

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ  
GEOTECHNISCHE SERIE  
KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 9

Über Vorkommen und Abbau von  
Gießereiformstoffen in der Schweiz

von

A. VON MOOS

---

KOMMISSIONSVERLAG: KÜMMERLY & FREY, BERN

1942

### **Vorwort der Geotechnischen Kommission.**

Die nachstehende Abhandlung „Über Vorkommen und Abbau von Gießereiformstoffen in der Schweiz“ wurde vom Verfasser Dr. A. von Moos und der Redaktion der Eclogae in dankenswerter Weise für die Aufnahme in die Serie der „Kleineren Mitteilungen“ zur Verfügung gestellt. Sie wird nur im Austausch versandt, dagegen nicht verkauft.

Für die Geotechnische Kommission der S. N. G.

Der Präsident: PROF. DR. P. NIGGLI

Der Aktuar: DR. F. DE QUERVAIN

# Über Vorkommen und Abbau von Giessereiformstoffen in der Schweiz.

Von **Armin von Moos**, Zürich.

Mit 1 Textfigur.

Die gegenwärtige, durch den zweiten Weltkrieg geschaffene Notlage in der Versorgung unseres Landes zwingt Privatwirtschaft und Staat, den Bestand an einheimischen Rohstoffen erneut auf ihre Abbauwürdigkeit zu untersuchen. In diesem Zusammenhange beauftragte uns die A.G. vormalig GEORG FISCHER, Eisen- und Stahlwerke Schaffhausen, im Sommer 1940 unter anderem damit, eine Bestandsaufnahme der früher oder heute in der Schweiz ausgebeuteten Vorkommen von Giessereiformstoffen durchzuführen. In zuvorkommender Weise gestattet die Firma, das gesammelte Material in der nachfolgenden Übersicht über die Vorkommen mitzuverarbeiten. Wir möchten der Auftraggeberin dafür und besonders Herrn Ing. W. GÖTZ für seine mannigfaltigen Ratschläge und Diskussionen unseren besten Dank aussprechen. Ausserdem danken wir an dieser Stelle den Grubenbesitzern und -pächtern, die uns Auskünfte gaben und die Entnahme von Proben in ihren Gruben gestatteten.

Im Folgenden soll vor allem eine Übersicht über die Ausbeutestellen von Giessereiformstoffen in der Schweiz gegeben werden, wobei auf die Übersichtskarte verwiesen wird. Da die Beschaffung von einheimischen Formstoffen weiterhin aktuell bleibt, und zur Auffindung neuer Vorkommen in vermehrtem Masse Geologen herbeigezogen werden, schliesst sich eine Übersicht über die Technologie der Formstoffe in der Giesserei an. Am Schlusse wird sodann auf die Entwicklung und die Zukunft des schweizerischen Formstoffabbaues eingegangen.

## 1. Die geologisch-stratigraphische Verteilung der Vorkommen.

Die regionale Verteilung der Vorkommen von natürlichen Formstoffen, d. h. von quarzreichen Sanden, von tonigen Sanden und von feuerfesten Bindertonen, sodann von Klebsanden und von Gebläsesanden, die gleichfalls in den Giessereien Verwendung finden, zeigt, dass diese sich auf den Tafel-, den Kettenjura und das anschliessende Molassegebiet konzentrieren und sich dabei in deren nördlichen und nordöstlichen Abschnitten häufen. Die Ausbeutung in den Alpen und der Südschweiz ist aus geologisch-petrographischen Gründen, d. h. wegen des Zurücktretens der kalkfreien Lockergesteine und geeigneter, schwach verfestigter Festgesteine, aber auch aus wirtschaftlichen Ursachen, unter denen die grosse Entfernung zu den mehrheitlich im Mittelland und Jura liegenden Verbraucherzentren wohl der wichtigste ist, bis heute kaum aufgenommen worden.

Um über die Vorkommen von Formstoffen in diesen Gebieten eine Übersicht zu erhalten, ist es naheliegend, dieselben im geologisch-stratigraphischen Zusammenhange zu besprechen. Dadurch können einerseits die Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Vorkommen bestehen, geklärt werden, es können die

gemeinsamen Eigenschaften herausgehoben werden, und endlich kann dadurch die Aufsuchung neuer Vorkommen von bestimmten Eigenschaften erleichtert werden.

a) Rotliegendes (Perm) und Buntsandstein (Trias).

