

Zeitschrift: Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung

Band: - (2021)

Heft: 42: Schaffhausens Bodenschätze

Artikel: Rohstoffe der Region Schaffhausen

Autor: Stössel, Iwan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1089790>

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

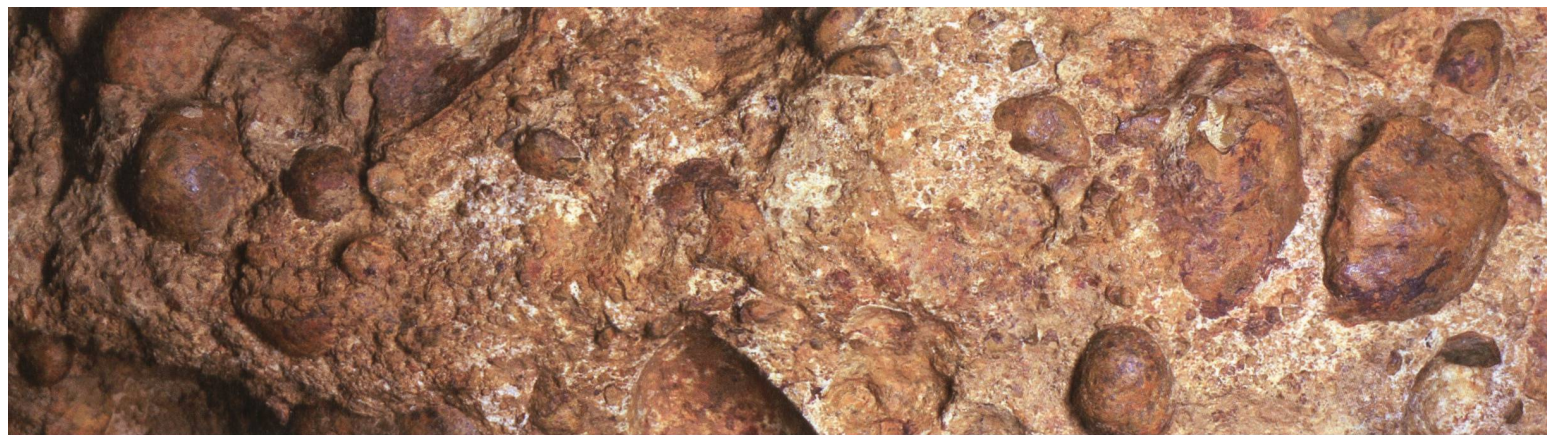
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 22.01.2026

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



Rohstoffe der Region Schaffhausen

Iwan Stössel

Bohrprofile mit lithostratigraphischer Gliederung

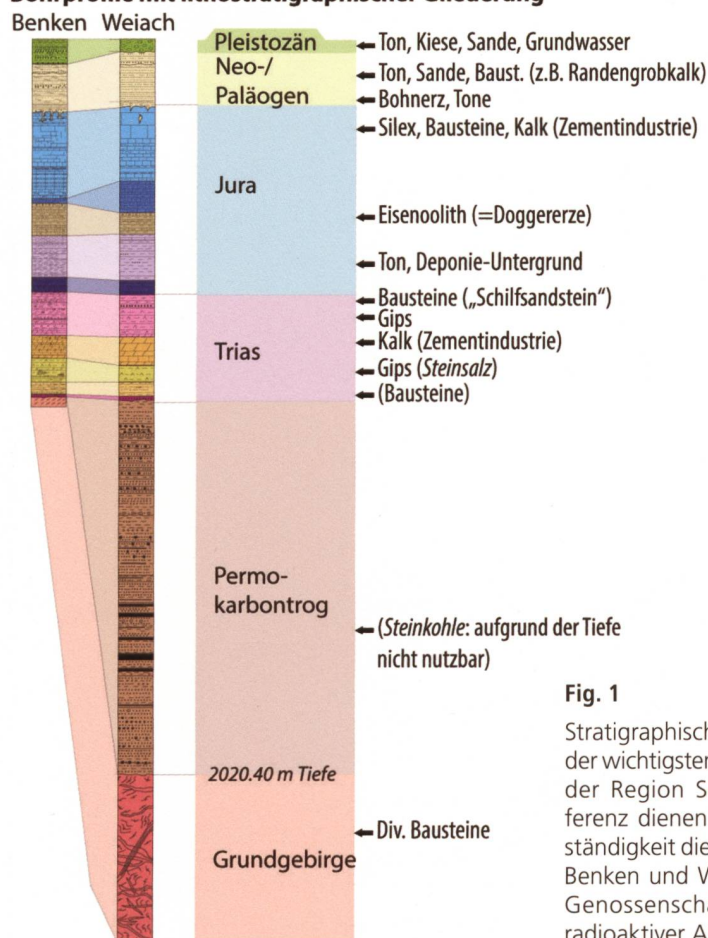


Fig. 1

Stratigraphische Verbreitung einiger der wichtigsten Rohstoff-Vorkommen der Region Schaffhausen. Als Referenz dienen aufgrund deren Vollständigkeit die Profile der Bohrungen Benken und Weiach der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra).

Einleitung

Die Gewinnung von Rohstoffen war und ist eine wichtige Grundlage für die industrielle Entwicklung der Region Schaffhausen. Während einige Rohstoffe eher kleinräumig ausgebildet sind und wenig Einfluss hatten, waren andere wie beispielsweise das Bohnerz, aber auch Gips und Ton von prägender Bedeutung und mit Einfluss über die Grenzen der Region hinaus.

Es wird vielleicht auffallen, dass in dem folgenden Überblick das Steinsalz fehlt: ein enorm wichtiger Rohstoff, der im Untergrund der Nordschweiz (z.B. Schweizerhalle) in grosser Menge vorkommt, der aber in den entsprechenden Schichten der Region Schaffhausen weitgehend fehlt. Das mutet ein bisschen als «Ironie des Schicksals» an, denn ausgerechnet Schaffhausen spielte im mittelalterlichen Salzhandel des Gebietes der heutigen Schweiz sowie Teilen Süddeutschlands eine Schlüsselrolle: Schaffhausen war Umschlagplatz für rund 40 % des in der spätmittelalterlichen Schweiz verbrauchten Salzes und

der für Vorderösterreich bestimmten Lieferungen (FURRER, 2012). Als man in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Bohrungen untertägige Salzvorkommen in der Region Basel entdeckte und die Abhängigkeit von ausländischen Salzquellen damit ein Ende fand, bohrte man auch in der Region Schaffhausen, da hier altersmässig entsprechende Schichten im Untergrund vorliegen. Diese Bohrungen

blieben aber erfolglos; hier wurde offensichtlich kein oder viel weniger Salz als in der Region Basel abgelagert.

