Zeitschrift: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 72 (2020)

Artikel: Geologie der Region Schaffhausen
Autor: Stössel-Sittig, Iwan
Kapitel: 9: Rohstoffe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-880919

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: 07.07.2025

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

9. Rohstoffe

Die Gewinnung von Rohstoffen war und ist eine wichtige Grundlage für die industrielle Entwicklung der Region Schaffhausen. Während einige Rohstoffe eher kleinräumig ausgebildet waren und wenig Einfluss hatten, waren andere wie beispielsweise das Bohnerz von prägender Bedeutung und mit Einfluss weit über die Grenzen der Region hinaus. Die folgende Liste ist nicht abschliessend und soll lediglich einen Eindruck von der Vielfalt an Rohstoffen und Verwendungen vermitteln.

9. 1 Doggererze

Oolithisches Eisenerz aus dem Mittleren Jura wurde im Durachtal ab dem frühen Mittelalter bis ins Hoch- uns Spätmittelalter abgebaut und in Rennöfen verhüttet. Davon zeugen diverse archäologische Funde aus Bargen, Merishausen und dem verschwundenen Dorf Berslingen (Bänteli et al., 2000). Das entsprechende Gestein wurde schon in historischer Zeit auch in Blumberg auf der Baar abgebaut und ab 1661 in einem Hüttenwerk verarbeitet. Allerdings blieb der Durchbruch aufgrund von Qualitätsproblemen und Schwierigkeiten mit der Wasserversorgung vorerst aus. Im Rahmen der nationalsozialistischen Autarkiepolitik wurde 1937 bis 1942 durch die Doggererz-Bergbau GmbH bzw. Doggererz AG das lokale Eisenerz abgebaut. Es gelang jedoch nicht, das Bergwerk wirtschaftlich zu betreiben, und als die anfänglichen Erfolge der deutschen Wehrmacht den Zugriff auf höherwertige Eisenerzlagerstätten ermöglichten, wurde das Bergwerk in Blumberg stillgelegt. Doch die wenigen Jahre haben die ursprünglich landwirtschaftlich geprägte Ortschaft strukturell tiefgreifend verändert. Auch bei Bargen, Merishausen und Beggingen wurden die Vorkommen während des zweiten Weltkrieges untersucht. Doch die geringe Mächtigkeit und der lediglich bei maximal 24% liegende Eisengehalt erfüllten die Erwartungen nicht (Hübscher, 1948).

9. 2 Bohnerz

Bohnerz wurde in der Region bereits in der Eisenzeit abgebaut und spielte in der Neuzeit für die industrielle Entwicklung der Region Schaffhausen eine zentrale Rolle (z. B. Wunderlin, 2019). Dies hat Ch. Birchmeier in einem früheren Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft eingehend beschrieben (Birchmeier, 1985). Die lagerstättenkundlichen Aspekte wurden von Franz Hofmann beleuchtet (Hofmann, 1991). Die gewaschenen Erzbohnen bestehen aus den Eisenhydroxiden Goethit und Limonit und wei-

Abb. 95: Unzählige Bohnerzgruben zeugen insbesondere auf dem Südranden vom intensiven Abbau. Heute dienen die Löcher, die oft mit Wasser volllaufen, als wichtige Biotope für Amphibien.

sen einen Eisengehalt von 40–45% auf. Hofmann (1991) schätzt, dass das Bohnerz in gegen tausend kleinen Löchern von kaum mehr als 10 m Durchmesser gewonnen wurde. Hauptabbaugebiete waren der Lauferberg, Wasenhau, mittlerer und hinterer Häming, Wannen- und Rossberg und die Gegend des Frankegrabens und Ettengrabens in Jestetten (Hofmann 1991). Ein kleineres Vorkommen befand sich in der Gegend Pantli WSW von Stetten. Der neuzeitliche Abbau begann im 16. Jahrhundert, war aber zwischen 1678 und 1770 bzw. zwischen 1802 und 1850 am intensivsten. Das Erz wurde in der Eisenschmelze Eberfingen und ab 1693 im Hochofen am Rheinfall verhüttet. Die Geschichte der Region Schaffhausen hätte ohne diesen vor allem im 19. Jahrhundert zentralen Rohstoff zweifellos eine andere Wendung genommen. Entsprechend weit reicht auch das wissenschaftliche Interesse an Zusammensetzung und Entstehung zurück (z. B. Fol, 1856–1858).

