

# Die Schwerminerale in niederösterreichischen Quarzsanden und ihre wirtschaftliche Bedeutung

Von REINHARD ROETZEL & HANS KURZWEIL\*)

Mit 3 Abbildungen und 6 Tabellen

Niederösterreich  
Molassezone  
Südböhmisches Becken  
Schwerminerale  
Quarzsand

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blätter 1, 5, 9, 21, 37, 38, 54, 55

## Inhalt

Zusammenfassung, Summary .....	199
1. Einleitung .....	200
2. Geologie und Stratigraphie der untersuchten Sandvorkommen .....	203
3. Mineralogische Untersuchungen .....	204
3.1. Untersuchungsmethoden .....	204
3.2. Die Schwermineralverteilung in den Melker Sanden am Südostrand der Böhmisches Masse .....	204
3.3. Die Schwermineralverteilung in den Sedimenten am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken ...	209
3.4. Die Schwermineralverteilung in den Sedimenten am Ostrand der Südböhmischen Becken .....	211
4. Chemische Untersuchungen .....	212
5. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	214
6. Wirtschaftliche Aspekte .....	214
Literatur .....	215

### Zusammenfassung

Im Zuge einer wirtschaftlichen Beurteilung der Schwermineralführung niederösterreichischer Quarzsande wurden vor allem die oligozänen Melker Sande, aber auch oligozäne bis miozäne Sande am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken sowie tertiäre und quartäre Sande im östlichen Randbereich der Südböhmischen Becken untersucht, deren Schwermineralanteil meist unter 1 % liegt.

Die Schwermineralspektren der Melker Sande setzen sich in Abhängigkeit von den metamorphen Einheiten der Böhmisches Masse im unmittelbaren Hinterland hauptsächlich aus almandin- und pyropeischem Granat, Ilmenit, Disthen, Turmalin, Staurolith und teilweise auch aus Hornblende und Rutil zusammen, wobei quantitative Unterschiede auftreten. Zirkon, Epidot/Zoisit und Andalusit kommen in diesen Sanden meist untergeordnet vor. Unterschiede in der Schwermineralführung sind aber nicht nur auf die lokalen Einflüsse des Liefergebietes sondern auch, wie z. B. der geringe Granatgehalt der Liegendsande, auf prä- und syndementäre Verwitterungsprozesse zurückzuführen. Weiters läßt die Verringerung des aus dem Moravikum ableitbaren Staurolithanteiles von Nordost nach Südwest die marine Transportweite der Sedimente erkennen.

Noch stärker durch lokale Schüttungen aus dem unmittelbaren kristallinen Hinterland sind die Schwermineralspektren der oligozänen bis miozänen Sedimente am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken geprägt. In den quantitativ sehr unterschiedlichen Schwermineralspektren dominieren zwar ebenso wie in den Melker Sanden Granat, Ilmenit, Disthen, Turmalin und Staurolith, daneben sind aber teilweise auch Epidot/Zoisit, Sillimanit, Andalusit, Zirkon und Rutil maßgeblich beteiligt.

Hauptsächlich von den umgebenden Intrusivkörpern aber auch von nahen metamorphen Einheiten der Böhmisches Masse werden die Schwermineralspektren der Sedimente im östlichen Randbereich der Südböhmischen Becken beeinflusst. Hier überwiegt immer Ilmenit, zu dem in den wahrscheinlich oligozänen Rottaler Sanden hohe Anteile von Andalusit und Turmalin treten. Durch Aufarbeitung und Umlagerung ist die Schwermineralführung in den vermutlich pleistozänen Terrassensedimenten im Raum Breitensee lokal sehr unterschiedlich, wodurch neben Ilmenit teilweise Zirkon und Monazit, in anderen Aufschlüssen Disthen, Turmalin, Granat oder Andalusit stark vertreten sind.

Wirtschaftlich interessant sind in allen untersuchten Sanden hauptsächlich die Titanminerale Ilmenit und Rutil. In den Melker Sanden und den Sedimenten am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken sind zusätzlich Granat und Disthen, sowie im östlichen Randbereich der Südböhmischen Becken Zirkon, Monazit und Andalusit bedeutend.

Durch die sehr geringe Schwermineralführung ist ein Gewinn dieser Phasen aber nur wirtschaftlich, wenn die Abtrennung im Rahmen der Qualitätsverbesserung der Quarzsande geschieht. Somit kommen dafür nur hochwertige Quarzsande im Großraum Melk in Frage. Diese Sande und die Aufbereitungshalden sind potentielle Rohstoffträger, vor allem im Hinblick auf die Titanminerale Ilmenit und Rutil sowie auf Granat und Disthen.

### Summary

To estimate their economic importance heavy mineral analyses have been carried out on oligocene to miocene quartzsands from the eastern and southeastern margin of the Bohemian Massif, and on tertiary and quaternary sands from the eastern margin of the South Bohemian Basins.

Generally, the heavy mineral content of these sediments is low, and mostly less than 1 %.

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. REINHARD ROETZEL, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien; Univ.-Doz. Dr. HANS KURZWEIL, Institut für Petrologie, Universität Wien, Dr. Karl Lueger-Ring 1, A-1010 Wien.

The oligocene Melk Sands mainly contain garnet with a high component of almandite and pyrope, ilmenite, kyanite, tourmaline, staurolite and occasionally hornblende and rutile. The derivation of these minerals from the metamorphic rock series of the Bohemian Massif in the hinterland is evident. Zircon, epidote/zoisite and andalusite are subordinated components of the spectra. Local qualitative and quantitative differences of the heavy mineral contents can be attributed to specific rock formations within the source area. In addition presedimentary and synsedimentary weathering processes seem to be responsible for a decrease of garnet in the lower part of the Melk Sands, and finally differences of marine transport distances may have caused a decay of the moravian staurolite from northeast to southwest within the investigated area.

To an even larger extent the Bohemian Massif is indicated to be the source for the oligocene to miocene sands along the eastern margin of the Bohemian Massif and of the so called Horn Basin. Like in the Melk Sands garnet, ilmenite, kyanite, tourmaline and staurolite mostly are dominating the spectra with certain reservations concerning occasional higher concentrations of epidote/zoisite, sillimanite, andalusite, zircon and rutile. The heavy mineral contents of the sediments from the eastern margin of the South Bohemian Basins show a mineral supply from the surrounding plutonic and metamorphic rocks of the Bohemian Massif. These spectra always are dominated by ilmenite; in addition higher concentrations of andalusite and tourmaline have been observed in the probably oligocene sands of Rottal. Caused by reworking the heavy mineral contents may vary locally to a bigger extent. Exemplified by pleistocene terraces around Breitensee ilmenite and further zircon and monazite or kyanite, tourmaline, garnet and andalusite are predominant.

Concerning all investigated sands, because of their titanium content the concentration of ilmenite and rutile is the main economic interest in these sediments. In addition garnet and kyanite in the Melk Sands and the arenaceous sediments along the eastern margin of the Bohemian Massif and the Horn Basin, and zircon, monazite and andalusite in the sands from the eastern margin of the South Bohemian Basins may be of some importance.

However, according to the very low heavy mineral contents a separation of these minerals only can be economic if it is connected with quality improvements of the quartzsands. For this reason only the high quality Melk Sands could be used for heavy mineral production. These sands and also the waste dumps are of some importance for the production of ilmenite, rutile, garnet and kyanite.

## 1. Einleitung

Die österreichische Quarzsandproduktion betrug im Jahre 1984 781.926 t. Etwas weniger als die Hälfte dieser gesamtösterreichischen Produktion stammt aus Niederösterreich, wo 1984 von insgesamt 18 Betrieben 382.929 t Quarzsand produziert wurden. Der überwiegende Teil dieser Produktion kommt aus dem Bereich der Melker Sande.

Neben der Bauindustrie und der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie (Betonsteine, Ziegel etc.), die zwar die Hauptverbraucher von Quarzsand sind, meist aber nicht hohe Qualitätsansprüche stellen, finden qualitativ hochwertige Sande vor allem in der Gießereiindustrie, Glasindustrie, Keramischen Industrie und Chemischen Industrie Verwendung.

Jeder dieser Industriezweige stellt spezifische Anforderungen an die Qualität der Sande wie z. B. Korngrößenspektrum, chemische Zusammensetzung und Rundungsgrad.

Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist der Schwermineralgehalt von Sanden. Die österreichischen Quarzsande enthalten neben den Hauptmineralen Quarz und Feldspat immer akzessorische Minerale, meist in Mengen

von 0,1 % bis 4,0 %, die auf Grund ihres spezifischen Gewichts von mehr als 2,89 g/cm<sup>3</sup> allgemein als Schwerminerale bezeichnet werden. In der Sedimentgeologie sind diese Schwerminerale wertvolle Hilfsmittel zur Bestimmung der regionalen Schüttungsrichtungen und z. T. auch für stratigraphische Einstufungen.

In hochwertigen Quarzsanden sind diese Minerale jedoch selten erwünscht. Schwerminerale sind schwer schmelzend und können oft färbend wirken, so daß sie besonders bei Glassanden weitgehend entfernt werden müssen.

Durch einfache Qualitätsverbesserung, wie Klassierung (Naßscheidung) und Attrition (Reibwäsche) wird der Schwermineralgehalt jedoch nur geringfügig vermindert.

Reinere Quarzsande erhält man durch das Flotieren der Sande. Dabei werden nach Aufstromklassierung und der Entfernung der Silt- und Tonanteile durch Attrition die Anteile an Schwermineralen und Feldspat durch eine zweistufige Flotation von Quarz getrennt. Dadurch werden der Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt und der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt der Sande sehr stark herabgesetzt, sowie färbende und schwer schmelzende Minerale entfernt.

Das Nebenprodukt Feldspat wird u. a. in der Glasindustrie verwendet. Das Schwermineralgemisch geht jedoch auf Halde. Schwerminerale haben aber große wirtschaftliche Bedeutung. Natürliche sedimentäre Anreicherungen von Schwermineralen in sogenannten Seifenlagerstätten sind weltweit die Rohstoffquellen von Titan, Zirkonium, Hafnium, Seltenerdmetallen usw. (J. L. BAXTER [1977]; J. M. GOMES, G. M. MARTINEZ & M. M. WONG [1979, 1980]; G. M. MARTINEZ, J. M. GOMES & M. M. WONG [1981]).

Österreich besitzt keine derartigen Lagerstätten und ist bei allen diesen Rohstoffen weitgehend importabhängig. Im Konzept für die Versorgung Österreichs mit mineralischen Rohstoffen (BUNDESMINISTERIUM FÜR HANDEL, GEWERBE UND INDUSTRIE, 1981) werden z. B. Ferrotitan und Titanoxid und auch Seltenerdmetalle sowohl bei der Versorgungsfähigkeit als auch bei der Zielgefährdung als kritisch eingestuft.

Um mögliche neue Rohstoffquellen zu erschließen, wurde daher im Rahmen dieser Arbeit in Niederösterreich die qualitative und quantitative Schwermineralführung von Quarzsanden untersucht. Dabei wurde besonders auf die Anreicherung wirtschaftlich interessanter Schwerminerale geachtet.

In Niederösterreich sind für derartige Untersuchungen besonders die Quarzsande im östlichen und südöstlichen Randbereich der Böhmisches Masse und am Ostrand der Südböhmischen Becken, im Grenzbereich zur ČSSR, geeignet.

Aus der Studie „Bewertung von Quarzsandvorkommen in Niederösterreich – Detailerkundung zur Unterstützung raumplanerischer Maßnahmen (Projekt NA 12)“ der Firma AUSTROMINERAL (1981) wurden Sandgruben aus darin vorgeschlagenen Rohstoffsicherungsgebieten zur Bearbeitung ausgewählt. Zusätzlich wurden aber auch kleinere, hochwertige Sandvorkommen miteinbezogen, die nicht in diesem Projektsbericht Berücksichtigung fanden. Weiters wurden zur Auffindung möglicher wirtschaftlich bedeutender Schwermineralvorkommen auch Sande mit höheren Feldspatanteilen untersucht. Schwermineralkonzentrate der Schwermineral-Flotation und des Klärschlammteiches der Quarzwerke Ges. m. b. H. Zelking ergänzten die Aufschlußproben.

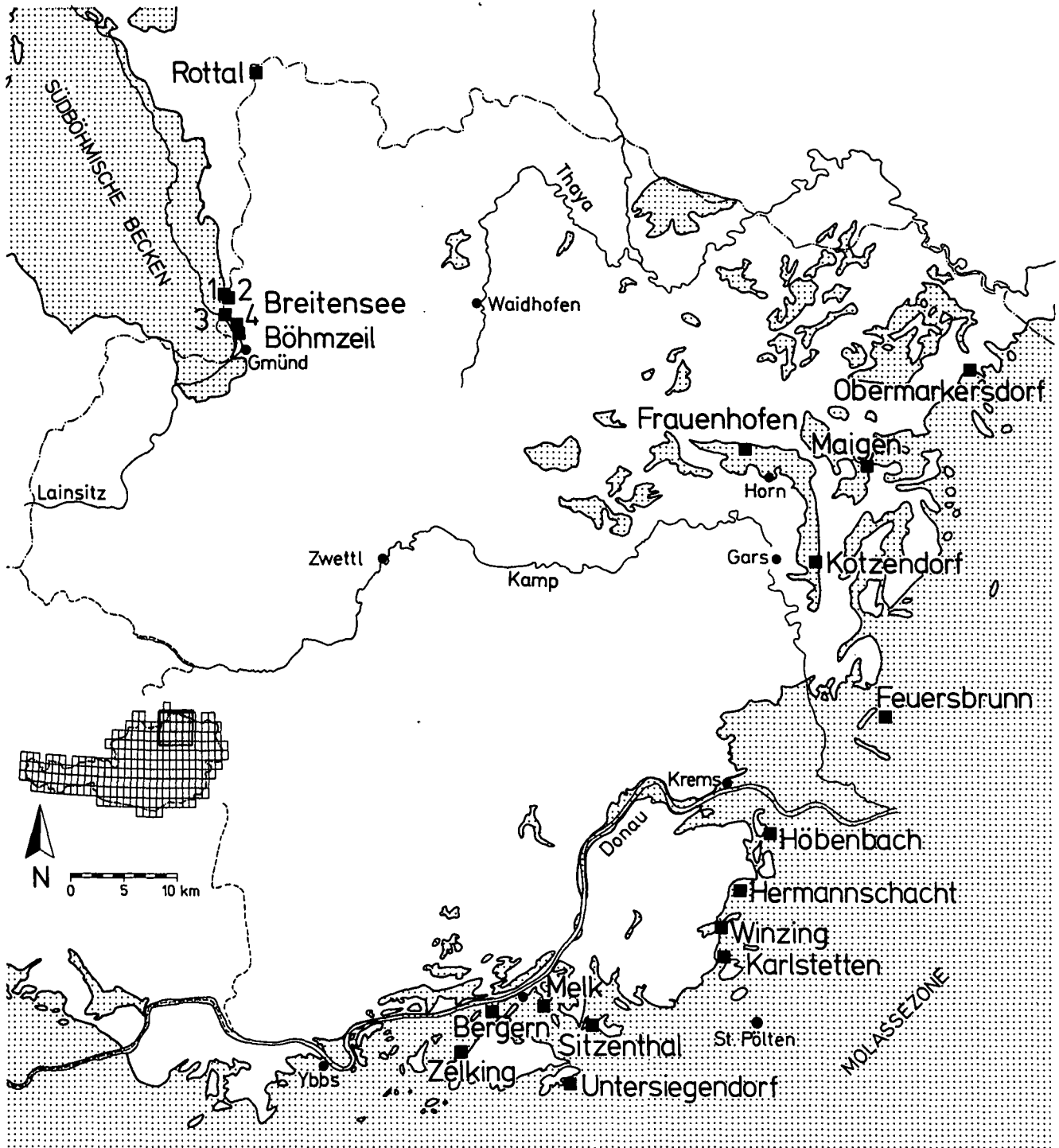


Abb. 1: Die Verbreitung von Sedimenten (punktiert) im Bereich der Böhmisches Masse (weiß) in Niederösterreich (Molassezone: Oligozän bis Quartär; Südböhmische Becken: Oberkreide bis Quartär; Erosionsreste auf dem Kristallin der Böhmisches Masse: Oligozän bis Quartär) und die Lage der untersuchten Aufschlüsse (■).