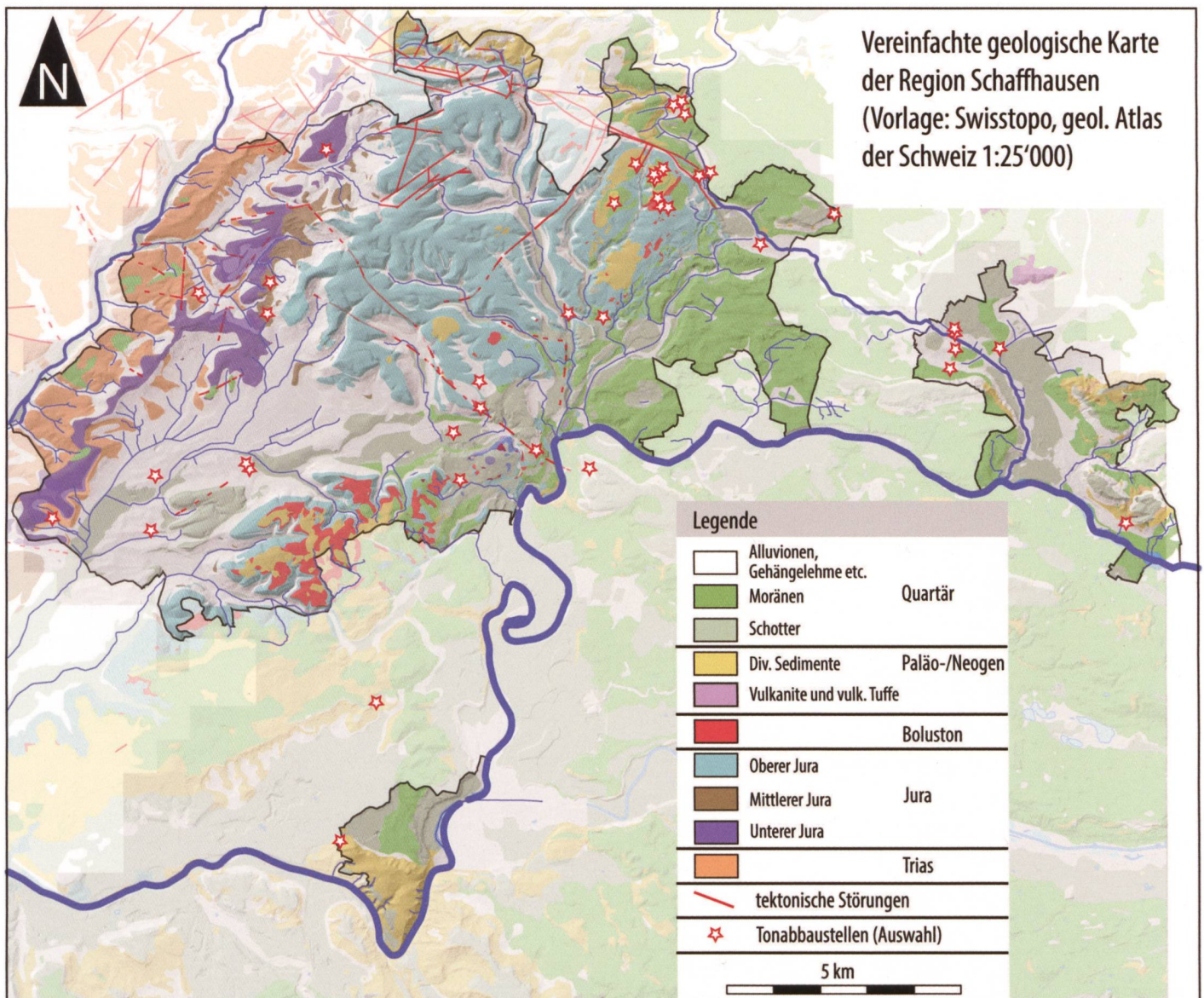
Die in der Region Schaffhausen gewonnenen mineralischen Rohstoffe haben eine Gemeinsamkeit: Sie alle stammen aus Ablagerungsgesteinen (Sedimentgesteinen; Fig. 1). Dies etwa im Unterschied zum Schwarzwald, wo die reiche Bergbautradition im Wesentlichen auf Vererzungen in Kristallingesteinen zurückgeht. Das liegt natürlich im geologischen Untergrund begründet.

Überblick über die geologische Geschichte

Der in der Region Schaffhausen aufgeschlossene Stapel von Sedimentgesteinen überlagert das weiter im Nordwesten im Schwarzwald zugängliche variszische Grundgebirge (siehe Fig. 2). Unter diesem Grundgebirge versteht man die in der variszischen Gebirgsbildung geprägten Kristalline. Diese wurden in unserer Region nach der Gebirgsbildungsphase durch

Fig. 2

Vereinfachte geologische Karte der Region Schaffhausen.



Erosion freigelegt und später durch jüngere Sedimente überdeckt. Durch die erneute Hebung des Schwarzwaldes, insbesondere durch die Öffnung des Oberrheingrabens in den letzten 50 Millionen Jahren, wurde der gesamte Schichtstapel leicht schräggestellt (Einfallen der Schichten um wenige Grad nach Südosten). Dadurch konnte sich eine Schichtstufenlandschaft ausbilden, in der im Nordwesten des Kantons die ältesten, im Südwesten die jüngsten (prä-quartären) Sedimente aufgeschlossen sind (Fig. 2 und 3, STÖSSEL 2020).

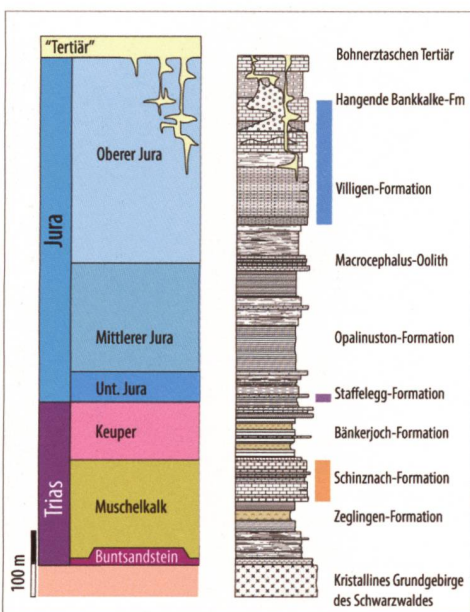
Fig. 3

Ein schematischer Querschnitt durch den Kanton Schaffhausen zeigt den Aufbau der Schichtstufenlandschaft aufgrund der nach SE geneigten Schichten.

