

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen  
**Band:** 42 (1997)

**Artikel:** Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen  
**Autor:** Müller, Erich R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-584818>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

01. JULI 1997

ETH ZÜRICH  
GEOBOTANISCHES INSTITUT  
STIFTUNG RÜBEL

Lauf Nr. ....  
Standort: R 18

Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 42, 1 - 33 / Schaffhausen 1997

# Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen

von

Erich R. Müller

**Zusammenfassung:** Im Kanton Schaffhausen findet sich eine ausgesprochene Vielfalt verschiedenartiger Grundwasservorkommen. Es bestehen an gleicher geographischer Lage bis fünf voneinander isolierte Grundwasserstockwerke. Dabei zeichnet sich jedes durch seine eigenen Eigenschaften und spezielle Bedeutungen hinsichtlich Neubildung, Ergiebigkeit, Qualität sowie Nutzung aus. Vom Grundwasser im Kanton Schaffhausen liegen punktuelle und regionale Kenntnisse vor, die teilweise publiziert wurden. Zur Zeit fehlt noch ein zusammenfassender, aktueller Überblick.

In der vorliegenden Arbeit finden sich allgemeine Grundlagen zur Grundwasser-Definition und zur Charakterisierung von Grundwasservorkommen. Anschliessend werden die Grundzüge der Faktoren aufgezeigt, welche den Wasserhaushalt, respektive die Bilanz eines Grundwassergebietes bestimmen.

Es folgt ein systematischer Beschrieb der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten der hauptsächlichsten Karst- und Lockergesteins-Grundwasservorkommen. Dabei werden - so weit möglich - stets die zur Bilanzierung notwendigen Eigenschaften sowie die Nutzungsformen dargestellt. Da VOGELSANGER & BIEDERMANN (1992) ausführlich über die Gewässergüte berichteten, wird hier nicht näher auf diese eingegangen. Um einen kurz gerafften Überblick zu gewinnen, wurde auch auf eine Wiedergabe lokaler Untersuchungsresultate verzichtet. Die einzelnen Ausführungen finden sich geordnet nach der geographischen Verbreitung und den Arten der Grundwasservorkommen, wie beispielsweise jener im Karst, in den Talsohlen oder in den hochgelegenen Deckenschottern.

## 1 Einleitung

Grundwasser ist ein primärer Bodenschatz, der eng mit dem Leben des Menschen verbunden ist! Diese Erkenntnis geht aus der Tatsache hervor, dass der durchschnittliche Wasserverbrauch in der Schweiz heute rund 300 l pro Tag und Einwohner beträgt, was ungefähr dem Inhalt von 2 Badewannen pro Tag entspricht. Während er in ländlichen Gegenden eher bei 100 l pro Tag und Einwohner liegt, misst er in ausgeprägt städtischen Gebieten - wo viel Industrie und Gewerbe angesiedelt ist - um 500 l pro Tag und Einwohner.

**Ausgangslage:** Heute bestehen vielfältige Kontakte zwischen der Öffentlichkeit und Grundwasserfachleuten, worüber in den verschiedenen Medien oft auch berichtet wird. Dabei interessieren meist Fragen, die eine erweiterte Grundwassernutzung (z.B. Stadt Schaffhausen [Warthau / Buchthalerwald]), Grundwasserverschmutzungen durch Altlasten und Störfälle / Unfälle oder den Grundwasserschutz in Sachen Rohstoffabbau, die Entsorgung und die Landwirtschaft betreffen. Die nachstehenden Ausführungen sollen nun dazu dienen, eine Brücke zwischen dem vielfältig interessierten Bürger und dem Spezialisten zu schlagen.

**Erkundungsgeschichte der Grundwasservorkommen:** Bis 1875 erfolgte die Versorgung der Schaffhauser Bevölkerung nur durch Quellwasser, wozu vielfach sehr lange Holztüchelleitungen dienten. Leider waren deren Qualitäten und Leistungsfähigkeiten mehrheitlich ungenügend. Ab etwa 1890 erfolgte im Rahmen der allgemeinen Rohstofferkundung zunehmend eine systematische geologische Landesaufnahme. Die entsprechende geologische Kartierung wurde in einer ersten Erkundungsphase durch F. SCHALCH vorgenommen; mehrere Jahrzehnte später wurde sie durch L. ERB, J. HÜBSCHER, F. HOFMANN und R. HANTKE fortgesetzt. Die parallel dazu ausgeführte Grundwassererkundung war die Konsequenz der stark intensivierten Landwirtschaft, der massiven Industrialisierung und der damit verbundenen enormen Bevölkerungsentwicklung. In der Folge dieser Grundlagenarbeiten wurden erste Grundwasserfassungen am Nordrand des Rheinfallbeckens für Neuhausen (1872 / 1875), im Engistieg für Schaffhausen (1885) und für die Brauerei Falken (1900) gebaut.

1907 folgten diejenigen für Merishausen, für Schaffhausen in der Rheinhalde und 1908 für die Verbandstofffabrik in Neuhausen.

Frühe zusammenfassende Beschriebe der Grundwasservorkommen finden sich in MEISTER (1907, 1927), GUYAN (1938) und HÜBSCHER (1951). Im Zuge des zunehmenden Bewusstseins über die Bedeutung und den Wert der Grundwasservorkommen erwachte die Erkenntnis, dass dem Grundwasser auch qualitativer und quantitativer Schutz gebührt. So wurden - basierend auf der damals neuen Gewässerschutzgesetzgebung - etwa ab 1970 Grundwasserschutzzonen ausgeschieden. Zudem begann 1966 die für das Grundwasser zuständige Abteilung Wasserbau des Kantonalen Tiefbauamtes - oft in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Gemeinden - mit der systematischen Erkundung der Grundwasservorkommen. Diese erfasste vorerst jene des Klettgaus und des Wutachtals durch VON MOOS (1966) und VON MOOS & NÄNNY (1970); später folgten die Untersuchungen im weiteren Umfeld der Stadt Schaffhausen durch VON MOOS. Im Sinne einer ersten Synthese wurde zwischen 1982 bis 1985 der kantonale Wasserwirtschaftsplan als moderne siedlungswasserwirtschaftliche Planung durch die BÜCHI UND MÜLLER AG (1985) erarbeitet. In dessen Folge wurden im unteren Klettgau, im Buchthalerwald sowie in Ramsen drei Grundwasserschutzareale zur längerfristigen Sicherung von Fassungsstandorten zur künftigen Trinkwassergewinnung ausgeschieden. Schwerpunkte der aktuellen Grundwassererkundung bestehen seit 1996 in den nördlichen und östlichen Kantonsteilen, so im Reiat, östlich des Herblingertals sowie im oberen Kantonsteil. Dabei interessieren vor allem die tieferen Vorkommen, wie jene, die in den mit Moränen überdeckten Rinnenschottern oder jene innerhalb der geklüfteten und verkarsteten Malmkalke.

## 2 Allgemeine Gegebenheiten

### 2.1 Grundwasser-Definition

In der "EG-Richtlinie über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung..." vom 17. Dezember 1979 findet sich die heute allgemein gültige Definition des Begriffs Grundwasser: "Unter Grundwasser wird alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone bezeichnet, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht." Dabei wird nicht unterschieden, ob es sich um ein fliessfähiges oder eher stagnierendes Wasser handelt, d.h. ob es sich in einem gut durchlässigen Grundwasserleiter oder in einem praktisch dichten Untergrund befindet. Die Oberfläche des zusammenhängenden Grundwassers wird **Grundwasserspiegel** genannt. Physikalisch ausgesprochen stellt er die druckmässig ausgeglichenen Grenzfläche des Grundwassers gegen die Atmosphäre dar. Entsprechend der Beschaffenheit seiner Bedeckung wird er entweder als frei oder gespannt bezeichnet. Beim **freien Grundwasser** befindet sich dessen Oberfläche innerhalb des Grundwasserleiters. Es ist daher nach oben offen. Dagegen wird das **gespannte Grundwasser** nach oben durch schlecht durchlässiges Gestein abgeschlossen, so dass der entspannte Grundwasserspiegel oberhalb dieser Grenzfläche liegt.

### 2.2 Charakterisierung der Grundwasservorkommen

Die Grundwasservorkommen lassen sich ganz allgemein nach verschiedenen Kriterien gliedern. Dies wird zweckmässigerweise entsprechend den Fliess-, Neubildungs- und Abflusseigenschaften (Tab. 1) vorgenommen. Zudem werden die Verhältnisse des Grundwasserspiegels mitberücksichtigt.

Die Eigenschaften des Grundwassers und dabei vor allem über das Strömungsverhalten sowie die Grundwasserspeicherung, werden in weiten Zügen grundlegend durch die umgebenden Gesteinsarten bestimmt (Tab. 2). Dies indem deren Gesteins-, respektive Gebirgsdurchlässigkeiten, das Fliessverhalten und das nutzbare Porenvolumen die Speicherwirksamkeiten vorgeben. Als **Durchlässigkeit (k-Wert)** wird dabei die Durchflussmenge pro Querschnittsfläche und pro Zeiteinheit unter dem hydraulischen Gradienten  $i = 1$  verstanden. Deren Dimension ist daher  $m^3/m^2 \cdot s$ , gekürzt  $m/s$ . Die Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens lässt sich in vereinfachender Weise durch die **Transmissivität (T)** ausdrücken; sie stellt das Produkt von Durchlässigkeit ( $k$ ) mal Leitermächtigkeit ( $M$ ) dar und weist somit die Dimension  $m^2/s$  auf.

Entsprechend den ganz verschiedenen im Kanton Schaffhausen auftretenden Gesteinsarten liegen in Kombination mit den vielfältigen Geländeformen auch verschiedenartige Grundwasservorkommen vor. Diese lassen sich wie in Tabelle 3 dargestellt gliedern.

## 2.3 Grundwasserbilanz

Zur Erfassung der beweglichen, respektive der nutzbaren Grundwassermengen bedarf es einer Bilanzierung der Wasserflüsse, die auf dem Prinzip der Massenerhaltung der Zuflüsse und Abflüsse unter Berücksichtigung der Reservoirveränderungen beruht (Tab. 4). Als bedeutendste Faktoren wirken dabei die Versickerungsanteile der Niederschläge, die unterirdischen Zu- und Abflüsse sowie die Übertrittsmengen von oder in Oberflächengewässer sowie die künstlichen Entnahmen oder Anreicherungen.