9. 3 Gips

Gips wurde sowohl aus den Vorkommen des Muschelkalkes (Untertagebau) als auch aus jenen des Keupers (Tagebau) gewonnen, nicht nur in der Gegend Schleitheim-Beggingen, sondern auch bei Grimmelshofen und der Unteren Mühle in Weizen zeugen zerfallende Mundlöcher vom Abbau. Das bedeutendste Bergwerk dürfte dasjenige von Oberwiesen gewesen sein. Abgebaut wurde im Zeitraum 1790 bis 1904 bzw. 1944 (Hofmann, 1981). Der Gips wurde vor allem zu Düngezwecken verwendet. Zur Zeit der Hochblüte waren rund 120 bis 150

Abb. 96: Eine szenische Installation im Gipsmuseum Schleitheim soll die harte Arbeit der Gips-Bergleute verdeutlichen.

Personen im Gipsgewerbe beschäftigt und um die 100 Pferde standen für die Transporte zu den Abnehmern im Einsatz. Die grösste Abbaumenge wurde im Jahre 1860 mit 180 000 Zentnern (rund 9000 Tonnen) erreicht (Stössel et al. 2005)

9. 4 Ton

Ton ist der Rohstoff für die Vielzahl von keramischen Produkten, die den Menschen seit Urzeiten begleiten: von Gefässkeramik über Baukeramik bis zur technische Keramik, die heute neue feuerfeste Werkstoffe erschliesst. Auch in der Region Schaffhausen wurden verschiedene Tonqualitäten abgebaut bzw. verarbeitet. Boluston, der aufgrund seiner Entstehung eng verknüpft mit dem Bohnerz auftritt, diente mit seinem Hauptbestandteil Kaolinit als Ausgangsprodukt für die lokale Keramikindustrie und wurde zum Beispiel beim Färberwisli (Beringen) und in Stetten abgebaut. Ebenfalls wurde der Bänderton für Ziegeleizwecke westlich von Hofen und nordwestlich von Bibern abgebaut. Aus der «Brackwassermolasse» von Lohn wurden vom 17. bis ins 20. Jahrhundert Gebäckmodel hergestellt (Widmer und Stähelin, 1999). Weitere lokale Vorkommen unterschiedlicher Tone (Grundmoränenlehm, Gehängelehm usw.) wurden an verschiedenen Orten der Region meist lokal genutzt.
Opalinuston wird u. a. noch heute in Siblingen (Grube Birchbühl), sowie Ton aus der Oberen Bunten Moasse (USM) in Buchberg (Grube Sollbühl) als Rohstoff für die Ziegeleiindustrie (heute vorwiegend Backsteine) gewonnen. Allerdings ist die Nachfrage in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen. Diese Baustoffe werden zunehmend durch andere Substanzen (z. B. Beton) bzw. neue Bauweisen (Flachdach) konkurrenziert. In Beggingen (im Raa) wurde zudem der Obtususton ebenfalls als Ziegeleirohstoff abgebaut.
Ton in Verbindung mit Kalk wird als Mergel bezeichnet. Mergel ist ein wichtiger Rohstoff für die Zementindustrie. Entsprechende Ausgangsmaterialien wurden in der Region Schaffhausen insbesondere um Thayngen abgebaut: In der Tongrube Almenbühl bzw. Biberegg waren das Mergel der Unteren Süsswassermolasse.

9. 5 Sand

Der Quarzsand von Benken und Wildensbuch wurde vor allem in der Glasherstellung und als Giessereisand in Schaffhausen, aber auch als Schleifsand, Streusand für Lokomotiven, Gussasphaltzuschlag, in Sportanlagen, für Verputze und anderes verwendet. Der Abbau war schwierig, da bis 20 m überlagernde Schichten abgetragen werden mussten.

9. 6 Kalk

Kalksteine wurden einerseits für die Herstellung von Bausteinen, andererseits aber auch in der Zementindustrie und lokal für metallurgische Zwecke (Giesserei im Mühlental) verwendet. Für Bausteine in historischer Zeit ist der Steinbruch Mühlenen von herausragender Bedeutung. In der Zementindustrie ist beispielsweise der Steinbruch Wippel in Thayngen oder der Abbau von Muschelkalk östlich von Grimmelshofen zu erwähnen.