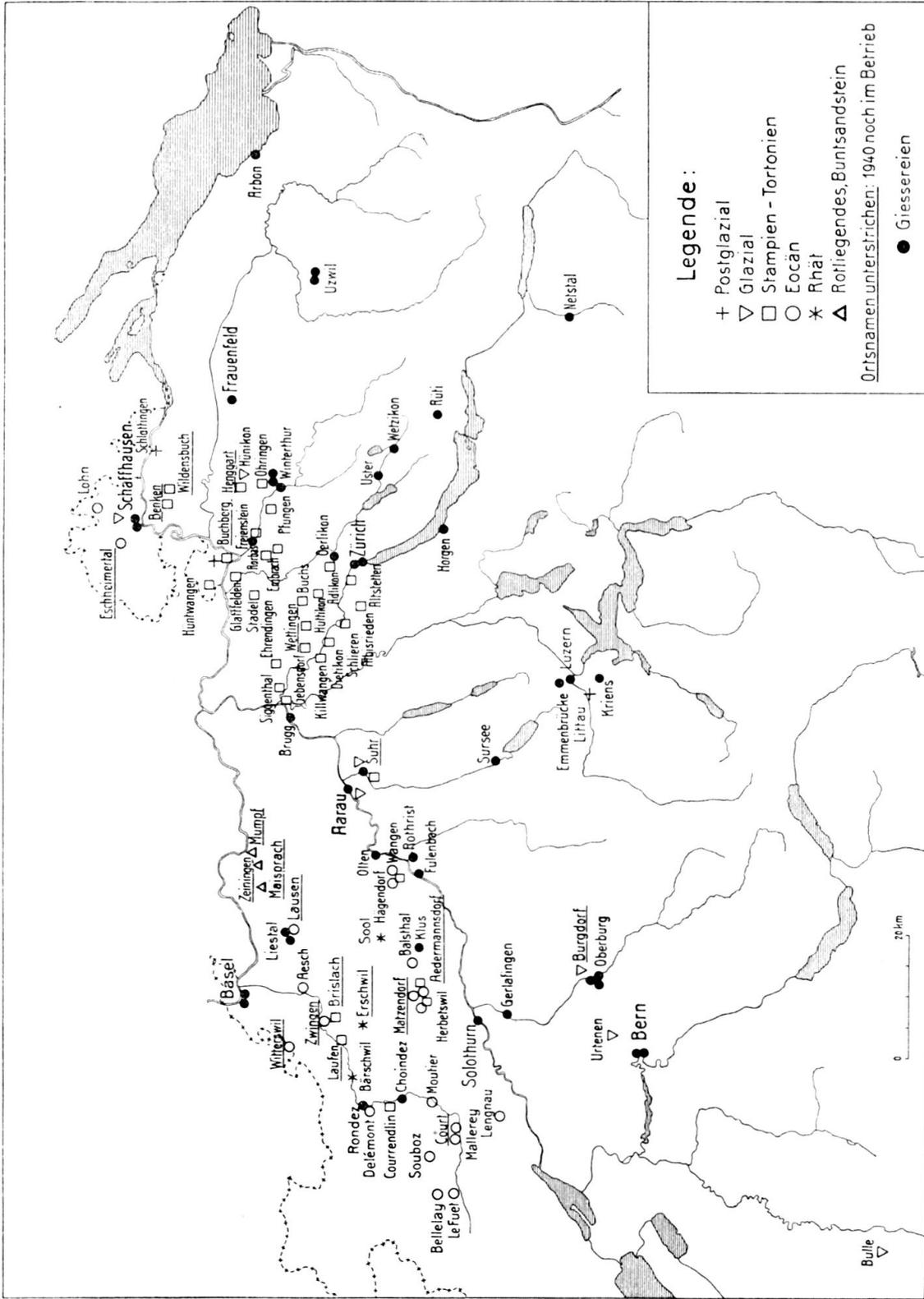
Im Gebiet des durch Verwerfungen in Graben und Horste aufgelösten Tafeljuras stehen südlich des Rheins zwischen Mumpf und Rheinfeldern, z. T. über den Ausläufern der Schwarzwaldgranite und z. T. über den Karbonablagerungen Konglomerate, Sandsteine und Tonschiefer des Rotliegenden (Perm) und des Buntsandsteines (Trias) an. Seit 1906 werden in der sog. Rotsandgrube bei Mumpf (Aargau) (Lit. 14) grobe eisenschüssige, grösstenteils rote, seltener grüne tonige Sandsteine zu Formzwecken gewonnen. Auch im benachbarten Zeiningen (Aargau) und in Maisprach (Baselland) kommen in der Nähe der Zeinger Verwerfung seit 1937 tonige Sande aus denselben stratigraphischen Horizonten zum Abbau. Diese ausgebeuteten Formsande zeichnen sich aus durch stärkere Verfestigung der allgemein groben, tonig gebundenen Sandsteine, so dass das gerüstete Material neben Sand auch kleine Sandsteinbrocken enthält und deshalb in den Giessereien noch gemahlen werden muss, ferner durch das Auftreten von Geröll, die ausgelesen werden müssen, und schliesslich durch das Vorherrschen der durch Eisenverbindungen bedingten roten oder grünen Farbe.

Die Sandsteine erweisen sich nur in der oberflächlichen Zone, in der sie mehrere Meter tief verwittert und gelockert worden sind, als kalkfrei, während sich mit zunehmender Abbautiefe ein wenn auch geringer (5—6%) Karbonatgehalt einstellt. Die entkalkten Sande führen als Hauptbestandteile neben erzbestaubten Quarz und Quarzitkörnern Feldspäte und limonitische Zersetzungsprodukte, die in zumeist eckiger, an der Oberfläche gerauhten Körnern auftreten.

b) Rhät.

Im Basler, Solothurner und Berner Jura bilden die Sandsteine der Rhät-Formation einen durchgehenden Horizont, der sich aber östlich einer Linie, die von Adelshausen (Baden) nördlich Basel über den Belchen bis nach Hägendorf bei Olten zieht, nicht mehr verfolgen lässt. Die Ausbildung dieser Formation ist eine relativ einheitliche; über den grünen Keupermergeln oder dem Keuperdolomit stehen weisse oder graue, gelb anwitternde, klüftige, allgemein wenig feste Sandsteinbänke an, welche mit dunklen Tönen in Wechsellagerung stehen. Ihre Mächtigkeit variiert von 1—7 m.

Diese Sandsteine wurden früher und werden auch heute wieder bei Erschwil (Sol.) abgebaut. Die durch die komplizierten tektonischen und morphologischen Verhältnisse bedingte unregelmässige Verteilung der abbauwürdigen Vorkommen in Erschwil hat bis heute einen grösseren Abbau des wertvollen Materials, das für Giessereien, für keramische Zwecke und für die Glasindustrie verwendet wird, verhindert. Der aus dem Sandstein durch Zerdrücken oder leichtes Mahlen gewonnene weisse bis gelblichbraune, zumeist einheitlich gekörnte Sand besteht fast ausschliesslich aus detritischen Quarzkörnern (Quarz und etwas Quarzit), die zumeist durch Neuanwachsung Kristallflächen aufweisen und dem Sand den glänzenden Aspekt vermitteln (Kristallsand). Als Nebengemengteile treten Feldspäte hinzu und akzessorisch finden sich neben Zirkon, Turmalin, Rutil opake Mineralkörner. Die gelegentliche Verfärbung ist auf limonitische Überzüge und Flecken auf den Körnern zurückzuführen. — Eine alte, heute verlassene Abbaustelle findet sich im benachbarten Bärschwil (Bern), die aber ähnlich einzelnen Vorkommen



Nr. 4443. BRB 3.N.1939.