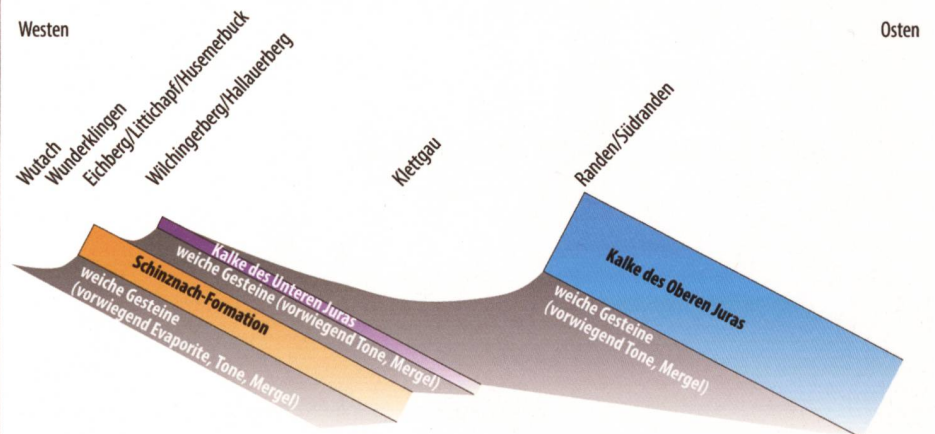
Das Grundgebirge, das im Schwarzwald oder auch in den Zentralalpen an der Oberfläche zugänglich ist, liegt in Schaffhausen erst in einer Tiefe von mehreren hundert Metern. Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle Nagra traf in der Sondierbohrung Siblingen das Grundgebirge in einer Tiefe von rund 350 m an (Technischer Bericht 90-38). Direkt über dem Grundgebirge lagern festländische Sedimente, also Sedimente, die über dem Meeresspiegel abgelagert wurden. In alten Senken und Trögen sind dies Sedimente aus der Karbon- und der Perm-Zeit («Permokarbontröge» im tiefen Untergrund), ausserhalb dieser Bereiche vereinzelt Sedimente aus der Perm- aber hauptsächlich aus der Trias-Zeit («Buntsandstein»).

Während der Trias-Zeit sind verschiedene Zyklen der Überflutung und erneuten Verlandung dokumentiert:

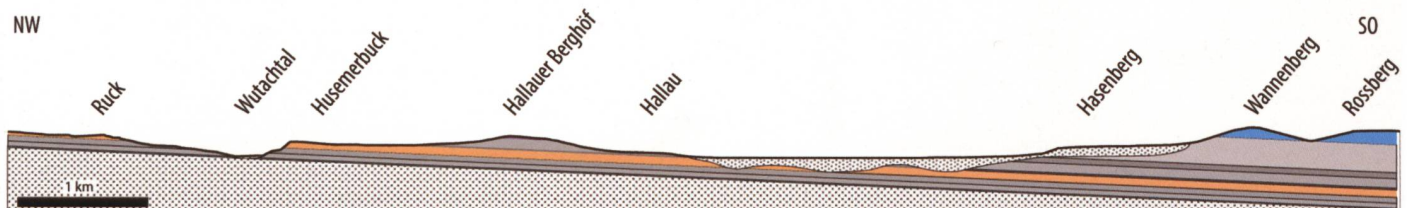
Festländische Sedimente (u.a. Sandsteine) wechseln sich mit flachmarinen Ablagerungen (Kalk- bzw. Dolomitgesteine, Evaporitgesteine, Tonsteine) ab, aus dieser Zeit stammen die ältesten im Kanton Schaffhausen aufgeschlossenen Sedimente. Mit Beginn der Jurazeit erfolgte ein Wechsel hin zu dauerhaft marinen Bedingungen, Ablagerungen eines flachen Randmeeres (Kalkgesteine, Tonsteine) repräsentieren diesen Zeitabschnitt. Marine Verhältnisse dauerten in der Region Schaffhausen bis mindestens gegen Ende der Jura-, vermutlich aber bis in die Kreidezeit an. Genau lässt sich das heute nur schwer festlegen, da über den Kalken der Jurazeit eine Schichtlücke klappt, also ein Kontakt, der durch fehlende Ablagerungen charakterisiert ist. Diese Schichtlücke umfasst einen Zeitraum von rund 100 Millionen Jahren von der späten Jura- bis zur frühesten



Schematische Darstellung der Schichtstufenlandschaft Wutach - Kelttgau - Randen



Vereinfachtes, aber massstäbliches Profil



Paläogen-Zeit. Sie entstanden teilweise, weil entsprechende Sedimente später erodiert wurden, teilweise weil nichts abgelagert wurde. Der Gesamtbetrag der in diesem Zeitraum erfolgten Erosion ist unklar, die ursprüngliche Mächtigkeit der möglicherweise erodierten Kreidesedimente ist nicht bekannt. Thermochronologische Modellierungen lassen erahnen, dass insgesamt ca. 600–700 m abgetragen wurden (MAZUREK ET AL. 2006). Es wird vermutet, dass die Erosion in der Nordschweiz auf das Einsetzen der Kontinent-Kontinent-Kollision in den Alpen und die damit verbundene Hebung des Vorlandes zurückzuführen ist (KEMPF und PFIFFNER 2004). Über diese Schichtlücke, die

durch das weiter unten vorgestellte Bohnerz charakterisiert ist, folgen im Wesentlichen meist geringmächtige und im Detail komplex aufgebaute Molasse-Sedimente aus dem Paläogen und Neogen. Da Schaffhausen weit weg vom Liefergebiet der Alpen liegt, sind diese Ablagerungen (Untere Süsswassermolasse, Obere Meeresmolasse und Obere Süsswassermolasse) tendenziell feinkörnig und tonreich. Auch sie repräsentieren wechselnde Bedingungen von festländisch zu marin und zurück zu festländisch. Während des Pleistozäns schliesslich drangen die alpinen Gletscher mehrmals bis nach Schaffhausen oder wenig darüber hinaus vor. Die komplizierte Architektur der kaltzeitlichen Sedimente sowie die Landschaftsformen zeugen von dieser in Bezug auf die Ausdehnung der alpinen Gletscher oft randlichen Position der Region.

In der Region Schaffhausen sind somit Ablagerungen der letzten rund 250 Millionen Jahre aufgeschlossen. In verschiedenen Niveaus der entsprechenden Schichtabfolge finden sich historisch oder auch heute noch wichtige Rohstoffe.