9. 7 Kies

Kiesabbau ist heute ein wichtiges Standbein der Bauindustrie. Auch wenn künftig die Stoffkreisläufe für Baustoffe zunehmend geschlossen werden, die Nachfrage nach primärem Material wird auch für die nächsten Jahre und Jahrzehnte voraussichtlich gross bleiben. In der Region sind die vergleichsweise umfangreichen Vorkommen von fluviglazialem Kies (Nieder- und Hochterrassenschotter) daher von grosser Bedeutung: Klettgau und Rafzerfeld beherbergen nach wie vor regional wichtige Reserven. Die Flächen, die für einen Abbau zur Verfügung stehen, sind jedoch begrenzt: Die grossen Kiesvorkommen sind sozusagen aufgrund ihrer Entstehung an die wichtigen Grundwasservorkommen und an das fruchtbare Landwirtschaftsland gebunden. Zielkonflikte sind damit vorgezeichnet und müssen mit raumplanerischen Instrumenten entschärft werden. Der Abbau von Kies ist sehr direkt an die Aktivität in der Bauindustrie geknüpft, und die Schaffung von Versorgungssicherheit wird durch die entsprechenden Prognose-Schwierigkeiten erschwert. Zur Zeit werden in Schaffhausen jährlich rund 300 000 m^3 Kies und Sand abgebaut. Die Abbaustellen werden in der Regel wieder mit sauberem Aushubmaterial aufgefüllt. Nach wie vor ist auch das zur Verfügung stehende freie Auffüllvolumen ein gesuchter Rohstoff.

Abb. 97: Kiesgrube Solenberg bei Schaffhausen

9. 8 Energierohstoffe

Im Zweiten Weltkrieg bestand in der Deutschen Wehrmacht eine enorme Nachfrage nach Mineralöl. Verschiedene Gesellschaften bzw. Organisationen

bemühten sich, ein Verfahren zur Ölgewinnung aus Ölschiefer zu entwickeln. Dabei wurden unterschiedliche, aber bis zuletzt wenig ergiebige Verfahren untersucht. Im Juli 1944 wurde das «Unternehmen Wüste» beschlossen: Aus dem Posidonienschiefer der Schwäbischen Alb sollte trotz unbefriedigender Ergebnisse früherer Versuchsanlagen Mineralöl gewonnen werden. Innerhalb kürzester Zeit wurde der Bau von zehn Ölschieferwerken vorangetrieben. Für den Abbau wurden vor allem KZ-Häftlinge eingesetzt. Dazu wurden mehrere Lager aufgebaut, über 10 000 Häftlinge wurden von der SS hier eingesetzt. Davon starben mindestens 3480.

Die hochgesteckten Ziele wurden nicht erfüllt. Nur vier von zehn Werken gingen vor Kriegsende in Produktion, die Ausbeute war gering und das Öl qualitativ minderwertig. Nach Kriegsende wurde durch die französische Besatzungsmacht ein Versuch unternommen, das Unternehmen noch weiter zu entwickeln. Doch die Ausbeute war zu gering, und 1949 wurden die Gesellschaften aufgelöst.

Auch in der Schweiz war die Verknappung der Treib- und Heizstoffe während des Krieges eine Herausforderung. So wurden in den Jahren 1940 und 1941 Proben von Posidonienschiefer aus Beggingen und Siblingen zuerst im Gaswerk Schaffhausen und anschliessend an der Eidgenössischen Materialprüfungs- & Versuchsanstalt (EMPA) untersucht. Leider lautete die Schlussfolgerung der Empa ernüchternd: «Auf Grund dieser Feststellungen betrachten wir das untersuchte Material für die Herstellung von Leuchtgas und für die Verwendung als Brennmaterial als nicht geeignet». 1943 erfolgte ein weiterer Test an Posidonienschiefer aus Gächlingen. Mit einer Ausnahme (3,15%) lagen die Werte für den öligen Anteil bei weniger als 1%. Der Posidonienschiefer ist damit weniger bituminös als derjenige in Baden-Württemberg.