**Untersucht wurden:**

- 7 ausgewählte Profile der Melker Sande am Südostrand der Böhmisches Masse zwischen Krems und Wieselburg (39 Proben) ergänzt durch
- 5 Schwerminerkonzentrate aus der Schwermineral-Flotation und dem Klärschlammteich der Quarzwerke Ges. m. b. H. Zelking.
- 5 ausgewählte Profile von Sanden am Ostrand der Böhmisches Masse nördlich der Donau zwischen Krems und Retz und im Horner Becken (21 Proben). 5 Proben von Sanden im östlichen Randbereich der

Südböhmischen Becken nördlich Gmünd und nordwestlich Litschau ergänzt durch 1 Vergleichsprobe aus der ČSSR (vgl. Abb. 1 und Tab. 1).

Weiters standen insgesamt 178 Schwermineralanalysen von vorangegangenen Arbeiten (AUSTROMINERAL, 1981; R. ROETZEL et al., 1983) aus diesen Gebieten für Vergleichszwecke zur Verfügung.

Von den in dieser Arbeit untersuchten Sanden sind die Melker Sande die hochwertigsten Quarzsande, die bei geeigneter Aufbereitung in vielfältiger Weise Verwendung finden können (vgl. A. BAHR & H. MATHIAK, 1974; G. HAMMER, 1960; P. KIND, 1970; P. WEISS, 1972,

Tabelle 1: Ortsangaben zur Probenherkunft.

Aufschluß	Art des Aufschlusses	Abbauberechtigter	Gemeinde	Katastralgemeinde	ÖK 50	Lage des Aufschlusses	Koordinaten in Gauss-Krüger-Projektion	
							+X	-Y
Höbenbach	Sandgrube	Gießereisand KG Ing. Fischer/Pammer	Paudorf	Höbenbach	38 Krems	ENE Eggendorf, E Pammerhof	5358050	51200
Hermannschacht	Ton- und Sandgruben	Gießereisand KG Ing. Fischer/Frix Mineralwerk H. Frings	Wölbling	Oberwölbling, Unterwölbling	38 Krems	ESE Oberwölbling, Hermannschacht am Kirchbühel	5353300	53775
Winzing	Sandgrube	Gießereisand KG Ing. Fischer	Obritzberg	Winzing, Kleinrust	37 Mautern, 38 Krems	NE Winzing	5349825	55625
Karlstetten	Ton- und Sandgrube	Frix Mineralwerk H. Frings	Karlstetten	Karlstetten	38 Krems	E Karlstetten, N Kote 339	5347050	55500
Melk	Sandgrube	Gießereisand KG Ing. Fischer	Melk	Melk, Spielberg	55 Obergrafendorf	E Melk, Wachberg	5343000	72500
Sitzenthal	Sandgrube	Gießereisand KG Ing. Fischer	Loosdorf	Sitzenthal	55 Obergrafendorf	NE Loosdorf, SW Sitzenthal	5341410	68130
Untersiegenderdorf	Sandgrube	Quarzwerke Ges. m. b. H.	Hürm	Untersiegenderdorf	55 Obergrafendorf	WSW Würm, E Untersiegenderdorf	5335420	70510
Bergern	Sandgrube	Quarzwerke Ges. m. b. H.	Zelking-Matzleinsdorf	Bergern	54 Melk	SW Melk, NE Matzleinsdorf, S Westautobahn	5342110	77670
Zelking	Klärschlammteich	Quarzwerke Ges. m. b. H.	Zelking-Matzleinsdorf	Zelking	54 Melk	Ortsbereich Zelking	5338610	80510
Feuersbrunn	Weingarten		Grafenwörth	Feuersbrunn	38 Krems	N Feuersbrunn, SW Gösing, Rosenberg	5369770	39480
Maigen	Sandgrube (aufgelassen)	Stranzl	Meiseldorf	Maigen	21 Horn	NW Eggenburg, ca. 700 m SE Maigen	5393000	40600
Obermarkersdorf	Sandgrube	Diem	Stadt Schrattental	Obermarkersdorf	9 Retz	W Retz, NNE Obermarkersdorf	5402480	31370
Frauenhofen	Sandgrube (aufgelassen)		St. Bernhard-Frauenhofen	Frauenhofen	21 Horn	NW Horn, N Frauenhofen	5394600	51930
Kotzendorf	Sandgrube (aufgelassen)		Gars	Kotzendorf	21 Horn	E Gars, ca. 150 m N Kotzendorf	5384030	45450
Rottal	Sandgrube	Franz Seilern-Aspang	Haugschlag	Rottal	1 Neuhaus	NW Litschau, ca. 3 km W Rottal, Rottaler Forst	5430690	97640
Breitensee 1	Sandgrube	Hohenbichler	Gmünd	Breitensee	5 Gmünd	SW Neunagelberg, ca. 250 m SW Zollamt Neunagelberg	5409950	100240
Breitensee 2	Sandgrube		Gmünd	Breitensee	5 Gmünd	SSW Neunagelberg, ca. 650 m SSW Zollamt Neunagelberg	5409610	100340
Breitensee 3	Sandgrube	Wurz-Hubmaier	Gmünd	Breitensee	5 Gmünd	ca. 650 m NW Breitensee	5408340	100550
Breitensee 4	Sandgrube		Gmünd	Breitensee	5 Gmünd	ca. 750 m NW Kleineibenstein	5407580	99410
Böhmeizel (Halámky, CSSR)	Sandgrube (aufgelassen)	Leyrer & Graf (Depot tschechischer Sande)	Gmünd	Böhmeizel	5 Gmünd	ca. 750 m W Großenibenstein zwischen Straße und Bahn Gmünd – Breitensee	5406290	99230

1974, 1976, 1978). Ihre wichtigsten Anwendungsbereiche sind als Form- und Kernsand in der Gießereindustrie und als Hauptrohstoff in der Glasindustrie gegeben. Daneben werden sie auch bei der Erzeugung keramischer Produkte, als Füllstoff in der chemischen In-

dustrie, als Filter und besonders auch in der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie, z. B. zur Herstellung von Baustoffen, gebraucht.

Vielfach werden aber die Quarzsande trotz ihrer Hochwertigkeit als Bausande verwendet.

Die Sande am Ostrand der Böhmisches Masse nördlich der Donau zwischen Krems und Retz und im Horner Becken werden fast ausschließlich nur als Bausande genutzt, obwohl manche Vorkommen für höherwertige Zwecke geeignet wären (z. B. Retzer Sande, vgl. AUSTROMINERAL, 1981).

Auf Grund ihres hohen Quarzanteiles, ihrer guten Rundung der Komponenten und Sortierung sind die Rottaler Sande nordwestlich Litschau hervorragend als Gießereisande zu verwenden. Diese hochwertigen Quarzsande werden aber derzeit nur in geringen Mengen abgebaut. Die meist sehr groben, feldspatreichen und schlecht sortierten Sande im Raum Breitensee nördlich Gmünd sind dagegen nur für Bauzwecke geeignet, wofür sie in diesem Gebiet auch in zahlreichen Gruben intensiv gewonnen werden.

## 2. Geologie und Stratigraphie der untersuchten Sandvorkommen

Am Südostrand der Böhmisches Masse südlich der Donau sind die Sedimente der oligozänen Melk Formation verbreitet (vgl. die geologischen Karten von W. FUCHS, 1964, 1972; W. FUCHS & R. GRILL, 1984; A. MATURA, 1983 und O. SCHERMANN, 1966).

Nach R. ROETZEL et al. (1983) beginnt die Sedimentfolge der Melk Formation über meist tiefgründig verwittertem Kristallin mit den Pielacher Tegeln zuerst in limnisch-terrestrischer, später in brackisch-mariner Fazies im unteren bis mittleren Oligozän. Bei andauernder Transgression folgen über diesen graugrünen bis blaugrauen, teilweise sandigen Peliten mit Einschaltungen von Kohle und tonigen Fein- bis Grobsanden unter teilweiser Verzahnung die Melker Sande, die aber auch direkt dem Kristallin auflagern können.

Die Sedimentation dieser teilweise gut sortierten Fein- bis Mittelsande aus dem marinen Küstenbereich wird im untersten Oberoligozän durch eine Regressionsphase kurz unterbrochen.

In dieser Phase kommt es zur Ablagerung teilweise kohleführender Pelite, in manchen Gebieten auch zu Erosion.

Die darauf folgende neuerliche Transgressionsphase beginnt teilweise mit brackisch-lagunären pelitischen Sedimenten und wird darüber mit den im marinen Küstenbereich abgelagerten, typischen, schlecht gerundeten, feldspatreichen Quarzsanden fortgesetzt.

Die Lithologie dieser Sande steht hauptsächlich in Abhängigkeit vom Energiebereich des Ablagerungsraumes. Während am hochenergetischen Außenrand (z. B. im Raum nördlich St. Pölten oder östlich Wieselburg) durch die fortschreitende Transgression fein- bis mittelkörnige, gut sortierte marine Küstensande von grobsandigen, schlecht sortierten Sandbänken des seichten Schelfs überlagert werden, erfolgt im Raum Melk – Zelking in geschützter Lage die Ablagerung von gleichförmigen Mittel- bis Feinsanden im Küstenbereich während der gesamten Transgressionsphase.

Die Lithologie erlaubt daher keine stratigraphische Aussage und daher auch nicht die großteils darauf basierende Gliederung in Ältere und Jüngere Melker Sande (R. GRILL, 1956; W. FUCHS, 1972).

Die Sande werden schließlich am Außenrand von den schwarzen bis dunkelgrauen, dünngeschichteten, fein-

sandig-glimmerigen Peliten des tieferen Schelfs, der „Älterer Schlier Formation“, überlagert.

Am Ostrand der Böhmisches Masse nördlich der Donau sind hauptsächlich die untermiozänen marinen Küstensedimente der Eggenburg Formation und im Horner Becken daneben auch die oligozänen bis tief untermiozänen Ablagerungen der St. Marein-Freischling Formation anzutreffen (vgl. die geologischen Karten von R. GRILL, 1968; G. FUCHS, E. KUPKA, V. HÖCK & F. STEININGER, 1984; W. FUCHS & R. GRILL, 1984; H. VETTERS, 1918).

Die sedimentäre Schichtfolge beginnt nach F. STEININGER (1983) in diesem Raum mit der im Horner Becken weit verbreiteten limnisch-fluviatilen St. Marein-Freischling Formation. Diese liegt direkt über dem Kristallin und besteht aus schlecht gerundeten Kiesen, oft schräggeschichteten, feldspatreichen Grob- bis Feinsanden und zum Teil kaolinreichen Silten und Tonen.

Die transgressiven marinen Sedimente der Eggenburg Formation folgen mit einem Wechsel von Peliten, vereinzelt mit geringmächtigen Braunkohleflözen, zum Teil Austernbänken und schlecht sortierten, teilweise fossilreichen Grobklastika. Diese Molter Schichten sind eine lagunäre, küstennahe, durch temporären Süßwasserzufluß beeinflusste Randfazies und gehen entweder aus der kontinentalen Serie hervor oder liegen wieder direkt über dem Kristallin.

Dieser Faziestyp kann sowohl räumlich als auch zeitlich von den vollmarinen Küstensedimenten der Felser/Loibersdorfer Fazies beziehungsweise der Grobsandfazies vertreten werden. Diese entwickeln sich aus den Molter Schichten, beziehungsweise sind mit ihnen verzahnt. Die Felser/Loibersdorfer Schichten sind Fein- bis Mittelsande mit Kieslagen und einer reichen, hochmarinen Molluskenfauna.

Die faunistisch den Loibersdorfer Schichten sehr ähnlichen Basalen Grobsande, zu denen wahrscheinlich auch die Retzer Sande zu zählen sind, sind meist durchgehend als resche, grobe Quarzsande entwickelt. Sie liegen zum Teil direkt dem Kristallin auf.

Charakteristisch für den höheren Anteil der Eggenburg Formation ist, bedingt durch die fortschreitende Transgression, eine allgemeine Verfeinerung der Sedimente. Ersichtlich ist dies an den Felser/Loibersdorfer Schichten selbst, ferner durch das Auftreten von Lithothamnienkalken im Horner Becken oder, im weiteren Eggenburger Raum, an den Sedimenten der Gauderndorfer Schichten.

Die Gauderndorfer Schichten sind Fein- bis Mittelsande und Silte, oft mit Konkretionshorizonten und grobklastischen Lagen und mit einer typischen grabenden Bivalvenfauna.

Auch diese Feinkornsedimente sind kontinuierlich mit den tieferen beziehungsweise lateral vertretenden Schichtgliedern verbunden. Über der gesamten Schichtfolge folgen mit einer deutlichen Transgressionsdiskordanz die fossilreichen, organogenen Kalksandsteine der Eggenburger Schichten, die am Außenrand in die aus dünngeschichteten Peliten des tieferen Schelfs bestehende Zellerndorf-Schlier Formation übergehen.

