

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
KLEINERE MITTEILUNGEN

MATÉRIAUX POUR LA GÉOLOGIE DE LA SUISSE
BULLETIN

Nr. 72

herausgegeben von der
Schweizerischen Geotechnischen Kommission

publiés par la
Commission Géotechnique Suisse

**Überprüfung zweier schweizerischer
Ultramafitit-Vorkommen zur Gewinnung von Olivinsand
als Giessereiformstoff**

von

Franz Hofmann und Herbert Bühl

1982

Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

In der Stahlgiesserei erlangte in der letzten Zeit Olivin als Formstoff steigende Bedeutung. Er wird heute aus Norwegen importiert. Speziell im Grenzbereich Adula-Simanodecke im Lepontin finden sich Olivingesteine, deren Eignung als Ersatz in Notzeiten möglich erschien. Über die von der Kommission unterstützte Untersuchung zweier Vorkommen legten die Bearbeiter F. Hofmann und H. Bühl einen Bericht «Überprüfung zweier schweizerischer Ultramafitit-Vorkommen zur Gewinnung von Olivinsand als Giessereiformstoff» vor, der Arbeiten im Feld, im Labor und an Grossproben in der Industriepraxis umfasst. Diese ergaben die Brauchbarkeit des Materials als Ersatz für allenfalls nicht erhältlichen ausländischen Olivinsand. Die untersuchten anstehenden Vorkommen eignen sich allerdings infolge Unzugänglichkeit nicht zum Abbau in Friedenszeiten.

Die Kommission dankt den Autoren für ihren Beitrag zur schweizerischen Rohstofffrage.

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, September 1982

Für die
Schweizerische Geotechnische Kommission
Der Präsident:
V. Trommsdorff

Erscheint gleichzeitig in
«Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen»
Vol. 62/1, 1982.

Überprüfung zweier schweizerischer Ultramafitit-Vorkommen zur Gewinnung von Olivinsand als Giessereiformstoff

von *Franz Hofmann* * und *Herbert Bühl* **

Abstract

Two occurrences of finegrained granoblastic olivin-rich meta-peridotite in southern Switzerland (Val Cama, Valle Verzasca) have been tested for their suitability as sources of olivine sand for foundry work. Grain size and amount of binder required to produce such sands compare favorably with widely used Norwegian olivine sand. Melting occurs at slightly lower temperatures than in Norwegian sand due to higher chlorite contents. Accessibility of the deposits rather than technical properties of the sands is likely to limit practical use.

Einleitung

Olivinsande werden aus forsteritreichen Ultramafititen hergestellt. Geeignet sind vor allem Gesteine mit einer feinkörnigen granoblastischen Olivinmatrix, die sich durch Zerdrücken leicht in ihre natürlichen Mineralkörner aufteilen lassen. Beim Zerdrücken werden im Gegensatz zum Brechvorgang keine neuen künstlichen Kornoberflächen geschaffen. Somit sind die Einzelkörner nicht splittrig. Olivinsande werden wegen ihrer geringen Reaktionsbereitschaft vor allem für den Manganstahlguss verwendet. In Skandinavien, dem Hauptproduktionsgebiet, sind Olivinsande auch für den herkömmlichen Eisenguss eingesetzt, dies wegen der günstigen Wärmeausdehnung und dem geringen gesundheitlichen Risiko gegenüber Quarzsanden (keine Silikosegefahr).

Während der alpinen Amphibolitfacies-Metamorphose kristallisierten im lepontinischen Raum einige Chlorit-Enstatit-Olivin-Metaperidotite mit einer teilweise feinkörnig-granoblastischen Olivinmatrix¹.

* Georg Fischer Aktiengesellschaft, Formstofflaboratorium, CH-8200 Schaffhausen.

** Institut für Kristallographie und Petrographie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

¹ «Val Moleno» (Valle Leventina), DAL VESCO, 1953; «Val Cama» (Valle Mesolcina), TROMMSDORFF & EVANS, 1969; «Alpe Pianca» (Valle Verzasca).

Weitere bedeutende Metaperidotite der Region zeigen kein derartiges Olivin-Gefüge². Nach einer geologisch-petrographischen Charakterisierung der beiden feinkörnig-granoblastisch entwickelten Vorkommen «Val Cama» (GR) und «Alpe Pianca» (TI) werden die Resultate aus technologischen Untersuchungen an repräsentativen Olivinsandproben dieser Gesteine diskutiert und mit den Eigenschaften eines Norwegischen Olivinsandes verglichen.