In jüngerer Vergangenheit kam der Posidonien-Ölschiefer wieder ins Gespräch, als eine englische Firma Interesse anmeldete, die Schiefergasvorkommen im Bereich des Bodensees zu untersuchen. Der Widerstand gegen dieses Vorhaben ist jedoch aufgrund von Umweltbedenken sehr gross, und eine Realisierung in absehbarer Zeit wenig wahrscheinlich.

9. 9 Der wichtigste Rohstoff: Wasser

Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser ist ein zentraler Pfeiler der Gesellschaft. Im Jahr 2016 betrug der tägliche Wasserverbrauch in der Schweiz 299 Liter pro Kopf, bei leicht sinkender Tendenz. Die Geschichte der Wasserver- und -entsorgung und die historische Entwicklung der Städte und Dörfer sind eng verknüpft. Bänteli (2009) zeigt das am Beispiel der Stadt

Schaffhausen auf. Das Grundwasser ist heute für uns die wichtigste Trinkwasserquelle und zählt damit zu den wichtigsten Rohstoffen generell. Dem Schutz vor Verschmutzungen wird grosses Gewicht beigemessen. Einträge durch belastete Standorte, Stör- und Unfälle, Rohstoffabbau, Deponien, Kläranlagen und landwirtschaftliche Nutzung werden intensiv untersucht und weitgehend minimiert bzw. verhindert. Die Trink- und Grundwasserverhältnisse in der Region Schaffhausen wurden daher schon früh in umfassenden Übersichten eingehend beschrieben (z. B. Hübscher, 1951; Meister, 1907; Meister, 1926/1927; Müller, 1997; Strauss, 1972).

Bis 1875 erfolgte die Versorgung der Schaffhauser Bevölkerung nur durch Quellwasser (Müller, 1997). Anschliessend wurden aber in rascher Folge Grundwasserfassungen erstellt und in Betrieb genommen (Rheinfallbecken in Neuhausen am Rheinfall: 1872/1875, Engistieg: 1885, Brauerei Falken: 1900, Merishausen: 1907, Rheinhalde: 1907, IVF: 1908). Mit zunehmender Beeinträchtigung der Qualität des Wassers wuchsen ab den 1960er Jahren auch die Anstrengungen zum planerischen Schutz der Grundwasservorkommen. Heute werden dazu u. a. Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzareale, Grundwasserschutzzonen und Zuströmbereiche ausgeschieden.

Abb. 98: Wenn durch Grundwasser gelöste Hohlräume in Gestein (normalerweise Kalk- oder Evaporitgestein) einstürzen, können Löcher bis zur Oberfläche durchbrechen. Im Bild eine kleine Doline in Büttenhardt.

Bei uns kommt Grundwasser entweder im Lockergestein oder aber im Karst vor. Unter **Karst** versteht man durch Lösungserscheinungen gebildete unterirdische (Karsthöhlen) oder oberirdische Geländeformen (Oberflächenkarst). Anfällig dafür sind Gesteine aus Kalk, Dolomit, Gips und Steinsalz, also Gesteine, die teilweise auch in der Region Schaffhausen reich vertreten sind. Durch über geologische Zeiträume durch Risse und Spalten einsickerndes Wasser können grössere, zusammenhängende Höhlensysteme entstehen, durch die das Wasser zirkuliert. Es entstehen dadurch eigentliche unterirdische Bachläufe mit hohen Fliessgeschwindigkeiten (bis ca. 15 km/Tag). Die genauen Fliesswege sind oft nur schwer bestimmbar. Die Verweil-