## 3 Resultate und Diskussion

### 3.1 Karst-Grundwasser: Vorkommen im Kanton Schaffhausen<sup>1</sup>

Unter dem Sammelbegriff Karst werden geologische und geomorphologische Formen zusammenfassend verstanden, die an und unter der Erdoberfläche bestehen, und die auf Lösungsvorgänge an Gesteinen (Kalk, Dolomit, Gips, Steinsalz) zurückgehen. Solche Gesteinsformationen waren ursprünglich nur geklüftet, respektive meist nur von feinen Trennflächen durchzogen, die in geologischen Zeitabschnitten durch die gesteinslösende Wirkung des einsickernden Grundwassers aufgeweitet wurden. In grösseren Gesteins-Hohlräumen, wie Spalten oder linsenförmigen Höhlen, unterirdischen Kanäle, etc. zirkuliert nun also das Karstgrundwasser. Entlang diesen Karstgerinnen erfolgen gleichartige Wasserbewegungen wie man sie von oberirdischen Bachläufen kennt. Infolgedessen sind die Grundwassergeschwindigkeiten im Karst oft sehr hoch (¼ bis 15 km/Tag). Dementsprechend weist das Karstwasser im Untergrund häufig geringe Verweilzeit auf. Die grosse Bedeutung der Schaffhauser Karstwässer besteht neben der direkten Nutzung in Quellfassungen, vor allem in ihren indirekten Wirkungen. Dies einerseits als Zulieferer von Grundwasser in mehrere Lockergesteins- und Felsgrundwasser leiter und andererseits als Vorfluter für gewisse Grundwasservorkommen.

---

<sup>1</sup> Sämtliche Orts- und Flurnamen entsprechen der Landeskarte der Schweiz 1:25000, Bundesamt für Landestopographie, 3084 Wabern: Blätter 1011 (Beggingen, 1012 (Singen), 1031 (Neunkirch), 1032 (Diessendorf), 1051 (Eglisau)).

Tabelle 1: Kriterien zur Charakterisierung der Grundwasservorkommen

Kriteriengruppe	Eigenschaften
Strömungsverhalten:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchlässigkeit</li> <li>• Hydraulisches Gefälle</li> <li>• Nutzporosität oder effektive, durchflusswirksame Porosität</li> </ul>
Grundwasserspiegel:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Freier / gespannter Spiegel</li> <li>• Fixierte Spiegelhöhen</li> <li>• Vorflut- / Infiltrationsniveaus</li> </ul>
Grundwasser-Neubildung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versickerungen von Bach- und Flusswasser (= Infiltrationen)</li> <li>• Niederschlagsversickerung</li> <li>• Unterirdische Wasserzutritte</li> <li>• (künstliche) Anreicherungen</li> </ul>
Abflüsse:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertritte in Bäche / Flüsse (= Exfiltrationen)</li> <li>• Übertritte in angrenzende Grundwassergebiete (= unterirdische Abflüsse)</li> <li>• (künstliche) Entnahmen</li> <li>• Verdunstung, Evapotranspiration</li> </ul>

Tabelle 2: Gesteinsarten und ihre Beziehungen zum Grundwasser

Hydraulischer Charakter	Durchlässigkeit (k-Wert)	Gesteinsarten	
		Lockergesteine	Felsgesteine
Grundwasserleiter	gut durchlässig, d.h.: $k > 10^{-4}$ m/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• saubere Schotter</li> <li>• lockere kiesige Sande</li> <li>• kiesige Talfüllungen (Alluvionen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verkarstete Malmkalke</li> <li>• verkarsteter Hauptmuschelkalk</li> </ul>
	schlecht durchlässig, d.h.: $k: 10^{-4}$ bis $10^{-7}$ m/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• siltige Deltasande</li> <li>• sandig / siltige Moränen</li> <li>• leicht tonig / siltige Kieslager oder Schotter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poröse Sandsteine</li> <li>• stark geklüftete Gesteinsserien innerhalb allen Gesteinskomplexen</li> </ul>
Grundwasserstauer = "Barrierengestein"	praktisch undurchlässig, d.h.: $k < 10^{-7}$ m/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehängelehme</li> <li>• Schwemmllehme</li> <li>• Seetone, Beckentone</li> <li>• Grundmoränen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dichte Sandsteine, Kalke, Mergel, Schiefer, Vulkanite</li> <li>• wenig geklüftete, nicht verkarstete, wenig poröse Gesteine</li> </ul>

Tabelle 3: Arten von Grundwasservorkommen

Vorkommensarten	typische Beispiele
Karstgrundwasser:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malmkarst des Randens / Reiats</li> <li>• Karst des Muschelkalks (ganzer Kanton)</li> </ul>
Talgrundwasser:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klettgauer-Grundwasserstrom</li> <li>• Grundwasserströme der Rinnenschotter</li> </ul>
Hochgelegene Grundwasser:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deckenschotter des Hohenklingens</li> <li>• Deckenschotter des Thaynger Buechberges</li> </ul>
Übrige Quellwasser:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellen von Buchberg / Rüdlingen</li> <li>• Quellen des Randens</li> <li>• Quellen Rauhenberges, Wolkensteins und des Schienerberges</li> </ul>

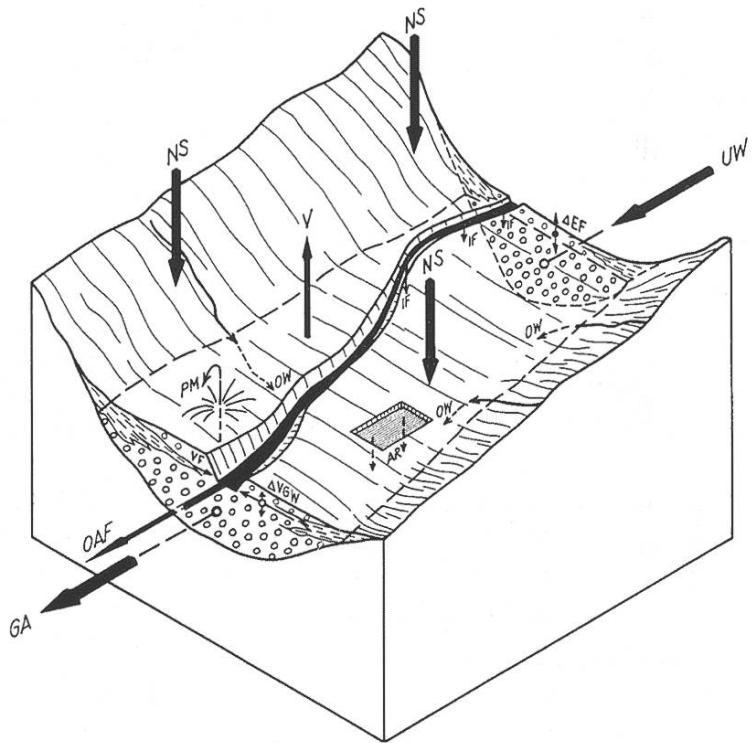
Tabelle 4: Grundzüge einer Wasserbilanz

Zuflüsse $\pm$ Reservoiränderung	= Abflüsse
Niederschlag (NS)	= Grundwasserabfluss (GA)
+ Oberirdische Wasserzutritte, d.h. Versickerungen Oberflächenwasser (OW)	+ Verdunstung / Evapotranspiration (V)
+ Unterirdische Wasserzutritte (UW)	+ Oberflächenabfluss, inkl. Interzeption (OAF)
+ Künstliche Anreicherungsmengen (AR)	+ Fördermengen (PM)
+ Infiltrationsmengen von Bächen / Flüssen (IF)	+ Vorflutmengen in Bächen / Flüssen (VF)
+ Volumenabnahme im Grundwasserleiter ( $\Delta VGW$ )	
+ Feuchteabnahme innerhalb des Tropfkörpers ( $\Delta EF$ )	

respektive

$$NS + OW + UW + AR + IF + \Delta VGW + \Delta EF = GA + V + OAF + PM + VF$$

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Wasserhaushaltes (Blockmodell)



Im Kanton Schaffhausen umfassen die massgebenden Karstgrundwasserleiter die Hohlraumsysteme von Schichtserien im Malm und im Muschelkalk. Innerhalb des Mals sind dies die "Wohlgeschichteten Kalke", "Quader-" und "Plattenkalke". Innerhalb der Gesteinsserien des Mals wird das Karstwasser durch die gut dichtenden - also stauenden - "Mittleren Malmmergel" in zwei von einander meist unabhängige Systeme geteilt. Innerhalb des Muschelkalkes sind die Kalk-, Dolomit- und Gipsserien des Mittleren und Oberen Muschelkalkes ("Anhydritgruppe", "Hauptmuschelkalk" und Trigonodusdolomit) verkarstet (Abb. 2). Somit finden sich im Kanton Schaffhausen drei Karstgrundwasserleiter, nämlich das höhere und tiefere Malmkarstwasser sowie das Muschelkalkwasser. Obwohl die ab der Kreidezeit entstandenen Verkarstungen oft noch offene Formen (Spalten, Höhlen, etc.) aufweisen, sind gleichartige Hohlräume in den Kalkformationen häufig aber auch völlig verlehmt. Sie sind demzufolge für das Grundwasser nicht zugänglich.