Geologisch-petrographische Charakterisierung der Ultramafitite

VORKOMMEN «VAL CAMA (GR)»

Quer durch das mittlere Val Cama verläuft die östliche Deckengrenze der tiefpenninischen kristallinen Simano- und Adula-Einheiten (BRUGGMANN, 1965). Sie wird dort von einer ca. 150 m mächtigen und etwa 2 km langen Metaperidotit-Linse mit randlichen Kalksilikateinschaltungen gebildet. Die untersuchten Gesteinsproben stammen von der nördlichen Talflanke des mittleren Val Cama. Das Probenmaterial, welches die technischen Untersuchungen durchlief, wurde nicht direkt dem ca. 150 m über der Talsohle beginnenden Aufschluss entnommen, sondern stammt aus Blöcken (Grösse: bis ca. 8 m³), die unmittelbar bei der Lokalität «Promegn» am Val-Cama-Fussweg liegen. (Koord.: LK. 1294, 735.900/125.350; petrogenetische Untersuchung des Blockmaterials: TROMMSDORFF und EVANS, 1969.) Diese Blöcke stammen aus einer topographisch einige 100 m höher gelegenen, äusserst schwierig zugänglichen Zone des Peridotits von nicht bestimmbarer Ausdehnung (minimal jedoch 30 x 50 m, Koord.: LK. 1294, 735.900/125.850), sind Sturzmaterial und petrographisch nicht identisch mit dem Peridotit an der zugänglichen Basis des Aufschlusses. Dieser ist stark chlorit- und talkhaltig und hat keine feinkörnig-granoblastische Olivinmatrix.

Petrographie des Blockmaterials:

Das hellbraun anwitternde Gestein hat im frischen Bruch eine hellgrüne Farbe und sandet oberflächlich leicht ab. Es besteht aus den vier Mineralien: Olivin, Enstatit, Chlorit und Magnetit (Tabelle 1). In einer feinkörnigen, granoblastischen Olivinmatrix liegen, innerhalb der Schieferungsebene regellos orientierte, bis einige cm lange leicht deformierte Enstatit-Porphyroblasten. Die Schieferung wird ebenfalls durch die Einregelung von Chlorit und Magnetit bestimmt (Abb. 1).

² «Gana Rossa» (Valle Mesolcina), FUMASOLI, 1974; «Alpe Albion» (Corno di Gesero, Valle Mesolcina).

VORKOMMEN «ALPE PIANCA» (VALLE VERZASCA)

In der flachliegenden isoklinal verfalteten Paragneisserie des Cima-Lunga-Lappens (PREISWERK et al., 1934; STÄUBLE, 1978) und in den darüberliegenden Vogorno-Orthogneisen treten im oberen Val d'Agro und in der oberen Valle Pincascia ob Lavertezzo einige voneinander isolierte Metaperidotit-Linsen auf, die randlich metasomatisch verändert sind.

Der grösste dieser Ultramafitit-Körper ist auf Alpe Pianca (Koord. LK. 1293, 710.300/128.300) über etwa 400 x 70 m aufgeschlossen. Die internen Strukturen des Ultramafitits (Verfaltung, Boudinage) sind, bedingt durch die Steilheit des Aufschlusses, unübersichtlich, hängen aber mutmasslich mit der Variation des Gefügebildes zusammen. Es treten über maximal 10–20 m strukturell und mineralogisch homogene Bereiche auf. Der Anteil des technologisch untersuchten Chlorit-Enstatit-Olivin-Fels mit feinkörnig-granoblastischer Olivinmatrix (Korngrösse unter 1 mm) dürfte über den gesamten Aufschluss etwa 60% betragen. Darin ist Enstatit von variabler Korngrösse (0,5–5 mm Kornlänge), oftmals porphyroblastisch und parallel zur Schieferungsebene eingeregelt. (Im Vergleich zum Val-Cama-Peridotit sind die Enstatit-Blasten wesentlich kleiner.) Die Schieferung wird vor allem durch den feinblättrigen Chlorit und durch Magnetit-Schnüre bestimmt. Der Modalbestand ist in Tabelle 1 abgeschätzt.