zeit des Wassers im Untergrund ist unter Umständen sehr gering, die Reinigungsleistung klein. Karstquellen sind daher qualitativ oft problematisch. Daher werden diese Quellen für die Trinkwassernutzung heute möglichst gemieden, und in Schaffhausen ist die Verwendung von Karstwasser nur noch von untergeordneter Bedeutung.
Im Kanton Schaffhausen betrifft der Karst vor allem die Malmkalke und die Gesteine des Muschelkalkes, wobei die Malmkalke noch in den höheren und tieferen Malm getrennt werden können. Durch die dazwischenliegenden tonigen Gesteine (Schwarzbach-Schichten im Oberen Jura, sowie fast generell die Schichten des Mittleren und Unteren Juras) können diese «Stockwerke» über weite Bereiche als getrennt betrachtet werden. Die Karstgrundwasserkörper werden durch die Topographie der Felsoberfläche gegliedert. Dort, wo die Felsoberfläche den Karstgrundwasserkörper schneidet, kann aber natürlich auch ein Austausch zwischen dem Lockergesteinsgrundwasser und dem Karstwasser erfolgen. So kann im genutzten Lockergesteinsgrundwasser in Thayngen Wasser nachgewiesen werden, das aus der im Karst erfolgenden Versickerung der Donau stammt. Auch im Klettgau kann erwartet werden, dass ein Teil des Lockergesteinsgrundwassers unterirdisch in den Karstgrundwasserkörper des Südrandens übertritt.
Dort, wo die entsprechenden Gesteinskörper sehr tief liegen (betrifft bei uns vor allem den Muschelkalk, der nach Südosten abtaucht), kann das Wasser schon sehr alt, stark mineralisiert und je nach Tiefe temperiert vorliegen. Dieses Thermalwasser kann für die thermische Nutzung bzw. die Energiegewinnung sehr interessant sein (z. B. Bohrungen des Gemüsebaubetriebes Grob in Schlattingen).
Für die Trinkwasserversorgung sehr viel zentraler ist das **Grundwasser im Lockergestein**. Hier fliesst das Wasser im Porenraum von Kies und Sand. Die Fliessgeschwindigkeit hängt damit ganz wesentlich vom verfügbaren Porenraum ab. Kiese und Sande wirken als Filter und haben dadurch eine hohe Reinigungswirkung. Viele Verunreinigungen werden an den Oberflächen der Mineralien adsorbiert, werden oxidiert oder anders chemisch aufgeschlossen bzw. abgebaut. Grundwasser, das aus Lockergesteinen gefördert wird, ist daher in der Regel sehr rein. Allerdings gibt es gewisse Substanzen, die diese Filter unbeschadet durchlaufen. Dies betrifft beispielsweise das Nitrat oder aber auch eine Reihe von Pflanzenschutzmitteln.
Die Grundwasserläufe im Lockergestein folgen den geologischen Schotterkörpern und sind daher eng an die geologische Geschichte geknüpft. In

Schaffhausen lassen sich anhand der Grundwasservorkommen beispielsweise die ehemaligen Verläufe des Rheins kartieren (Abb. 99).
Die für die Versorgung wichtigsten Grundwasserkörper liegen im oberen Bibertal (zwischen Hofen und Thayngen), im unteren Bibertal (Buch/Ramsen bis Hemishofen), zwischen Thayngen und Schaffhausen («Schaffhauser Rin-