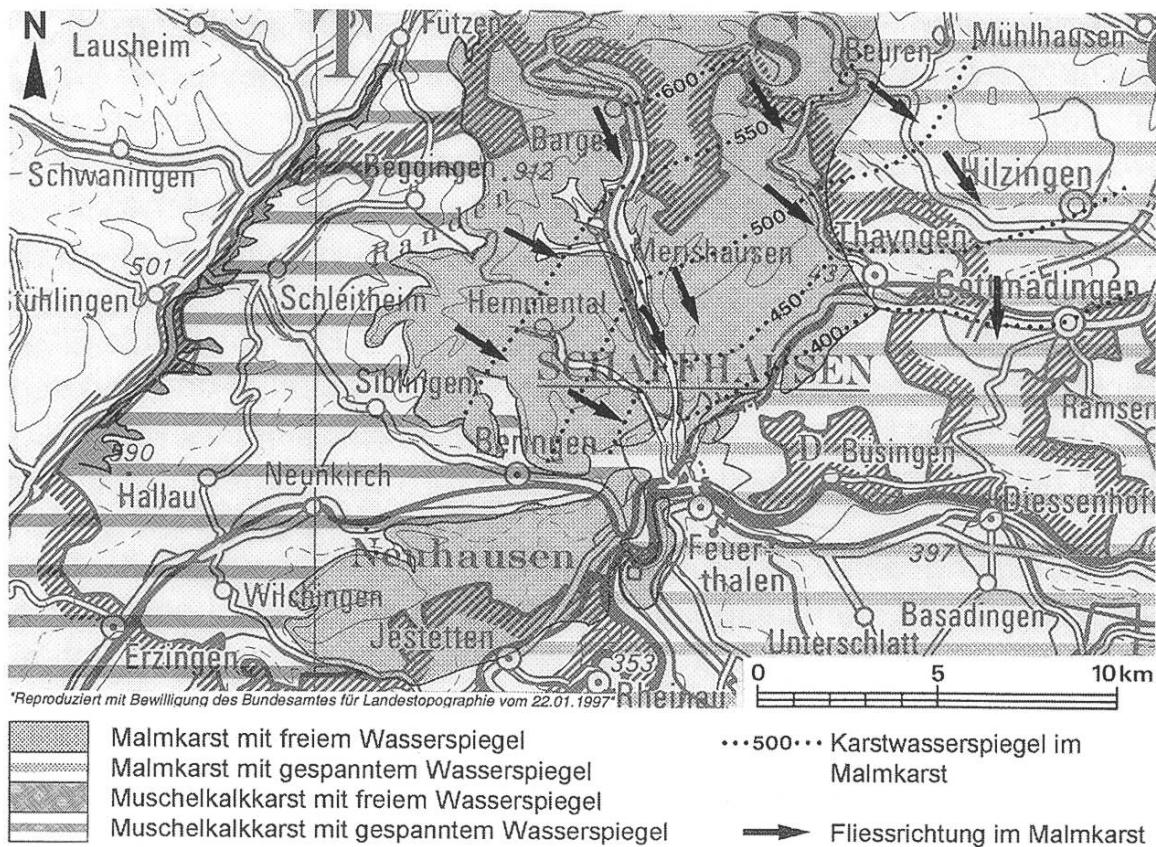


Abbildung 2: Übersichtskarte zu den Karstwasservorkommen im Kanton Schaffhausen

Die Karstvorkommen lassen sich durch die sie durchtrennenden Täler und ihrer alluvialen Füllungen geographisch gliedern. Solche trennenden Elemente sind die Klettgau-Talung, die Verbindungsrinne von der Engi nach Schaffhausen-Breiti, dann die Randentäler Lieblosental, Hemmentalertal und Merishausertal sowie die Täler des Reiats, wie das hintere und vordere Freudental, Fulachtal und das Bibertal. Schliesslich lässt sich der "Schaffhauser-Karst" noch in einen solchen nördlich und südlich der Randenverwerfung (Bargen - Wiechs - Opfertshofen - Bibermeregg / Almensbüel - Thayngen) unterteilen.

Innerhalb der Teilgebiete des Malmkarsts ist die örtliche Lage des Karstwasserspiegel weitgehend durch den Verlauf der stauenden Basisflächen der Karstgrundwasserleiter ("Mittlere Malmmergel" sowie "Impressamergel") und / oder durch die sich im Gesteinskörper vorfindenden Überlaufhöhen bestimmt. Die letzteren ergaben sich teilweise entlang von Störungs-, respektive Verwerfungsflächen, beim

Übergang vom Felsgestein zum Lockergestein oder auch zum Oberflächengewässer selbst.

Das innerhalb des Muschelkalks zirkulierende Karstgrundwasser wird nach unten durch die Mergel des Unteren Muschelkalkes ("Orbicularis-Mergel") gestaut; die nach oben wirkende Abdichtung erfolgt durch die "Lettenkohle" des Keupers. Der im Wutachtal an der Oberfläche noch aufgeschlossene Muschelkalk fällt mit 3° bis 5° in Richtung Südosten ab und schneidet eventuell dabei in der weiteren Umgebung von Hallau noch knapp den Lockergesteins-Grundwasserleiter der Klettgau-Rinne.

Die Speisung der Karstgrundwässer erfolgt zum einen Teil durch versickernde Niederschläge, jedoch nur dort, wo es nicht noch durch höhere, gut abgedichtete Grundwasserstockwerke der Tiefenversickerung entzogen wird. So erhält der Leiter des Muschelkalks seine Wasserzuschüsse aus dem Gebiet zwischen der Wutach sowie südlich und südöstlich von Schleitheim. Das Wasser des tieferen Malmkarsts wird durch den versickerten Niederschlag des westlichen Randens sowie des nordwestlichen Sürandens gebildet. Die Niederschläge des östlichen Randens und weitgehend des Reiats speisen schliesslich das Karstwasser des höheren Malmkarstes.

Zum andern Teil wird bei Schleitheim - Oberwiesen und südwestlich von Fützen das Muschelkalkwasser durch infiltrierendes Wutachwasser, im mittleren Hemmentalertal, dem unteren Merishausertal das tiefere Malmkarstwasser durch die entsprechenden Randenbäche gespeist. Das Vorkommen des höheren Malmkarsts erhält schliesslich seine infiltrierenden Bachwasserzuschüsse im Hauental sowie im untersten Merishauer-Tal.

Für die im Kanton Schaffhausen vorkommenden Karstwässer wirken als massgebende Entwässerungssysteme einerseits Oberflächengewässer und deren Alluvionen (z.B. Rhein, Fulach, Durach). Andererseits fliessen aus dem Karstsystem den seitlich angrenzenden Grundwasserleitern eventuell bedeutende Wassermengen zu.

Denkbar sind Zuflüsse in die Binner-Rinne, das Solenberg-Niklausen-Emmersberg-Beckens, die Rheinfall-Rinne (stets aus dem

höheren Malmkarst); der Klettgau-Rinne bei Beringen (tieferer Malmkarst) und eventuell bei Hallau (Karst des Muschelkalkes). Da die Druckniveaus innerhalb des Karstes oft höher sind als jene der darüber sich befindenden Fels- und Lockergesteins-Grundwasserleiter, werden vertikale Ausgleichsströmungen erzeugt. So erfolgen auch noch vertikale Durchsickerungen in den darüber gelegenen Molasseserien. Schliesslich entwässern an der Oberfläche viele kleinere und mittlere, sowie ganz wenige grosse Quellen die verschiedenen Karstwasservorkommen. Als bedeutendste sind jene im Lieblosental der Gemeinde Beringen, im hinteren Hohlgraben der Gemeinde Merishausen, im Mülital der Gemeinde Bargen sowie beim Hanesbüel der Gemeinde Altdorf zu nennen.

## 3.2 Talgrundwasser im Kanton Schaffhausen

### 3.2.1 Talgrundwasser im oberen Bibertal (Unterer Reiat)

Der im Unteren Reiat durch die Biberalluvion gebildete Grundwasserleiter verläuft mehr oder weniger parallel zum oberen Bibertal zwischen Hofen und Thayngen (Abb. 3). Dieses Grundwasser wird durch die Trinkwasserfassungen der Gemeinden Hofen, Opfertshofen (Stierengarten) und Bibern (Sääli) sowie der Firma Knorr in Thayngen genutzt.

Oberhalb von Thayngen (Hüttenleben) ist dieser Grundwasserleiter schmal (knapp 50 bis 200 m) und gering- bis mittelmächtig (3 bis 10 m). Ab dem Dorfkern von Thayngen weitet er sich bis zu einer Breite von 700 m aus, bei gleichbleibender Mächtigkeit (3 bis 10 m). Unterhalb Thayngen nimmt die Mächtigkeit dieser spät- und nach-eiszeitlich entstandenen Alluvion der Biber rapid ab und keilt oft aus.

Die Durchlässigkeit - ausgedrückt als k-Wert - dieses Grundwasserleiters gilt als mässig gut bis gut durchlässig [ $k = (0,5 \text{ bis } 2) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ]. Entsprechend den oben aufgeführten Leitermächtigkeiten sind die Transmissivitäten T [ $T = k\text{-Wert} \cdot \text{Mächtigkeit}$ ] auch eher nur bescheiden [ $T = (1 \text{ bis } 20) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ]. Wegen des relativ hohen Grundwassergefälles von  $i \sim 6 \text{ %}$  lässt sich über den Talquerschnitt,

eine mittlere Grundwasserdurchflussmenge von durchschnittlich  $Q \sim 250$  bis  $600$  l/min abschätzen.

Die Speisung erfolgt vorwiegend durch infiltrierendes Bachwasser der Biber sowie, untergeordnet, durch zusickerndes Hang- und versickerndes Niederschlagswasser. Das Grundwasservorkommen wird durch die Biber als sogenannter Vorfluter und durch die obgenannten Grundwasserfassungen entwässert. Der Grundwasserspiegel wird durch den relativ konstanten Wasserspiegel in der Biber stabilisiert, weshalb die Wasserspiegelschwankungen meist kleiner als 1 m sind.

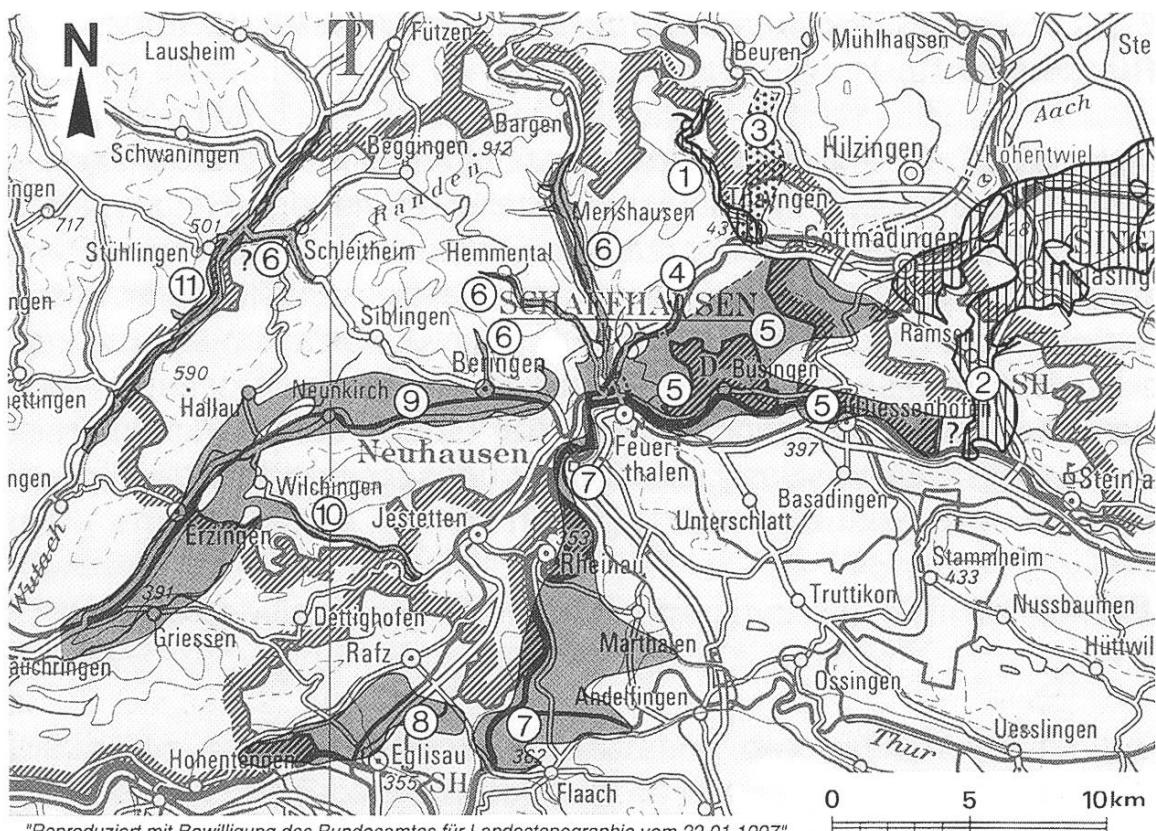
### **3.2.2 Talgrundwasser im unteren Bibertal (oberer Kantonsteil)**

Im unteren Bibertal besteht aus dem obersten Terrassenschotter von Gottmadingen - Buch-Hard sowie der Biberalluvion ein untiefer Grundwasserleiter. Dieser wird im Abschnitt zwischen Ramsen und Hemishofen / Bibermüli in den Grundwasserpumpwerken Ramsen-Dorf (für Brauchwasser), Wilen und Hemishofen genutzt.