Karte der Formstoffvorkommen und Giessereien der zentralen und nördlichen Schweiz.

zwischen Erschwil und Grindel in zu Rutschungen neigendem Gebiet liegt. — Verhältnismässig günstige, bis 6 m mächtige Lager finden sich sodann im Gebiete von Sool, Wust im obern Teile des Limmernbaches, 1—2 km westlich der Verbindungsstrasse zwischen Waldenburg und Langenbruck (Sol.), die aber bis heute, der ungünstigen Abtransportverhältnisse und der etwas stärkeren Verfestigung wegen, nicht in Abbau genommen wurden.

### c) Bohnerzformation (Eocän).

Für Formzwecke verwertbare Rohstoffe finden sich wieder in der Bohnerzformation (Eocän), in der sich die unlöslichen Verwitterungsrückstände der Kalke und Sandkalke der Kreide- und z. T. der Juraformation in unregelmässigen Decken, in Taschen und Schloten auf und in den unterliegenden Kalken sammelten. Die Verwitterungsreste bestehen im wesentlichen aus Quarz, der sowohl als makroskopisch sichtbare Körner in den Sanden, wie auch als feinkörnige Beimischung in den Huppererden und Tonen auftritt, sodann aus Tonmineralien, hauptsächlich Kaolinit, der in den Huppererden und den Bohnerzlehmen vorliegt, und endlich aus Eisenverbindungen, die als Limonit und Goethit in den Bohnerzkörnern und in den Bohnerzlehmen dominieren.

Die Bohnerztone oder Bolustone sind meist sehr fette, zähe Tone von tiefroter, braunroter, gelbroter bis gelbbrauner, am Kontakt mit Kalkstein oft bläulicher, grünlicher, durch Zurücktreten der Eisenverbindungen seltener auch von weisslicher Farbe. Manchmal enthalten sie auch Bohnerzkörner und Kalksplitter, sind aber gewöhnlich kalkfrei. Sie schmelzen bei 1500—1600°, seltener über 1600° und treten zumeist in unregelmässigen Decken, gelegentlich aber auch in Taschen auf. Dort, wo im 17. und 18. Jahrhundert auf Bohnerz ausgebeutet wurde, lassen sich auch heute noch relativ leicht abbauwürdige Lager finden. Solche Tone, die, mit Ausnahme gewisser jüngerer Verwitterungslehme, die einzigen feuerfesten Tone der Schweiz darstellen, werden heute im Eschheimertal bei Schaffhausen ausgebeutet und als Binder für binderarme Frischsande oder totgebrannte Altsande in den Giessereien verwendet. In ähnlicher Weise wurde früher der in der Bohnerzwäscherei in Delsberg anfallende Bolusschlamm verwendet. — Wichtiger ist die Verarbeitung der Bohnerzlehme für grob- und feinkeramische Zwecke, wozu sie heute in Lohn (Schaffh.), Eschheimertal (Schaffh.), Aedermannsdorf (Sol.), Zwingen (Bern), Büren a. d. Aare (Bern), früher auch in Hofstetten bei Neuhausen (Schaffh.), im Becken von Delsberg (Bern), in der Pfeffingerklus bei Aesch (Bld.) usw. abgebaut wurden.

Ärmer an Tonmineralien und Eisenverbindungen und reicher an Quarz sind die Huppererden oder Klebsande. Sie besitzen weisse bis grauweisse, oft auch leicht bräunliche, rötliche bis violette oder grünliche Farbe. Während ihre Sinterung bei etwa 1450° beginnt, liegt der Schmelzpunkt je nach Eisengehalt bei 1600° bis 1700°, seltener über 1700°. Nach den Untersuchungen von J. HARKORT (Lit. 6) ist das Tonmineral der Huppererden Kaolinit, daneben wurde Quarz vorgefunden. Im Sandanteil kann fast nur Quarz nachgewiesen werden, während die übrigen Mineralien (Zirkon, Rutel, Limonit + Leukoxen, Turmalin, Magnetit usw.) nur akzessorisch vorhanden sind (Lit. 10). Diese Klebsande besitzen häufig eine schlechte granulometrische Aufbereitung, d. h. es fehlt eine vorherrschende Kornklasse, wie sie hochwertigen ausländischen Formsandvorkommen zu eigen ist.

Durch noch kleineren Gehalt an feinkörnigen Bestandteilen, dafür aber bedeutenderen Sandanteil sind die mit den Huppererden oft vergesellschafteten Quarzsande gekennzeichnet, bei denen der Quarz, häufig in gerundeter Form

und mit glatter Oberfläche, zu 98—99% beteiligt ist; daneben treten noch Zirkon, Rutil, Turmalin, Erz usw. auf (Lit. 9). Beide Rückstandsprodukte, die Huppererden und Quarzsande, finden sich zumeist in Kesseln und Taschen, die in den unterliegenden Malmkalk eingetieft sind und eine Breite von 30—60 m, seltener 150—200 m bei einer Tiefe von über 50 m aufweisen. Daneben treten sie, wenn auch quantitativ untergeordnet, in dünnen Lagen über dem Kalk auf. In den einzelnen Taschen wechselt die Zusammensetzung und die Lagerung oft; es gibt auch Taschen, denen die Quarzsande fast fehlen, wogegen in anderen diese fast ausschliesslich auftreten. Die Huppererde und auch die Glassande sind allgemein mürb und feinkrümelig, gelegentlich treten indessen auch verfestigte härtere Lagen auf.

Die schweizerische Ausbeutung von Quarzsanden und Huppererden ist schon alt, steht doch die heute noch in Ausbeutung begriffene Grube von Lengnau seit über 200 Jahren in Betrieb. Die Quarzsande bildeten früher zusammen mit dem Waldreichtum des Juras die Rohstoffbasis einer ausgedehnten Glasindustrie in Moutier, Laufen, Waldenstein und im Guldental. Auch heute noch wird ein grosser Teil der Quarzsande der Glas- und keramischen Industrie zugeführt. Daneben aber kommt der Verwendung in den Eisen- und Stahlgießereien eine grosse Bedeutung zu; endlich werden sie zur Herstellung künstlicher Kieselsäureverbindungen herangezogen. Huppererden kommen in den Giessereien zur Auskleidung der Kupolöfen und Giesspfannen z. T. auch als Formsande in Anwendung, sodann werden daraus Chamottesteine, Verblendsteine, Steinzeug hergestellt. Hupperer erster Qualität kam früher etwa von Lengnau nach Deutschland, England, Amerika zum Versand, während heute noch nach Italien exportiert wird. Huppererden und Quarzsande wurden 1940 in Court-Malleray (Bern) (neue Grube seit 1910), Lengnau (Bern), Rickenbach-Wangen (Sol.), Matzendorf und Herbetswil (Sol.), Witterswil (Baselland), Lausen (Baselland) abgebaut. Alte aufgelassene Abbaustellen finden sich bei Moutier (Bern), Le Fuet (Bern), Souboz (Bern), Bellelay (Bern), Malleray (Bern), Hägendorf (Sol.), Balsthal (Sol.), Aedermannsdorf (Sol.), Kestenholz bei Olten, Aesch (Bld.) usw.