In der östlichen Randzone der Südböhmischen Becken treten in Österreich im Grenzgebiet zur ČSSR flächenhaft im Raum von Gmünd und als Erosionsrelikte auf dem Kristallin der Böhmisches Masse Schotter, Sande und Tone auf, die L. WALDMANN (1951) allgemein ins Tertiär stellte (vgl. geologische Karte von L. WALDMANN, 1950). Tschechische Geologen haben in

der Folge in den Teilbecken von České Budějovice (Budweiser Becken) und Tréboň (Wittingauer Becken) diese Sedimente detailliert bearbeitet und untergliedert (vgl. A. MALECHA, 1966; M. SUK, 1984; geol. Karte von V. ČECH, 1963).

Der Großteil der tektonisch angelegten Becken wird von den limnisch-fluviatilen Süßwassersedimenten der Klikov Formation, die palynologisch in die Oberkreide gestellt werden, erfüllt. Diese meist auf tiefgründig verwittertem Kristallin auflagernde Formation aus groben kaolinitischen Sanden, Kiesen, tonigen Feinsanden und bunten sandigen Tonen, vereinzelt mit Kohlezwischenlagen, reicht im Bereich von Gmünd auch auf österreichisches Staatsgebiet (Gmünder Schichten [L. WALDMANN, 1951]).

Die nur mehr in kleinen Erosionsrelikten erhaltenen, wahrscheinlich oligozänen Süßwassersedimente der Lipnice Formation unterscheiden sich von den Sedimenten der liegenden und hangenden Formationen vor allem durch ihren hohen Maturitätsgrad und ihr reicheres Schwermineralspektrum. Diese Formation besteht aus groben Kies-Sanden, die in bunte kaolinitische feinsandige Tone übergehen und im Hangenden von einem kaolinitischen Sandstein überlagert werden. Die „Quarzitlage“, die diesen weißgrauen Sandstein im Hangenden begrenzt, findet man aufgearbeitet und weit verbreitet in beiden Teilbecken und auch auf dem Kristallin der Böhmisches Masse in Österreich.

Auf Grund ihres petrographischen Aufbaues ist es möglich, daß die auf österreichischem Staatsgebiet liegenden Sande von Rottal dieser Lipnice Formation angehören.

Sedimente der wahrscheinlich karpatischen Zliv Formation und der im unteren Badenien folgenden Mydlovary Formation, die beide durch kurzzeitige marine Vorstöße in einen Süßwasserbereich von der Paratethys her gekennzeichnet sind, konnten in Österreich bisher nicht nachgewiesen werden.

Auch Anteile der Moldavit-führenden Süßwassersedimente der Domanin Formation aus dem Untersarmatien (?Oberbadenien) und die ebenfalls in einem Süßwasserbereich abgelagerten Pelite der pannonen Ledence Formation sind aus dem österreichischen Anteil der Südböhmischen Becken bisher nicht bekannt.

Sandvorkommen entlang der großen Flüsse, wie etwa nördlich Gmünd, zwischen Kleineibenstein, Breitensee und Neunagelberg, die von L. WALDMANN (1950) ebenfalls ins Tertiär gestellt wurden, sind wahrscheinlich pleistozäne Terrassensedimente (vgl. A. MALECHA, 1966).

### **3. Mineralogische Untersuchungen**

#### **3.1. Untersuchungsmethoden**

In den ausgewählten Aufschlüssen wurden die Profile detailliert aufgenommen und charakteristische Horizonte beprobt.

Es wurden meist Punktproben von ca. 2 kg genommen, da sich in vorangegangenen Arbeiten (AUSTRO-MINERAL, 1981; R. ROETZEL, 1982; R. ROETZEL et al., 1983) zeigte, daß sich die Schwermineralspektren in diesen Randgebieten zum Kristallin innerhalb eines Profils sehr rasch ändern können.

Die Probenahme des Flotationsrückstandes erfolgte von der ersten Zelle der Schwermineralflotation, wobei

Durchschnittsproben von 2–3 kg des Schwermineralkonzentrats genommen wurden.

Eine Probe aus dem Klärschlammteich diente vor allem der Bestimmung des quantitativen Schwermineralanteiles der Halden. Durch die Entnahme einer Oberflächenprobe kann dies aber nur ein Richtwert sein.

Von allen Aufschlußproben wurden Korngrößenanalysen nach DIN 51033 durchgeführt. Die Trennung von Kies- und Sandanteilen bis zur Korngröße 0.063 mm erfolgte nach DIN 4188 durch Naßsiebung mit Siebmachine in 1-Phi-Schritten. Die Feinkornklassen feinkörniger Sedimente wurden durch Sedimentationsanalyse nach ANDREASEN ermittelt.

Zur Charakterisierung der Korngrößenverteilung wurde das arithmetische Mittel (mean) der Sande berechnet.

Die Schwermineraltrennung erfolgte mit Tetrabromäthan (spez. Gewicht 2.94 g/cm<sup>3</sup>) in Scheidetrichern, wobei bei den Quarzsanden 300–500 g der Fraktion 0.4–0.063 mm getrennt wurden.

Gleichzeitig erfolgte eine quantitative Bestimmung des Schwermineralanteiles der Sedimente.

Auch der Rückstand der Schwermineralflotation wurde nach der Reinigung von den Flotationsreagenzien (hauptsächlich Tallöl) von den darin enthaltenen Leichtmineralen im Ausmaß von 10–50 % mit Tetrabromäthan getrennt.

Die optische Bestimmung der Minerale erfolgte im allgemeinen an Streupräparaten der Fraktion 0.4–0.063 mm unter dem Polarisationsmikroskop unter Auszählung der Kornhäufigkeit entlang von Schnittlinien.

Bei den Flotationsrückständen wurde neben der Gesamtprobe zur Untersuchung der Korngrößenabhängigkeit des Schwermineralspektrums auch der Schwermineralanteil von Einzelfractionen bestimmt (fraktionierte Schwermineralanalyse). Es wurden meist 300–400 Körner ausgezählt und dabei der Anteil von opaken und durchsichtigen Mineralen ermittelt. Die durchsichtigen Minerale wurden gleich 100 % gesetzt und der Anteil jedes Schwerminerals errechnet.

Von den durchsichtigen Phasen konnten Apatit, Hornblende, Granat, Monazit, Epidot/Zoisit, Chloritoid, Staurolith, Titanit, Sillimanit, Disthen, Andalusit, Brookit, Anatas, Turmalin, Zirkon und Rutil unterschieden werden. Da Rutil aber auch bei den opaken Schwermineralen auftritt, ist der Gesamtanteil dieses Minerals am Schwermineralspektrum meist etwas höher.

Neben der Durchlichtmikroskopie kam auch die Elektronenstrahl-Mikrosonde und die Energiedispersive Röntgenanalyse (EDAX) zum Einsatz.

Durch die Untersuchungen mit EDAX konnten besonders die opaken Minerale weiter zugeordnet werden. Mit Hilfe der Elektronenstrahl-Mikrosonde wurde hauptsächlich die chemische Zusammensetzung der Granate analysiert.

#### **3.2. Die Schwermineralverteilungen in den Melker Sanden am Südostrand der Böhmisches Masse**

Der Schwermineralanteil in den untersuchten Proben der Melker Sande ist sehr gering. Er liegt meist unter 1 % oder knapp darüber und steigt nur selten, wie z. B. in einzelnen Horizonten am Hermannschacht, auf 2 %

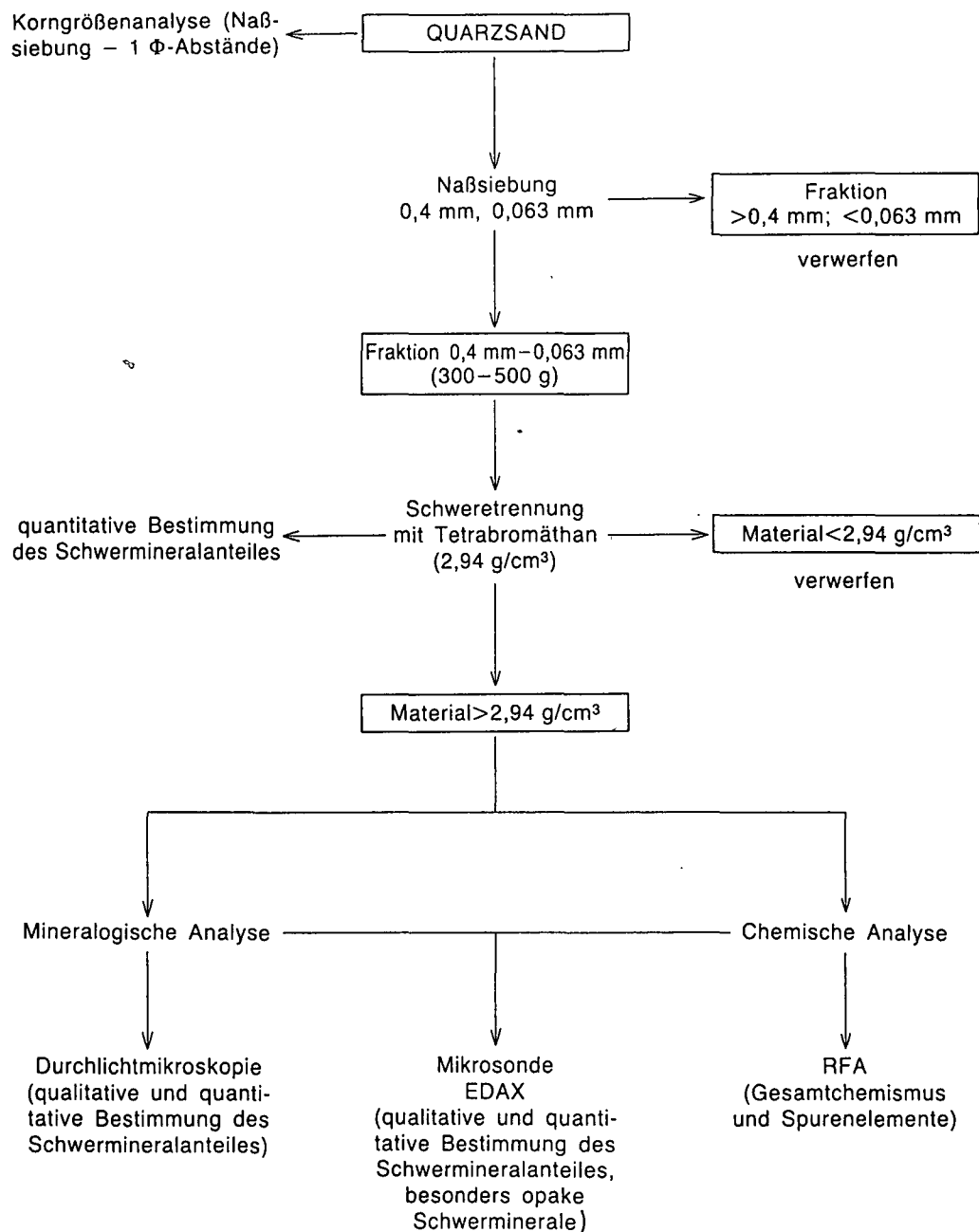


Abb. 2: Ablauf der Untersuchung von Schwerminerkonzentraten aus Aufschlußproben.

bis 3 % an. Besonders niedrig ist er in den Gruben Melk und Untersiegenderdorf, wo nie Werte über 0.5 % erreicht werden. Etwas höhere Schwermineralführung bis maximal 4 % konnte in terrestrisch beeinflussten Rinnensedimenten in den Gruben Zelking und Grabenegg (vgl. R. ROETZEL et al., 1983) festgestellt werden.

Der Anteil opaker Minerale am Schwermineralspektrum ist mit geringfügigen regionalen Unterschieden in den meisten Gruben relativ ähnlich. Überwiegend beträgt der Opakanteil 20 % bis 40 %, wobei die höchsten Werte in den nordöstlichen Gruben Höbenbach und Hermannschacht zu verzeichnen sind. In der Grube Untersiegenderdorf sind die opaken Minerale nur mit 10 % bis 20 % am Schwermineralspektrum beteiligt, ebenso in den liegenden Bereichen der Gruben Melk und Bergern. Den geringsten Opakanteil mit 6 % besitzen die gut gerundeten Mittelsande an der Basis des Profils am Hermannschacht.

Nach den Untersuchungen mit EDAX besteht der überwiegende Teil der opaken Minerale aus Ilmenit. Daneben tritt untergeordnet Rutil und nur selten Magnetit auf.

Bei den durchsichtigen Schwermineralen sind die am häufigsten auftretenden Phasen in den Melker Sanden Granat, Disthen, Turmalin und Staurolith. In wenigen Aufschlüssen treten auch auf einzelne Horizonte beschränkte Anreicherungen von Hornblende und Rutil auf. Im allgemeinen sind aber Rutil und Hornblende, ebenso wie Epidot/Zoisit, Andalusit und Zirkon, eher untergeordnet zu finden.