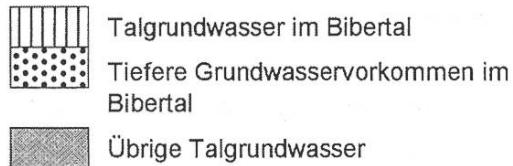
Im Bereich von Hard und Spiesshof / Hofenacker ist er relativ breit (bis  $> 1$  km), meist geringmächtig (meist  $< 5$  m) bis auskeilend, d.h. seitlich aufhörend. Zwischen Ramsen / Moskau und dem Rhein ist dieser Grundwasserkörper relativ breit (1 bis  $1\frac{1}{2}$  km) und gering bis mässig mächtig (3 bis 10 m).

Die Durchlässigkeit ist mit  $k$ -Werten von  $(0.5$  bis  $20) \cdot 10^{-3}$  m/s mässig gut bis sehr gut. Die Transmissivität gilt mit  $T$  um  $(2$  bis  $70) \cdot 10^{-3}$  m $^2$ /s als mittel. Als Folge des hohen Grundwassergefälles von  $i \sim 3\%$  bis  $8\%$  misst die durch die Talquerschnittsfläche fliessende mittlere Grundwassermenge etwa 1800 bis 3600 l/min.

Die Grundwasserspeisung erfolgt hier weitestgehend durch lokal versickerndes Niederschlagswasser (ca. 500 l/min pro km $^2$ ), durch Grundwasserzutritte aus den Räumen Rielasingen / Arlen und Wiesholz und etwas zusickerndes Hangwasser.



"Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 22.01.1997"



- ①-⑪ Nummer des Grundwasservorkommens
- ① Talgrundwasser im oberen Bibertal
- ② Talgrundwasser im unteren Bibertal

- ③ "Binninger Rinnenschotter"
- ④ Fulachtal
- ⑤ "Schaffhauser Rinnenschotter"
- ⑥ Rendantäler
- ⑦ Rheintal zwischen Schaffhausen und Rüdlingen
- ⑧ Östliches Rafzerfeld
- ⑨ Klettgau
- ⑩ Wangental
- ⑪ Wutachtal

Abbildung 3: Übersichtskarte zu den Lockergesteins-Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen

Die Entwässerung des Grundwassers erfolgt zur Biber und zu den Fassungen Ramsen-Dorf, Wilen und Hemishofen. Ganz untergeordnet sind noch Grundwasserübertritte in den Rhein. Wie im Oberen Bibertal sind auch hier - aus analogen Gründen - ebenfalls geringe Schwankungen des Grundwasserspiegels (meist  $< \pm 1$  m) zu verzeichnen.

### 3.2.3 Tiefere Grundwasservorkommen im Bibertal (Binninger-Rinnenschotter)

Unter den Talgrundwasservorkommen finden sich in älteren Rinnen-systemen Kieslager (= Rinnenschotter), die in der Regel tiefere Grundwasservorkommen darstellen. Diese alten Grundwasserleiter wurden weitgehend als Tal- und / oder Seebeckenfüllungen im Vorfeld von Gletschern gebildet (Abb. 4). Teilweise können sie auch als subglaziäre Ablagerungen im Gletschersohlenbereich gedeutet werden. Bei der Interpretation dieser tiefen Grundwasservorkommen ist zu berücksichtigen, dass die Entstehungsgeschichte der Rinnenschotter noch nicht einwandfrei geklärt ist.

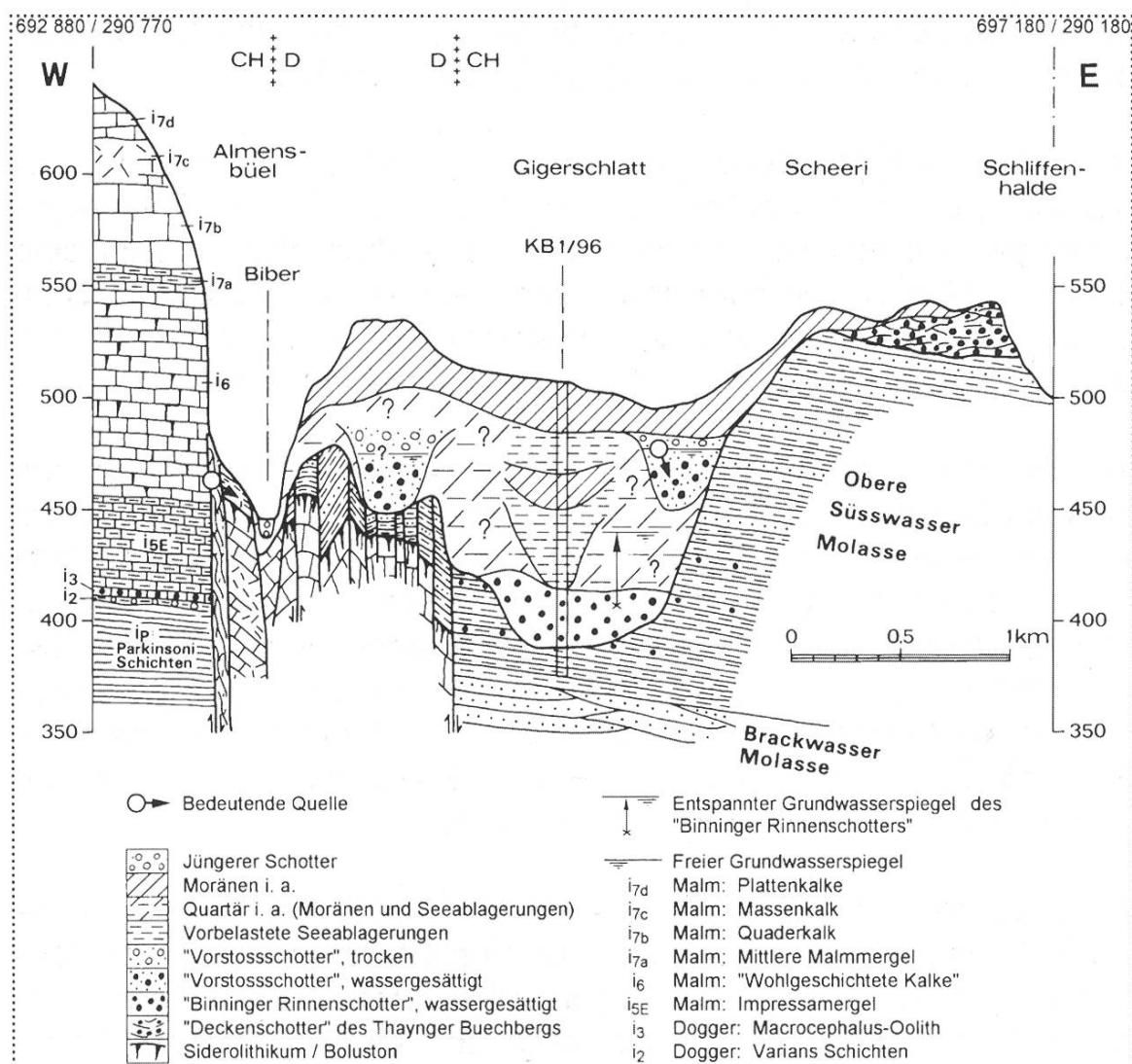


Abbildung 4: Übersichtsprofilschnitt durch die Binninger-Rinne (10 x überhöht)

Als ein solcher Grundwasserleiter ist das ursprüngliche tiefste Kieslager zu betrachten, das von (Welschingen / Ertenhag) - Binningen - Schlatt am Randen - Thayngen - (Bietingen - Gottmadingen) - Randegg zieht. In diesem sind die Fassungen Büten und Merzenbrunnen in Thayngen angelegt. Zwischen Thayngen und Randegg fehlt heute dieses Schottervorkommen. Es wird davon ausgegangen, dass spätestens im Zuge der frühen letzten Eiszeit (Würmeiszeit) - eher noch früher - zwischen Randegg - Bietingen und dem weiteren Bahnhofareal von Thayngen dieser grundwasserführende Schotterkörper vollständig erodiert wurde. Die dadurch entstandene "Hohlform" wurde später mit ausgedehnten feinkörnigen Seeablagerungen und glazialen, respektive moränenartigen Bildungen des sogenannten "Bietinger Beckens" aufgefüllt. Letzteres ist - aller Voraussicht nach - als weitestgehend vom Grundwasserregime der tieferen Grundwasservorkommen im Bibertal getrennt zu betrachten.

Die heute noch bestehende Fortsetzung des alten tiefen Grundwasserleiters im Bibertal findet sich im Vorkommen von Randegg - Dörflingen - Büsingen - Buchthalen. Noch offen steht zudem eine denkbare Verbindung oder ehemalige Verbreitung / Ausdehnung zu einem postulierbaren Grundwasserkörper, der von Rielasingen via Ramsen - Bibermüli - Staffelwald (?) - Gailingen (?) verläuft.