Bohnerz

Bohnerz stammt aus dem sogenannten «Siderolithikum», Rückstandssedimenten aus der Schichtlücke zwischen den Juraablagerungen den darauffolgenden Molassesedimenten. Unter Bohnerz versteht man ein Erz, in dem Eisen in bohnenförmigen, in konzentrischen Schalen aufgebauten Konkretionen («Pisoiden») gebunden ist (Fig. 4 und 5). Die meist erbsen- bis nussgrossen Bohnen bestehen in der Regel vor allem aus Goethit

Fig. 4
Bohnerz vom Südranden.



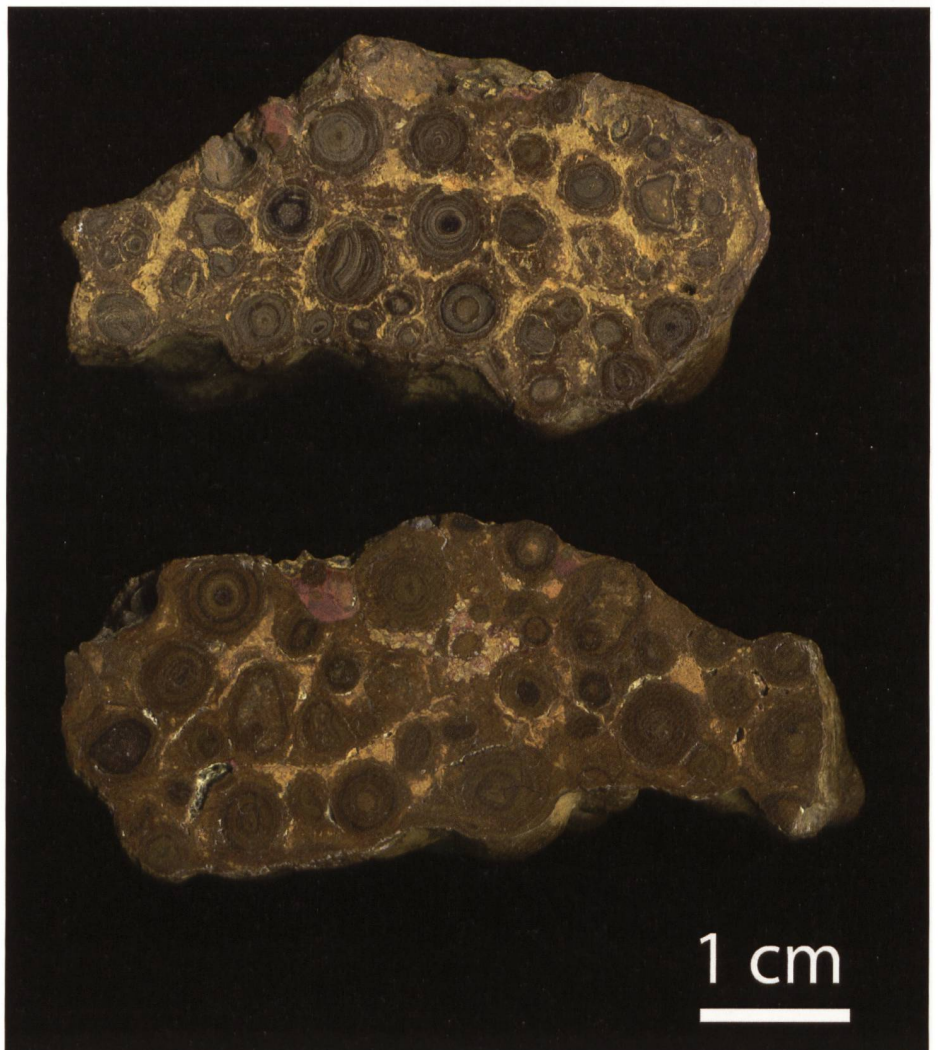
Fig. 5

Boluston mit Bohnerz überlagert die stark verkarsteten Jurakalke, Färberwisi bei Beringen.

(α -FeO(OH)) und anderen Eisenhydroxiden, gelegentlich auch aus Hämatit (Fe_2O_3) sowie Einlagerungen des Tonminerals Kaolinit. Häufig sind auch unregelmässige, aus mehreren Bohnen zusammengesetzte Körner zu beobachten, die ihrerseits auch wieder durch Eisenoxidkrusten gebunden sind (Fig. 6). Dies verdeutlicht, dass die Bohnerzbildung vermutlich oft mehrphasig erfolgte. Die Bohnen sind eingebettet in, bzw. überlagert von Boluston, einem hauptsächlich aus Kaolinit bestehenden Gestein, das seinerseits einen jedoch meist geringen Anteil an (Eisen-)oxiden und -hydroxiden enthält, der den in reiner Form weiss gefärbten Ton eine gelbe, braune oder rötliche Farbe verleiht. Erzbohnen liegen meist in höchster Konzentration unter bzw. an der Basis des Bolustons.

Die Bolustone mit dem Bohnerz liegen als diskontinuierliche Schicht mit schwankender Mächtigkeit auf den verkarsteten, nach Südosten einfallenden Kalkschichten des Oberen Juras. Die Unterlage ist nicht überall gleich alt: Ihr Alter nimmt gegen Westen hin zu, was darauf hindeutet, dass die unterliegenden Schichten bereits zur Zeit der Siderolithikum-Ablagerung leicht nach Südosten geneigt waren. Die Verwitterung über Jahrmillionen hatte im Kalkuntergrund tiefe Höhlen, Schlote und Taschen geschaffen, die anschliessend oft mit Ton und Bohnerz verfüllt wurden.

Die Entstehung der Bohnerz- bzw. Boluston-Vorkommen ist im Detail nicht vollständig geklärt. Man interpretiert sie

**Fig. 6**

Zusammengesetzte Bohnerz-Körner, Färberwisi bei Beringen.

als Residualgesteine: Unter dem Einfluss starker und langanhaltender chemischer Verwitterung stellen sie den unter den herrschenden Bedingungen chemisch stabilen Rest der ursprünglich vorhandenen kalkigen und tonigen Ursprungsgesteine dar: Kieselsäure und Karbonate wurden gelöst und wegtransportiert, Eisen wurde oberflächennah aufgrund der Kohlensäure sowie der im Boden vorhandenen Huminsäuren (und damit tiefem pH-Wert) ebenfalls gelöst, aber in tieferen Bodenschichten wieder ausgeschieden (höherer pH-Wert wegen des unterliegenden Kalkes). Zurück bleiben an Kieselsäure abgereicherte Tone (Kaolinit im Boluston) sowie in tieferen Bodenschichten Eisenerzkonkretionen in Form des Bohnerzes.

