais, Sonnenblumen und Ölfrüchte sind vergleichbar mit dem Klettgau.

**Schleitheimertal**

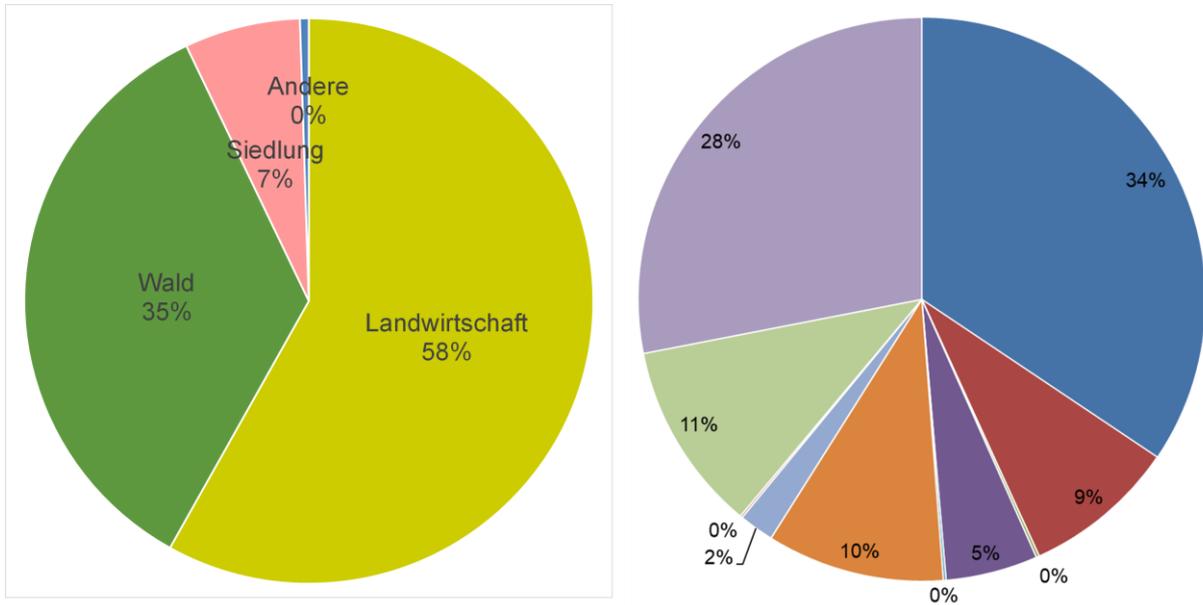


Abbildung 322: Schleitheimertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Der Kulturmix des Schleitheimertals ähnelt jenem des Wutachtals. Der Anteil an Ölfrüchten ist etwas höher, es werden jedoch weniger Mais und Sonnenblumen angebaut.

**Hemmentalertal**

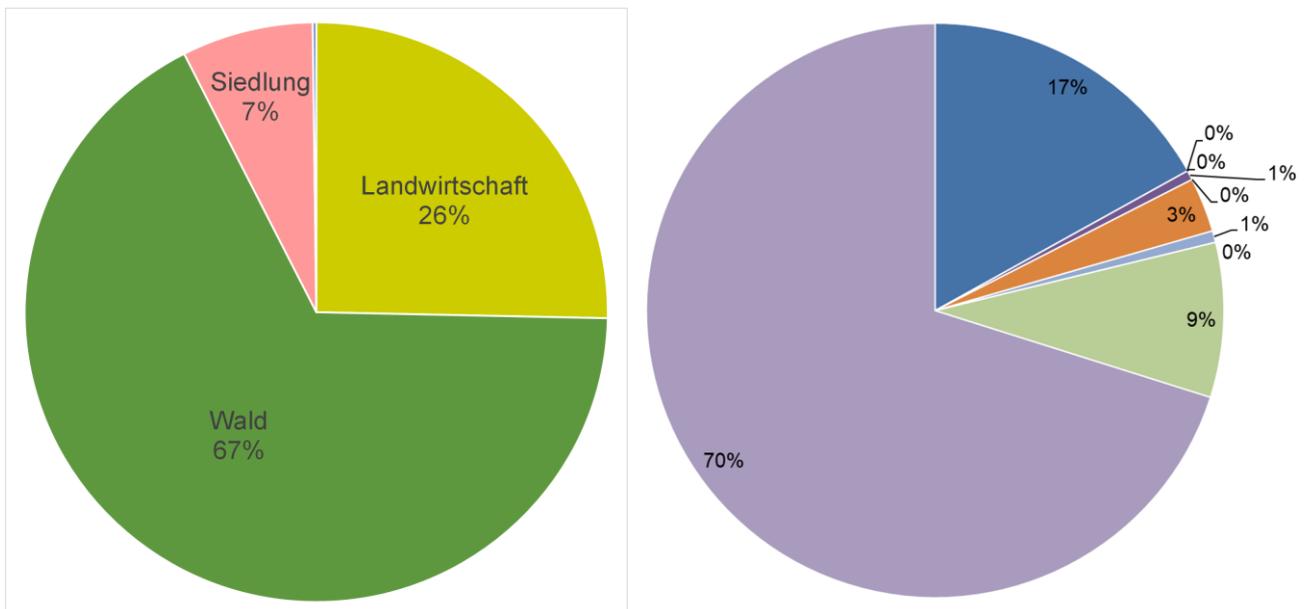


Abbildung 33: Hemmentalertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Das Hemmentalertal ist zu zwei Dritteln mit Wald bedeckt. Der Kulturmix des Hemmentalertals besteht zu über 80% aus intensiven und extensiven Wiesen. Aus dem restlichen Gebiet werden Getreide und Ölfrüchte angebaut.