Von diesen alten tieferen Grundwasservorkommen im Bibertal verfügt man zur Zeit noch über spärliche Kenntnisse; dennoch liegen dank gezielter Bohraufschlüsse und einem reflexionsseismischen Profil (Almensbühl / Bibermeregg - Barzheim) schon Grundkenntnisse vor. Zudem lassen sich einige weitere Eigenschaften dieses gut verdeckten, respektive versteckten Vorkommens vermuten. Über die geometrischen Verhältnisse kann man erst grobe Vermutungen anstellen. So zeichnet sich aber schon heute eine Breite von bis zu 1 km und eine Mächtigkeit von bis mehr als 25 m ab.

Innerhalb dem Grundwasserleiter finden sich sehr stark schwankende Durchlässigkeiten, deren Kennwerte  $k$  örtlich zwischen  $(0.5 \text{ bis } 2) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  messen. Da teilweise ganz beachtliche Mächtigkeiten vorliegen, sind für diese Vorkommen oft auch mittlere bis höhere Transmissivitätswerte von  $T \sim (5 \text{ bis } >30) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  anzunehmen.

Dieses tiefere Grundwasservorkommen wird neben lokal versickernden Niederschlägen wohl auch durch unterirdische Felsgrundwasserzutritte und dabei oft auch von unten vertikal zusickerndes Karstwasser gespiesen. Diese sind vor allem für den Raum Beuren - Binningen - Schlatt am Randen denkbar. Die Entwässerung des Binner-Rinnenschotters erfolgt heute weitgehend durch die beiden Grundwasserpumpwerke der Wasserversorgung in Thayngen. Das übrige tiefere Grundwasservorkommen hat seine natürlichen Grundwasservorfluter vermutlich im weiten Karstwassersystem west- und südwestlich von Thayngen, also im weiteren Raum "Kesslerloch". Dessen Karstwasserspiegel wird aufgrund der mehrheitlich diffusen Zusickerungen (= Leakageeffekte) durch das Niveau der Fulach bestimmt, respektive mehr oder weniger konstant gehalten. Kleinere Mengen exfiltrieren schliesslich via die bei den Pumpwerken künstlich geschaffenen Verbindungen zur Biber hin.

Aufgrund dieser allgemeinen Situation sowie der Messungen bei den Pumpwerken "Büten" und "Merzenbrunnen" und der neuen Erkundungsbohrung "Gigerschlatt" kann die entspannte Wasserspiegel-lage einigermassen abgeschätzt werden. So befindet sie sich im zentralen Dorfbereich Thayngen um Kote 440 m und fällt anschliessend in Richtung Kesslerloch ab. Somit ist anzunehmen, dass deren Grundwasserspiegel oft höher als die Talsohlen gelegen sind und daher das vorhandene Grundwasser artesisch gespannt ist. Die hier bestehenden Gefälle sind wohl noch nicht näher bekannt, doch dürften sie kaum mehr als 5 % messen. Oberhalb der beiden Thaynger Pumpwerke, also in Richtung der Bohrung "Gigerschlatt" konnte dagegen nur ein sehr flaches Grundwassergefälle von knapp 1 % festgestellt werden. Die durchschnittlichen Durchflussmengen lassen sich erst ganz grob abschätzen. In Kombination mit den in Thayngen (Merzenbrunnen und Büten) früher vorgenommenen Pump-versuchen ist anzunehmen, dass im Unterlauf der sogenannten Binner-Rinne ein zumindest kurzfristiger Grundwassermengenfluss von 6000 bis 10000 l/min möglich ist. Dagegen ist zur Zeit noch nicht geklärt, inwieweit diese grossen Entnahmemengen durch natürliche Zuflüsse langfristig auch ständig erneuert werden können. Denkbar ist, dass bei solch grossen und langfristigen Grundwasserentnahmen eine "anzapfende" Speisung vom Karstwassersystem westlich von Thayngen neben einer Zehrung vom Speichervolumen im Grund-

wasserleiter selbst erfolgen muss. Dabei wäre mit einem veränderten Zuflusssystem zu rechnen.

### 3.2.4 Fulachtal

Innerhalb der Alluvion des Fulachtals sowie des sie begrenzenden Vorstosseschotters / Niederterrassenschotters - der Munoterrasse - findet sich ein weiterer bedeutender Grundwasserleiter. Dieser verläuft vom Herblingertal unterhalb Weierwisen via Güterbahnhof / Ebnat zum Unteren Emmersberg. Innerhalb diesen Kiesen und Sanden finden sich die Grundwasserfassungen für das Kieswerk Solenberg und die Brauerei Falken.

In der Regel ist dieses Vorkommen relativ schmal (50 bis 400 m) und liegt in einer relativ mächtigen (15 bis 25 m) Schüttung. Im weiteren gilt es als mässig gut bis sehr gut durchlässig [ $k = (0.5 \text{ bis } 5) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ]. Die Transmissivitäten sind mittel bis gross, mit durchschnittlichen Werten von  $T \sim (7 \text{ bis } 50) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  auf. Aus dem vorhandenen, oft beachtlichen Grundwassergefälle von  $i \sim 3 \text{ bis } 10 \text{ %}$  lässt sich eine Durchflussmenge auf ca. 3000 l/min. abschätzen.

Die Speisung ins Grundwasservorkommen des Fulachtals erfolgt nur untergeordnet durch versickernde Niederschlagswasseranteile, dagegen sind bedeutende Karst-Wasserzutritte aus den Räumen Grafenbuck - Herblingen / (Stetten) sowie etwas zusickerndes Hangwasser für die Speisung der Grundwasservorkommens verantwortlich.

Die "Grundwasserabflüsse" erfolgen unterirdisch als Entwässerung ins direkt im Osten seitlich angrenzende Rinnenschottersystem zwischen Solenberg - Waldfriedhof - Emmersberg sowie zu den obengenannten Fassungen.

Die Grundwasserspiegelschwankungen sind infolge konstant an zunehmender Speisung und der relativ konstanten Spiegelverhältnisse der Grundwasservorflut lediglich gering bis mässig (meist kleiner als  $\pm 1 \text{ m}$ ).

### 3.2.5 Grundwasser des Schaffhauser-Rinnenschotters (Dörflingen - Buchthalen)

Dieser bedeutende Grundwasserleiter stellt ein weit ausgedehntes Kiesvorkommen dar, das als breite Talfüllung eines älteren Gletschervorfeld-Bereichs zu deuten ist. Seine zeitlich gegliederte Entstehungsgeschichte ist allerdings noch nicht einwandfrei geklärt.

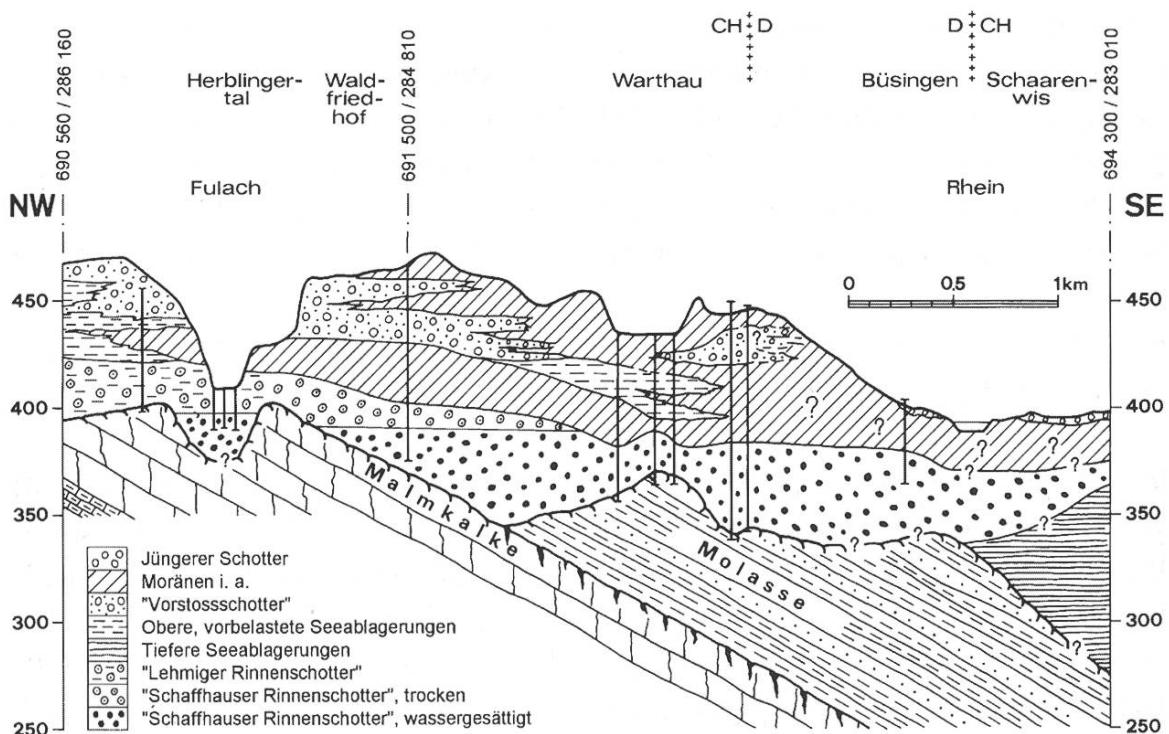


Abbildung 5: Übersichtsprofilschnitt durch den Schaffhauser-Rinnenschotter (10 x überhöht)

Teilweise lagert der Schaffhauser-Rinnenschotter direkt dem Fels auf, im Osten auf der grundwasserstauenden Molasse und im Westen auf dem karstwasserleitenden Malm. Man findet an seiner Sohle teilweise auch wasserabdichtende Moränen oder noch ältere Seeablagerungen (Abb. 5).

Der weit ausgedehnte Grundwasserleiter beginnt etwa ab einer Linie Randegg / Weiertal (südlich von Thayngen) und verläuft via Dörflingen - Gennersbrunn / Büsingen in Richtung - Buchthalen Rheinhalde / Unterstadt. Darin wurden die Grundwasserbrunnen an der Rheinhalde und die 1996 / 1997 abgeteuften Fassung Warthau

erstellt. Dieses Vorkommen stellt wohl die Fortsetzung des Rinnenschotters der Binninger-Rinne dar. Dabei ist anzunehmen, dass diese beiden Grundwasserkomplexe durch die jüngeren Talfüllungen des Bietinger Beckens von einander getrennt wurden, wobei die Abdichtung durch die Seeablagerungen des Beckens erfolgt (vgl. Kap. 3.2.3). Als Folge der hydraulischen Trennung liegt der Grundwasserspiegel im Schaffhauser-Rinnenschotter ca. 45 m tiefer als in jenem der Binninger-Rinne oberhalb von Thayngen.