Granat ist innerhalb der Sedimente von Winzing, Karlstetten, Melk, Untersiegenderdorf und Bergern relativ gleichmäßig verteten. Während aber in Winzing und Karlstetten der Granatanteil 16 % bis 36 % beträgt, ist er in den südwestlichen Gruben von Melk, Untersiegenderdorf und Bergern mit 28 % bis 64 % deutlich höher und

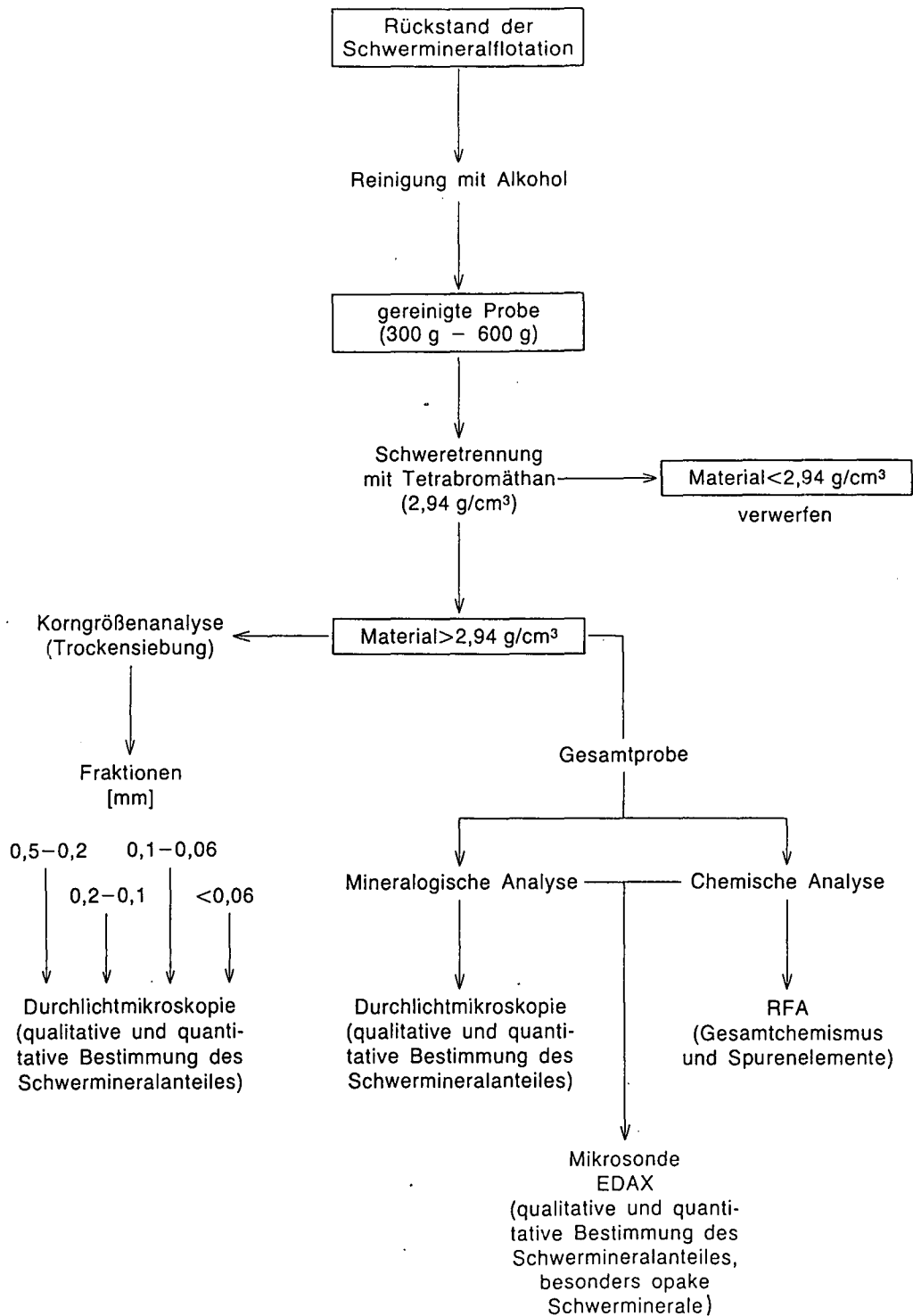


Abb. 3: Ablauf der Untersuchung von Schwerminerkonzentraten aus dem Flotationsrückstand.

im Schwermineralspektrum dominierend. In der Grube Höbenbach ist der Granatgehalt in den liegenden Horizonten äußerst gering, im hangenden Profilabschnitt dagegen ähnlich hoch wie in Winzing oder Karlstetten. Die gleiche Zonierung konnte auch in der Grube Zelking (vgl. R. ROETZEL et al., 1983) festgestellt werden.

Eine besonders wechselhafte Granatführung ist in den Gruben am Hermannschacht zu beobachten. Hier dominieren im unteren und mittleren Profilabschnitt ebenfalls Sedimente mit sehr geringem Granatanteil. Dazwischen tritt aber im Liegenden, in gut gerundeten

Mittelsanden an der Basis des Profils ein Granatmaximum von 77 % auf. Im hangenden Teil ist der rasche Wechsel von teilweise aufgearbeiteten granatarmen und granatreichen Horizonten auffallend.

Nach den Mikrosondenanalysen ist der Großteil der auftretenden Granate almandin- und pyroproreichen Varietäten zuzurechnen. Daneben kommen auch grossularreiche Granate vor. Selten sind hingegen Granate mit höheren Anteilen von Andradit-, Spessartin- und Uwarowitkomponenten.

Disthen und Turmalin sind neben Granat die am häufigsten auftretenden durchsichtigen Schwerminerale.



Tabelle 2: Ergebnisse der Schwermineralanalysen von Proben der Melker Sande (Melk-Formation).

Probe	Mean der Sedim. [Phi]	Schwermineralanteil [%]	Anteil an opaken durchs. Schwermin. [%]		Kornprozentage der durchsichtigen Schwerminerale															
			AP	HB	GR	MO	EZ	CD	ST	TI	SI	DI	AD	BR	AN	TU	ZI	RU		
<b>Sandgrube Höbenbach</b>																				
1	2,21	0,03	35	65	-	-	2	-	1	0,5	24	-	2	32	10	-	-	27	0,5	1
10	3,17	0,3	44	56	0,5	-	1	-	1	-	37	-	0,5	21	6	-	-	20	6	7
13	2,71	1,3	20	80	-	4	28	-	3	-	19	-	2	17	2	-	-	24	-	1
14	2,69	1,0	32	68	-	1	45	-	1	-	23	-	1	14	1	-	-	8	1	5
<b>Ton- und Sandgruben Hermannschacht</b>																				
8	3,74	0,4	37	63	-	-	0,5	-	1	-	3	-	-	42	-	1,5	-	3	3	46
9	2,03	0,2	6	94	0,5	0,5	77	-	-	-	5	-	0,5	5,5	-	-	-	5	1	5
15	2,18	2,4	25	75	-	-	1	-	-	-	37	-	0,5	40	0,5	-	-	18	2	1
23	2,81	0,2	46	54	-	-	2	1	-	-	30	-	-	37	1	-	-	10	9	10
27	0,78	0,3	39	61	-	-	2	0,5	1,5	-	30	-	1	17	1	-	-	19	19	9
32	2,73	2,1	27	73	-	-	3	-	2	0,5	31	-	1	37	5	-	-	19	0,5	1
33	0,03	3,1	40	60	-	1	19	-	0,5	-	40	-	1	27	0,5	-	-	7	2	2
34	2,67	2,2	30	70	-	-	25	-	0,5	-	35	-	1	30	-	-	-	6	0,5	2
<b>Sandgrube Winzing</b>																				
6	2,71	1,4	29	71	0,5	2	24	-	2	-	23	-	1	18	-	-	0,5	23	3	3
7	1,39	0,4	26	74	-	0,5	36	-	2	-	26	0,5	-	15,5	-	-	-	17	0,5	2
14	1,88	0,2	29	71	-	1	32	1	4	-	18	-	-	18	-	-	-	17	5	4
15	2,78	1,3	28	72	0,5	-	16,5	1	6	1	28	-	-	21	-	-	-	25	0,5	0,5
18	1,54	0,6	21	79	-	1	29	-	1	0,5	12	1	0,5	20,5	2	-	0,5	30	1	1
19	2,79	1,5	22	78	1	-	23	0,5	4	2	26,5	2	0,5	21	2	-	0,5	15	2	1
22	0,77	0,7	22	78	0,5	0,5	27	-	5	-	17	1	-	29	-	0,5	-	19	-	0,5
<b>Ton- und Sandgrube Karlstetten</b>																				
3	2,75	0,7	28	72	-	1	21	-	2	-	13	-	-	30	-	-	-	3	6	24
6	1,49	0,8	25	75	-	43	18	-	7	-	11	-	-	7	1	-	-	8	2	3
8	1,38	1,6	18	82	-	8	33	-	2	-	24	-	-	21	1	-	-	11	-	-
14	0,77	0,5	23	77	-	3	36	-	5	-	14	-	1	16	2	-	-	22	1	-
<b>Sandgrube Melk</b>																				
9	2,77	0,4	25	75	1	-	62	0,5	8	-	8	-	-	6	-	-	0,5	6	5	3
10	2,91	0,2	28	72	1	-	46	0,5	9	-	12,5	4	-	10	-	-	-	8	4	5
18	2,53	0,4	22	78	1	-	56	-	4	-	9	1,5	-	13	-	-	-	11	0,5	3
17	2,86	0,2	26	74	1	-	41	-	2	-	18	0,5	-	21	-	-	0,5	12	1	3
21	2,81	0,4	32	68	0,5	-	56	-	2,5	0,5	9	1	0,5	17	-	-	-	11	1	1
16	2,59	0,2	16	84	0,5	-	64	0,5	2,5	0,5	7	1	1	13	-	-	-	9	-	1
20	2,82	0,5	25	75	1	-	39	1	4	0,5	18	0,5	-	18	-	-	1	11	4	2
<b>Sandgrube Untersiegenderdorf</b>																				
1/DS	2,22	0,3	16	84	-	1	54	0,5	-	-	11	-	-	16,5	-	-	-	16	-	1
1	2,06	0,2	13	87	-	0,5	42,5	-	-	-	11	-	-	34	-	-	-	12	-	-
2	1,90	0,08	18	82	-	-	51	0,5	0,5	-	8	0,5	-	22	-	-	-	13	2,5	2
3	1,58	0,2	14	86	-	-	53	-	-	-	14	-	-	17	1,5	-	-	14	-	0,5
<b>Sandgrube Bergern</b>																				
8	2,38	1,2	11	89	-	32	56,5	0,5	1	-	3	-	1	5	-	-	-	1	-	-
1	2,17	1,3	8	92	-	57	30,5	-	-	-	5	-	-	3	-	-	-	4	-	0,5
3	2,80	0,9	27	73	-	16	39	1	5	-	17	-	-	11	-	-	-	9	-	2
5	2,59	0,6	23	77	0,5	24	28	0,5	5	-	12	0,5	0,5	10	-	-	-	16	2	1
7	3,06	0,6	26	74	-	1	63	0,5	2	-	8	-	0,5	13	-	-	-	9	1	2

Sie sind in unterschiedlichen Mengen in allen Schwermineralspektren vertreten.

Auch Staurolith ist in den hier untersuchten Sedimenten meistens recht häufig. Allgemein ist der Staurolithanteil in den Gruben Höbenbach und Hermannschacht mit 19 % bis 40 % am größten. In Winzing und Karlstetten liegt er mit 11 % bis 28 % etwas niedriger und nimmt weiter in den südwestlichen Gruben Melk, Untersiegenderdorf und Bergern (7 % bis 18 %) ab. Sehr gering ist der Staurolithanteil nur in den unteren Profilabschnitten der Gruben Hermannschacht und Bergern.

Nach R. ROETZEL et al. (1983) ist Staurolith auch im liegenden Teil des Profils Zelking nur sehr untergeordnet vertreten und fehlt in den terrestrisch beeinflussten Rinnensedimenten vollkommen. In dieser Grube ist Staurolith gehäuft erst in Sedimenten vorhanden, die nach den sedimentpetrologischen Untersuchungen wahrscheinlich in rein mariner Fazies abgelagert wur-

den. In der am weitest südwestlich gelegenen Grube Grabenegg (vgl. R. ROETZEL et al., 1983) fehlt Staurolith wieder vollkommen.

Grüne, aber auch braune, sehr frische Hornblende tritt in den untersuchten Profilen nur in Sedimenten der Gruben Höbenbach, Karlstetten und Bergern auf. In der Grube Höbenbach kommt Hornblende nur in geringen Mengen von 1 % bis 4 %, ausschließlich im hangenden Profilabschnitt, vor. Im Gegensatz dazu ist in den Gruben Karlstetten und Bergern der Hornblendeanteil mit Maximalwerten von 43 % bis 57 % weit höher, nimmt aber gegen das Hangende wieder kontinuierlich ab. In Karlstetten sind außerdem die Basissande ebenfalls nahezu frei von Hornblende.

Rutil ist auch innerhalb der durchsichtigen Schwerminerale fast immer in geringen Mengen vorhanden. Anreicherungen dieses Minerals konnten in der vorliegenden Arbeit nur in den siltigen Feinsanden an der Basis

Tabelle 3: Ergebnisse der Schwermineralanalysen von Flotationsrückständen von Melker Sanden (fraktionierte Schwermineralanalyse).

Probe	%	in der Kornklasse	Anteile an opaken durchs. Schwermin. [%]	Kornprozentage der durchsichtigen Schwerminerale															
				AP	HB	GR	MO	EZ	CD	ST	TI	SI	DI	AD	BR	AN	TU	ZI	RU
<b>Flotationsrückstand Sandgrube Melk</b>																			
Gesamtprobe	—	13	87	—	2	58	—	5	1	11,5	—	—	9	0,5	—	—	10	1	2
Frakt. <0,06	4,25	25	75	1	2	58	0,5	3	—	2	0,5	1	4	—	—	—	1	20	7
Frakt. 0,1–0,06	28,59	23	77	—	3	65	—	4	—	5	1	1	5	—	—	—	3	9	4
Frakt. 0,2–0,1	63,9	14	86	—	1	65	—	5,5	—	6	1	0,5	6	—	—	—	12	3	7
Frakt. 0,5–0,2	3,26	8	92	—	5	61	—	1	—	6	—	—	4	2	—	—	21	—	—
<b>Flotationsrückstand Sandgrube Sitzenthal</b>																			
Gesamtprobe	—	9	91	—	8	52	—	0,5	—	8	—	—	18	0,5	—	—	4	8	1
Frakt. <0,06	2,84	15	85	3	3,5	50	—	2	—	3	0,5	2	9	—	—	—	2	17	8
Frakt. 0,1–0,06	10,9	17	83	0,5	5	57	—	3	—	6	0,5	2	17	—	—	—	3	5	1
Frakt. 0,2–0,1	52,3	15	85	1	9	65	—	2	—	7	1	—	8	—	—	—	4	1	2
Frakt. 0,5–0,2	33,1	3	97	—	3,5	69	—	0,5	—	1	—	—	15	—	—	—	8	2	—
Frakt. >0,5	0,86																		
<b>Flotationsrückstand Sandgrube Untersiegedorf</b>																			
Gesamtprobe	—	24	76	—	0,5	43	—	5	—	12	—	—	21	—	—	—	13,5	2	3
Frakt. <0,06	5,2	29	71	—	1	33	—	8	—	9	—	—	21	0,5	—	—	8	13,5	6
Frakt. 0,1–0,06	16	21	79	—	3	51	1	2	1	9	0,5	—	17	—	—	—	11,5	3	1
Frakt. 0,2–0,1	60,8	32	68	—	0,5	59	—	1	—	19	0,5	12	—	—	—	—	6	0,5	1
Frakt. 0,5–0,2	18	7	93	—	—	60	—	—	—	0,5	14	—	0,5	10	—	—	15	—	—
<b>Flotationsrückstand Sandgrube Bergern</b>																			
Gesamtprobe	—	15	85	—	19	56	—	3	—	5	—	—	6	—	—	—	4	5	2
Frakt. <0,06	1,55	23	77	1	8	35,5	0,5	2	—	2	—	—	4	—	—	—	2	37	8
Frakt. 0,1–0,06	15,6	27	73	—	20	49	—	4	—	4	—	—	12	—	—	—	5	3	3
Frakt. 0,2–0,1	53,0	14	86	—	10,5	68	0,5	2	—	4	—	—	8	—	—	—	4	3	—
Frakt. 0,5–0,2	29,7	4	96	—	9	69	—	—	—	4,5	—	—	5	—	—	—	11	0,5	1
Frakt. >0,5	0,15																		
<b>Klärschlammteich Quarzwerke Zelking (Flotationsrückstand Sandgrube Bergern)</b>																			
Gesamtprobe	—	10	90	—	20	60	—	3	—	7	—	—	8	—	—	—	1,5	0,5	—
Frakt. <0,06	0,1																		
Frakt. 0,1–0,06	8,0	23	77	2	27	60	—	4	—	0,5	0,5	—	3,5	0,5	—	—	0,5	1	0,5
Frakt. 0,2–0,1	75,7	11	89	—	27	53	1	2	—	5	—	—	8	1	—	—	2	—	1
Frakt. 0,5–0,2	16,2	8	92	0,5	19	46	—	1	—	9	0,5	—	12	—	—	—	12	—	—

der Profile vom Hermannschart und Karlstetten festgestellt werden. In diesen Sedimenten, in denen Rutil mit 46 % bzw. 24 % am Spektrum der durchsichtigen Schwerminerale Anteil hat, ist besonders der gleichzeitige hohe Disthengehalt auffallend. Eine ähnliche Schwermineralzusammensetzung tritt auch in den sogenannten Klebsanden am Hermannschart auf. Auch in den Liegendschichten und Rinnensedimenten von Zelking und in den Sanden von Grabenegg konnten größere Anreicherungen von Rutil beobachtet werden (vgl. R. ROETZEL et al., 1983).