Üblicherweise verbindet man Bohnerzvorkommen daher mit hohen Niederschlagsraten, einer reichen Vegetation und warmem Klima. In welcher zeitlichen Phase diese Verwitterung mehrheitlich stattfand, ist schwierig zu beurteilen, da Fossilien oft fehlen. Die gemäss obigem Modell dargelegten Verwitterungsbedingungen würden sehr gut mit dem Klima während des frühen Eozäns übereinstimmen, und damit auch mit den eozänen Säugetierfossilien, die beispielsweise in den Lägern in Verbindung mit dem Boluston gefunden wurden. Doch gewisse Datierungen scheinen darauf hinzuweisen, dass die Bohnerzbildung nicht auf das Eozän beschränkt ist, sondern in der ganzen Phase von 50 bis 8 Millionen Jahre stattfand (vgl. zum Beispiel HOFMANN 2017). Damit wäre die Bildung nicht auf die Phase der tropischen, niederschlagsreichen Klimabedingungen beschränkt.

Nicht alle Boluston-Vorkommen enthalten auch Erzbohnen. Auch bei bohnenreichen Vorkommen betrug die Ausbeute an gewaschenem Erz kaum über 50 % des Roherzes (HOFMANN 1967). Der Eisengehalt der gewaschenen Erzproben

variiert ebenfalls. Hofmann (1967) gibt für eine Probe aus Lohn zum Beispiel einen Fe-Gehalt von 42.8 % an; im Mittel lag der Gehalt wohl zwischen 40 und 45 %. Bohnerz war vor der Einführung des Thomas-Verfahrens aufgrund der niedrigen Gehalte an Phosphor sehr beliebt. Es wurde im Schweizer Jurabogen an verschiedenen Orten abgebaut (im Aargauer, Basler,- Solothurner und Berner Jura; BAUMBERGER, 1923; WULLSCHLEGER, 2005), die wichtigsten Vorkommen aber liegen im Becken von Delsberg und im Kanton Schaffhausen (siehe Übersicht in WUNDERLIN, 2019).

Thomas-Verfahren

Das Thomas-Verfahren oder vollständig Thomas-Gilchrist-Verfahren bezeichnet ein Verfahren zur Stahl-Erzeugung und wurde nach den britischen Metallurgen Sidney Thomas und Percy Carlyle Gilchrist benannt. Der so erstellte Stahl wird als Thomasstahl bezeichnet.

Birchmeier (1986) gibt einen umfassenden Überblick über die historischen Aspekte des Bohnerzbergbaus der Region Schaffhausen, Hofmann (1991) fasst die geologischen und lagerstättenkundlichen Erkenntnisse zusammen. Bohnerz ist im Kanton Schaffhausen vor allem auf dem sogenannten Südranden (Wannenberg, Lauferberg, Rossberg) im Süden des Klettgaus (SCHALCH 1883) auf einer Fläche von rund 8 km² anzutreffen. Im Gegensatz etwa zur Region Delsberg, wo die Bohnerzvorkommen tief unter der Oberfläche liegen, sind sie im Südranden direkt an der Oberfläche aufgeschlossen. Der historische Abbau (v.a. zwischen 1586 und 1850) erschloss diese Vorkommen in zahllosen Erzgruben (gemäss HOFMANN [1991] gab es davon über 3'500). Es wurden Schächte von 10 bis maximal 20 m ab-

geteuft, meist erfolgte der Abbau im Tagebau. Kleinere Vorkommen sind aber auch vom Randen und Reiat bekannt (SCHALCH 1883). Gemäss Literatur (LANG 1903, BIRCHMEIER 1986) wurden im Kanton Schaffhausen rund 170'000 bis 180'000 t gewaschenes Erz gewonnen.

Doggererz

Das zweite in der Region anzutreffende Eisenerz, das sogenannte Doggererz, wird oft mit dem Bohnerz verwechselt. Ähnlich wie das Bohnerz ist auch das Doggererz ein sedimentäres Eisenerz, ist aber deutlich älter («Dogger», also Mittlerer Jura) und das Resultat mariner Ablagerungsprozesse. Auch das Doggererz besteht aus kleinen Kügelchen, die reich an Eisenhydroxiden sind (Fig. 7). Allerdings sind diese Kügelchen («Eisen-Ooide», das Gestein nennt man «Eisen-Oolith») hier sehr viel kleiner als die Bohnerz-Bohnen. Eisenfreie Kalk-Ooide kennt man auch aus reinen Kalksteinen; sie entstehen noch heute im bewegten Flachwasser tropischer Meere. Sie haben einen Durchmesser im mm-Bereich (Bohnerz-Bohnen sind oft cm-gross). Diese Kügelchen sind eingelagert in einen eisenreichen Kalkstein, den sogenannten Eisenoolith. Die häufig darin enthaltenen Fossilien verdeutlichen, dass es sich um eine Meeresablagerung handelt. Die Frage, warum es in diesen Schichten zu einer derart beachtlichen Häufung von eisenreichen Sedimenten kam, ist Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und bis heute nicht restlos geklärt. Es hängt einerseits mit der tropischen (lateritischen) Verwitterung auf den umliegenden Festländern zusammen. Das Eisen wurde an Tonmineralien gebunden (adsorbiert) in das offene Meer transportiert und schliesslich abgelagert. Andererseits wurde das Eisen in einem Milieu mit geringen Sedimentationsraten (zum Beispiel auf lokalen Hochzonen)

durch Auflösungs- und Fällungsprozesse im Sediment, unter Sauerstoffmangel sowie durch wiederholte Erosion und Sedimentation aufkonzentriert. Es lassen sich eigentliche, durch Schwankungen des Meeresspiegels angetriebene Zyklen erkennen, wobei vor allem bei tiefem Meeresspiegel die höchste Konzentration von Eisen zu beobachten ist.

Ein besonders eisenreiches Flöz dieses Erzes wurde im aargauischen Herznach noch bis 1967 abgebaut (BÜHLER 1986). Die Vorkommen in der Region Schaffhausen sind weniger ergiebig. Oolithisches Eisenerz aus dem Mittleren Jura scheinen im Durachtal mindestens ab dem frühen Mittelalter bis ins Hoch- und Spätmittelalter abgebaut und in Rennöfen verhüttet worden zu sein (Vgl. BÄNTELI ET AL. 2000, aber auch Beitrag von K. SCHÄPPI in diesem Band). 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 hochwertigere Eisenerzlagerstätten ermöglichten, wurde das Bergwerk in Blumberg stillgelegt. Auch bei Barmen, 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, 1947-1948).

Fig. 7

Eisenoolith, Merishausental.