Transformationsanalyse

**Merishausertal**

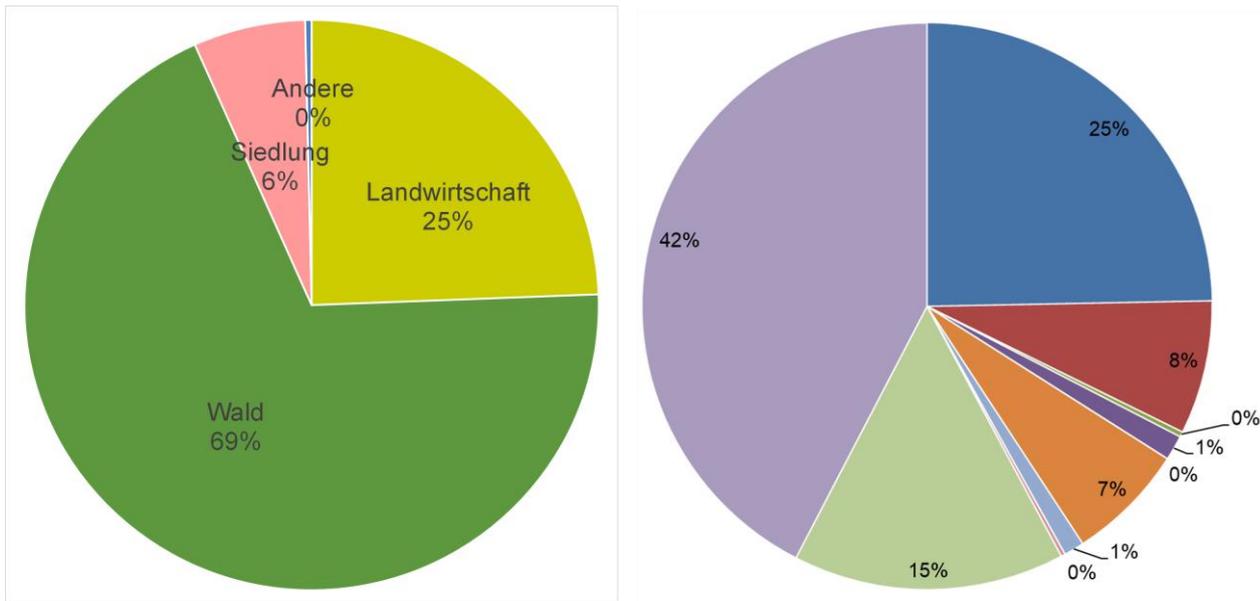


Abbildung 34: Merishausertal: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Im Durachtal sind über zwei Drittel der Fläche Wald. Im Landwirtschaftsgebiet sind Wiesen vorherrschend. Im Übrigen werden vor allem Getreide, Mais und Ölfrüchte angebaut.

**Bibertal-Nord**

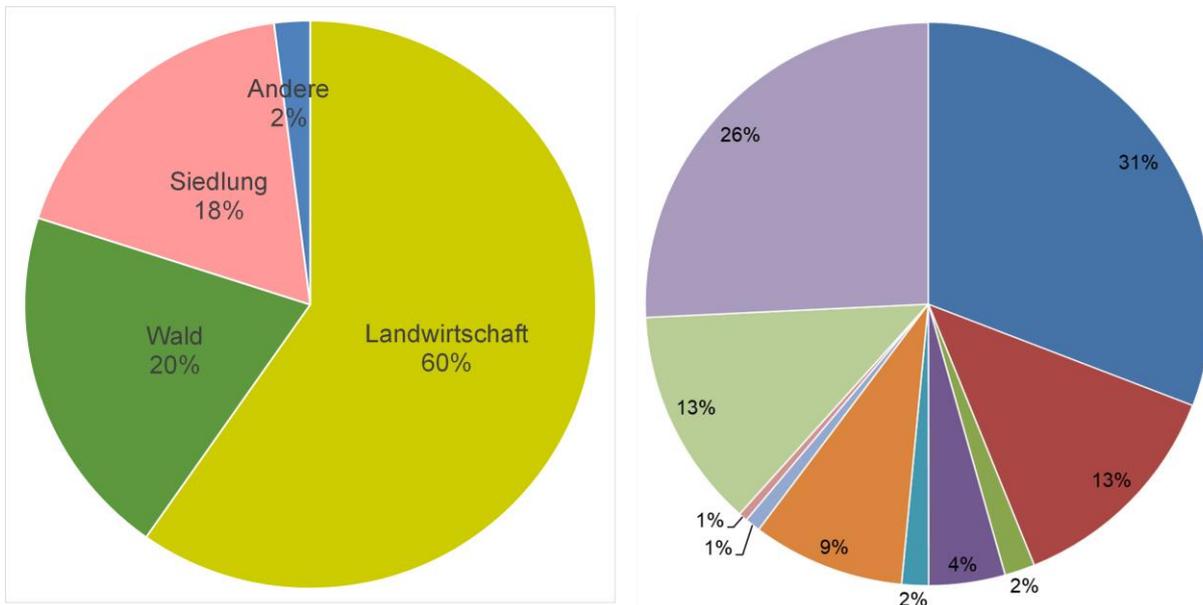


Abbildung 35: Bibertal-Nord: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Im Kulturmix des nördlichen Bibertals ist ähnlich wie jener des Klettgaus. Der Wiesenanteil ist etwas höher, der Rebenanteil ist gering.

Transformationsanalyse

Schaffhausen Breite

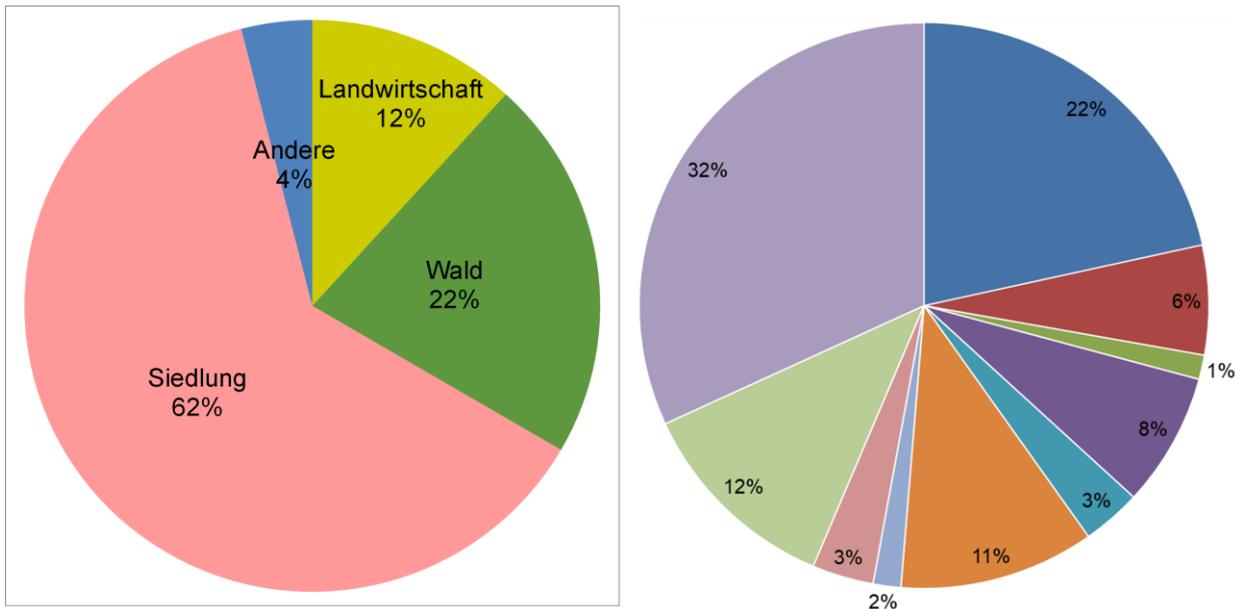


Abbildung 36: Schaffhausen-Breite: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

In Schaffhausen-Breite umfasst die landwirtschaftliche Fläche nur 12% der Gesamtfläche. Zwei Drittel davon ist Wiese, im restlichen Teil ist der Getreideanbau vorherrschend.