Ein südlicher Arm dieses Grundwasserleiters findet seinen Anfang eventuell im untersten Bibertal, jedoch zumindest östlich von Gailingen und zieht via St. Katharinatal / Laag nach Büsingen, wo er sich vermutlich mit dem von Norden, d.h. von Dörflingen her kommenden Arm vereinigt. In diesem südlichen Teil wurde für die Gemeinde Dörflingen die Grundwasserfassung im Raum der Laag sowie drei Brunnen südlich des Rheins für die Stadtgemeinde Diessenhofen abgeteuft.

Im Stadtgebiet von Schaffhausen teilt sich der Grundwasserleiter in zwei Arme, und zwar in einen nördlichen Ast (der östliche Anfang der Klettgau-Rinne) und einen südlichen Ast (die Urwerf-Rheinfall-Rinne). Während die südliche Rinnenfüllung durchgehend mit gut durchlässigen Kiesen und Sanden gefüllt ist, findet sich in der nördlichen, der ehemaligen Klettgau-Rinne zwischen der Breiti und dem Engiwald eine abdichtende, d.h. das Grundwasser abtrennende Verfüllung mit Moränenmaterial. Dies bewirkt, dass sich von der Breiti an ostwärts das Grundwasser auch nach Osten hin entwässert; westlich des Engiwald fliesst es in dieser Rinne klettgauwärts.

Praktisch der ganze Schaffhauser-Rinnenschotter wird von einer Moräne, höheren Kieslagern (häufig "Vorstossschotter") und oft auch noch von alten Seeablagerungen bedeckt. In den Bereichen von Solenberg und Gailingen folgt jedoch über dem Schaffhauser-Rinnenschotter in einem direktem Kontakt gut durchlässiger "Vorstossschotter".

Im Schaffhauser-Rinnenschotter weist der Grundwasserspiegel ein sehr flaches Gefälle auf, so dass der hydraulische Gradient ( $i$ ) meist weniger als 1 % misst. In der Regel finden sich gute Durchlässigkeit

keiten vor, wobei die sie charakterisierenden  $k$ -Werte meistens zwischen  $(0.5 \text{ bis } 5) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  liegen. Da die massgeblichen Mächtigkeiten des Grundwasserleiters meist ganz beachtliche Größen (10 bis 30 m) besitzen, bestehen innerhalb diesem Vorkommen mittlere und hohe Transmissivitätswerte [ $T \sim (5 \text{ bis } 100) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ].

Der mittlere Grundwasserspiegel liegt im Raum Dörflingen etwa auf Kote 392 m, im Fassungsgebiet Rheinhalde um 390 m und in der Schaffhauser Unterstadt bei 389 m. Demzufolge findet er sich im Buchthalerwald - Solenberg - Gannersbrunn meist in mehr als 40 m Tiefe, häufig sogar noch tiefer als 60 m unter Terrain. Er liegt als freier und gespannter Spiegel vor. Innerhalb den das Rinnenschotter-Grundwasser bedeckenden Moränen und Seeablagerungen finden sich lokale, schwebende Grundwässer. Diese sind vom unteren Grundwasservorkommen isoliert. Diese dichtenden Schichten bewirken, dass - ausser vom Solenberg und von Gailingen (vgl. oben) - praktisch nur geringe nach unten gerichteten Zusickerungen erfolgen.

Die Grundwasserspeisung erfolgt im nördlichen Abschnitt vorwiegend durch unterirdische Felsgrundwasserzutritte in Form von unten her vertikal zusickerndem Karstwasser. Der südliche Abschnitt erhält dagegen seine Wasserzuschüsse grossenteils durch infiltrierendes Rheinwasser. Daneben sind noch bedeutende Zusickerungen von Lockergesteinsgrundwasser aus den Bereichen Staffelwald, Randegg, Weiertal und Fulachtal anzunehmen.

Als Grundwasservorfluter wirken heute die in der Bachstrasse von Schaffhausen verlaufende Gerberbachdrainge sowie das Grundwasser der Herrenacker-Urwerf-Rheinfall-Rinne. Ein grosser Teil des in diesem bedeutenden Grundwasservorkommen zirkulierenden Wassers wird jedoch durch die Grundwasserbrunnen der Rheinhalde künstlich entwässert. Seit deren Erstellung wurde der dort einst stets als Vorfluter wirkende Rhein zum ständigen Infiltrand infolge der rheinnahen Grundwasserförderung.

### 3.2.6 Randentäler

Die massgebenden Grundwasserleiter der Randentäler liegen im Merishausertal, Hemmentalertal und Lieblosental. Weiter finden sich vereinzelte, kleinere isolierte Grundwasservorkommen in den Talungen um Schleitheim (Täler des Zwären- sowie des Schleitheimerbachs). Ihre Bedeutung ist durch die Grundwasserfassungen im Merishausertal für die Wasserversorgung Oberer Reiat, für die Gemeinde Merishausen und für die Stadt Schaffhausen mit jener am Engstieg gegeben. Weiter finden sich im Hemmentalertal die Gemeindefassung oberhalb des Dorfes Hemmental sowie die Mühlentalquelle). Im Lieblosental wird schliesslich das Grundwasser durch die Quellwasserfassungen "Tal" der Gemeinde Beringen genutzt.

Meistens stellen diese Vorkommen nur einen schmalen, d.h. 50 bis 300 m breiten und mittelmächtigen (5 bis 20 m) Grundwasserleiter dar. In der Regel ist er mit  $k$ -Werten von  $(0.5 \text{ bis } 1) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  nur mässig gut durchlässig. Seine mittlere Transmissivitäten betragen daher um  $(2 \text{ bis } 20) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Häufig finden sich in diesen Tälern relativ hohe Grundwassergefälle von  $i \sim 5\%$  bis  $10\%$  vor. Die mittleren Durchflussmengen, die diese Talquerschnitte durchströmen, liegen meist zwischen 300 bis 1200 l/min.

Innerhalb dieser Randentäler sind starke Wasserspiegel-schwankungen zu verzeichnen, bei Merishausen mehr als 12 m. Dementsprechend sind auch die Grundwasserdurchflussmengen grösseren Schwankungen unterworfen.

Die Grundwasserspeisung erfolgt hier weitgehend nur durch zu-sickerndes Hang- und Karst-Wasser. Die Grundwasservorkommen der Randentäler wirken für das in den Malmkalken zirkulierende Karstwasser (vgl. Kap. 3.1) sehr häufig als Vorfluter. Für die Grundwasservorkommen der Randentäler stellen die tiefer gelegenen Grundwasservorkommen die Grundwasservorfluter dar. Als solche wirken nun der Rinnenschotter in Schaffhausen, die Urwerf-Rinne, der Klettgauer Grundwasserstrom und schliesslich das Wutachtalgrundwasser.

### 3.2.7 Rheintal zwischen Schaffhausen und Rüdlingen

Vom Herrenacker via Steig - Urwerf - Neuhausen / Flurlingen zum Rheinfallbecken verläuft die südliche Schaffhauser-Rinne. In ihr wurden die Brunnenbohrungen Mosergarten, Wärmeverbund Herrenacker, Coffex, Arova, IVF, Trinkwasserversorgung Flurlingen und der Horizontalfilterbrunnen der Wasserversorgung Neuhausen angelegt. Die Fortsetzung dieses Grundwasserleiters findet sich zwischen dem Rheinfallbecken - Dachsen - Rheinau - Ellikon - Rüdlingen. Darin wurden die Brunnen für das Anreicherungspumpwerk Rafzerfeld beim Eggholz und die Fassung der Gemeinde Rüdlingen erstellt.

Oberhalb des Rheinfallbeckens ist das Vorkommen mit 200 bis 300 m relativ schmal ausgebildet und weist es eine beachtliche Schichtmächtigkeit von 20 bis 40 m auf. In der Regel liegt eine gute Durchlässigkeit mit  $k$ -Werten von  $(1 \text{ bis } 3) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  vor. Hieraus ergeben sich Transmissivitätswerte von  $T \sim (20 \text{ bis } 100) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . Da häufig ein relativ hohes Grundwassergefälle von  $i \sim 2.5 \text{ bis } 20 \text{ }‰$  besteht, sind die Durchflussmengen erhöht und betragen zwischen 1200 und 9000 l/min.

Die Grundwasserspeisung erfolgt vorwiegend durch infiltrierendes Rheinwasser und zufließendes Karst-Grundwasser. Als Grundwasservorfluter gelten das Rheinfallbecken und dabei vor allem die dortige Fassung der Wasserversorgung Neuhausen. Als Folge der guten "Anbindung" an den Rhein und damit seinem ziemlich konstanten Wasserspiegel sowie der gleichmässigen Infiltrationsleistung des Rheins, treten nur relativ geringe Schwankungen des Grundwasserspiegels auf.

Zwischen Ellikon und Rüdlingen weist der Grundwasserleiter eine beachtliche Breite von mehr als 2 km auf. Seine gesättigten Kiesmächtigkeiten sind mit 5 bis 20 m meist bedeutend. Auf Schaffhauser Gebiet - also links des Rheins - wird dieses Vorkommen durch die Fassungen der Gemeinde Rüdlingen sowie durch die beiden Entnahmestellen für das Uferfiltrat-Pumpwerk Eggholz zur Grundwasseranreicherung des Rafzerfeld-Grundwassers genutzt.

In der Regel gelten hier gute Durchlässigkeitswerte von  $k = (1 \text{ bis } 3) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ , weshalb die durchschnittlichen Transmissivitäten  $T = (10 \text{ bis } 60) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  betragen. Basierend auf einem häufig vorkommenden mittleren Grundwassergefälle von  $i \sim 2.5 \text{ bis } 3 \text{ ‰}$  sind in diesem Abschnitt auch Taldurchflussmengen von wesentlich mehr als 15000 l/min zu verzeichnen.

Zur Grundwasserspeisung tragen versickernde Niederschlagswasseranteile von 600 l/min pro  $\text{km}^2$  sowie zusickernde Hangwässer bei. Als Grundwasservorfluter wirkt für diesen Abschnitt der Rhein sowie die Fassung des Bewässerungspumpwerks Ziegelhütte sowie die permanente Grundwasserabsenkung des Tales.

Infolge der guten hydraulischen Anbindung an den Rhein stellt sich hier der Grundwasserspiegel auf das Rheinniveau ein und schwankt demzufolge nur in einem sehr geringen Rahmen.