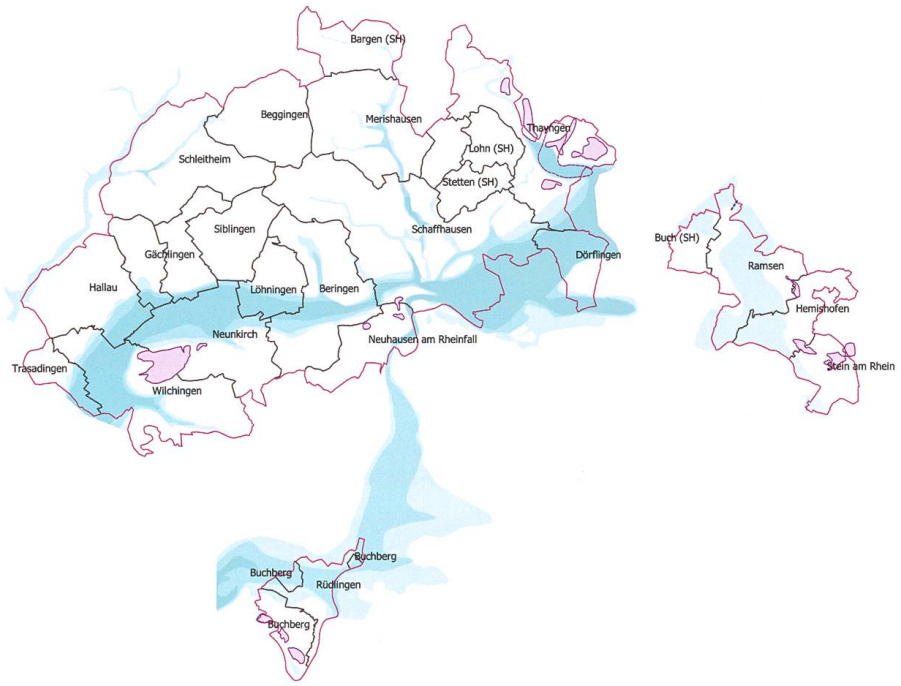


Abb. 99: Die Grundwasserkarte des Kantons Schaffhausen und seiner angrenzenden Gebiete verdeutlicht, wie die grossen Grundwasserströme der Region noch heute den alten, längst trocken gefallenen Tälern des Rheins folgen: zum Beipiel im Klettgau oder im Rafzerfeld.

nenschotter»), im Klettgau und entlang des Rheins bis ins Rafzerfeld. In einigen Fällen können mehrere Stockwerke von Grundwasserkörpern unterschieden werden. So verläuft beispielsweise ein genutztes Grundwasservorkommen im sogenannten Binninger Rinnenschotter in einem tieferen Stockwerk als das «normale» Talgrundwasser des Bibertals. Es wird in den Grundwasserfassungen «Büten» und «Merzenbrunnen» erschlossen. Die einzelnen Schotterkörper unterscheiden sich natürlich in ihrer Zusammensetzung und damit auch in ihrer Durchlässigkeit.
Die Lockergesteinsgrundwasservorkommen unterstehen oft einem doppelten Zielkonflikt. Einerseits liegen diese Vorkommen naturgemäss im Bereich, in

dem qualitativ hochstehende und für die Bauindustrie wertvolle Kies- und Sandvorkommen konzentriert sind. Dies lässt sich beispielsweise im Klettgau beobachten: Im Untergrund fliesst der regional wichtige, grenzüberschreitende Grundwasserfluss des Klettgaus, an der Oberfläche werden Kies und Sand an diversen Stellen abgebaut. Doch dem Grundwasserschutz wird hoher Schutzstatus eingeräumt: Die Abbausohle muss mindestens 5 m über dem höchsten festgestellten Grundwasserspiegel liegen, Material zur Wiederauffüllung der Kiesgruben untersteht einer strengen qualitativen Kontrolle.
Auch der zweite Zielkonflikt lässt sich am Klettgauer Grundwasserstrom aufzeigen: Die Kiesvorkommen liegen oft unter fruchtbaren und landwirtschaftlich wertvollen Flächen. Durch Einträge von Stickstoffdünger und Pflanzenschutzmitteln, die über den Sickerwassertransport ins Grundwasser gelangen

