

Methode: Herstellung von Dünnschliffen und Anschliffen
Literatur: MIKROKOSMOS 81, 23 - 29 (1992)

Anwendungsbereich:

Gesteine, Erze, Keramik, Kieselhölzer, Knochen u.a.

Für die mikroskopische Durchlicht-Untersuchung harter Stoffe wie Mineralien, Gesteine, Kieselhölzer, rezente und fossile Knochen, Schalen von Mollusken usw., aber auch von Beton, Keramik und vielen anderen technischen Produkten sind Dünnschliffe erforderlich, deren einfache manuelle Herstellung schon mehrfach im MIKROKOSMOS beschrieben wurde (1-5). Von allen undurchsichtigen harten Stoffen, z. B. von Erzen, Kohlen und Metallen, werden Anschliffe für die mikroskopische Auflichtuntersuchung benötigt. In wissenschaftlichen Instituten und Industrielaboratorien stellt man solche Präparate mit Maschinen her, die zum Teil vollautomatisch arbeiten. In diesem Beitrag werden bewährte Methoden vorgestellt, die mit geringem finanziellen Aufwand ebenfalls zu guten Ergebnissen führen. Im Vergleich zu Mikrotomen, die in der Histologie benötigt werden, sind die hier beschriebenen Maschinen preiswert.

Dünnschliffe von Gesteinen, Kieselhölzern, Knochen und anderen harten Objekten
A Die Herstellung schleifbarer Plättchen

Bergfrische Gesteine sind für Dünnschliffe am besten geeignet. Nur wenn Verwitterungserscheinungen untersucht werden sollen, z. B. an Bauwerken, muß das Probenmaterial der Aufgabenstellung entsprechend ausgewählt werden. Durch scharfe Schläge mit dem Hammer gewinnt man von der Gesteinsprobe daumennagel- bis markstückgroße, möglichst flache

Scherben. Bei dieser einfachen Methode können jedoch Risse auftreten, die später als Artefakte im Dünnschliff zu sehen sind. Das wird vermieden, wenn man von einem etwa 6×4×3 cm großen Handstück möglichst dünne Scheibchen mit einer Diamantsäge abschneidet bzw. abschneiden läßt. Geeignete Gesteinssägen, die oft mit einer Schleifscheibe kombiniert sind, stehen für Hobby-Edelsteinschleifer in großer Auswahl zur Verfügung (siehe Bezugsquellennachweis). Einige dieser preiswerten Maschinen sind auch für die Herstellung von Dünnschliffen geeignet. Alle Diamantsägeblätter mit einem Durchmesser von maximal 150 mm sind verwendbar. Ob das Sägeblatt mit bronze- oder stahlgesinterem Diamantkorn besetzt ist oder aus einer Bronzescheibe mit mechanisch eingedrücktem Diamant besteht, ist eine Frage des Preises und für diese Arbeit ohne Bedeutung. Bei mir haben sich die preiswerten Bronzescheiben mit etwa 3,5 mm tiefem Diamantbelag (150 mm Durchmesser, 0,5 mm Blattstärke, Preis z. Zt. etwa 60.- DM) sehr gut bewährt. Kunststoffgebundene Karborundumscheiben sind nicht zu empfehlen.

Das Sägeblatt wird mit Wasser gekühlt, das sich in einem Kasten unter dem Sägetisch befindet (Bild 1). Ein Zusatz von Schneidöl, Glycerin oder speziellen Kühlflüssigkeiten, die im Fachhandel zusätzlich angeboten werden, ist bei diesen kleinen Schnitten überflüssig.

Bei den meisten Gesteinen, Erzen und Kieselhölzern hat sich eine Drehzahl des Sägeblattes von etwa 1400/min gut bewährt. Sehr harte und zähe Gesteine können bei 2800/min geschnitten werden (mit Schutzbrille!).