Buchthalen - Dörflingen

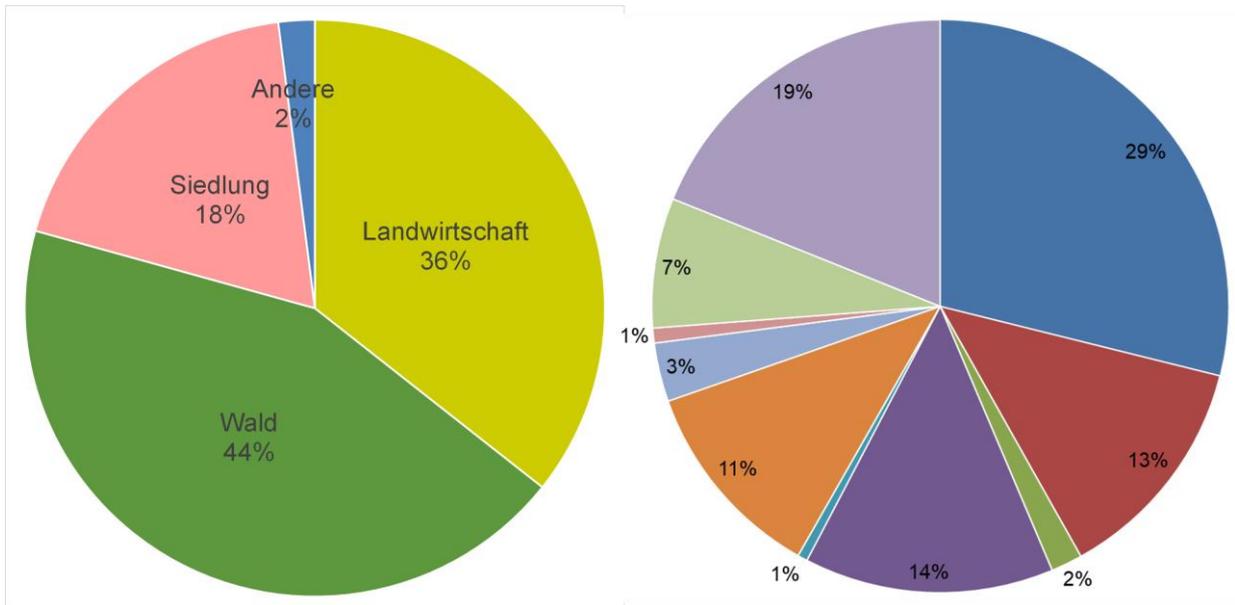


Abbildung 37: Buchthalen Dörflingen: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

In Buchthalen-Dörflingen wird nur 36% der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Der Kulturmix ist sehr vielfältig. Getreide, Mais, Zuckerrüben und Öfrüchte belegen zusammen zwei Drittel der Landwirtschaftsfläche.

Transformationsanalyse

**Bibertal-Süd**

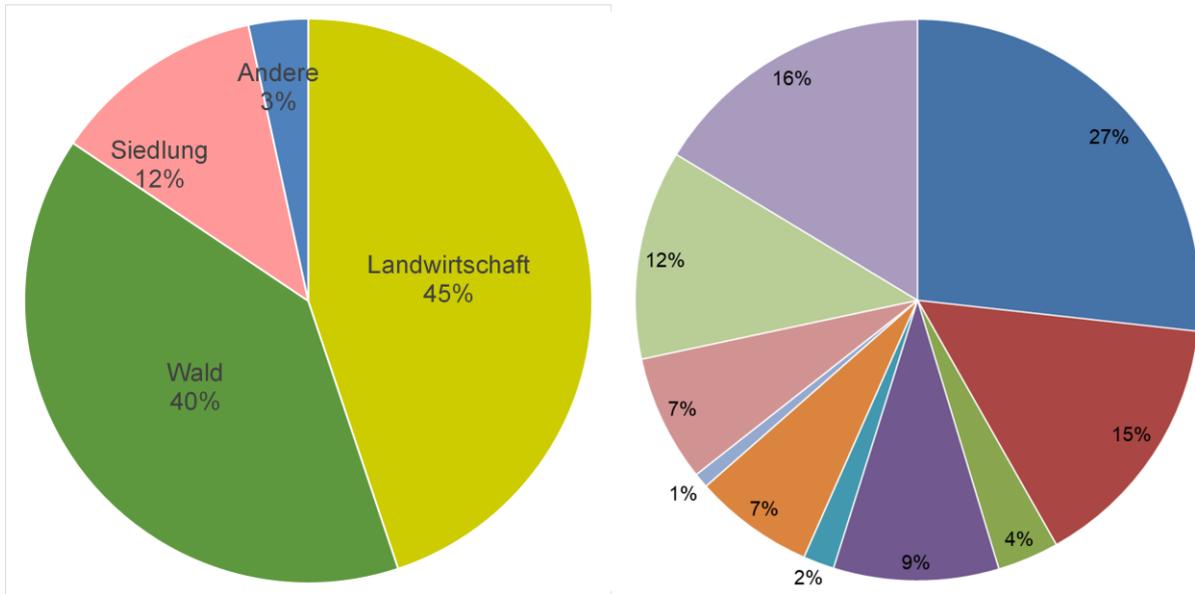


Abbildung 38: Bibertal-Süd: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Buchthalen Dörflingen und das südliche Bibertal weisen einen ähnlichen Kulturmix auf. In Buchthalen Dörflingen fällt der hohe Anteil an Ölfrüchten auf, im südlichen Bibertal jener an Obst, Gemüse und Beeren. Beide Gebiete weisen relativ geringe Wiesenanteile auf. Das südliche Bibertal weist einen hohen Anteil an Kulturen mit grossem Bewässerungsbedarf auf.