Der übrige Ultramafitit führt xenoblastischen, entlang der Schieferungsebene stark gelängten Olivin, eingeregelt Enstatit (beide bis einige mm Kornlänge) und hat einen hohen Chlorit-Gehalt (ca. 10–20%).

Grössere stoffliche Inhomogenitäten innerhalb des Ultramafititkörpers bilden boudinierte Meta-Rodingitlagen (Ca-angereichert) und ein Netzwerk von chloritreichen Adern mit Mächtigkeiten im dm-Bereich.

In den oben erwähnten weiteren kleineren Ultramafititvorkommen treten ebenfalls Zonen mit feinkörnig-granoblastisch entwickelter Olivinmatrix auf, doch sind diese Vorkommen strukturell wie mineralogisch bereits über kleine Räume inhomogen (m-Bereich). Sie wurden daher nicht weiter auf ihre technische Eignung untersucht.

Tabelle 1 Quantitative Modalverteilung (geschätzt nach Vergleichsdiagrammen von TERRY und CHILINGAR, 1955).

	Val Cama	Alpe Pianca	Lefdal (N)
Olivin	45%	60%	90%
Enstatit	40%	30%	5%
Chlorit	5%	10%	1%
Magnetit	10%	5%	3%
Amphibol	-	<5%	-
Talk	-	-	1%

Tabelle 2 Olivinsand-Analysen (Röntgenfluoreszenzanalysen mit Philips-Sequenzspektrometer 1450 (EMPA Dübendorf). Auswertung mit Computer-Programmen PSFIT und AUSWER (DIETRICH, OBERHÄNSLI und WALPEN, 1976).

	Val Cama	Alpe Pianca	Lefdal (N)	Aaheim (N) ¹
SiO ₂	40.83%	44.08%	40.73%	41.0 %
Al ₂ O ₃	1.62%	1.51%	1.37%	0.50%
Fe ₂ O ₃	8.92%	9.32%	9.11%	7.0 %
MgO	46.47%	44.27%	47.16%	49.0 %
MnO	0.11%	0.13%	0.12%	0.10%
CaO	0.09%	0.52%	0.48%	0.05%
Cr ₂ O ₃	0.42%	0.41%	0.37%	0.40%
NiO	0.47%	0.40%	0.52%	0.35

GEOLOGISCH-PETROGRAPHISCHE BEURTEILUNG

Die beiden schweizerischen Vorkommen sind vom Gefüge der Olivinmatrix her durchaus zur Sandgewinnung geeignet und mit dem genutzten norwegischen Ultramafitit vergleichbar (Abbildungen 1 und 2). Sie unterscheiden sich vor allem durch den geringeren Modalgehalt von Olivin und einem höheren Chlorit-Anteil (Tabelle 1). Der Chlorit-Gehalt äussert sich in der chemischen Analyse der gewonnenen Sande durch eine leicht höhere Al₂O₃-Konzentration. Das hohe Verhältnis SiO₂:MgO der Probe von Alpe Pianca zeigt den deutlichen Enstatit-Gehalt dieses Sandes an (Tabelle 2).

Die Ultramafitite von Val Cama und Alpe Pianca sind beide äusserst schwierig zugänglich. Zudem wäre eine Quantitätsabschätzung des vorhandenen feinkörnig-granoblastischen Materials auf Grund der Aufschlussverhältnisse spekulativ.

Technologische Untersuchungen

AUFBEREITBARKEIT

Die Olivingesteine aus der Val Cama und von der Alpe Pianca lassen sich durch Zerdrücken mit relativ geringem Aufwand in ihre natürlichen Mineralkörner zerteilen, ohne dass diese zerstört werden.

Die technologischen Proben von je rund 30 kg Gewicht wurden mit einer Walzeinrichtung zerdrückt. Das zerdrückte Material wurde sodann durch ein Sieb von 1 mm lichter Maschenweite gegeben und die gewonnene Fraktion

¹ Werte von A/S Olivin, Aaheim, Norwegen.