Erschwerend für die Ausbeutung der Quarzsande und Huppererden ist der rasche Wechsel in der Zusammensetzung und Lagerung. Die meisten Gruben leiden zudem unter Wasserandrang, unter den nachstürzenden Kalkblöcken, dem herabfallenden Gehängeschutt und den verschwemmten Gehängelehmen, die besonders bei geringem und saisonmässigem Abbau grosse Ausmasse im Verhältnis zum geförderten Material annehmen. Dazu treten z. T. primitive, unrationelle Aufbereitungs- und Transportanlagen, welche die Konkurrenz zu den deutschen, belgischen und französischen Vorkommen in normalen Zeiten erschweren.

#### d) Stampien-Tortonien.

Die Molasseablagerungen, die in der Zeit vom Stampien bis und mit dem Tortonien entstanden sind, bestehen aus Nagelfluhkonglomeraten, Sandsteinen und Mergeln, zu denen auch Süsswasserkalke, Braunkohlen usw. treten. Sie wurden in Seen und Meeresarmen, z. T. auch auf dem Festland abgelagert und stellen Erosionsprodukte aus den Alpen, untergeordnet auch aus dem Jura und dem Schwarzwaldgebiet dar. Während die alpennahen Ablagerungen zumeist eine gute Diagenese aufweisen, finden wir gegen den Jura und im Juragebiet selbst häufig lockere, sandig-kiesige Molassesande, deren lockere Ausbildung sowohl durch primäre unbedeutende Diagenese, wie auch durch sekundäre Auswaschung des karbonatischen Bindemittels entstanden ist.

Diese Molasseablagerungen sind gekennzeichnet durch eine Mischung sehr verschiedenartiger Gesteinstrümmen, wobei sie normalerweise einen grösseren Karbonatgehalt aufweisen. Unter den Bestandteilen der Sande finden wir Quarz mit Quarzit und Hornsteinen, Kalk und Dolomit, Glimmer und Chlorit, limonitisch-serizitische Aggregate, Erze und die selteneren schweren Mineralien wie Granat, Epidot, Staurolith, Rutil, Turmalin usw. (Lit. 8). Die Sintertemperaturen der Molassesande liegen deshalb auch bei den kalkfreien Molassesanden durch die Anwesenheit dieser Flussmittel tiefer als bei den reinen Quarzsanden etwa der Bohnerzformation (gewaschene Sande 1200—1300°, ungewaschene Sande 1200—1250°).

Früher, heute aber nur noch untergeordnet werden kalkhaltige, nicht oder wenig verwitterte Molassesande in Courrendlin (Bern), bei Herbetswil (Sol.), Matzendorf (Sol.), in Rickenbach-Wangen (Sol.) für gewisse Giessereizwecke ausgebeutet.

Die meisten Gruben waren indessen schon früher und sind heute fast ausschliesslich in weitgehend bis vollständig entkalkten Molassesanden angelegt (Lit. 2). Diese haben ihren Kalkgehalt durch das eindringende Oberflächenwasser und durch Humussäuren verloren. Dabei verwitterte auch ein Teil der instabileren Mineralien, was zu einer Anreicherung der feinkörnigen Bestandteile des Tones und der stabileren Mineralien, insbesondere des Quarzes, führte. Diese Entkalkung hat sich indessen normalerweise nur bis zu einer Tiefe von 0,5—2,0 m ausgewirkt. Deshalb kamen in diesen Formsandgruben nur wenig mächtige Lagen zum Abtrag, was bei grösserer Nachfrage zu ausgedehntem flächenhaftem Abbau führte. Diese Gruben sind indessen fast alle eingegangen oder ihre Produktion ist nur noch minimal. Solche alte, aufgelassene Abbaustellen fanden sich in Hünikon-Neftenbach (Zürich), Ohringen (Zürich), Wagenbreche bei Embrach (Zürich), Beerenberg bei Pfungen (Zürich), Ober-Mettmenstetten bei Embrach (Zürich), Wil-Hüntwangen (Zürich), Glattfelden (Zürich), Stadel-Raat (Zürich), Adlikon-Albisrieden-Seebach-Uitikon-Urdorf (alle bei Zürich) (Lit. 7, 16), Buchs (Zürich) (Lit. 7), Hüttikon (Zürich), Killwangen (Aargau) (Lit. 13), Gebenstorf (Aargau) (Lit. 13), Spreitenbach (Aargau) (Lit. 13), Siggenthal (Aargau) (Lit. 18), Ehrendingen-Freienwil (Aargau) usw. Die Vorkommen von Suhr (Aargau) und Brislach (Bern) werden noch gelegentlich abgebaut.