**Rüdlingen-Buchberg**

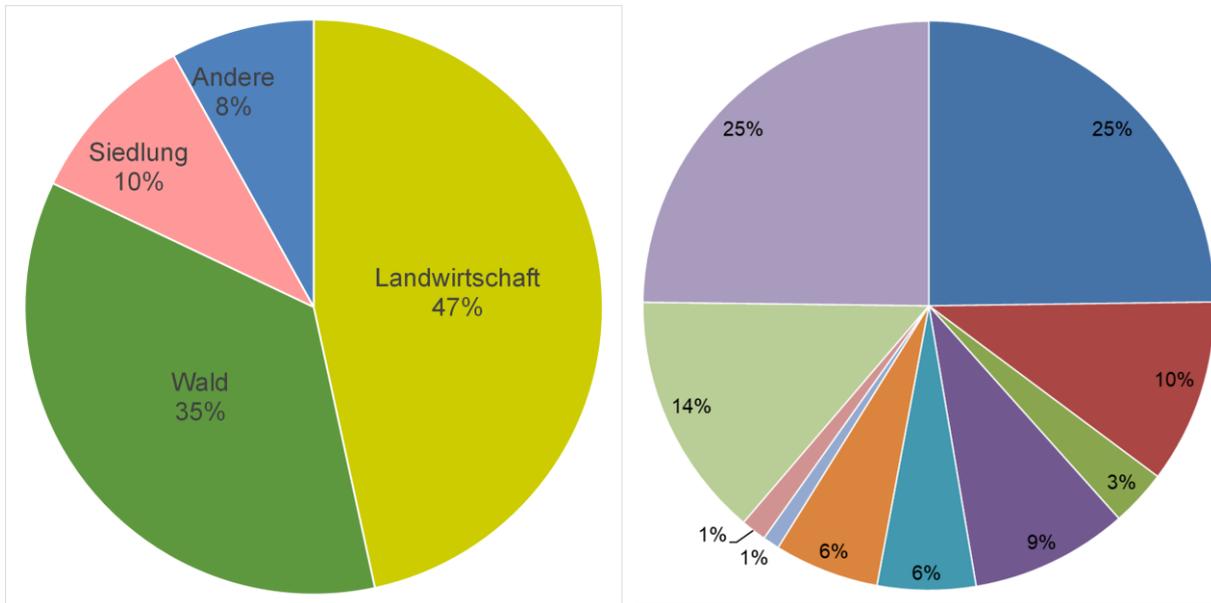


Abbildung 39: Rüdlingen-Buchberg: Grundnutzung (links) und Kulturmix in der Landwirtschaft (rechts)

Der Kulturmix in Rüdlingen-Buchberg ist ähnlich wie im Klettgau. Es werden auch Reben angebaut. Der Anteil an Kartoffeln ist im Vergleich zum Klettgau hoch. Höher ist auch der Wiesenanteil.

## 4.8 Böden im Kanton Schaffhausen

Für den Klettgau konnte auf eine recht grossflächig vorhandene Bodenkartierung abgestellt werden, während für den restlichen Kanton kaum solche vorliegen. Deshalb wurde der Aspekt Boden anhand der für die Entstehung von Böden massgebenden Faktoren angegangen:

- Ausgangsgestein
- Klima
- Organismen
- Relief
- Zeit

### Ausgangsgestein

Sämtliche hier betrachteten Grundwasservorkommen zirkulieren in eiszeitlichen Schottern. Bereichsweise werden diese von Deckschichten unterschiedlicher Natur überlagert (Moränen, Schwemmablagerungen, Bachsedimente, Hangsedimente). Die Durchlässigkeit der Sedimente ist stark prägend für den sich darauf entwickelnden Bodentyp, insbesondere hinsichtlich des Speichervermögens

### Klima

Für das ganze Kantonsgebiet kann vom gleichen Klimatyp ausgegangen werden.

### Organismen

Für die Vergangenheit liegen praktisch keine Informationen über die lokal jeweils vorherrschende Vegetation vor. Insgesamt wurde von einer starken Bewaldung ausgegangen, mit wenig Variation im Kantonsgebiet

### Relief

Für die Verbreitungsgebiet der eiszeitlichen Schotter kann von einem praktisch ebenen Gelände ausgegangen werden, mit angrenzenden Hängen unterschiedlicher Neigung. Davon werden jedoch die steileren Handabschnitte kaum landwirtschaftlich genutzt – mit Ausnahme der Rebbaugebiete. Flache Kuppenbereiche finden sich im Verbreitungsgebiet der eiszeitlichen Gletscher (Moränenwälle etc.). An Hängen findet verstärkt Bodenerosion statt.

### Zeit

Die eiszeitlichen Gletscher waren nicht nur verantwortlich dafür, dass grundwasserführende Schotter im Kanton weit verbreitet sind, sie bewirkten auch, dass in den Kaltzeiten praktisch überall die vorher entstandenen Böden erosiv entfernt wurden. Die gilt für praktisch alle der hier betrachteten Gebiete, mit Ausnahme des Klettgaus und des Schleithemertales. Dort erfolgte die Ausräumung nur im Bereich der heute tiefsten Talebenen. Ausserhalb davon konnten sich die alten Böden wahrscheinlich halten. Für die hier betrachteten Gebiete kann also meistens von relativ jungen und damit vergleichsweise flachgründigen Böden ausgegangen werden, deren Entstehung nach dem Rückzug der letzteszeitlichen Gletschervor rund 20'000 Jahren begann. Klettgauer Böden können demgegenüber weit über 100'000 Jahre alt sein.

## 5. Transformationsanalyse

---

### 5.1 Vorgehen für die Transformationsanalyse

Für die Modellierung der Verhältnisse im Gebiet Klettgau wurde eine Methodik entwickelt, wie die Nutzbarkeit eines Grundwasservorkommens zur landwirtschaftlichen Bewässerung beurteilt werden kann – vor dem Hintergrund von Modellen zur zukünftigen Entwicklung des Klimas in der Schweiz [1]. Anhand der hierbei gewonnenen Kenntnisse können die grundsätzlichen Bewässerungsmöglichkeiten für andere Gebiete auch ohne entsprechende Modellierung qualitativ abgeschätzt werden. Dafür sind Angaben zu folgenden Aspekten erforderlich:

- Charakteristiken der Grundwasservorkommen
- Niederschlagsverhältnisse
- Trinkwassernutzungen
- Bodenverhältnisse
- landwirtschaftlicher Kulturmix

Diese Grundlagen wurden im vorherigen Kapitel zusammengestellt und erläutert. Zur Abschätzung der lokalen Bewässerungsmöglichkeiten aus Grundwasser werden grobe Wasserbilanzen und der Bewässerungsbedarf der heute angebauten Kulturmixe betrachtet.

### 5.2 Wasserbilanzen

Vom gesamten Niederschlag auf eine Einzugsgebietsfläche bleibt nach Abzug der Verdunstung ein Anteil an Abfluss in Gewässern und im Grundwasserleiter übrig. Ist der Anteil an bewässerungsbedürftigen Kulturen klein im Verhältnis zur Gesamtfläche, so sind die Bewässerungsmöglichkeiten naturgemäss gut. Voraussetzung ist, dass das Wasser erstens zu den bewässerungsbedürftigen Flächen gebracht werden kann und zweitens, dass es auch in trockenen Zeiten zur Verfügung steht. Ist das Grundwasservolumen gross, kann es zur Überbrückung von Trockenzeiten eingesetzt werden. Die Bewässerungsmöglichkeiten hängen zudem davon ab, ob ein Grundwasserleiter intensiv zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Diese genießt Priorität.