### 3.2.8 Östliches Rafzerfeld

Grundwasseruntersuchungen, die vorwiegend in den 70er-Jahren vorgenommen wurden, ergaben, dass die früher vermutete Grundwasserverbindung vom Gebiet nördlich Rüdlingen hinüber zum Rafzerfeld (HUG & BEILIK 1934) nicht vorhanden ist. So ist die einst durchgehende Talung Rüdlingen - Rafzerfeld des vorwürmeiszeitlichen Rhein-Thur-Tales seit mindestens der letzten Eiszeit verstopft, gleich wie der Verschluss der Klettgau-Rinne mit dichtem Moränenmaterial im Raum Schaffhauser Breiti - Engiwald.

Der untere Kantonsteil wird dennoch vom östlichen Bereich des grossen zusammenhängenden Rafzerfeldgrundwasservorkommen tangiert, und zwar im Gebiet Spitzrüti - Brand - Hard. Während dieses auf zürcherischem Boden intensiv zu Trinkwasserzwecken genutzt wird, wurden auf dem Gebiet der Gemeinden Rüdlingen und Buchberg keine Grundwasserfassungen erstellt. Dafür gilt der Schaffhauser Abschnitt als wichtiger Zuströmbereich für die Trinkwasserfassungen in den "Stadtforen" (Gemeinde Eglisau).

Auf dem Gebiet von Buchberg und Rüdlingen handelt es sich um einen ca. 1 km breiten, mittelmächtigen Grundwasserleiter, der meist zwischen 5 bis 15 m stark ist. In der Regel gilt er als gut durchlässig mit  $k$ -Werten von  $(1 \text{ bis } 5) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  und Transmissivitäten von  $T \sim (5 \text{ bis } 75) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

In diesem Abschnitt sind mittelgrosse und ziemlich konstante Grundwasserdurchflussmengen vorhanden. Dies ist auf die Grundwasserspeisung von versickerndem Niederschlagswasser sowie seitlich unterirdisch zusickerndem Hangwasser zurückzuführen. Die entsprechenden Anteile zur Grundwasserneubildung sind mit etwa 600 l/min pro  $\text{km}^2$  anzusetzen. Entsprechend der Fläche des Einzugsgebiets von knapp 4  $\text{km}^2$  ist somit mit einer Durchflussmenge von ca. 2000 bis 2500 l/min zu rechnen.

Der Grundwasserspiegel wird durch die Höhenlage des Vorfluters Rhein oberhalb des Kraftwerkes Eglisau fixiert und befindet sich um Kote 345 m. Daher besteht eine ganz beachtliche Trockentiefe (= Lage des Grundwasserspiegels unter Terrain) von 65 bis 90 m.

### 3.2.9 Klettgau

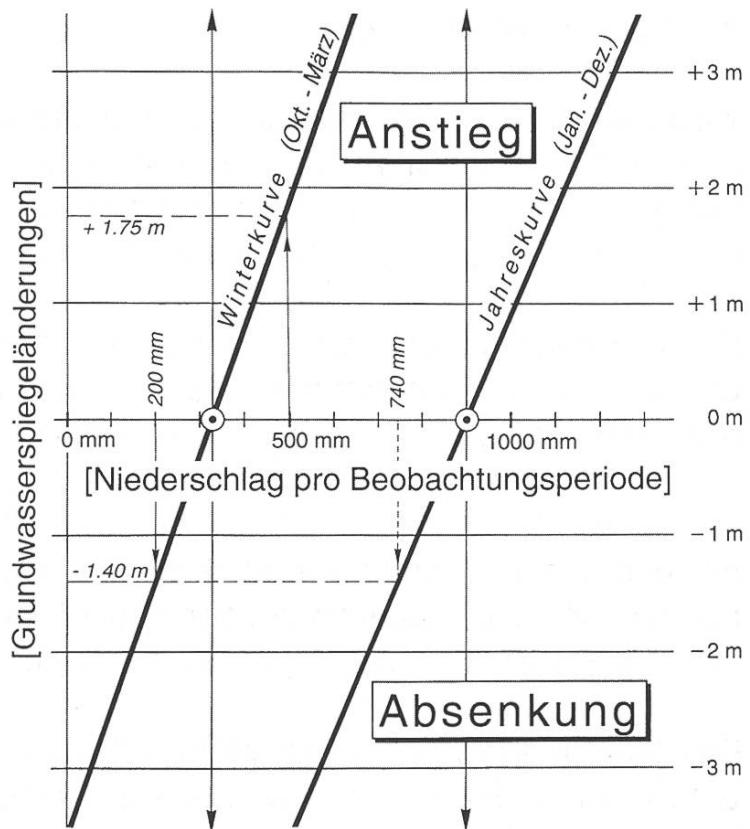
Im sehr ausgedehnten Schotterkörper der Klettgau-Rinne findet sich im Raum vom Engiwald - Beringer-Hard - Neunkirch - Trasadingen / Wilchingen - Landesgrenze einer der bedeutendsten Grundwasserleiter des Kantons Schaffhausen. Im rund 14 km langen Schaffhauser Abschnitt wird er mittels mehrerer Trinkwasserfassungen genutzt. So im Sand (zwischen Löhningen und Guntmadingen), in den Chrummenlanden (zwischen Gächlingen und Neunkirch), im Muzell (Neunkirch), im Unterneuhaus (Wilchingen) sowie im Chis bei Trasadingen. Zur Sicherung einer zukünftig noch erweiterten Grundwassernutzung wurde durch den Kanton im Gebiet Hungerbuck - Gigenbuck (Neunkirch) ein Grundwasserschutzareal ausgeschieden. Jenseits der Landesgrenze setzt sich dieser Grundwasserstrom nach Erzingen - Griessen - Lauchringen - Tiengen / Waldshut-Ost über eine Länge von weiteren 17 km fort.

Beim Klettgauer Grundwasservorkommen handelt es sich um einen 500 bis 2200 m breiten und 30 bis 50 m mächtigen Grundwasserleiter. Geoelektrische Messungen (VON MOOS & NÄNNY 1970) lassen vermuten, dass der Grundwasserleiter zwischen Neunkirch und Hallau sowie östlich von Trasadingen durch zwei längserstreckte Felsrücken getrennt ist. Da sie bis dato noch nicht erbohrt wurden, ist deren geologische Natur noch unbekannt. Während die Sohle des Grundwasserkörpers im Raum von Beringen bis über 105 m unter Terrain reicht, findet sie sich an der Landesgrenze immer noch in 80 bis 90 m Tiefe.

Aufgrund der diversen im Klettgau ausgeführten Pumpversuchen gilt der Grundwasserleiter als gut durchlässig, wobei die  $k$ -Werte um  $(1 \text{ bis } 10) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  schwanken. KÜHNLE-BAIKER et al. (1992) gehen bei ihrer Modellierung des Klettgauer Grundwassers von einem mittleren  $k$ -Wert von  $4.5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  aus. Für die Verhältnisse im Schaffhauser Klettgau ist aber ein tieferer Mittelwert zwischen  $(1 \text{ bis } 2) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  anzusetzen. Es liegen somit häufig von Transmissivitäten  $T$  mit Werten um  $(10 \text{ bis } 100) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  vor.

Als Grundwasservorfluter wirkt die Wutach bei Oberlauchringen, wo sie die Grundwasserspiegellage auf ca. Kote 350 m bis 354 m fixiert. Weitere Vorflutpunkte bestehen in den diversen schaffhauserischen und deutschen Grundwasserbrunnen. Im Schaffhauser Klettgau zeichnet sich das Vorkommen durch ein äusserst flaches Grundwassergefälle von  $i \sim 0.6 \text{ bis } 1 \text{‰}$  aus. Demzufolge verhält es sich nahezu wie ein stehendes unterirdisches Gewässer. Und dennoch findet entlang der Landesgrenze (deutsches Profil Erzingen - Weisweil) gemäss KÜHNLE-BAIKER et al. (1992) ein totaler (Klettgau und Wangental) Grundwasserabfluss von etwa 36000 l/min statt. Innerhalb des Schaffhauser Abschnittes, wo in der Regel bis dreimal niedrigere Durchlässigkeitswerte liegen und zudem ein noch geringeres Grundwassergefälle besteht, ist dementsprechend die Durchflussmenge im Talquerschnitt geringer. Dabei dürfte sie einen Betrag von  $Q$  um 12 000 l/min kaum übersteigen.

Abbildung 6: Veränderungen des Grundwasserspiegels im Klettgau als Folge von Niederschlagssummen.



Da im Klettgau kein grösseres Fliessgewässer als Infiltrand zur Verfügung steht, erfolgt die Grundwasserneubildung nur durch eindringendes Niederschlagswasser, versickernde Seitenbäche sowie unterirdische Hang- und Karst-Grundwasserzutritte. Da hier praktisch keine Oberflächenabflüsse auftreten, sind die Anteile an versickerndem Niederschlagswasser verhältnismässig hoch und dürften um 900 l/min pro km<sup>2</sup> messen; entsprechend KÜHNLE-BAIKER et al. (1992) schwanken diese Neubildungsanteile sehr stark, je nach Jahresniederschlag und geographischer Lage betragen sie zwischen 430 und 1200 l/min pro km<sup>2</sup>. Demzufolge und in Anbetracht der grossen Distanz (ca. 10 km unterhalb der Landesgrenze) bis zur Wutach, die als Vorfluter den Grundwasserspiegel fixiert, sind die Schwankungen des Grundwasserspiegels auch gross; sie schwanken bis 10 m. Anhand langjähriger Wasserstandsmessreihen konnte eine sehr gute Beziehung zwischen Jahresniederschlag und der Grundwasserspiegeldifferenz gefunden werden. Dabei besteht die beste Übereinstimmung mit Berücksichtigung einer 3-monatiger Verzögerung zwischen Winterniederschlag und der Grundwasserspiegelmessung (Abb. 6).

### 3.2.10 Unteres Wangental

Zwischen den beiden Landesgrenzen verläuft im Wangental ein 50 bis 500 m breiter und bis 25 m mächtiger Grundwasserleiter. Innerhalb diesem wurde die Fassung Osterfingen-Bad abgeteuft, die durch die Gemeinde Osterfingen zur Trinkwassergewinnung genutzt wird.

Die grundwasserführenden Kiese sind der Regel gut durchlässig, wobei die  $k$ -Werte meist bei  $(1 \text{ bis } 2) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  liegen dürften. Dementsprechend ist hier mit Transmissivitätswerten von  $T$  um  $(20 \text{ bis } 50) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  auszugehen.

Im Wangental besteht weitgehend ein relativ hohes Grundwassergefälle von  $i$  um 5 %. Anhand der Transmissivitätswerte ergeben sich für den Grundwasserfluss im Talquerschnitt 3600 bis 4500 l/min.