Die Entkalkung der Molassesande ging nur dort tiefer, wo während der letzten Eiszeit die Eisbedeckung fehlte und die Erosion flache Rücken und Erosionsterrassen, die seit der vorletzten Eiszeit der Verwitterung ausgesetzt war, verschont hat. Durch das eindringende Oberflächenwasser, wie auch durch das zirkulierende Grundwasser wurden die zumeist groben Molassesande, die häufig dem transgressiven Helvetien angehören, mehrere Meter tief entkalkt. In diesen Gebieten hat der Abbau für schweizerische Verhältnisse grösseren Umfang angenommen und zu beständigen Betrieben geführt, wie etwa in Freienstein (Zürich), das nahezu abgebaut ist und bei Buchberg (Schaffh.). Dazu gehört ebenfalls das grössere Vorkommen von Wettingen (Aargau), bei dem aber neben Molassesanden anscheinend auch diluviales Material abgebaut wird. Ähnliche Verhältnisse liegen auch im Laufener Becken (Kt. Bern) vor, wo im Rahmen des Tonabbaues im Saalfeld bei Laufen eine entkalkte feinsandige Zwischenschicht gelegentlich für Giessereien gewonnen wird. — Die bedeutenden Vorkommen von kalkarmen quarzreichen Sanden, „Graupensande“ des Helvétien, bei Benken und Wildensbuch (Zürich) verdanken ihre Kalkarmut ebenfalls dem zirkulierenden Grundwasser. Das im Tag- und Stollenbau seit über 100 Jahren gewon-

nene Material wird nach Aufbereitung in modernen Wasch- und Siebmaschinen für Gebläsesande, für Kernsande in den Giessereien (Kalkgehalt für Giessereisande an der oberen Grenze), für die Grünglasfabrikation, Herstellung von Kunststeinen, für Filtersande, Streusande, Schleifsande usw. verwendet (Lit. 14).

#### e) Eiszeit.

Noch in ausgesprochenerem Masse als die Molassesande bestehen die Ablagerungen der Eiszeit aus Mischungen verschiedenster Gesteinstrümmen, wobei ihr Karbonatgehalt allgemein eher noch grösser ist. Es haben sich auch hier, allerdings meist wenig mächtige entkalkte Verwitterungszonen gebildet. Neben Quarz und Quarzit in zumeist eckiger, splitteriger bis kantenbestossener Form treten als Hauptgemengteile phyllitische Gesteinsreste, Verwitterungsminerale und opake Minerale hervor. Durch diese zahlreichen Beimengungen liegen die Sintertemperaturen eher tiefer als bei den Formsanden der Molasseablagerungen (1150° ungewaschen, 1250° gewaschen). Zur Zeit wird eine wenig mächtige entkalkte Schlammsandlage von geringer Ausdehnung über einem Drumlin bei Henggart (Zürich), eine Verwitterungsschicht über einer Moräne bei Burgdorf (Bern), eine ebensolche bei Bulle (Fribourg), und endlich ein kalkfreier, vermutlich aus Loess hervorgegangener Lehm über einer Hochterrasse bei Suhr (Aargau) für Giessereizwecke gewonnen.

Alte, heute aufgelassene Gruben finden sich bei Urtenen und Schönbühl (Bern) über sandig-kiesiger Moräne, im Freudental bei Schaffhausen in einem eiszeitlich verschwemmten Molassesand (Lit. 15), nach M. MÜHLBERG auf dem Hasenberg SW Aarau in verwitterten Lehmen und endlich nach einer Mitteilung von E. JOUKOWSKY in Plan-les-Ouates, Arare bei Genf in Sanden glazialer Entstehung.

#### f) Nacheiszeit.

Seit der Eiszeit haben Rutschungen und abfliessende Oberflächenwässer am Fusse der meisten Molasse- und Moränenböschungen flache Schutt- und Schwemmfächer abgelagert. Ein solcher Schuttfächer, der hauptsächlich entkalkte lehmige Sande der marinen Molasse enthält, und dessen Auswaschung durch die unterlagernden Schotter noch gefördert wird, kommt bei Buchberg (Schaffh.) in grösserem Masstab zum Abbau. Seit wenigen Jahren wird dieser lehmige Sand in Embrach (Kt. Zürich) in einer modernen Anlage gewaschen und sortiert und hat bei der erschwerten Einfuhr ausländischer Formstoffe als Kernsand sowie als Füllstoff für synthetische Formsande bis heute ein wertvolles Material geliefert, dessen Sinter Temperatur bei 1350° liegt. Ähnliche Abschwemmsande der tortonischen Molasse wurden 1896 bis 1920 in Schlattigen (Thurgau) (Lit. 17), sodann auch am Sonnenberg bei Littau (Kt. Luzern) (Lit. 17) abgebaut.

Diese Übersicht hat gezeigt, dass die in der Schweiz zur Ausbeutung gekommenen Formsande mehrheitlich durch nachträgliche chemische Verwitterung aus ursprünglich karbonatführenden Sandsteinen oder Sanden hervorgegangen sind (Rotliegender-Buntsandstein, Molasseablagerungen, eiszeitliche Ablagerungen, vermutlich auch Rhätsandsteine). Einer zweiten Gruppe, die aus verfrachteten un- verfestigten Sanden, die zusammen mit einem geringen Schlammstoffgehalt abgelagert wurden und nach der Ablagerung keine Verwitterung mehr erlebten, gehören die Ablagerungen der Bohnerzformation und gewisse alluviale sandige Gehängelehme an. Von den kalkfreien Tonen haben die Verwitterungslehme auf

den diluvialen Schotterterrassen und die Loesslehme ähnliche Entstehung wie die erste Gruppe der Formsande, während die Bohnerztone analoge Bildungsbedingungen wie die zweite Gruppe aufweisen.

## 2. Technologie der Giessereiformstoffe.

Die Formsande, die in der Giesserei benutzt werden, haben die Aufgabe, die Negativform des zu giessenden Werkstückes zu bilden. Der mässig feuchte und durch Aufbereitung in gleichmässige Krümelstruktur gebrachte Formsand wird demzufolge zuerst in loser Schüttung in den Raum zwischen Modell und den sogenannten Formkasten eingefüllt und durch Verdichten verfestigt. In diesem verdichteten Zustande muss der Sand nach dem Herausziehen des Modelles eine genügend feine Oberfläche bilden und mechanisch und thermisch derart widerstandsfähig sein, dass er den bei der Formherstellung und beim Giessvorgang auftretenden Beanspruchungen widersteht, ohne die ihm vom Modell gegebene Form zu verändern.

Beanspruchungen mechanischer Art treten etwa beim Herausziehen des Modelles aus der verdichteten Form, beim Eindecken der Kerne, beim Transport und schliesslich beim Giessen durch den ferrostatischen Druck und die Erosionswirkung des flüssigen Metalles, ferner durch den Druck der Luft und eventuell gebildeter Wasserdämpfe auf, welche letztere unter gleichzeitiger starker Expansion durch das eingegossene Metall nach aussen verdrängt werden. Diese entweichenden Gase und Dämpfe müssen dabei ohne Stauung aus den vielgestaltigen und vom flüssigen Metall oft vollständig umschlossenen Formpartien direkt durch den verdichteten Formsand nach aussen abziehen können.