Die modellierte Wasserbilanz im schweizerischen Teil des Klettgaus ist in Abbildung 40 schematisch dargestellt. Etwa ein Viertel des in den seitlichen Einzugsgebieten fallenden Niederschlags fliesst entweder als Oberflächenabfluss oder als unterirdischer Seitenzufluss in das Talgebiet. Der restliche Teil des Niederschlags verdunstet oder fliesst unterirdisch als Karstabfluss ab. Im Talgebiet selbst verdunstet etwa 58% des dort fallenden Niederschlags. Die restlichen Niederschlagsanteile werden entweder als Neubildung (30%) dem Grundwasserkörper oder als Oberflächenabfluss (11%) dem Gewässer zugeführt. Diese hydrologischen Charakteristika des Klettgaus werden in der Transformationsanalyse auf die restlichen Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen übernommen. Für die verschiedenen Gebiete wird der Gewässerabfluss und der Grundwasserabfluss als prinzipiell nutzbares Wasser betrachtet.

Transformationsanalyse

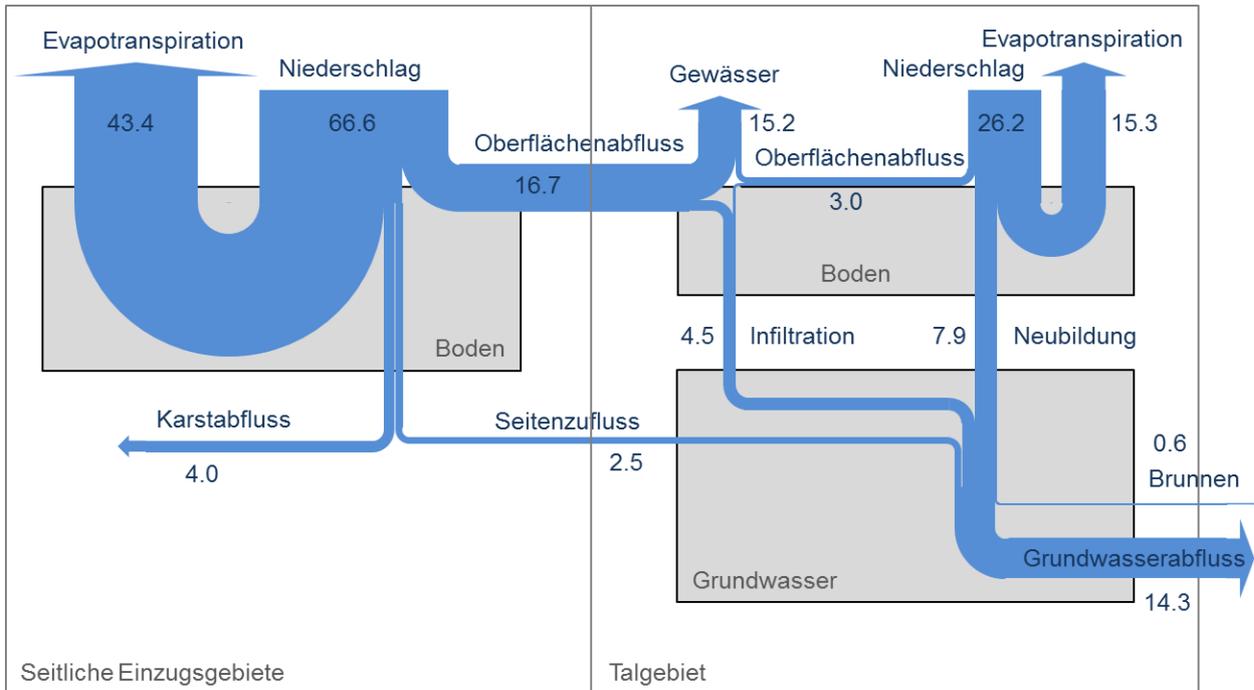


Abbildung 40: Wasserbilanz in den seitlichen Einzugsgebieten und des Talgebiets im Klettgau. Angaben in Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr.

Die transformierten Wasserbilanzen der Einzugsgebiete finden sich in Tabelle 4.

Im Schleithemertal lässt sich der aus der Transformationsanalyse resultierende Abfluss mit dem gemessenen Abfluss im Schleithemberbach vergleichen, da der Grundwasserabfluss ins Wutachtal relativ gering ist. Der gemessene Jahresabfluss beträgt 10.7 Mio m<sup>3</sup>. Aus der Transformationsanalyse resultiert ein Abfluss von 8.3 Mio m<sup>3</sup>. Der Unterschied kann einerseits auf die Ungenauigkeit der Transformationsanalyse, andererseits jedoch auch auf die unterschiedlichen Jahre zur Bestimmung der Niederschlagsmenge (2012-2018) und der Abflüsse (2011-2015), sowie die Unsicherheit bezüglich der lokalen Niederschlagsmenge zurückgeführt werden.

Der in Schaffhausen gemessene Abfluss der Durach umfasst die Abflüsse der Einzugsgebiete Durachtal und Hemmental. Der gemessene Jahresabfluss beträgt im Mittel 24.9 Mio m<sup>3</sup>, aus der Transformationsanalyse resultiert ein Abfluss von 15.5 Mio m<sup>3</sup>. Auch in diesen Einzugsgebieten ist der berechnete Abfluss etwas zu tief. Ein Grund dafür könnte der in Kapitel 4.3.3 beschriebene starke Zufluss von Karstwasser sein. Gegenüber dem Klettgau ist das Einzugsgebiet zudem steiler und daher der Direktabfluss höher.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei der Transformationsanalyse die Abflüsse aus den Bilanzgebieten eher unterschätzt werden.

Transformationsanalyse

Tabelle 4: Transformierte Wasserbilanz in den seitlichen Einzugsgebieten und des Talgebiets der Einzugsgebiete im Kanton Schaffhausen

Grundwasserleiter:		Wutachtal	Schleitheimer-tal	Hemmentaler-tal	Durachtal	Bibertal-N	Schaffhausen-Breite	Buchthalen-Dörflingen	Bibertal-S	Rüdlingen-Buchberg
Parameter	Gesamtfläche EZG [km <sup>2</sup> ]	14.6	32.3	10.5	43.2	15.7	14.6	24.3	31.2	11.5
	Anteil Talgebiet	6%	4%	9%	9%	22%	51%	40%	39%	49%
	Anteil seitliche Einzugsgebiete	94%	96%	91%	91%	78%	49%	60%	61%	51%
	Niederschlag [mm]	809.0	809.0	937.3	937.3	829.7	937.3	829.7	937.3	809.0
Seitliche EZG [Mio m <sup>3</sup> ]	Niederschlag	11.2	25.2	9.0	37.0	10.2	6.7	12.0	17.8	4.7
	Evapotranspiration	7.7	17.5	6.2	25.6	7.1	4.6	8.3	12.4	3.3
	Oberflächenabfluss	3.0	6.7	2.4	9.9	2.7	1.8	3.2	4.8	1.3
	Neubildung	0.4	1.0	0.4	1.5	0.4	0.3	0.5	0.7	0.2
Talgebiet [Mio m <sup>3</sup> ]	Niederschlag	0.7	0.9	0.9	3.5	2.8	7.1	8.1	11.4	4.6
	Evapotranspiration	0.4	0.5	0.5	2.0	1.6	4.1	4.8	6.7	2.7
	Oberflächenabfluss	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.8	0.9	1.3	0.5
	Neubildung	0.2	0.3	0.3	1.0	0.8	2.1	2.5	3.4	1.4
	Brunnen	0.4	-	-	0.4	0.4	7.8	0.6	0.1	1.3
	Summe Abfluss	3.3	8.1	3.1	12.4	3.9	-2.8	6.5	10.1	2.1