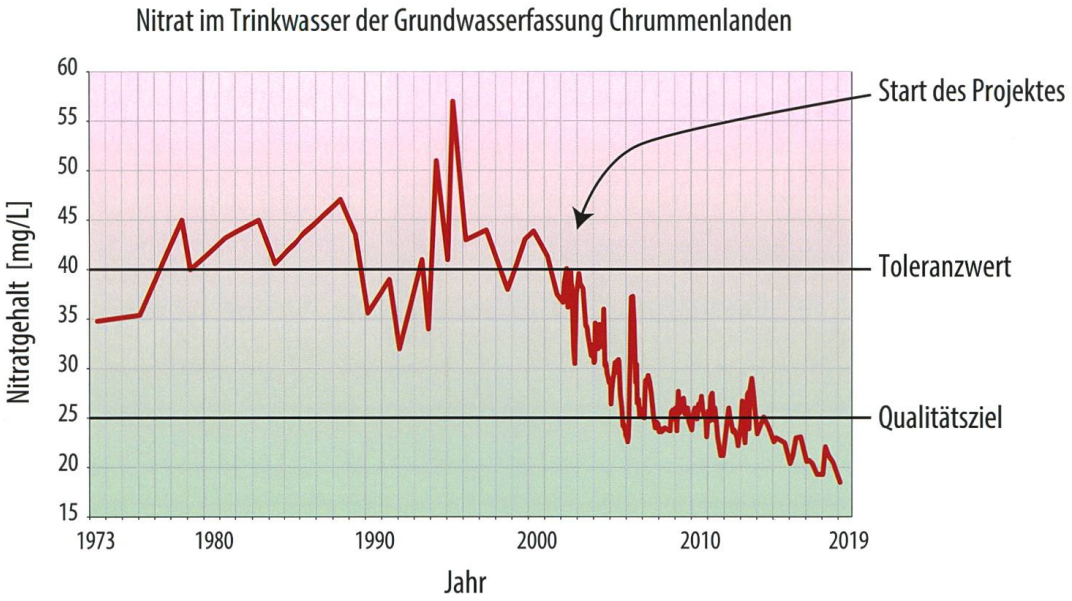


Abb. 100: Die Kurve der Nitratkonzentration im Grundwasserpumpwerk Chrummenlanden (Neunkirch/Gächlingen). Massnahmen im Einzugsgebiet resultierten in einem raschen Rückgang der Konzentration.

können, besteht eine qualitative Gefährdung des Grundwassers. So wurden im Klettgau vor einigen Jahrzehnten stark erhöhte Nitratwerte festgestellt. Das Wasser des Grundwasserpumpwerkes Chrummenlanden durfte zeitweise nicht mehr ins Trinkwassernetz eingespeist werden (Abb. 100). Durch Einschränkungen in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung konnte dank gemeinsamem Engagement von Landwirten, Gemeinden, Kanton und Bund dann aber in erfreulich kurzer Zeit die für die Trinkwassernutzung notwendige Qualität des Grundwassers wieder erreicht werden; heute ist das besagte

Grundwasserpumpwerk ein wichtiges Standbein der Trinkwasserversorgung des Klettgaus.

Das Grundwasservorkommen im Klettgau ist in mehrfacher Hinsicht interessant. Es fliesst in einem Schotterkörper, der seinen Anfang in der Stadt Schaffhausen/Breite hat, via Engewald in den Klettgau zieht und schliesslich den ganzen schweizerischen und deutschen Klettgau im Untergrund begleitet, bevor es sich bei Waldshut mit dem Grundwasservorkommen des (heutigen) Rheins vereinigt. Aufgrund der geologischen Geschichte (Riegel des Engewald-Komplexes) scheint der quantitative Einfluss vom Stadtgebiet Schaffhausen her gering zu sein; der ganze Grundwasserkörper steht daher in seinem Oberlauf nicht

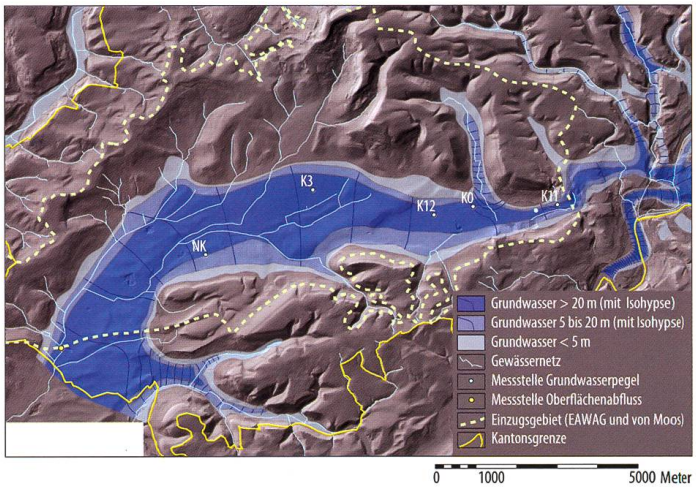
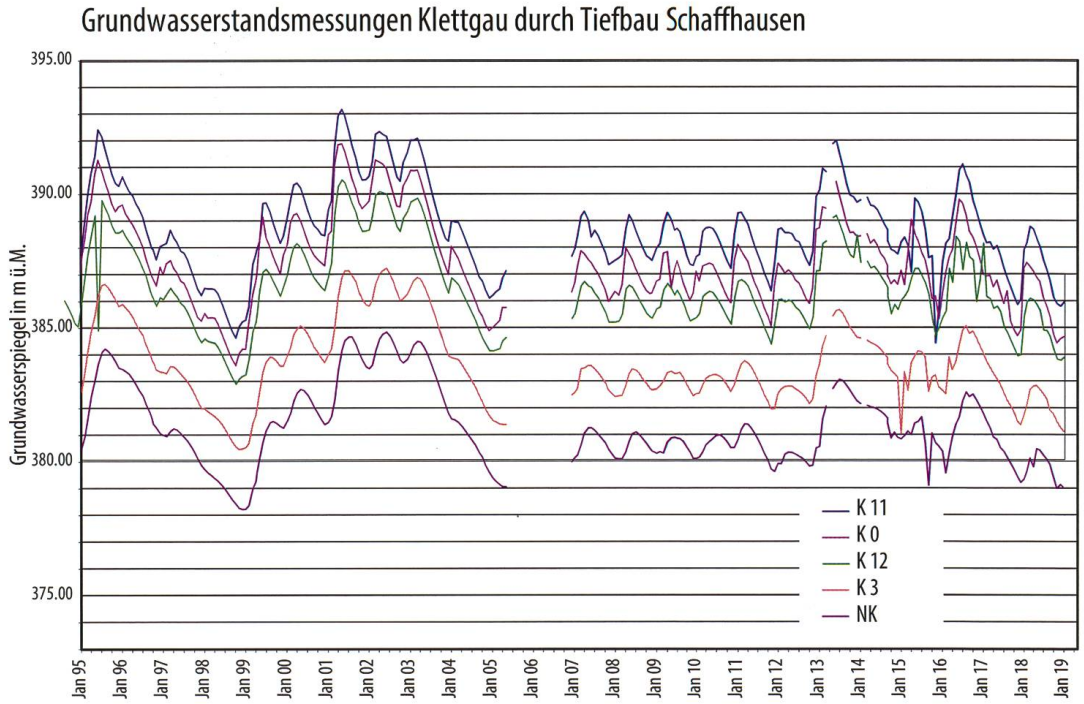