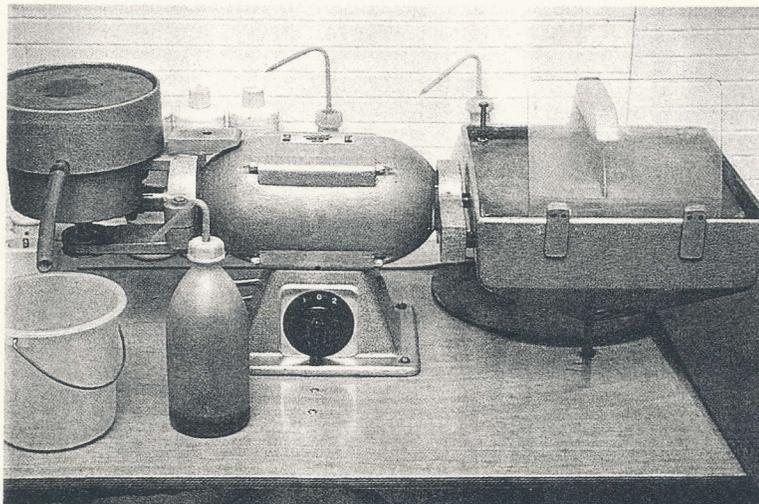


Bild 1: Einfache Maschine für die Herstellung von Dünnschliffen. Rechts Diamantsäge mit Wasserkasten für die Kühlung.

Links Grauguß-Läppscheibe für Dünnschliffe und Anschliffe. Die Scheibe läuft in einer Auffangschüssel für Schleifschmand und Kühlwasser.

Viele Gesteinssägen haben komplizierte Spannvorrichtungen. Ich ziehe jedoch das Sägen aus der freien Hand vor, wie es Bild 2 zeigt. Man drückt dabei das Handstück leicht gegen das Sägeblatt und kann auf diese Weise Scheibchen um Scheibchen davon abschneiden. Die einzelnen Gesteinsarten verhalten sich beim Sägen recht unterschiedlich. Von dichten und feinkörnigen Gesteinen (Basalt, Phonolith, Porphyr u. a.) lassen sich sehr dünne Scheibchen gewinnen. Das gilt auch für die meisten Kieselhölzer und Knochen. Bei grobkristallinen Gesteinen (Granit, Pegmatit u. a.) geraten sie etwas dicker, da dünnere Scheiben leicht zerbrechen. Weiche Gesteine (Tonschiefer, Kalksandsteine u. a.) schmierern beim Schneiden und verlangen große Aufmerksamkeit.

Die Schnitttrichtung ist bei Sedimentgesteinen und kristallinen Schiefen senkrecht zur Schichtung, bei unregelmäßigem Gefüge kann sie beliebig sein. Von Einzelkristallen stellt man zu den Kristallachsen orientierte Schlitze her.

Das Schneiden von Kieselhölzern, fossilen Knochen, Hartteilen von Mollusken, Beton, Keramik und anderen harten Stoffen ist meistens problemlos. Schwierigkeiten treten auch hier nur bei den weichen Materialien auf. Lockergesteine müssen vor ihrer Bearbeitung gehärtet werden. Hierfür eignen sich kalt oder warm härtende Harze (Araldit, Palatal, Polyester). Das Harz wird mit der vorgeschriebenen Menge Härter zu einer glasklaren Masse verrührt und im Exsikkator oder im Vakuumschrank bei 200 bis 250 mbar entlüftet. Dann gibt man eine möglichst kleine Gesteinsprobe in das noch flüssige Harz, und evakuiert mehrmals hintereinander auf 200 bis 250 mbar. Bei höherem Vakuum schäumen die Harze sehr stark. Noch vor der vollständigen Polymerisation des Harzes nimmt man die Probe heraus und läßt sie auf einem Stück Pappe aushärten. Die Weiterverarbeitung erfolgt wie bei einem normalen Dünnschliff. Sande und Schlämmrückstände mit Mikrofossilien kann man ohne Vakuum härten. Auf ein Stück PVC-Folie klebt man mehrere Vulkanfibrerringe (Dichtungsringe) mit einer lichten Weite von 18–24 mm und einer Dicke von 2–5 mm. In einem kleinen Gefäß verrührt man

die Probe mit Polyesterharz und der vorgeschriebenen Menge Härter zu einem Brei und gießt damit die aufgeklebten Ringe aus. Grobe Sande und ähnliche Proben kann man auch direkt im Ring in die Harzmischung einbetten. Nach erfolgter Polymerisation des Harzes wird die Folie vom Ring abgezogen. Die Weiterverarbeitung mit Ring kann wie bei einem Gesteinsplättchen erfolgen. Zum Aufkitten auf den Objektträger und späteren Abdecken mit dem Deckglas kann man dasselbe Harz-Härtgemisch verwenden. Diese Technik ist auch bei der Herstellung orientierter Dünnschliffe von Mikrofossilien hilfreich. Sie wurde an anderer Stelle ausführlich beschrieben (6. 7).