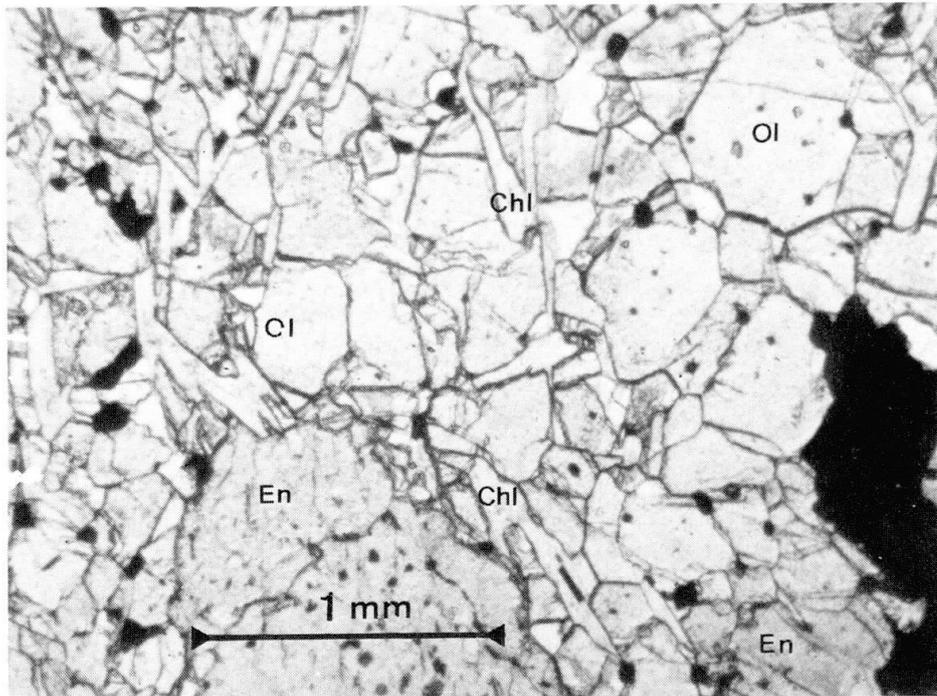


Abbildung 1 Magnetit-Chlorit-Enstatit-Forsterit-Schiefer, Val Cama.

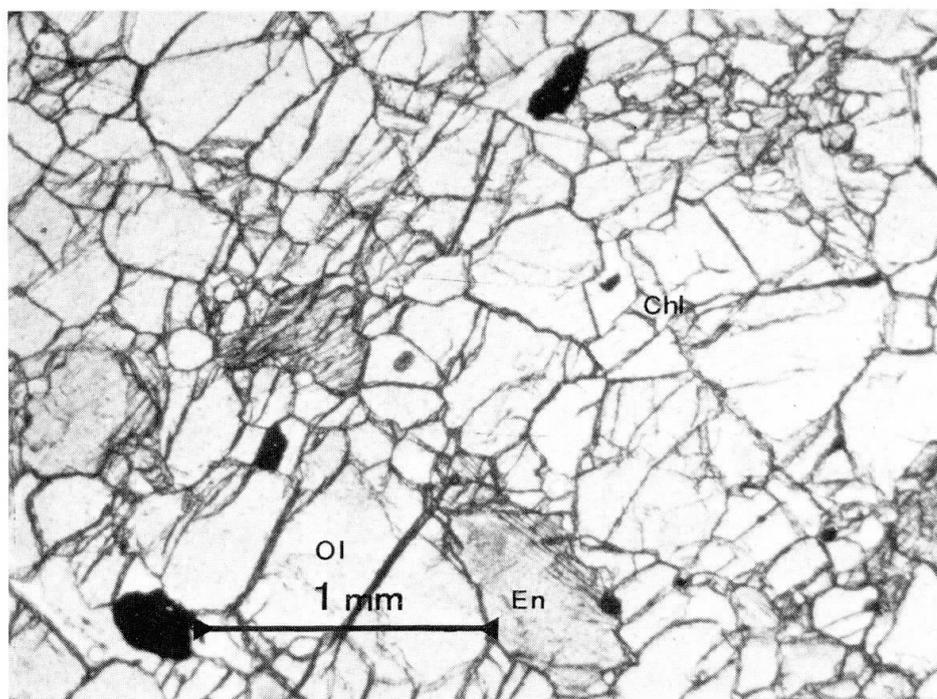


Abbildung 2 Chlorit-Magnetit-führender Enstatit-Forsterit-Fels, Lefdal (Nordfjord, Norwegen).

< 1 mm für die weitere Untersuchung auf giessereitechnische Eignung verwendet.