Abb. 101: Grundwasserstände (unten) einzelner Messpegel im Klettgau (links). Die Schwankungen sind sehr gross, verlaufen aber erstaunlich parallel.



mehr mit dem Rhein in Verbindung, die gesamte Grundwasserneubildung erfolgt damit über den Niederschlag im Einzugsgebiet des Klettgaus (Abb. 101). Der Grundwasserstrom ist 500 bis 2200 m breit und 30 bis 50 m mächtig. Der Grundwasserspiegel liegt mehrere Dutzend Meter unter der Oberfläche; es ist daher gut geschützt vor kurzzeitigen negativen Einflüssen. Das Gefälle der Felsoberfläche ist im Schaffhauser Teil des Klettgaus sehr gering, entsprechend sind die Fliessgeschwindigkeiten klein. Dennoch: aufgrund der Grösse ist der Abfluss beachtlich. Kühnle-Baiker et al. (1992) schätzen den Abfluss (inkl. Zufluss Wangental) an der Landesgrenze auf etwa 36 000 Liter pro Minute. Im Vergleich dazu: Im Jahr 2018 betrug der mittlere Abfluss des Rheins bei Flurlingen gemäss Datenerhebung des Bundesamtes für Umwelt 308 m^3 pro Sekunde oder 18 480 000 Liter pro Minute. Im Rhein fliesst über 500 mal mehr Wasser.
Der Klettgauer Grundwasserstrom zeigte in den vergangenen Jahrzehnten erhebliche Spiegelschwankungen (bis mehr als 8 m). In den letzten Jahren scheint sich jedoch dieses Regime verändert zu haben. Über die gesamte Beobachtungsphase (seit 1969) scheint sich der Grundwasserspiegel tendenziell etwas abgesenkt zu haben; ob diese Absenkung statistisch relevant ist, ist derzeit aber noch schwer abschätzbar. Die Ursachen für beide Phänomene sind nicht bekannt.

10. Einige historische Bausteine

Schaffhausen ist geprägt durch eine grosse Vielfalt von historischen Bausteinen, die sich zum Teil schon bei einem einzelnen Gebäude zeigen (Abb. 102). Doch die Veränderung der Bausteine im Lauf der Zeit widerspiegelt auch die veränderten technischen Möglichkeiten: neue Transportwege wurden erschlossen oder neue Verarbeitungstechniken entwickelt.

Abb. 102: Am Obertorturm erkennt man eine ganze Reihe von Bausteinen: Kalkstein aus der Umgebung der Stadt, Schilfsandstein aus dem Klettgau, Bollensteine aus dem Rhein und Plattensandstein aus dem Bodenseegebiet.

Der **Muschelkalk** (insbes. der sogenannte «Elbenstein») lieferte wegen