B Anschleifen der Plättchen

Grundsätzlich müssen zwei verschiedene Schleifverfahren unterschieden werden. Bei der abrollenden Methode wird mit losem Schleifmittel auf einer feststehenden Gußeisen- oder Glasplatte von Hand oder auf einer rotierenden Gußeisenscheibe maschinell geschliffen, wobei meistens Wasser als Kühl- und Gleitmittel dient. Bei der abhebenden Methode arbeitet man mit gebundenen Schleifscheiben, an deren Oberfläche das Schleifmittel, synthetischer Diamant, fest gebunden ist. Sie wird meistens maschinell durchgeführt. Auch das Schleifen von Hand mit wasserfestem Schleifpapier gehört hierher. Die manuell abrollende Methode ist am bekanntesten. Sie wurde von P. GANGLOFF im *MIKROKOSMOS* 73, S. 238–245, 1984, so ausführlich beschrieben, daß auf diese Arbeit verwiesen werden kann.

Für die Schleifarbeit stehen mehrere Schleifmittel zur Verfügung. Am gebräuchlichsten ist Siliziumkarbid (Carborundum), das in zwei Sorten und vielen Körnungen angeboten wird. „Siliziumkarbid grün“ besteht aus scharfen Kristallen, die zwar stark angreifen, aber auch rasch stumpf werden. „Siliziumkarbid dunkel“ greift weniger stark an, bleibt aber länger scharf. Ich fand das grüne Siliziumkarbid am besten geeignet. Man verbraucht zwar etwas mehr Schleifmittel, kommt aber schneller zum Ziel. Wesentlich teurer ist Borkarbid (Tetrabor), ein schwar-

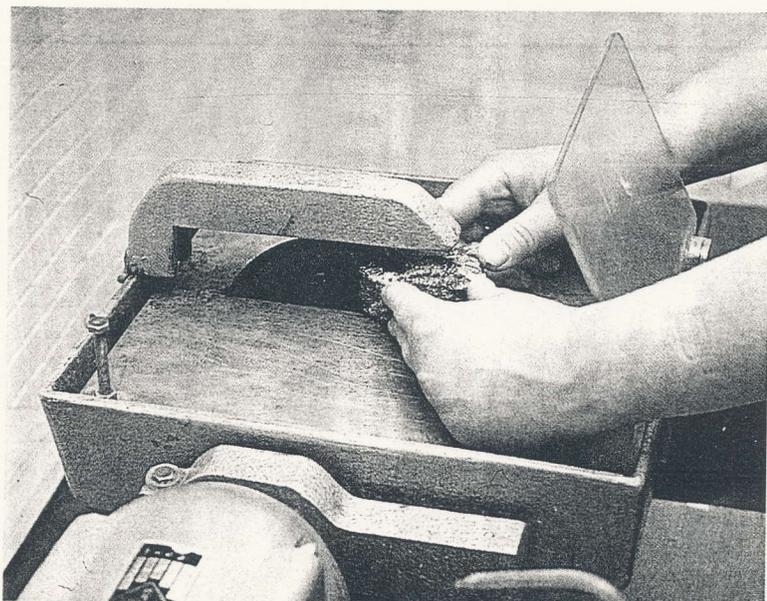


Bild 2: Ein Gesteinshandstück wird in dünne Scheiben geschnitten.

zes kristallines Pulver, das ebenfalls in vielen Korngrößen erhältlich ist. Es ist härter als Siliziumkarbid. Ich verwende es beim Schleifen von sehr hartem Material, z. B. korund-(rubin-) und granathaltigen Gesteinen.