Das Gestein der Val Cama ergibt beim Sieben mit dem 1-mm-Sieb eine fast quantitative Aufteilung in eine Olivinfraktion < 1 mm und eine Enstatit-Fraktion > 1 mm. Das Gestein der Alpe Pianca enthält wesentlich weniger grobkörnigen Enstatit, und der Olivin lässt sich nicht durch Zerdrücken und Absieben anreichern.

Da für eine giessereitechnische Verwendung nur staubfreier Sand in Frage kommt, wurden die gewonnenen, < 1 mm abgeseibten Proben durch wiederholtes Dekantieren staubfrei gewaschen und anschliessend getrocknet. Für eine praktische Anwendung würde auch Windsicht-Entstaubung in Frage kommen.

Der Schlammstoffgehalt, < 0,02 mm der ungewaschenen Proben, betrug im Falle Val Cama 3,8%, im Falle der Alpe Pianca 5,5%.

Durch ihre leichte Aufbereikbaarheit unterscheiden sich die Olivin-Vorkommen der Val Cama und der Alpe Pianca vorteilhaft von den erwähnten nicht granoblastisch kristallisierten Vorkommen des lepontinischen Raums und den harten Peridotiten des Centovalli, welche nur durch Brechaufbereitung zu Sand verarbeitet werden könnten, der jedoch wegen splittriger Kornform für Giessezwecke ungeeignet wäre.

KORNGRÖSSENVERTEILUNG

Die Kornverteilung der gewaschenen Sande geht aus Tabelle 3 hervor. Zum Vergleich dient die Kornverteilung einer kuranten norwegischen Olivinsandprobe. In einer modernen Waschanlage könnte der Staubanteil der untersuchten einheimischen Sande ohne weiteres noch reduziert und dem norwegischen Sand angeglichen werden. Die Korngrößenverteilung der Sande Val Cama und Alpe Pianca wäre für giessereitechnische Zwecke geeignet, wobei Val Cama eher auf der groben Seite liegt.

Ein einfacher Schnell- und Eingangskontrolltest besteht darin, binderfreie Sande mit etwa 1% Wasser zu mischen. Es ist dann möglich, die in der Giesseisandprüfung üblichen Normprüfkörper zu rammen und daran die Gasdurchlässigkeit des verdichteten Sandes zu messen, weil der feuchte Sand im Prüfkörperrohr hält. Die Gasdurchlässigkeit entspricht der Kornverteilung und insbesondere der mittleren Korngrösse.

STRUKTURELLE EIGENSCHAFTEN UND BINDERBEDARF

Der Wassergehalt, bei dem die untersuchten Sande auf einem Sieb mit 5 mm lichter Maschenweite gerade Brücken bilden, ist bei allen untersuchten Sanden niedrig (Tabelle 3). Dieser Test misst vor allem die Innenporosität der Körner, wird aber auch von Kornform und Oberflächenfeinheit beeinflusst. Der Was-

seraufnahmewert bestimmt in erheblichem, aber nicht ausschliesslichem Masse den Binderbedarf eines Sandes.

Giessereisande werden heute sehr oft mit teuren, flüssigen Bindern, insbesondere Kunstharzen gemischt. Der Binderbedarf bestimmt sowohl das giesstechnische Verhalten eines Sandes wie auch die Wirtschaftlichkeit seiner Anwendung. Erwünscht sind Sande mit niedrigem Binderbedarf, die beim Giessen wenig Gas entwickeln und gleichzeitig die Kosten der Sandmischung in vertretbarem Rahmen halten.

Der Binderbedarf kann mit Leinöl als Testbinder bestimmt werden. Es wird der Leinölzusatz zu Sand bestimmt, der nach Aushärtung der Prüfkörper im Trockenofen bei 230°C während eineinhalb Stunden eine Druckfestigkeit von 100 kg/cm² ergibt. Leinöl ist deshalb als Testbinder geeignet, weil es von sehr konstanter Beschaffenheit ist, und weit weniger schnell altert als Kunstharzbinder. Es härtet im Trockenofen durch Oxidation und Polymerisation.

Die an den untersuchten schweizerischen Olivinsanden bestimmten Werte (Tabelle 3) entsprechen jenen des norwegischen Olivinsandes. Zum Vergleich sei erwähnt, dass hochwertige, reine Quarzsande mit dichten und gut gerundeten Körnern etwa 1,1% bis 1,2% Leinöl benötigen um die verlangte Druckfestigkeit von 100 kg/cm² zu erreichen. Beim Vergleich mit Olivinsand ist dabei dessen höheres spezifisches Gewicht (um 3,3 g/cm³) zu berücksichtigen.