Da Sande mit zunehmender Verdichtung immer fester, aber auch immer porenärmer werden, muss die Verdichtung des Formsandes beim Formvorgang bei einer günstigen Packungsdichte beendet werden. Bei dieser optimalen Packungsdichte muss um das Modell die gleichmässig feine Oberfläche und die den mechanischen und erodierenden Beanspruchungen genügende Festigkeit vorhanden sein, gleichzeitig aber noch eine ausreichende Porosität zum Abziehen der Gase und Dämpfe verbleiben. Die Verfestigung muss auch deswegen begrenzt werden, weil die Form nach dem Erstarren des Metalls dessen Schwinden nicht behindern darf, da sonst im Gusstück nach dem Erkalten gefährliche Spannungen oder gar Risse, die unter Umständen zum Ausschuss des Gusstückes führen, auftreten können. Es gehört zur handwerklichen Kunst des erfahrenen Giessers, diesen allen Beanspruchungen gerecht werdenden Verdichtungszustand, der für das Gelingen des Gusstückes von entscheidender Wichtigkeit ist, rein gefühlsmässig richtig einzuschätzen.

Der verdichtete Formsand darf weiter, um die Masshaltigkeit des Abgusses zu wahren und um Zerstörungen (Rissbildung) der oft sehr komplizierten Form zu verhindern, beim Erhitzen nur geringe thermische Längenänderungen aufweisen. Ferner muss er, ähnlich wie ein feuerfester Baustoff, die Erwärmung auf die Giesstemperatur des flüssigen Metalles ertragen können, ohne dabei wesentlich zu sintern oder gar zu schmelzen. Da die Giesstemperatur der vergiessbaren Metalle, angefangen bei den mit ungefähr 730° C zu vergiessenden Leichtmetallen über Grauguss bis zu dem mit etwa 1500° C vergossenen Stahlguss in sehr weiten Grenzen schwankt, ist die thermische Beanspruchung der Formsande sehr verschieden und erfordert demgemäss eine zweckentsprechende Auswahl.

Mechanisch und thermisch wenig beanspruchte und in den Abmessungen meist kleine Formen werden in der Regel „nass“, d. h. ohne die zum Verarbeiten

des Formsandes nötige Feuchtigkeit durch Trocknung zuerst auszutreiben, vergossen. Stark beanspruchte, in den Abmessungen bedeutend grössere Formen werden dagegen erst nach vorangegangener Trocknung bei 200°–300° zum Giessen verwendet. Dadurch wird einerseits die Entstehung von gefährlichen Dämpfen, die sich aus dem feuchten Formsand beim Giessen bilden, umgangen, andererseits wird der verdichtete Formstoff beim Trocknen stark verfestigt, so dass er den grossen mechanischen Anforderungen, denen derartige Formen ausgesetzt sind, voll genügen kann.

Die zur Verarbeitung kommenden Formsande bestehen im wesentlichen aus dem Füllstoff, dem Binder und dem in der Regel zur Verarbeitung der Sande notwendigen Wasser.

Der Füllstoff besteht aus Sandkörnern, deren vorherrschende Korngrösse je nach Stückgrösse und Art des vergiessbaren Metalles (dünn- oder dickflüssig) zwischen 0,08–0,4 mm schwankt. Zur Erreichung optimaler Durchlässigkeitswerte im verdichteten Zustand sollten Formsande möglichst gut aufbereitet sein, also den Grossteil der Körner innerhalb eines eng begrenzten Korngrössenintervalles aufweisen. Je feiner die Oberfläche eines Gusstückes sein muss, und je dünnflüssiger das geschmolzene Metall ist, um so feiner muss die vorherrschende Korngrösse des Füllstoffes gewählt werden. Da der Füllstoff erst bei hohen Temperaturen zusammensintern darf, besteht der günstigste natürliche Formstoff aus reinem Quarzsand (Sintertemperatur 1450°–1500°) geeigneter Körnung. Den natürlich vorkommenden Quarzsanden sind aber oft grössere oder geringere Mengenanteile anderer Mineralien, wie Feldspäte, Glimmer, Eisenmineralien, Glaukonit usw. beigemischt, die niedrigere Sintertemperaturen aufweisen, z. T. als Flussmittel wirken und die Feuerbeständigkeit des Sandes herabsetzen. Für Formen hochschmelzender Metalle wie Stahlguss sind solche unreinen Quarzsande nicht mehr genügend feuerfest. Sofern der Mengenanteil dieser Fremdmineralien nicht zu gross ist, eignen sie sich dagegen noch in ausreichendem Masse für Temper- und Graugussformen, jedenfalls aber für Leichtmetallguss. Karbonate, insbesondere Kalkkörner, sollten indessen auch hier fehlen, werden aber bis zu 3% toleriert.

Der Binder hat die wichtige Aufgabe, die inkohärenten Sandkörner zusammenzuhalten und dem Gemisch eine optimale Festigkeit (Schubfestigkeit, Druckfestigkeit) zu verleihen. Je weniger Bindersubstanz nötig ist, um bei formgerechter Verdichtung die gewünschte Festigkeit zu erreichen, um so günstiger bleibt die Gasdurchlässigkeit, weil der, durch das zum Verarbeiten zugegebene Wasser aufgequollene Binder oder dessen Rückstände mit zunehmender Menge die Poren verstopft.

Als Binder werden verwendet:

1. Im Sand natürlich vorkommende quellfähige Tonmineralien und Eisenhydroxyde, die im Anteil kleiner 0,02 mm, vor allem aber 0,002 mm enthalten sind (sog. natürliche Formsande).
2. Feingesichtete natürliche, feuerfeste Tone neuerdings besonders an Na-Montmorillonit reiche Produkte wie Wyomingbentonit (U.S.A.) oder sog. Geko-Tone (Deutschland). Diese Binder werden meist tonarmen oder tonfreien Quarzsanden von geeigneter Körnung zugemischt (synthetische Formsande). Der Anteil der Fraktion kleiner 0,02 mm, in dem diese quellfähigen Tonmineralien enthalten sind, betragen beim natürlichen Formsand bei sog. „fetten“ Qualitäten ungefähr 12–25, bei „mageren“ Qualitäten etwa 7–10%. Bei den synthetischen Formsanden beträgt der Prozentsatz an zugesetztem Binder 4–15%.