### 5.3 Bewässerungsbedarf

Der Bewässerungsbedarf der einzelnen Kulturen im Klettgau wurde in [1] aus dem Bodenwasserhaushaltsmodell berechnet. Da sich die klimatischen Bedingungen in den übrigen Einzugsgebieten nicht sehr stark von denjenigen im Klettgau unterscheiden, wird bei der Transformationsanalyse angenommen, dass der Bewässerungsbedarf der einzelnen Kulturen im ganzen Kanton gleich hoch ist. Anhand der Angaben zum lokalen Kulturmix wird der Bewässerungsbedarf in den verschiedenen Einzugsgebieten abgeschätzt. In Tabelle 5 ist der Bewässerungsbedarf der einzelnen Kulturen angegeben. Es wird von einer moderaten Bewässerung ausgegangen (Bewässerungsszenario 3). Der Bewässerungsbedarf unterscheidet sich in Abhängigkeit des gewählten Klimamodells. In den folgenden Tabellen sind jeweils beide betrachteten Klimamodelle angegeben. Bei der weiteren Betrachtung werden die höheren Werte des Modells SMHI-RCA verwendet.

Kultur	Bewässerungsbedarf [mm/a]	
	SMHI-RCA 2020-2049	DMI-HIRHAM 2020 - 2049
Modell / Zeitraum		
Getreide	44	31
Mais und Sonnenblumen	105	56
Kartoffeln	187	132
Rüben	93	51
Reben	2	0
Oelfrüchte ohne Sonnenblumen	8	7
Körnerleguminosen	53	28
Obst/Gemüse/Beeren/Sträucher	119	81
Grünfläche intensiv (KW, Dauerwiesen, Weiden)	104	59

Tabelle 5: Jährlicher Bewässerungsbedarf der Kulturen bei moderater Bewässerung

Einzugsgebiet	Bewässerungsbedarf [Mio. m <sup>3</sup> ]	
	SMHI-RCA 2020-2049	DMI-HIRHAM 2020-2049
Modell / Zeitraum		
Wutachtal	0.19	0.12
Schleitheimertal	0.81	0.49
Hemmentalertal	0.05	0.03
Durachtal	0.40	0.24
Bibertal-N	0.46	0.28
Schaffhausen-Breite	0.08	0.05
Buchthalen-Dörflingen	0.47	0.28
Bibertal-S	0.91	0.56
Rüdlingen-Buchberg	0.28	0.17

Tabelle 6: Spezifischer, jährlicher Bewässerungsbedarf der Kulturmixe und Gesamt-Bewässerungsbedarf der einzelnen Gebiete

Der mittlere Bewässerungsbedarf der gesamten Einzugsgebiete ist in Tabelle 6 angegeben. Innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Fläche ist der Bewässerungsbedarf pro Flächeneinheit im gesamten Kanton ähnlich wie derjenige im Klettgau. Wesentliche Unterschiede gibt es im Hemmentalertal (geringer Bewässerungsbedarf aufgrund hohem Anteil Oekoausgleich-Flächen) und im Bibertal Süd (vergleichsweise hoher Bewässerungsbedarf aufgrund hohem Anteil Mais und Sonnenblumen und geringer Anteil Oekoausgleich-Flächen).

## 5.4 Bewässerungsmöglichkeiten aus Grundwasser

Aus einer Gegenüberstellung von Wasserverfügbarkeit und des Bewässerungsbedarf wird für die einzelnen Gebiete abgeleitet, ob eine Bewässerung für den Erhalt der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung möglich ist. Aus den Wasserbilanzen kann nicht abgeleitet werden, welcher Anteil des verfügbaren Wassers in Form von Grundwasser vorliegt und welcher Anteil Oberflächenabfluss darstellt. Dazu müssen zusätzlich die Kenntnisse über die jeweiligen Grundwasserleiter beigezogen werden. Bei einer konkreten Umsetzung müssten die lokalen Verhältnisse genauer geprüft werden. Insbesondere muss der Austausch zwischen Gewässer und Grundwasser, sowie die Beeinflussung bereits bestehender Nutzungen geprüft werden.

### 5.4.1 Wutachtal

Der Bewässerungsbedarf ist im Wutachtal mit lediglich 0.19 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr relativ gering. Der Grundwasserleiter ist relativ schmal und geringmächtig, jedoch langgezogen. Die heutige Nutzung für die Trinkwassergewinnung übersteigt die auf der Fläche des Grundwasserleiters versickernde Niederschlagsmenge. Im seitlichen Einzugsgebiet resultiert jedoch ein Wasserüberschuss von 3.3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr, ein Teil davon versickert und durchströmt den Grundwasserleiter von der Talseite hin zur Wutach. Die Böden dürften in Flussnähe wegen des kiesig-sandigen Charakters ein relativ geringes Speichervermögen aufweisen. Entlang der Hangfüsse ist mit stärker lehmiger Ausbildung und daher einem etwas besseren Speichervermögen zu rechnen. Dieses Wasser könnte für die Bewässerung genutzt werden. Zwar würde dies die Exfiltration in die Wutach vermindern, diese führt jedoch so viel Wasser, dass die Mindestrestwassermenge nicht gefährdet wird. Alternativ zu einer Bewässerung aus dem Grundwasser könnte die Bewässerung auch direkt aus der Wutach erfolgen.

### 5.4.2 Schleithemertal

Im Schleithemertal sind die landwirtschaftliche Fläche und damit der Bewässerungsbedarf gross (0.81 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr). Im Gebiet des Grundwasserleiters werden aus Niederschlag nur 0.3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr neu gebildet. Auch in den seitlichen Einzugsbereichen beträgt die Neubildung nur 1.0 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Der Grundwasserleiter ist geringmächtig und schmal und wird nicht zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt. Weil der Untergrund meistens von Tongesteinen sowie deren umgelagerten Verwitterungsschicht gebildet wird, sind die Böden entsprechend tonreich und haben ein gutes Speichervermögen. Das Gebiet des Grundwasserleiters ist recht dicht besiedelt, was eine Nutzung erschwert. Die meisten Landwirtschaftsflächen liegen ausserhalb des Grundwasserleites an den seitlichen Talhängen. Die Nutzung von Grundwasser aus dem Talboden würde die Überwindung einer grossen Höhendifferenz erfordern. Der Schleithemberbach führt in Trockenzeiten praktisch kein Wasser und die an 347 Tagen überschrittene Wasserführung liegt bei lediglich 40 l/s (3456 m<sup>3</sup>/Tag). Da der Schleithemberbach den Vorfluter des Grundwasserleiters darstellt, würde eine Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken den Abfluss noch verkleinern. Im Schleithemertal muss eine Bewässerung deshalb ausgeschlossen werden.