Gips

Gipslagerstätten entstehen – ähnlich wie Steinsalzlagerstätten – dort, wo grosse Mengen von Meerwasser oder salzigem Grundwasser unter dem Einfluss eines heiss-trockenen Klimas verdunsten. Bei

der Verdunstung des Wassers werden je nach Verdunstungsgrad die darin gelösten Mineralien ausgeschieden. Wenn Meerwasser dabei auf rund 30 % seiner ursprünglichen Menge reduziert wird, bilden sich Gips und Anhydrit (letzteres ist «wasserfreier

Fig. 8

Rekonstruiertes Mundloch eines Gipstollens bei Oberwiesen, Schleithelm.



Gips»). Heute herrschen entsprechende Bedingungen zum Beispiel am Persischen Golf. In der Triaszeit bildeten sich solche sogenannten Evaporit-Gesteine auch im Gebiet der heutigen Schweiz. Gipsgesteine finden sich in der Region Schaffhausen in zwei stratigraphischen Niveaus: In der Zeglingen-Formation («Mittlerer Muschelkalk») und in der Bänkerjoch-Formation («Gipskeuper»). Entlang der Wutach sind diese Gesteine aufgeschlossen. Diese wurden sowohl im Tagebau (Bänkerjoch-Formation) abgebaut als auch im Stollenbau (Zeglingen-Formation) erschlossen (Fig. 8; STÖSSEL ET AL. 2005). Das bedeutendste Bergwerk dürfte dasjenige von Oberwiesen gewesen sein. Ein Teil dieses Stollensystems ist heute im Gipsmuseum Schleithelm als Besucherbergwerk ausgebaut.

Der Gipsabbau geht wohl auf die Römer zurück. Die erste urkundliche Erwähnung findet sich in Schleithelm jedoch erst in einer Gemeinderechnung von 1712. Der geförderte Gips wurde in einer der zahlreichen Gipsmühlen gemahlen und dann für Bauzwecke oder als Dünger verkauft. Schleithelm wurde zu einem regionalen Zentrum des Gipshandels, das Gipsgewerbe war ein bedeutender Arbeitgeber in der Region. Ab 1890 brach jedoch der Absatz ein: Die Einführung von Kunstdünger, die Konkurrenz durch Schweizer Tagebaubetriebe sowie Zollhemmnisse waren für einen rapiden Rückgang verantwortlich. Nach einem kurzzeitig neuen Anlauf ab 1927 musste der Gipsabbau in Oberwiesen 1944 endgültig eingestellt werden (STÖSSEL ET AL. 2005).

Silex

Aus heutiger Sicht ist die einstige Bedeutung des Rohstoffes «Silex» schwerer einzuordnen als diejenige von Gips, Ton oder Bohnerz (siehe ALTORFER UND AFFOLTER 2011). Silex war jedoch aufgrund seiner Härte und seiner isotropen Struktur (es gibt in dem Material keine Vorzugsorientierung) ein sehr beliebtes Ausgangsmaterial für die Herstellung von bohrenden oder schneidenden Werkzeugen. Silex, der oft auch als «Flint» oder «Feuerstein» bezeichnet wird, besteht im Wesentlichen aus SiO_2 , entspricht also chemisch

(aber nicht mineralogisch) dem Quarz. Typischerweise kommt Silex als knollige oder fladenförmige Konkretionen in Kalk- und Dolomitgesteinen vor (Fig. 9). Die Herkunft des Ausgangsmaterials Kieselsäure ist in der Regel an das Auftreten vulkanischer Aschelagen oder (in der Region Schaffhausen wichtiger) an das Vorkommen bestimmter Organismen geknüpft: Mehrere Organismengruppen nutzen nämlich Kieselsäure zum Aufbau eines Skelettes aus sogenanntem Skelettopal (amorphe Kieselsäure). Dazu zählen gewisse Schwämme (Kieselchwämme), Strahl tierchen (Radiolarien)



Fig. 9

Silexknolle im Kalkstein der Schinznach-Formation (Trias).

und Kieselalgen (Diatomeen). Werden die Skelette dieser Organismen sedimentiert, so löst sich der Skelettopal meist auf, migriert mit dem Porenwasser durch das Sediment und wird dann an anderer Stelle in Form der erwähnten Knollen und Fladen wieder ausgeschieden. Dabei wird häufig der dort vorhandene Calcit (Kalk) verdrängt bzw. ersetzt. So können kalkige Fossilien wie Seeigel, Korallen oder Muscheln «verkiesel» sein. Oft findet man im Silex eingeschlossen auch ehemals kalkige Mikrofossilien. Form, Grösse und Farbe können je nach Bildungsbedingungen stark variieren; konkrete Ausbildungen sind oft typisch für ein bestimmtes Vorkommen.

Da Silex äusserst stabil und resistent ist gegenüber der chemischen und der mechanischen Verwitterung, ist es auch nicht erstaunlich, dass aufgearbeitete Silexknollen auch immer wieder im Bohlston gefunden werden. Ähnlich wie das Eisen blieben auch diese Knollen bei der Verwitterung zurück und wurden zusammen mit dem Bohnerz eingelagert. Dass diese Silexknollen jedoch ursprünglich aus Jurakalken stammen, also aufgearbeitet sind, ist an den darin oft enthaltenen Mikrofossilien zu erkennen.

In der Region Schaffhausen kommt Silex in verschiedenen stratigraphischen Horizonten primär vor, insbesondere in Kalken der Trias («Hauptmuschelkalk» bzw. Schinznach-Formation) sowie aus dem Oberen Jura. Innerhalb des Oberen Jura sind Silexknollen in den Setatus-Subeumela-Schichten besonders weit

verbreitet. Altorfer und Affolter (2011) erkennen aus dem Oberen Jura der Region Schaffhausen fünf qualitativ unterschiedliche Silex-Varietäten. Ein wesentlicher Lieferant der Kieselsäure dürften im Fall der Oberjura-Vorkommen die erwähnten Kieselschwämme zu sein. Kieselschwämme sind in mehreren Horizonten des Oberen Juras weit verbreitet und bildeten eigentliche Kieselschwamm-Algen-«Riffe». Ähnliche Vorkommen finden sich in dieser Zeit in Europa weit verbreitet. Die Setatus-Subeumela-Schichten sind in der Region Lohn-Büttenhardt gut aufgeschlossen, just in der Region also, aus der die neolithischen Silex-Werkplätze bekannt sind.

Ton

Ton ist ein Werkstoff, der den Menschen seit Urzeiten bis in die heutige Zeit begleitet. Von neolithischen Tonwaren bis zur heutigen technischen Keramik: Ton ist aus der menschlichen Geschichte

kaum wegzudenken. Heute haben Tonsteine noch eine zusätzliche Bedeutung: Tone sind beim Bau von Abfalldeponien aufgrund der abdichtenden Wirkung oft ein wichtiges Element, das die Kontamination von Grundwasser mit Schadstoffen verhindert (Fig. 10). So vielseitig wie die Verwendung von Tonsteinen, so vielgestaltig ist auch ihr Vorkommen (siehe LETSCH ET AL., 1907; Abbaustellen in der Region: Siehe Fig. 2).