Wie Rutil sind auch Epidot/Zoisit und Zirkon in fast allen Sedimenten in geringen Mengen enthalten. Etwas größere Epidot/Zoisit-Anteile konnten nur in den liegenden Sanden der Grube Melk und teilweise auch in den hornblendereichen Horizonten der Gruben Karlstetten und Bergern festgestellt werden.

Zirkon ist in den nordöstlichen Gruben, vor allem am Hermannschart, etwas häufiger.

Andalusit wurde in den Melker Sanden nur am Hermannschart und besonders im unteren Profilabschnitt von Höbenbach gefunden.

Da gerade die Beziehung der Schwerminerale zu spezifischen Korngrößenklassen aus wirtschaftlicher Sicht von Bedeutung ist, wurden von diesen Proben fraktionierte Analysen, das heißt getrennte Untersuchungen an verschiedenen Kornklassen durchgeführt.

Dabei konnte sehr gut der sogenannte Korngrößeneffekt, das heißt die Anreicherung bestimmter Minerale in

bestimmten Kornklassen auf Grund ihrer primären Korngröße, beobachtet werden.

So sind z. B. die primär kleinen Schwerminerale Zirkon und Rutil vorwiegend in der Fraktion kleiner 0,06 mm zu finden. Ebenso sind die opaken Minerale, in diesen Sedimenten hauptsächlich Ilmenit, in dieser Feinfraktion auf häufigsten.

Auch bei Epidot/Zoisit ist die Tendenz zur Anreicherung in den feineren Kornklassen zu erkennen, jedoch nicht so deutlich ausgeprägt wie bei Zirkon, Rutil oder Ilmenit.

Die grobkörnigeren Minerale Staurolith und Turmalin treten dagegen überwiegend in den Fraktionen 0,2–0,1 mm und 0,5–0,2 mm auf.

Granat ist in den untersuchten Proben ebenfalls meist etwas häufiger an die größeren Kornklassen gebunden.

Hornblende und Disthen sind dagegen auf Grund ihrer Spaltbarkeit in den einzelnen Fraktionen recht unterschiedlich angereichert.

In den Melker Sanden ist das primäre Liefergebiet zweifellos der wichtigste Faktor für die Zusammensetzung des Schwermineralspektrums.

Als Hauptliefergebiet kann man auf Grund des durchwegs von metamorphen Ausgangsgesteinen geprägten Schwermineralspektrums die Böhmisches Masse, und zwar vor allem das im unmittelbaren Hinterland anstehende Kristallin annehmen.

Granat, Disthen, Turmalin, Zirkon, Rutil und Ilmenit sind aus Ortho- und Paragneisen, Granulit sowie von Ganggesteinen abzuleiten (vgl. z. B. G. NIEDERMAYR, 1967; G. FUCHS & A. MATURA, 1976; A. MATURA, 1984).

Nach den Mikrosondenanalysen überwiegen in den Sanden almandin- und pyropreiche Granate, die auch in Ortho- und Paragneisen, Amphiboliten und dem Granulit am häufigsten sind (vgl. z. B. H. G. SCHARBERT, 1964; G. FUCHS & H. G. SCHARBERT, 1979; A. ZAYDAN & H. G. SCHARBERT, 1983). Grossularreiche Varietäten sind eher aus Kalksilikatgesteinen zu beziehen.

Der in den meisten, bis zur kristallinen Basis aufgeschlossenen Gruben (Höbenbach, Hermannschacht, Karlstetten, Zelking) festgestellte geringe Granatgehalt im Liegenden bei meist gleichzeitigen hohen Rutil- und Disthenanteilen scheint auf eine Reduzierung des Schwermineralspektrums durch präsedimentäre Verwitterung zurückzuführen zu sein. Die gleichzeitige geringe Feldspatführung der Sedimente im Liegenden (vgl. R. ROETZEL et al., 1983) und die Bildung kaolinitischer Verwitterungsprodukte am Kristallin sprechen ebenfalls für diese Vermutung. Auch G. WOLETZ (1956), die ebenfalls einen geringeren Granatgehalt des tieferen Stockwerkes der Melker Sande feststellt, vermutet eine präsedimentäre Lösung der Granate durch Humussäuren. In dem nach den Aussagen des Pollenspektrums (P. HOCHULI, 1978) zu dieser Zeit herrschenden subtropischen Regenklima kann man eine derartige Selektion durchaus annehmen.

Weiters ist in wenigen Abschnitten der Melker Sande (z. B. Klebsande am Hermannschacht) eine Sedimentation in isolierten Becken in einem Ablagerungsmilieu mit extremem pH-Wert möglich (z. B. reduzierende lagunäre Bedingungen), was zu einer synsedimentären Reduktion des Schwermineralspektrums, besonders von Granat, führte (vgl. R. ROETZEL et al., 1983).

Das eng begrenzte, gehäufte Auftreten von Hornblende, meist gemeinsam mit höheren Anteilen von Epidot, kann eventuell mit der Abtragung von kleinen, sehr nahen, isolierten Amphibolitkörpern erklärt werden. Bei etwas größeren Transportweiten scheinen Hornblende ebenso wie die in den Gesteinen der Böhmisches Masse nicht selten auftretenden Minerale Apatit und Sillimanit zerstört worden zu sein.

Staurolith, der in den Melker Sanden zu den Hauptbestandteilen des Schwermineralspektrums gehört, ist dagegen im österreichischen Anteil der Böhmisches Masse nur in den staurolithführenden Granatglimmerschiefern des Moravikums (vgl. V. HÖCK, 1974) zu finden. In den Sanden nimmt der Anteil von Staurolith generell von Nordosten nach Südwesten ab und fehlt im äußersten Südwesten (Grabenegg) vollkommen.

Bemerkenswert ist auch, daß in der Grube Zelking Staurolith gehäuft erst in solchen Sedimenten auftritt, die nach den sedimentpetrologischen Untersuchungen wahrscheinlich in rein mariner Fazies abgelagert wurden. In den Rinnensedimenten fehlt das Mineral dagegen vollkommen und ist im Liegenden dieser Rinne nur sehr gering vertreten. Auch im Liegendbereich der Profile Hermannschacht und Bergern ist der Staurolithgehalt nur untergeordnet.

Als Liefergebiet des Stauroliths ist daher ein heute weitgehend erodierter Bereich des Moravikums am wahrscheinlichsten. Die weitere Verfrachtung scheint durch küstenparallele marine Strömungen erfolgt zu sein.

Bei den opaken Schwermineralen ist das Überwiegen von Ilmenit und das fast vollkommene Fehlen von Magnetit überraschend, obwohl Magnetit in verschiedenen Gesteinen der Böhmisches Masse als akzessorischer Gemengteil oft beschrieben wird (z. B. Gföhler Gneis, vgl. G. NIEDERMAYR, 1967). Da Magnetit aber relativ verwitterungsresistent ist, ist eine prä- bis synsedimentäre Verwitterung des Minerals weitgehend auszuschließen. Es besteht aber die Möglichkeit, daß die als Magnetite beschriebenen Erzphasen in den Ausgangsgesteinen hohe Titananteile besitzen, was durch detaillierte Mikrosondenanalysen zu klären wäre.

Als Ablagerungen aus dem Küstenbereich sind die Melker Sande schlecht gerundet und auch meist relativ schlecht sortiert (vgl. R. ROETZEL et al., 1983). Gemeinsam mit dem Schwermineralspektrum spricht dies für einen nicht sehr weiten Transport und eine rasche Ablagerung, verbunden mit der Anlieferung einer großen Sedimentmenge.

Aus diesen Gründen kam es in den Melker Sanden fast nie zu Anreicherungen der Schwerminerale in Seifen, die üblicherweise in rezenten Ablagerungen von Küsten nicht selten sind.

Meist ist der Schwermineralanteil durch diese rasche Ablagerung und geringe Sortierung sehr gering. Höhere Schwermineralführungen, wie z. B. im Hangenden des Profils Hermannschacht, treten in vermutlich aufgearbeiteten und damit wahrscheinlich mit Schwermineralanteilen angereicherten Sedimenten auf.

### **3.3. Die Schwermineralverteilungen in den Sedimenten am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken**

Die Schwermineraluntersuchungen am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken beschränken sich nur auf fünf Gruben in diesem Raum und können daher nur einen allgemeinen Überblick über die Schwermineralführung dieser Sedimente geben.

Der Schwermineralanteil der Sedimente ist ebenso wie in den Melker Sanden gering und beträgt in der Regel 0.1 % bis 1 %. In der Grube Obermarkersdorf liegt er teilweise sogar unter 0.1 %. Eine etwas höhere Schwermineralführung von 2.2 % bis 2.3 % konnte im Aufschluß Feuersbrunn in den wahrscheinlich terrestrisch beeinflussten Liegendsanden, aber auch in marinen Sanden im Hangenden festgestellt werden.

Die opaken Schwerminerale sind meist recht gleichmäßig mit 30 % bis 40 % am gesamten Schwermineralspektrum beteiligt. Seltener steigt dieser Anteil bis maximal 44 % an oder liegt, wie in der Grube Obermarkersdorf, unter 30 %. Auch in diesen Sedimenten besteht nach den Untersuchungen mit EDAX der überwiegende Teil der opaken Minerale aus Ilmenit.

Bei den durchsichtigen Schwermineralen sind wie in den Melker Sanden Granat, Disthen, Turmalin und Staurolith am häufigsten, teilweise aber auch Epidot/Zoisit, Sillimanit, Andalusit, Zirkon und Rutil maßgeblich am Aufbau des Schwermineralspektrums beteiligt. Durch sehr lokale Beeinflussung sind jedoch die Mengenverhältnisse der Minerale in den einzelnen Aufschlüssen und teilweise sogar innerhalb der Profile sehr unterschiedlich.

Tabelle 4: Ergebnisse der Schwermineralanalysen von Proben aus dem Bereich des Ostrand des Böhmisches Masse und des Horner Beckens (St. Marein-Freischling Formation, Eggenburg Formation).

Probe	Mean der Sedim. [Phi]	Schwermineralanteil [%]	Anteil an opaken durchs. Schwermin. [%]	Kornprozent der durchsichtigen Schwerminerale																
				AP	HB	GR	MO	EZ	CD	ST	TI	SI	DI	AD	BR	AN	TU	ZI	RU	
<b>Weingartenaufschluß Feuersbrunn</b>																				
<b>(St. Marein-Freischling Formation (1), Felser/Loibersdorfer Schichten (5, 8, 10, 11))</b>																				
1	1,99	2,3	35	65	-	-	66	1	2	-	1	-	-	20	-	-	-	4	6	
5	2,86	0,4	39	61	-	-	51	1	6	-	13	-	-	16	-	-	-	2	5	6
8	2,52	0,5	30	70	-	-	0,5	37	-	11	-	23	-	13,5	-	-	-	7	4	4
10	2,98	0,3	31	69	0,5	1,5	38	1	12	-	19	-	2	12	-	-	-	5	5	4
11	2,84	2,2	29	71	-	-	43	1	14	-	19	-	1	12	0,5	-	-	4	5	0,5
<b>Sandgrube Maigen</b>																				
<b>(Loibersdorfer Schichten (2), Basale Grobsande (3, 8), Gauderndorfer Schichten (9))</b>																				
2	3,32	0,7	42	58	-	-	3	-	3	-	11	-	2	26	2	-	-	40	5	8
3	0,75	0,2	36	64	-	-	0,5	2	0,5	8	-	7	1	4	23	2,5	0,5	16	15	20
8	1,04	0,2	37	63	-	-	2,5	0,5	3	-	9	-	4	28	3	-	-	30	8	12
9	4,38	0,6	30	70	-	-	2	-	3	0,5	4,5	0,5	0,5	9	1	-	-	77	1	1
<b>Sandgrube Obermarkersdorf</b>																				
<b>(Retzer Sande = ?Basale Grobsande)</b>																				
65	1,77	0,01	26	74	-	-	5	-	6	-	36	-	1	15,5	6	-	-	29	0,5	1
66	1,86	0,008	27	73	-	-	0,5	8	-	8	-	40,5	-	23	2	-	-	18	-	-
67	2,09	0,2	25	75	-	-	7	-	9	-	42	-	-	19	3	-	-	19	-	1
68	0,52	0,2	25	75	0,5	-	21	-	8	-	37,5	-	-	17	2	-	-	12	1	1
<b>Sandgrube Frauenhofen</b>																				
<b>(St. Marein-Freischling Formation)</b>																				
1	1,99	0,1	35	65	-	0,5	0,5	-	-	-	4	-	6	30,5	8	-	-	49	0,5	1
2	0,52	1,0	50	50	-	2	1	-	3	-	6	-	4	45	9	-	-	24	2	4
4	1,80	0,3	38	62	-	1	-	-	-	-	3	-	5	43	13	-	-	31	1	3
5	2,54	0,2	34	66	-	0,5	1	-	0,5	-	4	-	2	42	10	-	-	36	-	4
7	4,61	0,8	38	62	-	-	0,5	-	2	-	1	1	1,5	27	9	2	-	-	32	15
<b>Sandgrube Kotzendorf</b>																				
<b>(Loibersdorfer Schichten)</b>																				
56	0,79	0,3	30	70	-	1	5	-	1	-	3	-	2	40	7	-	-	32	5	4
57	0,89	0,7	30	70	-	1	18	-	1	-	3	-	1	28	6	-	-	38	2	2
58	4,02	0,4	44	56	-	-	6	-	2	-	3	-	1	23	9	-	-	49	-	7

Granat tritt besonders im Weingartenaufschluß von Feuersbrunn auf. Hier sind in den liegenden Sanden 66 % der durchsichtigen Schwerminerale Granat. Aber auch in den hangenden Sedimenten beträgt der Anteil immerhin noch 37 % bis 51 %. Meist deutlich unter 10 % liegt der Granatgehalt in den Gruben Maigen, Obermarkersdorf und Kotzendorf. In den beiden letztgenannten Gruben steigt er aber in Ausnahmefällen auf ca. 20 % an. Durchwegs um 1 %, und damit sehr gering, ist die Granatführung im gesamten Profil von Frauenhofen. Nach den Mikrosondenanalysen sind die Granate aus dem Aufschluß Feuersbrunn besonders im Liegenden almandin- und pyropereich. Darüber kommen auch Granate mit bedeutender Grossularkomponente, vereinzelt sogar reine Grossulare vor. In den anderen Gruben überwiegen ebenfalls almandin- und pyropreiche Granate. Dazu treten grossularreiche und besonders in der Grube Kotzendorf auch spessartinreiche Varietäten.