### 5.4.3 Hemmentalertal

Das Hemmentalertal weist einen sehr geringen Bewässerungsbedarf auf (50'000 m<sup>3</sup>/Jahr). Dem steht ein relativ hoher Wasserüberschuss von 3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr gegenüber. Der am Talboden versickernde Niederschlag übersteigt den Bewässerungsbedarf um den Faktor 6. Zusätzlich wird der Grundwasserleiter durch den Karstzufluss gespeisen. Die Böden sind von den umgelagerten Verwitterungsprodukten der angrenzenden Hänge geprägt (Kalkschutt, Hamglehm, Bachschutt). Das Speichervermögen dürfte relativ variabel aber insgesamt eher mässig sein. Eine Bewässerung aus Grundwasser kann nicht a priori ausgeschlossen werden. Da die Grundwasserstandsschwankungen vermutlich sehr gross sind, ist eine Grundwassergewinnung aufwändig. Vom Hemmentalerbach existieren keine Abflussmessungen. Da die Durach in Schaffhausen im Herbst praktisch kein Wasser führt, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Zuflüsse aus dem Hemmentalerbach in dieser Zeit ebenfalls praktisch bei Null liegen. Um die abflusslose Zeit nicht zu verlängern, muss auf eine Bewässerung im Hemmentalertal verzichtet werden.

### 5.4.4 Durachtal

Im Durachtal ist die Situation ähnlich wie im Hemmentalertal. Der Bewässerungsbedarf ist mit 0.4 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr etwas grösser als im Hemmentalertal. Auch hier sind die Böden von den umgelagerten Verwitterungsprodukten der angrenzenden Hänge geprägt (Kalkschutt, Hamglehm, Bachschutt), aber insgesamt eher kiesiger, und das Speichervermögen dürfte daher tendenziell geringer sein. Aufgrund der relativ steilen Topografie dürften viele der Landwirtschaftsflächen deutlich höher liegen als der Grundwasserleiter. Im Grundwasserleiter ist zudem mit Schwankungen bis zu 17 m zu rechnen. Die zu überwindende Höhendifferenz für eine Bewässerung wäre daher beträchtlich und die Gewinnung aufwändig. Der jährliche Wasserabfluss ist im Durachtal mit 12.4 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr deutlich grösser als der Bewässerungsbedarf. Der Abfluss der Durach ist in den Monaten mit hohem Bewässerungsbedarf klein. Eine Bewässerung aus Grundwasser ist grundsätzlich zwar möglich, es müsste jedoch nachgewiesen werden, dass dies nicht zu einer Abflussminderung in der Durach führt. Die insbesondere in den Sommermonaten sehr tiefen Grundwasserstände lassen keine Grundwasserentnahmen für die Bewässerung zu, da die Trinkwassergewinnung prioritär ist.

### 5.4.5 Bibertal-Nord

Der Bewässerungsbedarf im Bibertal Nord beträgt 0.46 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Dies entspricht etwas mehr als der Hälfte des versickernden Niederschlags in der Talebene. Der Abfluss aus dem nördlichen Bibertal beträgt gemäss der Transformationsanalyse 3.9 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Die Böden sind wiederum von den umgelagerten Verwitterungsprodukten der angrenzenden Hänge geprägt (Kalkschutt, Hamglehm, Bachschutt), in der Taleben selbst liegen aber eiszeitliche Schotter. Dort sind die Böden tendenziell kiesiger und besser durchlässig, Die Biber führt ganzjährig Wasser. Bei Niederwasser ist der Abfluss jedoch tiefer als der minimale Restwasserabfluss nach GewSchG. Die tiefsten Abflüsse werden jedoch eher im Herbst erreicht. Eine Entnahme zu Bewässerungszwecken ist deshalb im kleineren Rahmen denkbar. Im hinteren Teil des Bibertals kommt es nicht darauf an, ob das Wasser für die Bewässerung aus dem Grundwasser oder der Biber entnommen wird, da die Biber den Vorfluter bildet. Im Bereich südöstlich des Siedlungsgebietes von Thayngen ist eine Grundwassergewinnung denkbar, da hier die Biber infiltriert.

### 5.4.6 Schaffhausen-Breite

Schaffhausen-Breite weist nur wenig landwirtschaftlich genutztes Land auf und der Bewässerungsbedarf ist entsprechend klein (0.08 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr). Im Vergleich dazu ist das wasserdarge-

## Transformationsanalyse

bot sowohl in der Fläche wie im seitlichen Einzugsgebiet gross. Die Böden sind im ebenen Bereich des Gebiets sandig-kiesig geprägt, mit entsprechend eher geringem Speichervermögen. Gegen den Engwald zu kommt stellt sich eine sehr mächtige sandig-lehmige Deckschicht mit besserem Speichervermögen ein. Eine Grundwassernutzung ist denkbar, wegen des grossen Flurabstandes von bis zu 50 m jedoch aufwändig. Der Rhein kann jedoch für die Bewässerung genutzt werden. Das benötigte Wasser kann entweder direkt aus dem Rhein oder in der Nähe des Rheins aus dem Grundwasser entnommen werden. In der Nähe des Rheins (Brunnen Rheinhalde) werden heute bereits grosse Grundwassermengen entnommen. Da die gesamte Entnahme das Wasserdargebot übersteigt, muss entweder Grundwasser aus dem Einzugsgebiet Buchthalen-Dörflingen nachfliessen, oder es infiltriert an dieser Stelle Rheinwasser.

**5.4.7 Buchthalen-Dörflingen**

In Buchthalen-Dörflingen beträgt der Bewässerungsbedarf 0.47 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Der Grundwasserleiter ist mächtig und es wird jährlich 2.5 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser aus Niederschlag gebildet. Die Böden sind oft sandig-kiesig, in Muldensituationen aber durch die stauenden Moränen lehmig bis torfig. Wie in Schaffhausen-Breite ist der Flurabstand gross und die Förderung aufwändig. Eine Grundwasserförderung zur Bewässerung ist in diesem Gebiet jedoch denkbar.