Alle tonigen Binder wirken, ähnlich wie Begleitminerale, um so deutlicher als Flussmittel, je unreiner sie sind und in je grösserer Menge sie im Formsand vorkommen.

Das unterschiedliche kolloidchemische Verhalten (Jonenaustauschvermögen, Wasserbindung) der verschiedenen Tonminerale äussert sich auch in der Bindekraft in Formsandmischungen und wird deshalb von den heutigen Formsandverbrauchern technisch schon weitgehend ausgenutzt (Lit. 5, 11).

3. Organische Stoffe wie Pflanzen-Öle, Harze sowie Stärkeprodukte, von denen vor allem das Leinöl als Zusatz zu reinem Quarzsand giesstechnisch hervorragende Kerne ergibt und deshalb in umfangreicher Masse verwendet wird. Der verdichtete Ölsand ist aber wenig fest und erfordert zur Sicherung der dem Sand vom Modell gegebenen Form besondere Arbeitsverfahren.

Das Wasser und seine richtige Dosierung ist für die verarbeitungstechnischen Eigenschaften des Formsandes von grosser Bedeutung. Es vermittelt in Wechselwirkung mit dem tonigen Binder, dem Formsand erst die nötige Plastizität und Festigkeit. Die durch das Wasser bedingte Quellung der Tonminerale, die das Quarzkorn umhüllen, bewirkt sodann zusammen mit dem Aufbereitungs- und Mischvorgang eine Krümelbildung, die dem Sand auch nach dem Verdichten eine ausreichende Durchlässigkeit sichert. Die notwendige Wasserzugabe wechselt je nach Art und Menge der Tonsubstanz und je nach dem Formverfahren. Das richtige Mass bestimmt der Giesser auf Grund seiner Erfahrung durch Prüfen in der Hand. Die nötige Feuchtigkeit schwankt dabei etwa in den Grenzen 4,5—7,5%.

Neben den Formsanden finden in den Giessereien noch Klebsande und Gebläsesande Verwendung. Die Klebsande erfordern neben einer guten Aufbereitung vor allem eine hohe Sintertemperatur, da sie hauptsächlich zur Auskleidung von Giessereipfannen und zur Reparatur von Kupolöfen verwendet werden. Die Gebläsesande, die seit der Einführung der Stahlsande, bei denen die Silikoseerkrankung zurückgedrängt wird, immer weniger zur Anwendung kommen, dienen zur Reinigung der gegossenen Werkstücke von anhaftendem gesintertem Sand. Es werden dazu gleichmässig gekörnte, quarzreiche, sehr grobe Sande verlangt.

Die Hinweise auf die technische Beanspruchung speziell der Formsande im Verlaufe der Formherstellung bis zum Guss zeigen somit, wie vielseitige Anforderungen an einen guten Formsand gestellt werden müssen. Aus der grossen Zahl der in der Natur auftretenden Sande bleibt deshalb für formtechnische Zwecke nur eine geringe Anzahl übrig, die bezüglich Ausdehnung und Mächtigkeit der Lager, granulometrischer und petrographischer Zusammensetzung, Art und Menge des Binders und bezüglich thermischer Widerstandsfähigkeit als brauchbare Giesereisande Verwendung finden können.

Die Entwicklung der Maschinenindustrie verlangt auch vom Giesser immer vollkommeneren Gusswaren, für deren Formen und Kerne nur nach bestimmten Gesichtspunkten ausgewählte Sande verwendet werden können. Die notwendige sorgfältige Auswahl und die laufende Kontrolle der verwendeten Sande geschieht deshalb heute durch geeignete Prüfgeräte, die von der Firma FISCHER in Schaffhausen entwickelt und gebaut werden. Auf Grund der objektiven, zahlenmässigen Messungen der Sandeigenschaften konnten bei gleichzeitiger Beobachtung des Verhaltens des Sandes im Betrieb bereits wichtige Zahlen über die geeignete Festigkeit, Durchlässigkeit, über Kornverteilung usw. gesammelt werden.

### 3. Entwicklung und Zukunft des schweizerischen Formstoffabbaues.

Die vorstehende Übersicht hat gezeigt, dass in der Schweiz namentlich im Juragebiet und im Mittelland an zahlreichen Stellen Formstoffe abgebaut wurden. Von diesen Abbaustellen sind aus den nachfolgenden Gründen heute verhältnismässig nur noch wenige in Betrieb. Im Frühstadium der industriellen Giesserei hat jeder Betrieb aus wirtschaftlichen Gründen versucht, die einigermassen günstig erscheinenden „tonigen“ Sande der näheren Umgebung für seine Gussformen zu verwenden. Nach Erschöpfung, Veränderung oder Nichteignung der einzelnen Abbaustelle wurden wieder neue Lager gesucht. Die Übersichtskarte über die Abbaustellen von Giessereiformstoffen zeigt sehr deutlich die Häufung der alten Abbaustellen um die Giessereizentren. Die empirische Erfahrung, die fortschreitende Entwicklung und Spezialisierung der Giessereitechnik und die Konkurrenz zwangen die Industrien in einem späteren Stadium, die vorhandenen, im In- und Ausland angebotenen Formstoffe auf ihre Eignung für die speziellen Bedürfnisse zu prüfen und die technisch und wirtschaftlich günstigen Formstoffe für ihren Betrieb zu wählen. Je nach der Lage zu den qualitativ einigermassen günstigen Formstoffen in der Schweiz wurden diese berücksichtigt, oder aber in vermehrter Masse auf die Lieferung ausländischer Formsande abgestellt. Dank mächtiger homogener Lager, günstiger granulometrischer und petrographischer Zusammensetzung rationalisiertem, z. T. maschinellem Grossabbau waren diese ausländischen Formsandgruben trotz grosser Entfernung namentlich in unseren Grenzgebieten konkurrenzfähig. Heute geht die Entwicklung in den modernen Giessereien nach dem Vorbild amerikanischer Unternehmen dahin, sich von den nicht zu umgehenden Schwankungen der Zusammensetzung natürlicher Formsande durch die Herstellung synthetischer Formsande unabhängig zu machen, was zu einer noch strengeren Auslese der Formstoffe führen muss.