Disthen ist in den untersuchten Proben immer enthalten und besonders in den Gruben im Horner Becken häufig, wo er 23 % bis 45 % beträgt. Auch die Sedimente von Maigen führen mit Ausnahme der Gauderndorfer Schichten 23 % bis 28 % Disthen. In den Gauderndorfer Schichten beträgt dieser Anteil dagegen nur 9 %. Mit meist 10 % bis 20 % ist der Disthenanteil in Obermarkersdorf und Feuersbrunn etwas geringer.

Wie Disthen ist auch Turmalin in den Gruben im Horner Becken und in Maigen am häufigsten, wo 16 % bis 49 %, in den Gauderndorfer Schichten von Maigen trotz der Feinkörnigkeit des Sediments sogar 77 % Turmalin

vorkommen. In Obermarkersdorf erreicht er dagegen nur 12 % bis 29 %. In den liegenden Sanden von Feuersbrunn fehlt Turmalin vollkommen und ist auch in den darüber anstehenden Ablagerungen im Schwermineralspektrum nur mit 2 % bis 7 % enthalten.

Staurolith dominiert in der Grube Obermarkersdorf in allen Spektren der durchsichtigen Schwerminerale mit 36 % bis 42 %. Auch in Feuersbrunn ist in den hangenden Sanden dieses Mineral mit 13 % bis 23 % häufig, fehlt aber in den liegenden Sanden fast vollkommen. In Maigen verringert sich der Staurolithanteil von 11 % in den Loibersdorfer Schichten auf 4,5 % in den Gauderndorfer Schichten. Im Horner Becken treten in den beiden untersuchten Gruben dagegen nur 1 % bis 6 % Staurolith im Spektrum auf.

Mit 6 % bis 14 % ist Epidot/Zoisit in Feuersbrunn besonders in den hangenden Sanden häufiger und auch in Obermarkersdorf und Maigen mit 3 % bis 9 % im Schwermineralspektrum enthalten. Deutlich geringer ist dagegen die Epidot/Zoisit-Führung in den Gruben im Horner Becken.

Zirkon ist in den untersuchten Gruben meist mit 0,5 % bis 5 %, Rutil mit 0,5 % bis 8 % beteiligt, wobei die Sedimente der Gruben Obermarkersdorf sehr geringe Mengen dieser Minerale führen. Auch die Sande aus den untersuchten Gruben im Horner Becken sind meist etwas ärmer an Zirkon und Rutil. Größere Anreicherungen finden sich nur in den Grobsanden von Maigen (Zirkon: 8 %–15 %, Rutil: 12 %–20 %) und, wahrscheinlich korngrößenbedingt, in den hangenden Feinkornsedimenten von Frauenhofen (Zirkon: 32 %, Rutil:

15 %). In den Gauderndorfer Schichten von Maigen sind die Anteile von Zirkon und Rutil trotz Feinkörnigkeit jedoch äußerst gering.

Andalusit ist am häufigsten in Kotzendorf und Frauenhofen im Horner Becken. In diesen Sedimenten sind 6 % bis 13 % dieses Minerals vertreten. Auch in Obermarkersdorf und Maigen treten 1 % bis 6 % Andalusit auf, während er in Feuersbrunn fast nie zu finden ist.

Der Sillimanitanteil ist mit 1.5 % bis 6 % in Frauenhofen am größten. Ebenfalls geringe Mengen führen die Sedimente von Kotzendorf und Maigen, während Sillimanit in Obermarkersdorf und Feuersbrunn fast nie bestimmt werden konnte.

Der Anteil von Hornblende ist in allen untersuchten Gruben in diesem Bereich sehr gering.

Nach den durchwegs aus Metamorphiten stammenden Schwermineralspektren kommt als Einzugsgebiet der moravische, aber auch der moldanubische Teil der Böhmisches Masse in Frage. Wie man aber aus den unterschiedlichen Schwermineralverteilungen erkennen kann, sind die Schwermineralspektren der Sedimente am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken ebenso wie in den Melker Sanden stark von lokalen Einflüssen geprägt.

In Feuersbrunn, wo bei den durchsichtigen Schwermineralen allgemein eine Granatvormacht herrscht, ist besonders der Unterschied zwischen den liegenden, wahrscheinlich terrestrischen Sedimenten, und den hangenden, rein marinen Ablagerungen auffallend. Während die terrestrischen Sande neben almandin- und pyropreichen Granaten hauptsächlich Disthen, Rutil und etwas Zirkon führen und damit wahrscheinlich eine lokale Schüttung von einem Granulit-Gföhler Gneis Körper anzeigen, kommt in den marinen Sedimenten Epidot/Zoisit, Staurolith und Turmalin hinzu. Damit wird in diesen hangenden Ablagerungen auf ein größeres Einzugsgebiet durch marinen Transport hingewiesen.

In den übrigen bearbeiteten Profilen tritt Granat zugunsten anderer Minerale eher zurück. So dominieren in Maigen und in den untersuchten Gruben im Horner Becken meistens Disthen und Turmalin, in Obermarkersdorf dagegen Staurolith. Dies steht wiederum deutlich in Zusammenhang mit der Lage von Einflußbereichen verschiedener Mineralzonen des Moravikums (vgl. V. HÖCK, 1974). Auch das geringere Auftreten von Staurolith und Epidot/Zoisit in den Gruben im Horner Becken spricht für unterschiedliche lokale Einzugsge-

bierte. In den Gruben Frauenhofen und Kotzendorf ist außerdem das vermehrte Vorkommen von Andalusit hervorzuheben, dessen Herkunft in diesem Bereich noch unklar ist.

Anreicherungen von Zirkon und Rutil sind selten zu finden und teilweise, wie z. B. in den hangenden Feinkornsedimenten von Frauenhofen, sicherlich auf den Korngrößeneffekt zurückzuführen. In anderen Aufschlüssen sind diese Minerale nur in den groben Sanden von Maigen häufiger.

In den Gauderndorfer Schichten von Maigen kommen trotz der Feinkörnigkeit dieses Sediments entgegen dem Korngrößeneffekt sehr geringe Mengen von Zirkon und Rutil vor. Dagegen überwiegt in diesen Ablagerungen der sonst eher in groben Sedimenten häufiger auftretende Turmalin. Ob diese bemerkenswerte Schwermineralverteilung nur auf eine lokale Beeinflussung zurückzuführen ist, oder für die gesamten Gauderndorfer Schichten charakteristisch ist, kann nur durch eine systematische Schwermineraluntersuchung dieses Schichtgliedes herausgefunden werden.

Apatit und Hornblende, die auch im Moravikum teilweise recht häufige Gemengteile sind (vgl. z. B. G. WACHTEL, 1975), blieben in den Sedimenten selten erhalten.

Trotz des gelegentlichen Vorkommens von Magnetit im Hinterland, wie z. B. in Paragesteinen in der Randzone des Thayabatholiths (vgl. G. WACHTEL, 1975), besteht der Opakanteil der Sedimente großteils aus Ilmenit. Über den Verbleib von Magnetit kann keine Aussage gemacht werden, da auch anzunehmen ist, daß dieses Mineral relativ resistent gegen Verwitterung und Transport ist.

### 3.4. Die Schwermineralverteilungen in den Sedimenten am Ostrand der südböhmischen Becken

Mit 0.1 % ist der Schwermineralanteil in den wahrscheinlich oligozänen Sanden von Rottal sehr gering. Durch möglicherweise mehrmalige Aufarbeitung und Umlagerung sind dagegen die schweren Minerale in den quartären Terrassensanden der Lainsitz etwas stärker zwischen 0.5 % und 1.8 % angereichert.

Der opake Anteil der Schwerminerale ist in allen Sanden im Raum Gmünd – Litschau sehr hoch. In den Rot-

Tabelle 5: Ergebnisse der Schwermineralanalysen von Proben aus dem Bereich von Gmünd und Litschau.

Probe	Mean der Sedim. [Phi]	Schwermineralanteil [%]	Anteil an opaken durchs. Schwermin. [%]	Kornprozentage der durchsichtigen Schwerminerale																	
				AP	HB	GR	MO	EZ	CD	ST	TI	SI	DI	AD	BR	AN	TU	ZI	RU		
<b>Sandgrube Rottal (?Lipnice-Formation)</b>																					
1/1	1,46	0,1	52	48	-	4	8	0,5	1	-	0,5	-	5	8	35	-	-	35	2	1	
<b>Sandgruben im Raum Breitensee (Pleistozäne Terrassensande)</b>																					
1	1,13	1,8	69	31	3	-	9	16	2	-	1	-	-	4	-	-	-	4	56	5	
2	0,83	0,9	63	37	6	-	3	8	1	-	3	-	-	3	3	-	-	7	57	9	
3	-0,41	1,0	52	48	2	0,5	12	5	2	-	3	-	0,5	23	2	-	-	2	46	2	
4	1,67	0,5	76	24	-	-	14	1	-	-	1	-	2	20	11	-	-	35	8	8	
<b>Sandgrube Böhmeil (Halámky, ČSSR) (Pleistozäne Terrassensande)</b>																					
	0,08	0,8	75	25	4	11	11	-	-	-	-	-	6	47	7	-	-	12	1	1	

taler Sanden wurden 52 % überwiegend aus Ilmenit bestehende Opakanteile festgestellt. In den Sedimenten entlang der Lainsitz steigt dieser Wert sogar bis 76 % an. Auch hier konnten bei quantitativen Analysen mit EDAX vorwiegend Ilmenit und nur geringe Mengen von Rutil und Hämatit/Magnetit gefunden werden.

Hohe Anteile von Andalusit und Turmalin lassen in den Rottaler Sanden den Haupteinfluß des im Nahbereich anstehenden Eisgarner Granits deutlich erkennen (vgl. S. SCHARBERT, 1966). Die daneben auftretenden geringen Mengen von vorwiegend almandin- und pyropreichem Granat, Disthen, Sillimanit und Hornblende sind wahrscheinlich aus den Paragneisen, Orthogneisen (Gföhler Gneis) und Granuliten im angrenzenden tschechoslowakischen Staatsgebiet zu beziehen.

In den Sanden im Raum von Breitensee sind die Schwermineralspektren vermutlich durch Aufarbeitung und Umlagerung der Sedimente lokal sehr unterschiedlich. Das Vorliegen von Mischsedimenten wird auch durch verschiedene Rundungsgrade der Schwerminerale innerhalb einer Probe bestätigt.

In manchen Aufschlüssen dominieren bei den durchsichtigen Schwermineralen Zirkon und Monazit, in anderen Profilen sind wieder Disthen, Turmalin, Granat oder Andalusit maßgeblich am Aufbau des Schwermineralspektrums beteiligt.

Das Hauptliefergebiet der Sedimente der österreichischen Gruben an der Lainsitz ist durch das Überwiegen von Zirkon, Monazit, Turmalin, Andalusit, Rutil und Apatit auf alle Fälle der Eisgarner Granit (vgl. S. SCHARBERT, 1966).

Die Vergleichsprobe äquivalenter Sande aus der ČSSR ist dagegen von den metamorphen Serien in der Tschechoslowakei stärker beeinflusst, wie die hohen Anteile von Disthen, Hornblende, Granat und Sillimanit zeigen (vgl. V. ČECH, 1963).

Das Vorhandensein des sehr instabilen Apatits in den Sanden an der Lainsitz schließt ebenfalls eine große Transportweite aus.

Da im Eisgarner Granit besonders Magnetit als akzessorisches Mineral beschrieben wird (vgl. S. SCHARBERT, 1966), überrascht das äußerst geringe Vorkommen dieses Minerals und statt dessen das Überwiegen von Ilmenit. Möglicherweise handelt es sich bei den Erzphasen des Granits jedoch nicht um reinen Magnetit, was durch detaillierte Mikrosondenanalysen untersucht werden müßte.

#### 4. Chemische Untersuchungen

Zur Feststellung der chemischen Zusammensetzung der Schwermineralkonzentrate wurden im Rahmen dieser Arbeit mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz (RFA) an Preß- und Schmelzpillen 11 Hauptelemente und 21 Spurenelemente von ausgewählten Proben analysiert. Da für die chemische Analyse durch Röntgenfluoreszenz größere Probenmengen benötigt werden, konnten nur schwermineralreiche Proben untersucht werden, von denen ausreichend Material zur Verfügung stand. Aus diesem Grunde konnten nur von 20 Proben die Hauptelemente und zusätzlich von 10 dieser Proben die Spurenelemente analysiert werden (vgl. Tab. 6). Die chemischen Analysen sollen daher auf Grund dieser geringen Probenzahl nur als Zusatz zu den mineralogischen Untersuchungen betrachtet werden.

Aus den Gruben Sitzenthal, Melk, Bergern, Untersiegenderdorf und dem Klärschlammteich Zelking wurden Durchschnittsproben des Flotationsrückstandes bearbeitet. Die übrigen Proben sind Schwermineralkonzentrate von Punktproben aus den Aufschlüssen.

Wie aus den optischen Untersuchungen hervorgeht, existieren nur geringe Unterschiede in den Schwermineralspektren von Natursanden und dem Flotationsrückstand einer Grube. Daher ist auch eine Beeinflussung der chemischen Zusammensetzung durch die unterschiedliche Präparation weitgehend auszuschließen. Schwermineralkonzentrate aus Aufschlußproben und dem Flotationsrückstand sind daher auf alle Fälle vergleichbar.

Trotz des erwarteten geringen Informationswertes durch die geringe Probenanzahl, die die statistische Aussage verzerrt, wurde eine Korrelation aller Analysendaten versucht, wegen ihrer nicht eindeutigen Aussagen hier aber nicht berücksichtigt.