THERMISCHE EIGENSCHAFTEN UND GIESSVERHALTEN

Vor allem für Stahlguss mit Giestemperaturen um 1600°C spielt die Feuerfestigkeit eines Sandes eine wesentliche Rolle, und zwar um so mehr, je dickwandiger und schwerer die Gussstücke sind.

Der Glühverlust der einheimischen Proben ist etwas höher als jener des norwegischen Olivinsandes (Tabelle 3) und dürfte auf den Chloritgehalt zurückzuführen sein. Zu hoher Glühverlust, vor allem wenn er auf Serpentin Körner zurückzuführen ist, kann zu punktförmigen Oberflächenfehlern auf den Gussstücken führen, die jedoch bei einem Versuchsabguss mit dem Sand Val Cama nicht auftraten.

Die Feuerfestigkeit der einheimischen Olivinsande, ausgedrückt durch Sinter- und Schmelzpunkt, ist nicht so gut wie jene des norwegischen Olivinsandes. Beide Werte liegen im Falle Val Cama etwa 50°C, im Falle Alpe Pianca sogar rund 100°C unter jenem des norwegischen Olivinsandes. Dies ist auf den wesentlich höheren Chlorit-Anteil der einheimischen Sande zurückzuführen. Enstatitkörner im Sand würden nicht stören, weil sie ungefähr so feuerfest sind wie Olivin.

Mit dem Sand Val Cama wurde eine Versuchsform für ein Gussstück von rund 50 kg Gewicht hergestellt. Der Sand wurde mit 4% Wasserglas gebunden.

Tabelle 3 Technologische Kennwerte der untersuchten Olivinsande.

	Norwegen	Val Cama	Alpe Pianca
Kornfraktionen :			
1.0 mm	0.3	0.1	0.2
0.71 - 1.0 mm	1.3	4.6	3.9
0.5 - 0.71 mm	2.4	9.6	4.6
0.355 - 0.5 mm	12.0	18.8	7.4
0.25 - 0.355 mm	33.1	24.3	16.5
0.18 - 0.25 mm	27.6	16.4	23.5
0.125 - 0.18 mm	19.1	12.8	23.2
0.09 - 0.125 mm	3.0	5.3	9.9
0.063 - 0.09 mm	0.6	4.5	6.8
0.02 - 0.063 mm	0.2	2.4	2.0
Schlammstoffe	0.4	1.2	2.0
Mittlere Korngrösse in mm	0.25	0.265	0.206
AFS-Feinheitsnummer ¹⁾	59	64	76
Kennwerte in Mischung mit 1% Wasser:			
Prüfkörpergewicht in g ²⁾	178.1	189.6	175.7
Gasdurchlässigkeit	95	122	74
Wasseraufnahme in % ³⁾	0.15	0.25	0.2
Leinölbedarf in % zur Erzielung einer Druckfestigkeit von 100 kg/cm ² (1000 N/cm ²) ⁴⁾	1.7	1.8	1.7
Temperatur der beginnenden Sinterung in °C	1350	1300	1250
Schmelzpunkt in °C	1500	1450	1400
Glühverlust in % bei 900°C	0.7	1.0	1.15

¹⁾ Mittlere Korngrösse, ausgedrückt in Maschen (mesh) pro Zoll, nach Praxis der American Foundrymen's Society.

Nach Oberflächentrocknung an der Luft wurde die Form mit Manganstahl bei 1600°C abgegossen. Das Gussstück unterschied sich kaum von einem, das in norwegischem Olivinsand geformt wurde.

TECHNOLOGISCHE GESAMTBEURTEILUNG

Aus den beiden untersuchten südschweizerischen Olivin-Gesteinen lässt sich ohne weiteres Olivinsand herstellen. Sie sind leicht aufbereitbar und ergeben Sande, die sich in bezug auf Körnung und Binderbedarf nicht wesentlich von norwegischen Sorten unterscheiden.

Die Feuerfestigkeit ist allerdings nicht so hoch wie bei norwegischen Olivinsanden.