Ton im geologisch-mineralogischen Sinn bezeichnet einerseits einen Korngrössenbereich (Körner kleiner als 2 Mikrometer), andererseits eine Gruppe von Mineralien (Schichtsilikate), deren Vertreter häufig in dem besagten Korngrössenbereich vorkommen. Sie können eine Palette von chemischen Zusammensetzungen und damit auch einen weiten Reigen von Eigenschaften aufweisen. Häufig kommen Tonmineralien in Verbindung mit anderen Mineralien vor: Calcit und Dolomit, Gips und Anhydrit, feinkörniger Quarz und vieles mehr. Entsprechend vielfältig ist auch das geo-

Fig. 10

Tongrube Birchbühl in Sibilingen: Auf der linken Seite findet Tonabbau statt, auf der rechten Seite Einlagerung von inerten Bauabfällen. Der nicht vollständig ausgeräumte Ton bietet die Abdichtungseigenschaften, die für die Einlagerung von Abfällen erforderlich ist.



logische Vorkommen von tonführenden Gesteinen und Tonsteinen: Auch in der Region Schaffhausen finden sich sehr unterschiedlich gestaltete Tonvorkommen. Dies reicht von festländischen Ablagerungen aus der Triaszeit über Meeresablagerungen in der Jurazeit bis zu jungem, nacheiszeitlichen Gehängelehm am Fuss des Randens. So wurden je nach Anforderungen an den Ton zahlreiche Gruben eröffnet und für die lokale Verwendung ausgebeutet. In der Region Schaffhausen wurden jedoch auch qualitativ hochstehende Tonsteine erschlossen. Bereits erwähnt wurde der Boluston, der gelegentlich in sehr reiner Qualität gefunden wurde (Lohn, Stetten, Färberwisi bei Beringen). In diesen Fällen besteht er zu einem hohen Prozentsatz aus dem Tonmineral Kaolinit. Aus Kaolinit (und Feldspat) wurde vermutlich im siebten Jahrhundert in China das erste Porzellan hergestellt. Heute ist die wichtigste Verwendung von Kaolinit die Beschichtung von Papier. Für Ziegeleizwecke wurde westlich von Hofen und nordwestlich von Bibern Bänderton abgebaut. Aus der «Brackwassermolasse» von Lohn wurden vom 17. bis ins 20. Jahrhundert Gebäckmodel hergestellt (WIDMER und STÄHELI, 1999). Weitere lokale Vorkommen unterschiedlicher Tone (Grundmoränenlehm, Gehängelehm usw.) wurden an verschiedenen Orten der Region meist lokal genutzt (siehe SCHIENDORFER, dieser Band).

Opalinuston wird noch heute in Siblingen (Grube Birchbühl) als Rohstoff für die Ziegeleiindustrie (Backsteine) gewonnen. Allerdings ist die Nachfrage in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen. Diese Baustoffe werden zunehmend durch andere Substanzen konkurrenziert. Der Opalinuston steht heute jedoch auch im Fokus der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), da ihn seine Mächtigkeit, seine Homogenität, die Armut an Kalk und Sand und seine

Fähigkeit, Radionuklide zurückzuhalten als mögliches Wirtgestein für radioaktive Abfälle auszeichnet.

Ton in Verbindung mit Kalk wird als Mergel bezeichnet. Mergel ist ein wichtiger Rohstoff für die Zementindustrie (Neukirchen 2016). Entsprechende Ausgangsmaterialien wurden in der Region Schaffhausen insbesondere um Thayngen abgebaut: In der Tongrube Almenbühl bzw. Biberegg waren das die Mergel der Unteren Süsswassermolasse.

Weitere Rohstoffe

Neben den erwähnten Rohstoffen gibt es in der Region natürlich noch weitere, die früher oder heute in der Region eine gewisse Bedeutung erlangten.

Im Quarzsandwerk von Benken/Wildensbuch wurde **Quarzsand** in der Zeitspanne von 1840 bis 1983 vor allem für die Glasherstellung und die Verwendung als Giessereisand abgebaut. Aber auch als Schleifsand, Streusand für Lokomotiven, Gussasphaltzuschläge, in Sportanlagen, für Verputze und anderes fand dieser Sand Verwendung. Der Abbau war schwierig, da die Sande mit bis zu 20 m jüngeren Schichten überlagert sind. Anfänglich wurden die Vorkommen im Stollenbau erschlossen; später wurden Baumaschinen eingesetzt, um die überlagernden Schichten abzutragen, so dass der Abbau im Tagebau erfolgen konnte. Der Abbau musste 1983 schliesslich eingestellt werden, da durch den Regierungsrat keine weiteren Bewilligungen Waldrodungen mehr erteilt wurden. Der Sand entstammt der Oberen Meeresmolasse und wurde auch wegen der zahlreichen darin gefundenen Fossilien bekannt. Zur genauen stratigraphischen Einordnung dieser Sande gibt es unterschiedliche Ansichten (siehe BÜHL 2017).

Weisse Kalke des Oberen Juras wurden in der Region an diversen Stellen abgebaut und einerseits als Bausteine,

andererseits als Rohstoff für die Zementindustrie (Thayngen) verwendet. Sie wurden insbesondere als Mauerstein und für Hausteinarbeiten genutzt (Munot, Turm des St. Johann, Türme der Stiftskirche von Rheinau). Abgebaut wurde unter anderem direkt im Stadtgebiet, in den Mühlenen, im Mühletal, im Fulachtal, bei Herblingen und bei Neuhausen (DE QUERVAIN, 1969), wobei der Steinbruch in den Mühlenen im 17. Jahrhundert der grösste Steinbruch der Schweiz gewesen sein soll.

Der **Randengrobkalk** besteht aus einer feinerzriebenen, festverkitteten Masse von Muschel- und Schnecken-schalen und aus grobem, gut gerundetem Quarz. Das Gestein ist von rauer, grober und löchriger Struktur, ziemlich druckfest und wetterbeständig. Aufgrund seiner Wärmeleitfähigkeit schätzten ihn schon die Römer als Baustein. Randengrobkalk wurde in Altdorf und im benachbarten badischen Gebiet bei Wiechs und Tengen abgebaut und vom 11. bis ins 15. Jahrhundert in Tür- und Fenstergewänden oder als Eckquader in der Region eingesetzt. In jüngerer Zeit wurde er vor allem zu Sockelmauern, Fassadensteinen oder auch zu Quadern für Brücken (Eisenbahnbrücke oberhalb Rheinfal) verarbeitet (DE QUERVAIN, 1969).