In den Melker Sanden bilden besonders Schwermineralkonzentrate von Sedimenten aus dem Großraum Melk (Sitzenthal, Melk, Bergern + Klärschlammteich Zelking, Untersiegenderdorf) und aus dem Großraum Stanzendorf (Höbenbach, Hermannschacht, Winzing, Karlstetten) zwei in einigen Hauptelementen aber auch in einigen Spurenelementen deutlich voneinander unterscheidbare Gruppen. Diese unterscheiden sich besonders in ihren Anteilen an  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{MgO}$ .

Die deutlich höheren  $\text{SiO}_2$ -Werte sind gemeinsam mit den ebenfalls hohen Werten von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{MgO}$  in den Schwermineralkonzentrat von Sedimenten aus dem Großraum Melk sicher großteils auf die höheren Anteile von almandin- und pyropreichen Granaten in diesen Ablagerungen zurückzuführen.

Dagegen drückt sich der geringe Opakanteil der Sedimente der Umgebung von Melk in geringeren  $\text{TiO}_2$ -Werten aus. Auch Vanadium, das hauptsächlich in  $\text{TiO}_2$ -Phasen eingebaut ist, kommt daher in geringeren Mengen vor. Die Zirkoniumwerte sind meist in den nordöstlichen Gruben um Stanzendorf deutlich höher und bestätigen damit die bereits mikroskopisch festgestellte etwas größere Zirkonführung in diesem Bereich. Auf Grund der relativ hohen Anteile von Cer gemeinsam mit Lanthan, Neodym, Yttrium und Thorium ist anzunehmen, daß der schwer mikroskopisch bestimmbare Monazit zunächst weitgehend als Zirkon erfaßt wurde und in den Sanden doch in etwas größeren Mengen vorkommt. Es muß jedoch hinzugefügt werden, daß die Bestimmung der Seltenerdmetalle untersuchungsmethodisch Probleme aufwirft und daher die Analysendaten nur als Größenordnungen zu betrachten sind. Höhere Chromgehalte lassen auf das Vorhandensein von mikroskopisch nicht bestimmtem Chromit schließen.

Da Zink vorwiegend in Staurolith eingebaut ist (D. NĚMEC, 1978), ist auch anhand der niedrigeren Zinkwerte im Großraum Melk die geringere Staurolithführung in diesem Gebiet zu erkennen.

Auch in den untersuchten Proben von Feuersbrunn, Maigen und Frauenhofen läßt der Chemismus die quantitativ unterschiedliche Schwermineralführung feststellen. Sehr eindrucksvoll wird wiederum die vermehrte Granatführung der Sedimente von Feuersbrunn durch höhere Anteile an  $\text{SiO}_2$  und der Almandin- und Pyropreichtum der Granate der Liegendsande von Feuersbrunn (FEU 1) durch die erhöhten  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - und  $\text{MgO}$ -Werte ausgedrückt.

Tabelle 6: Chemische Zusammensetzung ausgewählter Schwermineralkonzentrate von niederösterreichischen Quarzsanden.

(Hauptelemente in Gew.-%, Spurenelemente in ppm).

HB = Höbenbach; HS = Hermannsacht; WI = Winzing; KST = Karlstetten; SI-F = Sitzenthal (Flotation); ME-F = Melk (Flotation); BE-F = Bergern (Flotation); USIG-F = Untersiegersdorf (Flotation); SCHLT = Klärschlammteich Zelking; FEU = Feuersbrunn; MAI = Maigen; FRH = Frauenhofen; BS = Breitensee.

	HB 13	HB 14	HS 15	HS 32	HS 34	WI 6	WI 15	KST 3	KST 6	KST 8	SI-F	ME-F	BE-F	USIG-F	SCHLT	FEU 1	FEU 11	MAI 2	FRH 7	BS 1
SiO <sub>2</sub>	31.70	25.36	21.75	24.72	23.80	25.77	29.39	23.22	30.26	29.51	36.29	29.14	33.15	31.77	32.90	22.77	28.94	18.74	14.39	9.89
TiO <sub>2</sub>	14.35	22.14	24.75	25.06	25.18	22.76	18.06	29.94	15.64	15.48	7.73	11.80	9.14	12.81	8.25	21.40	19.89	33.28	38.73	36.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.79	21.14	31.37	24.30	20.75	16.81	22.93	26.56	20.01	23.17	23.50	20.58	19.35	25.27	21.39	18.87	16.71	11.25	8.14	8.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.04	20.08	12.44	17.32	20.58	17.45	13.58	10.82	17.33	19.75	16.94	21.98	25.09	20.25	23.95	23.94	14.69	15.63	13.99	29.27
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	.70	1.17	.48	.92	1.23	.88	.66	.48	.82	1.06	.65	.94	1.16	.94	1.06	.60	1.07	.94	.69	2.09
MgO	3.14	2.20	1.22	1.41	1.85	1.56	1.59	1.14	3.52	2.97	4.31	3.80	4.14	3.67	4.95	3.01	1.47	1.27	.80	.81
CaO	2.22	1.16	.17	1.15	1.73	5.88	7.96	.49	5.86	4.09	4.78	4.68	5.03	2.85	4.69	2.24	9.39	.88	.29	1.26
Na <sub>2</sub> O	.37	.16	.21	.10	.11	.04	.16	.08	.43	.18	.33	.12	.17	.32	.22	.00	.21	.28	1.70	.04
K <sub>2</sub> O	.15	.25	.08	.24	.19	.20	.19	.11	.23	.17	.27	.10	.21	.12	.17	.10	.21	.23	.30	.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.10	.20	.06	.14	.14	.49	.37	.18	.35	.22	.28	.83	1.30	.12	.65	.30	.73	.45	.76	.97
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.86	.15	1.89	1.15	1.43	1.01	1.27	.31	.51	.15	1.58	.00	.00	.00	.00	.00	1.21	1.16	1.53	1.66
Σ	97.42	94.01	94.40	96.51	96.99	92.85	96.16	93.33	94.96	96.75	96.66	93.97	98.74	98.12	98.23	94.53	96.68	89.57	84.43	91.33
Nb	494				442	343					160	211	144	261	131	423	286			
Zr	10695				5234	13540					4570	10404	3544	3430	2271	12512	5813			
Y	475				618	894					412	805	474	423	613	380	455			
Sr	17				68	327					127	138	121	87	90	6	464			
U	32				23	81					27	57	19	29	38	46	18			
Rb	7				10	12					7	3	3	2	0	3	6			
Th	95				128	320					130	271	102	93	256	399	65			
Pb	51				35	70					27	31	14	136	16	36	41			
Ga	56				35	35					35	31	23	44	26	25	31			
Zn	1021				885	552					404	432	331	648	420	434	539			
Cu	30				19	40					13	31	5	13	4	38	172			
Ni	146				188	248					134	228	154	131	203	167	138			
Co	67				59	65					31	42	32	44	38	75	55			
Cr	2297				2816	1525					1295	1299	758	1521	927	5183	1127			
V	1213				1222	1120					493	701	576	770	557	1091	1080			
Ce	1930				2824	4090					970	2350	1130	1200	2040	3700	1890			
Nd	400				608	1270					450	1030	540	380	950	1150	570			
Ba	765				1178	1144					480	774	705	620	720	1204	798			
La	290				455	743					406	873	487	420	864	677	377			
Sc	37				52	56					49	63	79	55	73	52	52			
S	111				363	122					296	602	337	287	157	120	100			

Vermehrtes Auftreten von Ilmenit und besonders von Rutil läßt den Titangehalt in den Proben von Maigen und Frauenhofen enorm steigen. Der auffallend hohe CaO-Gehalt in der Probe Feuersbrunn 11 ist sicher auf den großen Epidotanteil zurückzuführen. Bei den Spurenelementen lassen in Feuersbrunn die Werte von Zirkonium und der Seltenerdmetalle etwas höhere Zirkon- und Monazitanteile in den Liegendsanden (FEU 1) erkennen. Wie aber aus den mikroskopischen Untersuchungen hervorgeht, ist Zirkon in den Proben Maigen 2 und Frauenhofen 7 noch häufiger, was sich auch in der niederen Gesamtsumme der Hauptelemente ausdrückt. Ein relativ hoher Chromgehalt in der Probe Feuersbrunn 1 deutet auf erhöhte Chromitführung.

In der Probe Breitensee 1 wird besonders deutlich der hohe Ilmenitanteil durch beträchtliche TiO<sub>2</sub>- und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Werte ausgedrückt.

In den Schwermineralkonzentraten überwiegen demnach Silizium, Titan, Aluminium, Eisen, Magnesium und Calcium. Die Anreicherung titanhaltiger Minerale (hauptsächlich Ilmenit und Rutil) ist grundsätzlich hoch. Die Konzentrationen von SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MgO scheinen sehr oft vom Granatanteil der Sedimente abhängig zu sein, ebenso der Eisengehalt vom Ilmenit. Relativ gleichmäßige Anreicherungen von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in den Proben der Melker Sande lassen den ähnlichen Disthen- und Staurolithanteil in den untersuchten Sedimenten erkennen. Vorwiegend vom Epidotgehalt, geringfügig aber

auch von dem des Grossulars wird der CaO-Wert bestimmt.

Bei den Spurenelementen treten erhöhte Werte von Zirkonium, aber auch von Cer, Neodym, Lanthan und Yttrium auf.

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den Schwermineraluntersuchungen der Melker Sande geht hervor, daß der Schwermineralanteil dieser Sedimente meist unter 1 % liegt und selten auf 2 % bis 4 % ansteigt.

Durch kurzen Transport und rasche Ablagerung, verbunden mit der Anlieferung großer Sedimentmengen, konnte es auch zu keiner besonderen Sortierung und damit Bildung von Mineralkonzentraten (Seifen) kommen.

In Abhängigkeit vom unmittelbaren Hinterland, den metamorphen Einheiten des Moldanubikums und Moravikums der Böhmisches Masse, setzt sich das Schwermineralspektrum vor allem aus almandin- und pyropeischem Granat, Disthen, Turmalin, Staurolith, Ilmenit und teilweise auch aus Hornblende und Rutil zusammen. Meist untergeordnet können daneben Zirkon, Epidot/Zoisit und Andalusit vorkommen.

Oft sind die Schwermineralspektren der Sande sehr deutlich von den lokalen Einflüssen des Liefergebietes geprägt. So ist z. B. der Granatanteil in den Sedimenten im Großraum Melk deutlich höher als in den Gruben im Raum Statzendorf, wo meist vermehrt Disthen, Turmalin und Staurolith auftreten. Auch die opaken Schwerminerale, in der Mehrzahl Ilmenit, sind in den nordöstlichen Gruben um Statzendorf häufiger. Teilweise sogar innerhalb eines Aufschlusses horizontgebunden ist das Auftreten von Hornblende, das vermutlich durch die Aufarbeitung kleiner, isolierter Amphibolitkörper beeinflusst wird.

Anhand der kontinuierlichen Verringerung des aus dem Moravikum stammenden Staurolithanteils von Nordosten gegen Südwesten läßt sich außerdem die weitere Verfrachtung von Schwermineralen durch küstenparallele, marine Strömungen nachweisen.

Neben der lokalen Beeinflussung durch das Liefergebiet scheinen Unterschiede in der Schwermineralführung aber auch auf prä- und synsedimentäre Verwitterungseinflüsse zurückzuführen zu sein. So scheint z. B. der meist geringe Granatgehalt der Liegendsande wahrscheinlich mit der präsedimentären Verwitterung bei subtropischem Regenklima im Unteroligozän (vgl. P. HOCHULI, 1978) in Zusammenhang zu stehen. Kleinstäumig ist auch eine synsedimentäre Reduktion des Schwermineralspektrums durch ein Ablagerungsmilieu mit einem extremen pH-Wert möglich.

Auch in den untersuchten Sedimenten am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken steigt der Schwermineralanteil selten über 1. % an.

Aufgrund der Sedimentzufuhr aus dem Moravikum und Moldanubikum der Böhmisches Masse sind Granat, Disthen, Turmalin, Staurolith und Ilmenit die häufigsten Schwerminerale. Teilweise sind aber auch Epidot/Zoisit, Sillimanit, Andalusit, Zirkon und Rutil maßgeblich am Aufbau des Schwermineralspektrums beteiligt.

Durch die sehr lokale Beeinflussung sind jedoch die Mengenverhältnisse der Minerale in den einzelnen Auf-

schlüssen und teilweise sogar innerhalb der Profile sehr unterschiedlich.

Weiters konnte festgestellt werden, daß im Gegensatz zu terrestrisch beeinflussten Ablagerungen in marinen Sedimenten die Variationsbreite des Schwermineralspektrums deutlich vergrößert ist.

In den wahrscheinlich oligozänen Rottaler Sanden ist der Schwermineralanteil mit 0.1 % ebenfalls äußerst gering und auch in den aufgearbeiteten und umgelagerten Sanden an der Lainsitz im Raum Breitensee mit 0.5 % bis 1.8 % sehr niedrig.

In allen untersuchten Sedimenten im Raum Gmünd – Litschau überwiegen die opaken Schwerminerale und unter diesen im speziellen der Ilmenit. Bei den durchsichtigen Schwermineralen lassen in den Rottaler Sanden hohe Anteile von Andalusit und Turmalin den Eisgarner Granit als Herkunftsbereich erkennen. Daneben treten in geringen Mengen Granat, Disthen, Sillimanit und Hornblende aus den metamorphen Einheiten in der angrenzenden ČSSR hinzu.

Durch Aufarbeitung und Umlagerung der Sedimente, was auch durch unterschiedliche Rundungsgrade der Schwerminerale innerhalb einer Probe bestätigt wird, ist die Schwermineralführung der Sande im Raum Breitensee lokal sehr unterschiedlich.

So sind teilweise Zirkon und Monazit dominierend, in anderen Aufschlüssen aber auch Disthen, Turmalin, Granat oder Andalusit stark vertreten.

Als Liefergebiet kommen aber auch hier nur die in der unmittelbaren Umgebung anstehenden metamorphen Serien und der Eisgarner Granit in Frage.

Auch aus der chemischen Analyse der Schwermineralskonzentrate ist zu entnehmen, daß grundsätzlich die Anreicherung titanhaltiger Minerale groß ist. Besonders vom wechselnden Granatgehalt scheinen die Konzentrationen von  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{MgO}$  abhängig zu sein. Daneben geht wahrscheinlich ein beträchtlicher Teil des Eisens in den Ilmenit. Der ebenfalls hohe  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt der Schwermineralskonzentrate geht sicher auf die oft beträchtliche Disthen- und Staurolithführung zurück. Erhöhte Werte von Zirkonium aber auch von Cer, Neodym, Lanthan und Yttrium weisen auf das Vorhandensein von Zirkon und Monazit hin. Der Anteil dieser Minerale am Gesamtspektrum ist aber in den chemisch analysierten Proben immer gering.

## 6. Wirtschaftliche Aspekte

Wirtschaftlich interessante Schwerminerale sind nach den Untersuchungen die Titanminerale Ilmenit und Rutil sowie Zirkon, Monazit, die Aluminiumsilikate Disthen, Sillimanit und Andalusit und teilweise auch Granat.