Aus dem Vorkommen der Val Cama hergestellter Sand könnte aufgrund des durchgeführten Giessversuchs für üblichen Manganstahlguss kleinerer Stückgrösse, insbesondere zur Herstellung von Verschleissteilen verwendet werden.

Beim Olivinsand der Alpe Pianca liegt der Schmelzpunkt jedoch so tief, dass der Sand nur für kleinere Manganstahl-Gussstücke zu empfehlen wäre. Keinesfalls könnten die einheimischen Olivinsande für mittelschweren und für Grossstahlguss verwendet werden, wozu üblicherweise auch norwegischer Olivin nicht in Betracht gezogen wird.

Olivinsand wird auch für Leichtmetallguss und – bei günstigen Kostenvoraussetzungen – für Eisenguss verwendet, vor allem zur Vermeidung von quarzsandbedingten Sandausdehnungsfehlern. Sowohl für Eisenguss mit Giesstemperaturen um 1400°C, wie vor allem für Leichtmetallguss spielt die Feuerfestigkeit nur eine geringe oder keine Rolle.

Nachteilig für eine technische Nutzung der südschweizerischen Olivinvorkommen ist die ungünstige geographische Lage und die schwierige Zugänglichkeit, die zu sehr hohen Transportkosten führen würde. Die Frage nach einer allfälligen praktischen Verwendung könnte deshalb nur in Zeiten extremer Rohstoffverknappung wieder aufgegriffen werden.

²⁾ Normprüfkörper für Giessereisande, zylindrisch, 50 mm Durchmesser, 50 mm Höhe, verdichtet mit drei Rammschlägen.

³⁾ Wassergehalt, bei dem auf einem Sieb von 5 mm lichter Maschenweite gerade Brückenbildung auftritt.

⁴⁾ Aushärtung im Trockenofen 1,5 h bei 230°C; Druckfestigkeiten bestimmt nach Abkühlung im Exsikkator.

Verdankungen

Wir danken Herrn Prof. V. Trommsdorff für die Anregung zu dieser Arbeit, der Schweizerischen Geotechnischen Kommission für die finanzielle Unterstützung sowie der Georg Fischer AG, Schaffhausen, für die Benützung des Formstofflaboratoriums. Für die kritische Durchsicht des Manuskripts danken wir C. Heinrich vom Institut für Kristallographie und Petrographie, Zürich.

Literaturverzeichnis

- BECKIUS, K., FLODBERG, P. und FORSLUND, S. (1962): Olivine sand use in Swedish steel foundries. *Modern Casting* 41/5, S. 126–143.
- BRUGGMANN, H. O. (1965): Geologie und Petrographie des südlichen Misox (Val Grono, Val Leggia, Val Cama), Diss. UNI-Zürich.
- DAL VESCO, E. (1953): Genesi e metamorfosi delle rocce basiche e ultrabasiche nell'ambiente mesozonale del orogene pennidico. Diss., UNI-Zürich.
- DIETRICH, V., OBERHÄNSLI, R. und WALPEN, P. (1976): Röntgenfluoreszenz der Silikatgesteine. Institut für Kristallographie und Petrographie, Zürich.
- FUMASOLI, M. W. (1974): Geologie des Gebiets nördlich und südlich der Jorio-Tonale-Linie im Westen von Gravedona (Como, Italia). Diss., UNI-Zürich.
- ORTHFELDT, J. (1970): Olivine sand - nine years practical experience. *Foundry Tr.J.* 129/2795, S. 17–21.
- PREISWERK, H., BISSHARD, C., GRÜTTER, O., NIGGLI, P., KÜNDIG, E. und AMBÜHL, E. (1934): Geologische Karte der Tessiner Alpen zwischen Maggia- und Bleniothal. *Schweiz. geol. Komm. Spezialkarte* 116.
- SISSENER, J. und LANGUM, B. (1952): Practical aspects of olivine as a molding material. *Trans. Amer. Foundrym. Soc.* 60, S. 138–142.
- STÄUBLE, J. (1978): Metamorphose und Strukturen der Cima-Lunga-Serie, II, Val d'Agro. Diplomarbeit, ETH-Zürich.
- TROMMSDORFF, V. und Evans, B. W. (1969): The stable association enstatite-forsterite-chlorite in amphibolite facies ultramafics of the Lepontine Alps. *SMPM* 49, S. 325–332.

Manuskript eingegangen am 29. Januar 1982