Die Grundwasserspeisung erfolgt im Wangental vorwiegend durch unterirdische Hang- und Karst-Grundwasserzutritte; untergeordnet bestehen auch noch Speisungen durch versickerndes Niederschlagswasser sowie zufließendes Grundwasser der Seitentäler (z. B. Haartel [Osterfingen]). Analog zum Klettgauer Haupttal gelten auch hier mittlere Niederschlagsversickerungsraten von etwa 900 l/min pro  $\text{km}^2$ .

Für das Grundwasser im Wangental wirkt die Wutach bei Oberlauchringen als Vorfluter, wo sie die Grundwasserspiegellage nachhaltig bestimmt.

Im Vergleich zum Klettgau sind hier noch extremere Schwankungsbreiten der Grundwasserspiegelstände festzustellen; sie messen bis zu 13 m (Fassung Osterfingen).

### 3.2.11 Wutachtal

Der Grundwasserstrom des Wutachtals reicht von Grimmelshofen bis Unterlauchringen und mündet dort in den Grundwasserstrom des Klettgaus. Zwei kleinere Abschnitte des Wutachtalgrundwasserstrom entfallen auch auf den Kanton Schaffhausen. Diese umfassen dabei die Gebiete von Oberwiesen / Stühlingen, in welchem sich die Fassung der Gemeinde Schleitheim befindet und von Wunderklingen, wo die Fassung der Gemeinde Hallau abgeteuft wurde.

Das Grundwasservorkommen des Wutachtals stellt einen meist 150 bis 300 m breiten und mittelmächtigen Grundwasserleiter, von 5 bis 20 m Tiefe dar. In der Regel bestehen gute Durchlässigkeiten, wobei die  $k$ -Werte bei  $(1 \text{ bis } 3) \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  liegen und die Transmissivitäten  $T$  um  $(10 \text{ bis } 50) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  betragen. Basierend auf diesen Eigenschaften und entsprechend dem vorliegenden relativ hohen Grundwassergefälle von  $i$  um 5 % misst der Grundwasserdurchsatz durch das Talquerprofil etwa 1200 l/min.

Die Grundwasserneubildung erfolgt vorwiegend durch infiltrierendes Wutachwasser. Daneben finden auch Zutritte von zufließendem Grundwasser aus den Seitentälern, wie beispielsweise aus dem Schleitheimertal statt.

Für das Grundwasser wirkt die Wutach wechselweise als Vorfluter und Infiltrand. Dank dieser intensiven Verknüpfung mit der Wutach sind die Schwankungen des Grundwasserspiegels relativ gering.

### 3.3 Hochgelegene Grundwasservorkommen im "Deckenschotter"

Allen hochgelegenen Grundwassergebieten (Abb. 7) ist gemeinsam, dass sie nur durch versickerndes Niederschlagswasser gespiesen werden und dass ihre Abflüsse in Form von Quellen bestehen. Diese werden sehr oft durch Trinkwasserversorgungen genutzt. Bei diesen Grundwässern handelt es sich in der Regel um harte bis sehr harte Grundwässer, die, falls ihr Einzugsgebiet nicht weitgehend bewaldet

sind, oft hohe Nitratbelastungen aufweisen, so dass die Trinkwassergrenzwerte zum Teil überschritten sind.



Abbildung 7: Karte der hochgelegenen Grundwasservorkommen im Kanton Schaffhausen.

Da in den hochgelegenen Grundwassergebieten nur sehr selten Oberflächenabflüsse zu verzeichnen sind, versickert praktisch alles nicht verdunstende Niederschlagswasser. Infolgedessen kann hier mit grossen Versickerungsanteilen von über 50 % gerechnet werden. So ist die Neubildungsrate für den versickernden Niederschlag mit etwa 800 bis 1000 l/min pro km<sup>2</sup> anzusetzen.

### **3.3.1 Deckenschotter des Hohenklingens - Wolkenstein - Kressenberg - Herrentisch**

Das Alter dieser oft nagelfluhartig verkitteten Schotter, die teils dem "Älteren Deckenschotter" (Chroobach) und teils dem "Jüngeren Deckenschotter" zugeordnet werden, sowie deren morphogenetische Entstehung ist noch nicht endgültig geklärt. Dagegen ist ihre hydrogeologische Bedeutung sehr gut bekannt: Die Deckenschotter sind lokal bedeutende Quellsammler, die beispielsweise die Stadt Stein am Rhein zu rund  $\frac{1}{4}$  mit Trinkwasser versorgen. Die Gemeinde Hemishofen wird durch die Deckenschotterquellen des Kressenberges (Gemarkung Öhningen) zu einem noch höheren Anteil versorgt.

### **3.3.2 Weitere Deckenschotter als Quellsammler**

Der das "Dach" des Rauenberges aufbauende "Jüngere Deckenschotter" nährt nicht nur die Quellen der Gemeinde Gailingen. Er speist unter anderem auch die Quellen der Gemeinde Buch, die am Nordabhang aus dessen "Nagelfluhschutt" entspringen.

Am Buechberg, dem zwischen Thayngen und Barzheim gelegenen Hochplateau, tritt an der Basis des dortigen "Jüngeren Deckenschotters" eine ansehnliche Menge von Quellwasser zu Tage. Diese wurde schon seit langer Zeit durch die Gemeinde Thayngen in den drei Quellen Münchsbrunnen, Schelme und Luri genutzt.

Kleinere und eher unbedeutendere Vorkommen finden sich schliesslich noch am Hohberg (Herblingen), am Rundbuck und am Oelberg (Schaffhausen), am Galgenbuck (Neuhausen) sowie im Neuhauserwald / Buechbüel (Neuhausen).

### 3.4 Übrige Quellwasservorkommen

Als übrige Quellen gelten hier solche, die weder dem Karst noch dem "Deckenschotter" entspringen. In der Regel stellen sie lokale Vorkommen dar, wo gesammeltes Schichtenwasser in lockerem Schutt oder entlang von Felsklüften zirkuliert. Solches fliesst stets über einer dichten Unterlage (Grundwasserstauer). Ausser im Verbreitungsgebiet der grob geklüfteten Malmkalke handelt es sich bei diesen Vorkommen meist um Quellen geringer Ergiebigkeit. Ihre Grundwasserspeisung erfolgt teils aus versickernden Niederschlägen und teils aus seitlichen Überritten von Felswasser.

Tabelle 5: Bedeutendere übrige Quellwasservorkommen

Gebiet	Vorkommen
Reiat	Quellen der Gemeinde Altdorf
Randentrauf und Hallauerberg	Quellen der Gemeinden Bargen, Merishausen, Hemmental, Beringen, Löhningen, Siblingen, Schleitheim, Beggingen, Oberhallau und Trasadingen
Südranden	Quellen der Gemeinden Guntmadingen, Wilchingen und Osterfingen
Hurbig	Diverse Quellen der Gemeinde Buchberg.

## 4 Literatur <sup>2</sup>

BÜCHI UND MÜLLER AG (1985): Kantonaler Wasserwirtschaftsplan; Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Kanton Schaffhausen. Berichte Nr. 1764 / I bis V erstattet im Auftrag des Tiefbauamtes des Kts Schaffhausen. Frauenfeld, unveröffentlicht.

GUYAN, W. U. (1938): Mitteilung über den Grundwasserhaushalt im Kanton Schaffhausen. Aus: Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen auf Frühjahr 1938. Buchdruckerei Kühn & Co, Schaffhausen.

HÜBSCHER, J. (1951): Über Quellen, Grundwasserläufe und Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen. Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Schaffhausen, Nr. 3.

HUG, J. & A. BEILICK (1934): Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. Hydrologie, Liefg. 1., Kümmerly & Frey, Bern.

KÜHNLE-BAIKER, E., T. GUDERA, W. PABST, K. J. SPRAUER & H. STRAUB (1992): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Klettgau, mit Erläuterungen. Geol. Landesamt Bad.-Württemb., Freiburg I. Br.; Landesanstalt für Umweltschutz Bad.-Württemb. und Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, Waldshut.

MEISTER, J. (1907): Über Quellen und Grundwasserläufe im Kanton Schaffhausen. Beilage zum Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen, 1906 / 1907, Buchdruckerei von Paul Schoch, Schaffhausen, 3-50.

MEISTER, J. (1927): Die Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen. Beilage zum Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen, 1926 / 1927, Buchdruckerei Kühn & Comp., Schaffhausen, 2-91.

STRAUSS, H. (1972): Die Trinkwassersituation im Kanton Schaffhausen. Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Schaffhausen 24, 45-55.

VILLINGER, E. (1972): Seichter Karst und Tiefer Karst in der Schwäbischen Alb. Geol. Jb C2 (1972), Hannover, 153-188.

VOGELSANGER, W. & R. BIEDERMANN (1992): Das Trinkwasser der Schaffhauser Gemeinden. Kanton Schaffhausen, Departement des Innern, Kantonales Laboratorium. Unionsdruckerei AG Schaffhausen, 52pp.

VON Moos, A. (1966): Grundwasserverhältnisse im Klettgau und im Wutachtal. Gutachten für die Wasserversorgung der Gemeinde Hallau, unveröffentlicht.

VON Moos, A. & P. NÄNNY (1970): Grundwasseruntersuchungen im Klettgau, Kanton Schaffhausen. Eclogae geol. Helv. 63 / 2, 467-481.

---

<sup>2</sup> Für weitergehende Literaturhinweise steht der Autor gerne zur Verfügung.

**Dank:** Für die Förderung der Grundwasseruntersuchungen sowie der gesamten siedlungswasserwirtschaftlichen Planung im Kanton Schaffhausen spreche ich Herrn Kantonsingenieur HERBERT SCHNETZLER hiermit meinen besten Dank aus. Zusammen mit ihm und seinem Abteilungsleiter für Wasserbau, Herrn JOHANNES HÖRLER, konnten auftrags des kantonalen Tiefbauamtes in einer konstruktiven Zusammenarbeit und vieler aufbauenden Gedankenaustausche viele der dargelegten Untersuchungsresultate stufenweise erarbeitet werden. Den Herren JOHANNES HÖRLER, dipl. Ing. ETH, und ALFRED ZAUGG, dipl. Geologe / dipl. Hydrogeologe, danke ich zudem herzlich für die konstruktiven Fachdiskussionen, Hinweise und Anregungen sowie die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Adresse des Autors:

Erich R. Müller, c/o Büchi und Müller AG,  
Beratende Geologen SIA / ASIC, Zürcherstrasse 34, 8501 Frauenfeld