Als Bausteine wurden auch **Sandsteine** eingesetzt. Ein historisch bedeutender Baustein ist der aus der Trias-Zeit stammende «**Schilfsandstein**» aus dem Klettgau (Klettgau-Formation, Seewi-Steinbruch, am Hochwald und am Worberg sowie mehrere kleine Brüche zwischen Beggingen und Schleithelm. Die Abbaustellen in der Region wurden Anfang des 20. Jahrhunderts aufgegeben). Der meist rote, gelegentlich auch grünliche Sandstein ist feinkörnig (Körner um 0.2 mm) und gleichmässig. Er besteht aus Quarz, Feldspat und Glimmer. Der Kornverband ist ziemlich locker, die Gesteine können gut gesägt und behauen werden. Der Stein wurde

vor allem im 11. bis 16. Jahrhundert verwendet (Münster Schaffhausen, Kloster zu Allerheiligen, Kirche Hallau). Schilfsandstein aus Schleithelm soll auch nach Zürich (Kreuzgang im Fraumünster), Basel (Elisabethenkirche), St. Blasien (Klostergebäude) und Koblenz (Rheinbrücke) geliefert worden sein (DE QUERVAIN, 1969).

Schliesslich lieferten mehrere lokale Brüche (Rohrbachtal) sowie das bekannte Flurlinger Vorkommen **Kalktuffe**, die als Bausteine Verwendung fanden. Diese Gesteine erlangten auch aufgrund ihres spektakulären Fossilinhaltes eine gewisse Bedeutung (GUYER und STAUBER, 1941).

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 Jahrzehnte voraussichtlich gross bleiben. In der Region sind die umfangreichen Vorkommen von 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 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 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 t 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.

In Zeiten des Mangels wurden auch weitere potenzielle **Energierohstoffe** exploriert. 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 3'480. 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 weiterzuentwickeln. 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» der Region untersucht. Doch die Energieausbeute war auch hier zu gering.

Bibliografie

- ALTORFER, K., und AFFOLTER, J. (2011): Schaffhauser Silix-Vorkommen und Nutzung, Beiträge zur Schaffhauser Archäologie.
- BÄNTELI, K., HÖNEISEN, M., und ZÜBLER, K. (2000): Berslingen – Ein verschwundenes Dorf bei Schaffhausen. Mittelalterliche
- BAUMBERGER, E. (1923): Bohnerz. I. Die Vorkommen im Juragebiet. In: Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie 131.
- BIRCHMEIER, C. (1985): Bohnerzbergbau im Südranden, Schaffhausen, Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.
- BÜHL, H. (2017): Die Kontroverse um das Alter der miozänen Graupensandrinne und die Ablagerungen in der Quarzsandgrube Benken (ZH): Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, v. Online.
- DE QUERVAIN, F. (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz, Komm. Kümmerly & Frey.
- FURRER, M. (2012): Schaffhausen – Salzhafen der Eidgenossen. Salz und Salzhandel im spätmittelalterlichen Schaffhausen: eine Quantifizierung. Schaffhauser Beiträge zur Geschichte, Historischer Verein des Kantons Schaffhausen (Hg.).
- GUYAN, W. U., und STAUBER, H. (1941): Die zwischeneiszeitlichen Kalktuffe von Flurlingen (Kt. Zürich): Eclogae Geologicae Helvetiae.
- HOFMANN, F. (1991): Neuere Befunde zur Geologie, zur Lagerstättenkunde und zum historischen Abbau der Bohnerze und Bolustone der Region Schaffhausen: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.
- HOFMANN, F., REICHENBACHER, B. und FARLEY, K.A. (2017): Evidence for > Ma paleo-exposure of an Eocene-Miocene paleosol of the Bohnerz-Formation, Switzerland: Earth and Planetary Science Letters.
- HÜBSCHER, J. (1947-1948): Untersuchungsergebnisse über die Doggererze und die Ölschiefer im Kanton Schaffhausen: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.
- KEMPF, O. und PFFNER, O. A. (2004): Early Tertiary evolution of the North Alpine Foreland Basin of the Swiss Alps and adjoining areas, Basin Research.
- LANG, R. (1903): Der Bergbau im Kanton Schaffhausen, Referat vorgelegt der Schweizerischen statistischen Gesellschaft bei ihrer Jahresversammlung in Schaffhausen, Zeitschrift für Schweizerische Statistik und Volkswirtschaft.

- LETSCH, E., MOSER, R., ROLLIER, L. ZSCHOKKE, B. (1907): Die schweizerischen Tonlager, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, IV. Lieferung, Schweizerische Geotechnische Kommission (Hg.), Bern, in Kommission bei Francke.
- MAZUREK, M., HURFORD, A. J., und LEU, W. (2006): Unravelling the multi-stage burial history of the Swiss Molasse Basin: integration of apatite fission track, vitrinite reflectance and biomarker isomerisation analysis: Basin Research.
- NEUKIRCHEN, F., RIES, G., (2016): Die Welt der Rohstoffe, Springer Verlag.
- BÜHLER, R., (1986): Bergwerk Herznach – Erinnerungen an den Fricktaler Erzbergbau, AT Verlag.
- SCHALCH, F. (1983): Das Gebiet nördlich vom Rhein (Kanton Schaffhausen, Högau, und Schienerberg), Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Neunzehnte Lieferung, Geologische Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Bern, in Kommission bei J. Dalp (K. Schmid).
- STÖSSEL, I., STEHRENBARGER, W., und STAMM, U. (2005): Das Schleithemer Gipsgewerbe, Schleithem, Stiftung zur Förderung des Gipsbergwerkes und Gipsmuseums Schleithem.
- STÖSSEL, I. (2020): Die Geologie der Region Schaffhausen: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.
- WIDMER, H.P., STÄHELI, C. (1999): Schaffhauser Tonmodel. Schaffhauser Tonmodel. Kleinkunst aus der Bossierer-Werkstatt Stüdlin in Lohn, Schaffhausen, Katalog zur Sonderausstellung im Museum zu Allerheiligen.
- WULLSCHLEGER, E. (2005): Das Böhnerz von Küttigen: Entstehung, Fossilien- und Mineraliengehalt, Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft.
- WUNDERLIN, D. (2019): Keine kurze Episode - Die Nutzung der Böhnerzvorkommen im Schweizer Jura, in Konold, W., Regnath, R. J., und Werner, W., eds., Böhnerze - Zur Geschichte ihrer Entstehung, Gewinnung und Nutzung in Süddeutschland und der Schweiz: Freiburg i. Br., Alemannisches Insitut Freiburg im Breisgau.