Vier bis fünf gehäufte Eßlöffel voll Siliziumkarbid in den Körnungen 220, 320, 400, 600 und 1000 gibt man mit Hilfe eines Pulvertrichters vorsichtig unter Vermeidung von Staub in 500-ml-Plastikspritzflaschen, füllt diese mit Wasser auf und setzt einige Tropfen Spülmittel zu. Man drückt auf die Flasche und spritzt so ein Schleifmittel-Wasser-Gemisch auf die rotierende Graugußscheibe der Schleifmaschine. Das maschinelle Schleifen nach der abrollenden Methode unterscheidet sich von der manuellen Dünnschliffherstellung nur wenig. Die gußeiserne Scheibe mit einem Durchmesser von etwa 15 bis 20 cm läuft am besten mit einer Geschwindigkeit von 400/min. Bei einer höheren Geschwindigkeit wird das Schleifmittel von der Platte geschleudert. Man beginnt bei den unebenen, mit dem Hammer abgeschlagenen Gesteinssplintern mit der Körnung 220, bei den maschinell mit der Diamantsäge hergestellten ebenen Plättchen mit der Körnung 320. Das Plättchen wird mit Zeigefinger und Mittelfinger sanft auf die Scheibe gedrückt. Wenn nach wenigen Minuten eine ebene Fläche angeschliffen ist, spült man die Reste von Schleifmittel und Schleifschmand mit einem Wasserstrahl von der Scheibe in die Auffangwanne, die einen Ablauf besitzt (Bild 1). Dann bringt man die nächst feinere Körnung aus der Spritzflasche auf die rotierende Scheibe, zuletzt die Körnung 1000. Schliff und Schleifscheibe müssen vor jedem Wechsel der Körnung sorgfältig gereinigt werden. Rückstände von gröberen Schleifkörnern erzeugen unerwünschte Kratzer. Mit einem Haarlineal oder einem schwarzen Objektträger überzeugt man sich davon, daß die angeschliffene Fläche vollkommen eben ist. Dann wird der Anschliff sehr sorgfältig in der Wärme getrocknet. Man arbeitet rationeller und braucht die Scheibe nicht so oft zu reinigen, wenn man hintereinander mehrere Plättchen mit der gleichen Körnung anschliffet.

C Aufkitten des Gesteinsplättchens

Die bei der Dünnschliffherstellung verwendeten Objektträger sollen eine Dicke von 1,0 bis 1,2 mm haben. Ob man das Gießener Format (48×28 mm) oder das internationale Format (76×26 mm) wählt, richtet sich nach dem Verwendungszweck. Für polarisationsoptische Untersuchungen kommt nur das Gießener Format in Frage, weil es in die mineralogischen Kreuzobjektführer der Polarisationsdrehtische und auf den Universaldrehtisch paßt. Ansonsten kann man auch das Format 76×26 mm verwenden, z. B. für Kieselhölzer, Dünnschliffe von Fossilien usw.

In der älteren Literatur wird Kanadabalsam als Kitt und Einbettungsmittel empfohlen. Er hat die günstige Brechzahl von 1,54. In älteren Sammlungen findet man auch Dünnschliffe in einem farblosen, glasklaren Einschlußmittel. Hierbei handelt es sich meistens um Kollolith mit einer Brechzahl von 1,535. Es wurde von der Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen bei den von ihr hergestellten Dünnschliffen ver-

wendet. Gute Ergebnisse wurden auch mit Mowilith 20, einem farblosen Polyvinylacetat der Farbwerke Höchst erzielt. Jedoch ist sein Schmelzpunkt mit 140 bis 150 °C etwas hoch, seine Brechzahl mit 1,47 etwas zu niedrig. Die in der optischen Industrie verwendeten Araldite, eine Gruppe von Epoxidharzen der Firma Ciba-Geigy, sind besser geeignet.