Die verschiedenen Entwicklungsstadien lassen sich auch in der wirtschaftlichen Struktur des schweizerischen Formsandabbaues verfolgen:

Eine Restform aus der älteren Zeit stellt der gelegentliche Abbau von Formsand auf eigenem oder Gemeindeboden durch Bauern, Maurer usw. nach Auftrag bestimmter, zumeist in der näheren Umgebung liegenden Giessereien dar. Diese Betriebe, die früher mit Erfolg arbeiteten, sterben langsam aus, da hier auch bei gutem Willen die Erfahrung und die Vertrautheit mit den gesteigerten Giessereianforderungen fehlen.

Eine weitere Form stellt die Lieferung durch den Grossisten dar, der je nach Konjunktur entweder im Ausland oder im Inland auf gekauftem Boden abbauen lässt. Der Abbau erfolgt durch Handlanger entweder im Taglohn oder im Akkord, d. h. durch Leute, die keinerlei Beziehung zum Verbraucher haben, wodurch nicht immer für gleichmässige Lieferungen garantiert werden kann.

Die dritte Form ist diejenige, in der sich der Abbau zu selbständigen Betrieben entwickelt hat und in denen der Besitzer mit einem erfahrenen Arbeiterstab mitarbeitet. Während einige dieser Betriebe sich den neueren Forderungen allerdings kaum angepasst haben, bemühen sich andere um die sorgfältige Mischung der natürlich anfallenden Sande und versuchen durch Erstellung von modernen Wasch- und Sortieranlagen den neueren Anforderungen gerecht zu werden, wobei ein ständiger Kontakt mit den Giessereien diese Umstellung und die Verbesserung erleichtert.

Die zukünftige Entwicklung im schweizerischen Formstoffabbau wird wohl dahingehen, dass man sich auf den Abbau solcher Lager beschränkt, die

1. von angemessener Mächtigkeit und Gleichmässigkeit sind und
2. ein den heutigen giesstechnischen Anforderungen einigermaßen entsprechendes Rohmaterial enthalten.

Die Giessereiindustrie braucht nicht nur hochwertige Sande; auch mittelmässige Qualitäten lassen sich bei entsprechender Mischung zweckentsprechend verarbeiten, sofern die für alle Sande notwendige Bedingung der Gleichmässigkeit der Lieferungen erfüllt ist. Neben den hochwertigen Quarzsanden der Rhät- und Bohnerzformation werden deshalb auch gleichmässige, grössere, gut gekörnte Vorkommen von kalkfreien Molasse-, diluvialen und alluvialen Sanden ihre Bedeutung nicht verlieren.

Man wird sich aber in der Schweiz bemühen müssen, die Lager rationell, unter Umständen unter Zuhilfenahme einfacher Aufbereitungsanlagen abzubauen und den Abbau eventuell mit den heute zur Verfügung stehenden Sandprüfgeräten laufend zu kontrollieren. Auf diese Weise wird es möglich sein, aus den schweizerischen Formsandlagern, wenn nicht immer hochwertige, so doch mindestens immer gleichmässige Qualitäten abzubauen und damit eine gewisse Konkurrenzfähigkeit auch in normale wirtschaftliche Verhältnisse hinüber zu retten.

#### Literaturverzeichnis.

1. P. AULICH: Neuere Anschauungen über das Wesen der Formsande und ihrer Prüfung. In: Handbuch der Eisen- und Stahlgesserei von C. GEIGER. 1931.
2. H. BADER. Untersuchungen an kalkarmen Sanden der nordschweizerischen Molasse. Schweiz. Min. Petr. Mitt. Bd. XVI, 1936.
3. BEHR: Übersichtskarte der deutschen Formsandlagerstätten. 1923.
4. W. DIENEMANN & O. BURRE: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands. Verlag Enke, Stuttgart, Bd. I, S. 310, 1928.
5. K. ENDELL: Über die Bedeutung der Quellfähigkeit toniger Bindemittel für Giessereisande. Die Giesserei, S. 465—475/499—502, 1940.
6. H. J. HARKORT: Zur Methodik der Korngrössen- und Mineralanalyse von Peliten. Sprechsaal 1939.
7. ALB. HEIM: Geologie der Schweiz. Bd. I, S. 75, 1919.
8. E. KÜNDIG & F. DE QUERVAIN: Fundstellen mineralischer Rohstoffe in der Schweiz. Kümmerly & Frey, Bern, S. 154—157, 1941.
9. A. VON MOOS: Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XV, 1935.
10. A. VON MOOS: Zur Petrographie der Quarzsande und mageren Huppererden der Bohnerzformation im schweizerischen Juragebirge. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. XVI, 1936.
11. A. VON MOOS: Unverfestigte Sedimente und Erdbaumechanik. Geologische Rundschau, 29, S. 368, 1938.
12. A. VON MOOS: Die Geologie der Schweiz und deren Beziehung zur Bautechnik. Verlag Hoch- und Tiefbau, Zürich, S. 29, 1942.
13. F. MÜHLBERG: Der Boden von Aarau. Festschrift Aarg. Naturforsch. Ges., S. 181, 1911.
14. F. DE QUERVAIN & M. GSCHWIND: Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. H. Huber, Bern, S. 171, 266, 268, 275, 363, 1934.
15. F. SCHALCH: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Grossherzogtum Baden. Blatt 145: Wiechs-Schaffhausen, S. 128, 1913.
16. H. SUTER: Geologie von Zürich. S. 54, 1939.
17. H. WEGELIN: Der Formsand von Schlattigen. Mitt. thurg. natforsch. Ges., Heft 22, S. 133, 1917.

Geotechnische Prüfstelle E. T. H. Zürich.

Manuskript eingegangen den 23. Januar 1942.