In den Melker Sanden und den Sedimenten am Ostrand der Böhmisches Masse und im Horner Becken sind hauptsächlich die Titanminerale, Granat und Disthen vertreten. Seltener kommen in diesen Schwermineralspektren Anreicherungen von Zirkon und Andalusit vor.

In den Sedimenten im Raum Gmünd und Litschau treten dagegen neben dem hohen Anteil titanhaltiger Minerale besonders Zirkon, Monazit und Andalusit auf.

Durch die allgemein festgestellte sehr geringe Schwermineralführung aller untersuchten Sedimente erscheint daher eine Abtrennung zur weiteren Verwen-



derung der Schwerminerale wirtschaftlich nur dann sinnvoll, wenn dies gleichzeitig im Rahmen einer Qualitätsverbesserung des Quarzsandes geschieht.

Sande minderer Qualität mit hohen Anteilen an Feldspat und Gesteinsbruchstücken, die hauptsächlich als Bausande verwendet werden können, wie z. B. die Vorkommen am Ostrand der Böhmisches Masse, im Horner Becken oder im Raum Breitensee bei Gmünd kommen daher für eine Abtrennung der Schwerminerale nicht in Frage.

Aber auch die Rottaler Sande, die sicher als hochwertige Quarzsande zu bezeichnen sind, oder die Retzer Sande sind auf Grund ihrer äußerst geringen Schwermineralführung nicht geeignet.

Am ehesten erscheint die Nutzung der Schwerminerale in den Melker Sanden, besonders im Großraum Melk, denkbar.

Diese Sande werden für die Glas- und Gießereiindustrie bereits in einer modernen Aufbereitungsanlage durch Flotation von den Schwermineralen getrennt, die danach auf Halde gehen. Die geringe Schwermineralführung der Melker Sande wird dadurch im Klärschlamm deutlich erhöht, obwohl in diesem Schlammteich derzeit auch die abgeschlammten Feinanteile eingeleitet werden.

Laut Angabe der Quarzwerke Zelking fallen pro Jahr ca. 55.000 t Klärschlamm bei der Aufbereitung der Quarzsande an. In diesem Haldenmaterial beträgt der Schwermineralanteil 10 % bis 20 %, das heißt, daß 5.500 t bis 11.000 t Schwermineralkonzentrat pro Jahr anfallen.

Bei der derzeitigen Gewinnung aus den Gruben Melk, Sitzenthal, Bergern und Untersiegenderdorf sind rund 50 % dieser Schwerminerale Granat und 10 % bis 15 % Ilmenit und Rutil. Der Rest verteilt sich auf Disthen, Hornblende, Staurolith, Turmalin, Epidot/Zoisit und geringe Mengen an Zirkon und Monazit.

Aus der fraktionierten Schwermineralanalyse geht hervor, daß eine deutliche Korngrößenabhängigkeit der meisten Schwerminerale besteht. So sind besonders Ilmenit, Rutil, Zirkon aber auch Epidot/Zoisit häufiger in den feineren Kornklassen angereichert.

Die primär grobkörnigen Minerale Staurolith, Turmalin und Granat überwiegen in den gröberen Fraktionen, während Hornblende und Disthen auf Grund ihrer Spaltbarkeit keine bestimmte Tendenz zeigen.

Es ist daher anzunehmen, daß im abgeschlammten Feinanteil des Klärschlammteiches noch eine beträchtliche Menge von Titanmineralen, Zirkon und Monazit enthalten ist. Weiters hat diese Korngrößenabhängigkeit bestimmt für eine eventuelle weitere Aufbereitung und Trennung der Schwerminerale eine große Bedeutung.

Es kann daher gesagt werden, daß die Flotationshalden der Melker Sande wirtschaftlich bedeutende Mengen von Ilmenit, Rutil, Granat, Disthen und untergeordnet auch Zirkon und Monazit enthalten. Die Gewinnung dieser Rohstoffe aus den Halden ist jedoch sicher aufwendig. Die Halden sollten daher eher als Vorratspotential der oben angeführten Rohstoffe betrachtet werden.

Zur Gewinnung wirtschaftlich interessanter Schwerminerale erscheint jedoch die direkte Aufbereitung nach der Abtrennung durch die Flotation am einfachsten.

#### Dank

Die vorliegende Arbeit ist ein Auszug aus dem Bericht über das Rohstoffforschungsprojekt „Die Schwermineralführung nie-

derösterreichischer Quarzsande und ihre wirtschaftliche Bedeutung (NA 32d – R. ROETZEL, 1985). Dieses Projekt wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, des Bundesministeriums für Handel, Gewerbe und Industrie und des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung im Rahmen der Erfüllung des Lagerstättengesetzes durchgeführt.

Allen Mitarbeitern sei für die ausgezeichnete Zusammenarbeit herzlichst gedankt, besonders aber Herrn Dr. H. DIETRICH und Herrn Dr. A. ZAYDAN vom Institut für Petrologie der Universität Wien für die Röntgenfluoreszenzanalysen und Arbeiten an der Elektronenstrahl-Mikrosonde, Frau Dr. H. GOTTSCHLING für die Schwermineralmikroskopie und Herrn H. NOWOTNY vom Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien für die statistische Auswertung der Röntgenfluoreszenzdaten.

Ebenso soll allen Grubenbesitzern für ihr Entgegenkommen bei der Geländearbeit hier nochmals aufrichtig gedankt werden.

Durch Bereitstellung von Probenmaterial aus der Aufbereitung und von Werksdaten trugen besonders die Quarzwerke Ges. m. b. H. Zelking, vor allem Herr Ing. G. HONRATH und Herr Werkmeister RESCH zu dieser Arbeit bei.

#### Literatur

- AUSTROMINERAL: Bewertung von Quarzsandvorkommen in Niederösterreich – Detailerkundung zur Unterstützung raumplanerischer Maßnahmen (Projekt-Zahl: NA 12), 1980, 108 S., 26 Tab., 7 Abb., 8 Anl., Wien 1981.
- BAHR, A. & MATHIAK, H.: Die Aufbereitung von Sanden und Kiesen – eine Übersicht. – *Erzmetall*, 27 (1974), H. 5, 211–219, Stuttgart 1974.
- BAXTER, J. L.: Heavy Mineral Deposits of Western Australia. – *Geol. Surv. West. Australia, Mineral Resources Bull.*, 10, 148 S., 1977.
- BOENIGK, W.: Schwermineralanalyse. – VIII+158 S., 77 Abb., 4 Taf., 8 Tab., Stuttgart (Enke) 1983.
- BUNDESMINISTERIUM für HANDEL, GEWERBE und INDUSTRIE: Konzept für die Versorgung Österreichs mit Mineralischen Roh- und Grundstoffen. – 93 S., Wien 1981.
- ČECH, V.: Geologická Mapa ČSSR 1 : 200.000 – M-33-XXVII Česke Budějovice – M-33-XXXIII Vyssi Brod. – Praha 1963.
- FUCHS, G., KUPKA, E., HÖCK, V. & STEININGER, F.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000 – Blatt 20 Gföhl. – Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- FUCHS, G. & MATURA, A.: Zur Geologie des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse. – *Jb. Geol. B.-A.*, 119 (1976), H. 1, 1–43, Wien 1976.
- FUCHS, G. & SCHARBERT, H. G.: Kleinere Granulitvorkommen im niederösterreichischen Moldanubikum und ihre Bedeutung für die Granulitgenese. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1979, H. 2, 29–49, Wien 1979.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär der Umgebung von Melk. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1964, H. 2, 283–299, Wien 1964.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär am Südostrand des Dunkelsteiner Waldes. – *Jb. Geol. B.-A.*, 115, H. 2, 205–245, Wien 1972.
- FUCHS, W. & GRILL, R.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000 – Blatt Krems. – Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- GOMES, J. M., MARTINEZ, G. M. & WONG, M. M.: Recovering Byproduct Heavy Minerals from Sand and Gravel, Placer Gold, and Industrial Mineral Operations. – *Bureau of Mines Report of Investigations*, 8366, 15 S., Washington D. C. 1979.
- GOMES, J. M., MARTINEZ, G. M. & WONG, M. M.: Recovery of Byproduct Heavy Minerals from Sand and Gravel Operations in Central and Southern California. – *Bureau of Mines Report of Investigations*, 8471, 20 S., Washington D. C. 1980.
- GRILL, R.: Aufnahmen 1955 auf den Blättern Krems a. d. Donau (38), Obergrafendorf (55) und St. Pölten (56). – *Verh. Geol. B.-A.*, 1956, H. 1, 42–46, Wien 1956.
- GRILL, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des nordöstlichen Weinviertels und zu Blatt Gänserndorf. – 155 S., 9 Abb., 4 Tab., 2 Taf., Wien 1968.

- HAMMER, G.: Eigenschaften österreichischer Quarzsande in bezug auf Schlammstoffe und Kornbeschaffenheit im Vergleich mit Quarzsanden aus Deutschland. – Gießerei-Nachrichten, **4**, 26–29, Wien 1960.
- HOCHULI, P.: Palynologische Untersuchungen im Oligozän und Untermiozän der Zentralen und Westlichen Paratethys. – Beitr. Paläont. Österr., **4**, 1–132, Wien 1978.
- HÖCK, V.: Mineralzonen in Metapeliten und Metapsammiten der Moravischen Zone in Niederösterreich. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **66–67**, 49–60, Wien 1974.
- KIND, P.: Erzeugung von Glassandqualitäten mit Hilfe der Flotation. – Erzmetall, **23** (1970), H. 5, 199–205, Stuttgart 1970.
- MALECHA, A.: The Basins of Southern Bohemia. – In: SVOBODA, J. et al.: Regional Geology of Czechoslovakia, Part I, The Bohemian Massif, Prag (Geol. Surv. of Czechoslovakia) 1966.
- MARTINEZ, G. M., GOMES, J. M. & WONG, M. M.: Recovery of Byproduct Heavy Minerals from Sand and Gravel Operations in Oregon and Washington. – Bureau of Mines Report of Investigations, **8563**, 14 S., Washington D. C. 1981.
- MATURA, A.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000 – Blatt 37 Mautern. – Wien (Geol. B.-A.) 1983.
- MATURA, A.: Das Kristallin am Südostrand der Böhmisches Masse zwischen Ybbs/Donau und St. Pölten. – Jb. Geol. B.-A., **127** (1984), H. 1, 13–27, Wien 1984.
- NĚMEC, D.: Zink in Staurolith. – Chem. Erde, **37**, 307–314, Jena 1978.
- NIEDERMAYR, G.: Die akzessorischen Gemengteile von Gföhler Gneis, Granitgneis und Granulit im niederösterreichischen Waldviertel. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **70**, 19–27, Wien 1967.
- ROETZEL, R.: Faziesanalyse der Melker Serie im Bereich Krems – Wieselburg. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, II+153 S., 81 Abb., Wien 1982.
- ROETZEL, R. mit Beiträgen von HOCHULI, P. & STEININGER, F.: Die Faziesentwicklung des Oligozäns in der Molassezone zwischen Krems und Wieselburg (Niederösterreich). – Jb. Geol. B.-A., **126**, H. 1, 129–179, 57 Abb., 9 Tab., Wien 1983.
- ROETZEL, R.: Die Schwermineralführung niederösterreichischer Quarzsande und ihre wirtschaftliche Bedeutung. – Endbericht des Projektes NA 32d/1983 – Schwerminerale Quarzsande Niederösterreich, 93 S., 11 Abb., 36 Tab., 20 Blg., Archiv der Geol. B.-A., Nr. A 06046-R, Wien 1985.
- SCHARBERT, H. G.: Die Granulite des südlichen niederösterreichischen Moldanubikums, II. Teil. – N. Jb. Miner. Abh., **101**, H. 1, 27–66, Stuttgart 1964.
- SCHARBERT, S.: Mineralbestand und Genesis des Eisgarner Granits im niederösterreichischen Waldviertel. – Tschermarks Miner. Petr. Mitt., **11**, H. 3–4, 388–412, Wien 1966.
- SCHERMANN, O.: Geologie und Petrographie des Gebietes zwischen Melk und Wieselburg. – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, VI+229 S. + Anhang, Wien 1966.
- STEININGER, F.: Tertiär der weiteren Umgebung von Eggenburg, NÖ. – In: HÖCK, V., FRASL, G., STEININGER, F. & VETTERS, W.: Zur Geologie des Kristallins und Tertiärs der weiteren Umgebung von Eggenburg – Exkursion der Österr. Geol. Ges. zum 75jährigen Bestandsjubiläum am 8. Okt. 1983, 59 S., Wien – Salzburg 1983.
- SUK, M. et al.: Geological history of the territory of the Czech Socialist Republic. – 400 S., Prag 1984.
- VETTERS, H.: Geologisches Gutachten über die Wasserversorgung der Stadt Retz. – Jb. K. K. Geol. R.-A., **67** (1917), 461–480, 2 Taf., Wien 1918.
- WACHTEL, G.: Zur Geologie des Pulkautales und seiner Umgebung (Moravikum, NÖ). – Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 212 S., 7 Blg., Wien 1975.
- WALDMANN, L.: Geologische Spezialkarte der Republik Österreich 1 : 75.000 – Litschau und Gmünd. – Wien (Geol. B.-A.) 1950.
- WALDMANN, L.: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs. – In: SCHAFFER, F. X. (Hrsg.): Geologie von Österreich. – 2. Aufl., XVI+810 S., 97 Abb., 5 Kt., Wien (Franz Deuticke) 1951.
- WEISS, R.: Vorkommen, Gewinnung und Aufbereitung von Quarzsanden in Österreich und der BRD. – Gießerei-Rundschau, **19** (1972), Nr. 12, 159–163, Wien 1972.
- WEISS, R.: Aufbereitung von Quarzsanden. – Erzmetall, **27** (1974), H. 4, 169–177, Stuttgart 1974.
- WEISS, R.: Quarzrohstoffe für die Glasindustrie. – Glastechn. Berichte, **49** (1976), Nr. 1, 12–25, Frankfurt/Main 1976.
- WEISS, R.: Zur Gewinnungs- und Verfahrenstechnologie für Industriesande. – Erzmetall, **31** (1978), H. 10, 450–457, Stuttgart 1978.
- WOLETZ, G.: Bericht 1955 aus dem Laboratorium für Sedimentpetrographie. – Verh. Geol. B.-A., **1956**, H. 1, 123–124, Wien 1956.
- ZAYDAN, A. & SCHARBERT, H. G.: Petrologie und Geochemie moldanubischer metamorpher Serien im Raume Persenbeug (südwestliches Waldviertel). – Jb. Geol. B.-A., **126**, H. 1, 181–199, Wien 1983.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. November 1985.