Ebenfalls gut bewährt haben sich die farblosen Loctite UV-Kleber mit der Brechzahl 1,53. Hierbei handelt es sich um modifizierte Acrylharze, die beim Auftreffen von starkem UV-Licht in kürzester Zeit (5–30 Sekunden) oder im Wärmeschrank bei 120 °C (in 30 Minuten) aushärten. Es stehen zwei Produkte zur Wahl. „Loctite dünnflüssig“ wird für normale Gesteine verwendet. Es dringt auch in kleinste Spalten ein. „Loctite dickflüssig“ ist für poröse Gesteine zu empfehlen. Man bringt einen Tropfen des Harzes aus der Dosierflasche auf den Objektträger und legt den Anschliff so auf den Tropfen, daß keine Luftblasen entstehen. Dann drückt man ihn fest an. Nach dem Aushärten im UV-Licht oder in der Wärme ist das Plättchen für die Dünnschliffherstellung vorbereitet. Speziell für diese UV-Kleber gibt es eine Härtebox, in der sich eine UV-Lichtquelle befindet. Das Präparat wird in eine Schublade der Box gelegt und ist in kürzester Zeit ausgehärtet. Loctite ist auch für andere Objekte, die keine Vorbehandlung erfordern, als Einschlußmittel geeignet.

Im Gegensatz zu den UV-Klebern muß bei den preiswerten Polyesterharzen ein Härter zugesetzt werden. Sie polymerisieren bei Zimmertemperatur oder schneller im Wärmeschrank bei ca. 60 °C. Sonst ist ihre Verarbeitung mit der von Loctite identisch. Die für Dünnschliffe geeigneten Polyesterharze haben eine Brechzahl von 1,56. Sie müssen kühl gelagert werden und sind unverarbeitet etwa 6 Monate haltbar. Gute Ergebnisse werden auch mit dem amerikanischen Lakeside Thermoplastic Cement 70 C erzielt. Dieses Harz, das in Stangen geliefert wird, hat die Brechzahl 1,55 und haftet sehr gut an Glas und Gestein. Es ist relativ unempfindlich gegen Überhitzung. Man schmilzt ein ausreichend großes Stückchen Lakeside auf einem sauberen, absolut fettfreien Objektträger solange, bis das Harz glasklar und frei von Luftblasen ist. Die richtige Temperatur von 100 bis 120 °C erreicht man am besten auf einer regelbaren Heizplatte. Der saubere und trockene Anschliff wird in den heißen Harztropfen gedrückt. Dann schiebt man ihn etwas hin und her, um das Harz gleichmäßig unter der Schlifffläche zu verteilen und läßt den Objektträger so lange auf der Heizplatte liegen, bis an den Schliffändern keine Luftblasen mehr austreten. Mit einem Holzbrettchen drückt man den Schliff noch einmal fest an, nimmt den Objektträger von der Heizplatte und läßt ihn auf einem Stück dicker Pappe langsam erkalten. Am besten stellt man sich hintereinander mehrere aufgekittete Anschliffe her, die man dann im Laufe der Zeit zu Dünnschliffen verarbeiten kann.

Die beschriebenen, ausgegossenen Vulkanfibreringe mit Sanden, Schlämmrückständen und Mikrofossilien werden wie Gesteinsplättchen verarbeitet. Zum Aufkitten verwendet man jedoch das gleiche Polyesterharz wie bei ihrer

Herstellung. Plättchen von Kieselhölzern, Knochen, Beton, Keramik usw. werden wie Gesteine behandelt.

D Die Herstellung des Dünnschliffs

Das aufge kittete Gesteinsplättchen wird jetzt dünn geschliffen. Man beginnt mit Siliziumkarbid 220 oder 320, wie es beim Anschliff beschrieben wurde. Mit diesen Körnungen trägt man soviel ab, daß der Schliff noch eine Dicke von ca. 1 mm hat. Dann geht man auf die Körnung 400 über. Wie lange man jetzt noch auf der rotierenden Scheibe bleiben kann, ist eine Sache der Erfahrung.

Bevor das Gesteinsplättchen restlos abgeschliffen ist, muß man rechtzeitig auf die Glasscheibe überwechseln und mit den Körnungen 400, 600 und 1000 bis zur endgültigen Dicke des Dünnschliffes von Hand weiterschleifen. Nach jedem Wechsel der Körnung werden Schliff und Glasplatte unter fließendem Wasser gründlich gereinigt, damit kein gröberes Korn in das neue Schleifmittel eingeschleppt wird. Die richtige Dicke ist erreicht, wenn Quarz zwischen gekreuzten Polaren eine hellgelbe bis graue Interferenzfarbe hat. Eine tiefgelbe bis rötliche Farbe zeigt an, daß der Schliff noch zu dick ist. Bei quarzfreien Gesteinen muß man die richtige Dicke mit Hilfe anderer Mineralien nach der Farbtabelle von MICHEL²LEVY ermitteln.

Man entfernt das überstehende Lakeside mit einer Rasierklinge, reinigt das fertige Präparat unter fließendem Wasser mit einem weichen Pinsel und trocknet es sorgfältig. Dann gibt man einen ausreichend großen Tropfen eingedicktes Caedax (sofern man es noch hat) oder Kanadabalsam auf den Dünnschliff und deckt ihn mit einem Deckglas ab. Wenn man Araldit oder ein Polyesterharz verwendet hat, wird diese Harzmischung auch zum Aufkitten des Deckglases benutzt. Mit Caedax oder Kanadabalsam hergestellte Präparate werden bei 60 °C im Wärmeschrank oder auf der Zentralheizung ausreichend lange getrocknet. Dann entfernt man das überflüssige Einschlußmittel bis zum Rand des Deckglases mit der Rasierklinge und etikettiert das fertige Präparat.

Der Verfasser hat in den letzten Jahren mit gesinterten Diamantscheiben gearbeitet, die für die abgebildete und andere Maschinen lieferbar sind, hat damit das Gesteinsplättchen aber nur plangeschliffen und bis zu einer Dicke von etwa 1 mm abgetragen. Die endgültige Fertigstellung

des Dünnschliffes erfolgte dann wie beschrieben von Hand auf der Glasplatte. Die rotierende Diamantscheibe braucht während des Schleifens nur mit Wasser gespült zu werden. Diese abhebende Methode reduziert die Arbeitszeit wesentlich.

Die Herstellung von Anschliffen

Für die mikroskopische Aufrichtuntersuchung undurchsichtiger Stoffe (Erze, Kohlen, Metalle u. a.) sind Anschliffe erforderlich, deren Herstellung mit relativ einfachen Mitteln möglich ist. In wissenschaftlichen Instituten und Industrielaboratorien stehen hierfür teure Schleif- und Poliermaschinen zur Verfügung. Die für metallographische Untersuchungen notwendigen polierten Metallschliffe können meistens erst nach chemischen oder elektrolytischen Ätzverfahren mikroskopiert werden. Deshalb wird ihre Herstellung in diesem Beitrag nicht behandelt.

Am einfachsten ist die Herstellung von Erzanschliffen. Zuerst wird mit der Diamantsäge (evtl. unter Berücksichtigung einer bestimmten Richtung) eine bis 30 mm dicke parallele Platte aus dem Erzhandstück herausgeschnitten. Wenn das Material ausreichend hart ist, kann man es ohne jede Vorbehandlung manuell oder maschinell anschleifen (Bild 4). Will man jedoch vermeiden, daß von den Rändern der Platte kleine Stücke abbrechen und die spätere Politur verderben, muß man sie in ein geeignetes Gießharz einbetten. Das ist auch immer dann zu empfehlen, wenn mit dem Hammer abgeschlagene flache Stücke von Hand oder maschinell geschliffen und poliert werden müssen. Die Platte bzw. das Erzstück wird in eine ausreichend große Dose aus Polyethylen gelegt (Polystyrol Dosen sind weniger gut geeignet). Schiefe Schnitte oder unregelmäßige Stücke können in der Dose mit kneibbarem Epoxid-Montagekitt oder Befestigungskitt für Micro-mounts ausgerichtet werden. Nachdem eine ausreichende Menge Polyester-Gießharz mit der vorgeschriebenen Menge Härter und evtl. etwas Pigmentfarbe verrührt wurde, gießt man die Dose bis zur Oberkante der Erzplatte damit aus. Nach dem Polymerisieren des Harzes nimmt man den Block aus der Dose heraus. Er läßt sich sehr gut schleifen und polieren und auch besser aufbewahren als die nicht eingegossenen Stücke.



Bild 4: Herstellung eines Erzanschliffs auf der Grauguß-Läppscheibe aus Bild 1.

Wie bei der Herstellung von Dünnschliffen wird die Schnittfläche auf der rotierenden Grauguß- oder Diamantscheibe unter Verwendung von Wasser als Kühlmittel plangeschliffen. Nach den Körnungen 220 oder 320 verwendet man nacheinander die Körnungen 400 und 600. Vor jedem Wechsel der Körnung werden Schliff und Schleifscheibe gründlich mit Wasser gereinigt. Der Feinschliff mit der Körnung 1000 wird am besten von Hand auf der Spiegelglasscheibe ausgeführt. Anstelle von Siliziumkarbid kann man auch Borkarbid verwenden. Für den Feinschliff sind auch Diamantpasten sehr gut geeignet. Sie werden in mehreren Körnungen hergestellt und enthalten synthetische Diamantkristalle in einer salbenartigen Grundmasse, deren Viskosität mit geeigneten Lösungsmitteln herabgesetzt werden kann. Für die Auflichtmikroskopie müssen die meisten Schliffe poliert werden. Hierfür stehen neben Diamantpasten auch Ceroxid, Chromoxid, Eisenoxid (Polierrot) und spezielle Polierpulver zur Verfügung. Als Unterlagen dienen Filzscheiben, Lederscheiben und Glasscheiben. Die Kunst des Polierens besteht im wesentlichen darin, kein hohes Relief zu erzeugen. Welches Poliermittel und welche Polierscheibe für das jeweilige Untersuchungsmaterial am besten geeignet ist, wird in der Fachliteratur beschrieben, ohne die man bei solchen Arbeiten nicht auskommt.

Bezugsquellen:

Gesteinssägen, Schleifmaschinen, Diamantsägeblätter und -schleifscheiben, Siliziumkarbid, Borkarbid, Diamantpasten, Polierpulver: Otto Eigner, Industriebedarf, Hauptstraße 69, 6580 Idar-Oberstein.

Gesteinssägen, Schleifmaschinen, Schleif- und Poliermittel, Loctite UV-Kleber, Polyesterharze, Epoxid-Montagekitt u. a.: Dr. F. Krantz, Rheinisches Mineralienkontor KG, Fraunhoferstraße 7, 5300 Bonn 1.

* Lakeside Thermoplastik Cement 70 C, Einschlußmittel, Geo-Bedarf: FEMA-Salzgitter, R. Stratmann, Friedrich-Ebert-Straße 53, 3320 Salzgitter-Bad.

Literaturhinweise

1. BOVARD, J.-P.: Dünnschliffe - selbst hergestellt. Mikrokosmos **68**, 358-360, 1979.
2. BARTSCH, A.: Vorgeschichtliche keramische Technik - mikroskopisch betrachtet. Mikrokosmos **75**, 51-54, 1986.
3. GANGLOFF, P.: Die Bestimmung von Gesteinen mit Hilfe des Mikroskops. 2. Die Herstellung von Dünnschliffen. Mikrokosmos **73**, 238-245, 1984.
4. GÖKE, G.: Meeresprotozoen. Franckh - Stuttgart 1963.
5. GÖKE, G.: Methoden der Mikropaläontologie. Franckh - Stuttgart 1963.
6. GÖKE, G.: Die Herstellung von Gesteinsdünnschliffen. Der Aufschluß **20**, 100-104, 1969.
7. SOBOTT, R. J. G.: Gesteinsdünnschliffe mit einfachen Mitteln. Mikrokosmos **65**, 281-283, 1976.
8. THORMANN, F.: Dünnschliffe für mikroskopische Beobachtungen. Mikrokosmos **79**, 353-356, 1990.
9. TROGER, W. F.: Dünnschliffe. In: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. **2** Teil 2, 1955.
10. VÖLKELE, H.: Allgemeines über die Herstellung von Dünnschliffen und Anschliffen. Der Präparator **13**, Heft 2, 1967.

Verfasser: Gerhard Göke, Bahnhofstraße 27, 5800 Hagen 1.

* Neue Anschrift:

FEMA-Salzgitter
Dipl. Geol. Dr. W. Gasse
Steinfurter Straße 15
4400 Münster / Westf.