**5.4.8 Bibertal-Süd, Stein am Rhein**

Das südliche Bibertal weist innerhalb der landwirtschaftlichen Zone den höchsten Bewässerungsbedarf aller untersuchten Gebiete auf (0.91 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr). Das aus Niederschlag gebildete Grundwasser im Gebiet des Grundwasserleiters und den seitlichen Einzugsgebieten übersteigt den Bewässerungsbedarf um das fünffache. Böden aus Schotter sind weit verbreitet (sandig-kiesig mit relativ geringem Speichervermögen). Im ehemaligen Überschwemmungsbereich der Biber, wie auch entlang der Hangfussgebiete sind lehmige Deckschichten verbreitet, mit entsprechend besserem Speichervermögen. Die Biber führt ganzjährig Wasser. Auch bei Niedrigwasser ist der Abfluss noch um 80 l/s höher als der minimale Restwasserabfluss nach GewSchG. Dies entspricht einer Wassermenge von 6900 m<sup>3</sup>/Tag. Könnte diese Reserve für die Bewässerung gleichmässig über 2 Monate verteilt entnommen werden, würde dies etwa die Hälfte des Bewässerungsbedarfs decken. Niedrigwassersituationen treten zudem eher in den Herbstmonaten auf. Aufgrund des relativ grossen Dargebots an Grundwasser wäre zumindest eine teilweise Bewässerung aus Grundwasser denkbar. Die Bewässerung würde allerdings in Konkurrenz zur Trinkwassergewinnung stehen, weshalb genauere Abklärungen nötig wären. Entlang des Rheins kann Rheinwasser zur Bewässerung eingesetzt werden (vgl. Bewässerungsprojekt Bibertal).

**5.4.9 Rüdlingen-Buchberg**

In Rüdlingen-Buchberg beträgt der Bewässerungsbedarf 0.28 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr. Der Grundwasserleiter ist mächtig und es wird jährlich 1.6 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser aus Niederschlag gebildet. Die Böden sind dominant sandig-kiesig. Im Kuppenbereich ist der Feinanteil grösser und das Speichervermögen tendenziell besser. Es steht genügend Grundwasser zur Verfügung, um den Bewässerungsbedarf im Bereich Rüdlingen-Buchberg zu decken. Entnahmen zu Bewässerungszwecke sind sowohl in Rheinnähe als auch im Hügelgebiet denkbar. Da im Gebiet kein Trinkwasser gefördert wird, steht die Bewässerung nicht in Konkurrenz dazu. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass der Flurabstand gross und somit eine Erschliessung ausserhalb Rheinnähe teuer ist. In Rheinnähe kommt zudem eine direkte Entnahme aus dem Fluss in Frage.

## 6. Zusammenfassung

---

In der Phase II des Pilotprojekts WasserZukunftKlettgau wurde abgeklärt, welche weiteren Gebiete des Kantons Schaffhausen für eine Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken in Frage kommen könnten. Dazu wurden die bisher mittels aufwendiger Modellierung und Charakterisierung des Klettgaus gewonnenen Erkenntnisse auf die restlichen Kantonsgebiete transferiert.

Dafür wurden zunächst die Grundwasservorkommen bezüglich ihrer räumlichen Ausdehnung, der Mächtigkeit, des Flurabstands und der vorhandenen Pegelmessungen charakterisiert. Darüber hinaus wurden die Grundnutzung und die Kulturmixe der seitlichen Einzugsgebiete bestimmt und mit den vorliegenden Gegebenheiten im Klettgau verglichen.

Um das Wasserdargebot in Form von Grundwasser und Oberflächengewässer zu bestimmen, wurde die für das Klettgau erstellte Wasserbilanz auf die restlichen Kantonsgebiete übertragen. Der Bewässerungsbedarf der einzelnen Gebiete konnte aus der vorliegenden Grundnutzung und dem Kulturmix bestimmt werden. Abschliessend wurde für die unterschiedlichen Gebiete das Wasserdargebot dem Bewässerungsbedarf gegenübergestellt, um eine allfällige Nutzung des Grundwassers zu Bewässerungszwecken qualitativ beurteilen zu können.

Gemäss der Gegenüberstellung gibt es im Kanton Schaffhausen einige Gebiete, in welchen nebst dem Klettgau eine Bewässerung aus Grundwasser nachhaltig möglich sein könnten. Insbesondere sind dies das Bibertal bei Thayngen, der Grundwasserleiter Buchthalen-Dörflingen, das Bibertal Süd sowie das Gebiet Rüdlingen. Für Entnahme aus Gewässern kommen die Biber, die Wutach und der Rhein in Frage. Die übrigen Gewässer führen bei Trockenheit zu wenig Wasser. Da eine Entnahme von Grundwasser in deren Einzugsgebiet mit grosser Wahrscheinlichkeit zu einer Verschärfung der Restwasserproblematik führt, ist dort keine Bewässerung möglich. Dies betrifft insbesondere das Schleithemertal, welches einen relativ hohen Bewässerungsbedarf aufweist.

## 7. Empfehlungen

---

Für die folgenden Gebiete empfehlen wir vertiefte ortsspezifische Untersuchungen im Hinblick auf eine Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken:

- Buchthalen-Dörflingen
- Bibertal-Nord um Thayngen
- Bibertal-Süd
- Rüdlingen

Dabei ist vor allem der Aspekt von allfälligen Konflikten mit der Trinkwassergewinnung Gewicht zu geben, aber auch allfällige Auswirkungen auf unterstrom liegende Nutzer (u.a deutsches Gebiet zwischen Bibertal-Nord und –Süd). Um dies zu erreichen, empfiehlt es sich, die Verhältnisse in analoger Weise zum Klettgau zu modellieren, und eine Abwägung Kosten/Nutzen gemäss [2] durchzuführen.

Gächlingen, 30.11.2021

Bericht Nr. 13000-3

Dr. Hans Rudolf Graf

Dr. von Moos AG

Christian Gmünder

Simultec AG

Hansueli Dierauer

FiBL

## Literatur

---

- [1] Graf, H.R., Gmünder, C. & Dierauer, H. (2020): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecke. Modellierung Klima- und Entnahmeszenarien – unveröff. Bericht z.Hd. Kanton Schaffhausen
- [2] Graf, H.R., Gmünder, C. & Dierauer, H. (2021): Pilotprojekt Wasserzukunft Klettgau: Konsequenzen einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecke. Auswirkungenanalyse – unveröff. Bericht z.Hd. Kanton Schaffhausen
- [3] Arbeitsgruppe Niederschlag der Hydrologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) (1985): Der Niederschlag in der Schweiz. *Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr.31*
- [4] Geoportal Schaffhausen (2021): <https://map.geo.sh.ch/geoportal>, abgerufen am 01.11.2021
- [5] geodienste.ch (2021): [https://www.geodienste.ch/services/lwb\\_nutzungsflaechen](https://www.geodienste.ch/services/lwb_nutzungsflaechen), abgerufen am 01.11.2021
- [6] Zimmermann, L. et al (2018): „Wasserverbrauch von Wäldern“, *LWF aktuell, 66/2018*
- [7] Schweizerische Eidgenössenschaft (2017): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer.