

PETROGRAPHISCHE STUDIE ÜBER DEN UNTEROLIGOZÄNEN HÁRSHEGY-SANDSTEIN IM BUDAER GEBIRGE

von
DIETER KLAUA, Weimar
(Eingegangen am 15. Dezember 1967)

Während eines Studienaufenthaltes im Herbst 1963 mit dem Thema „Sedimentpetrographische Arbeitsmethodik“ am Lehrstuhl für Mineralogie und Geologie der Technischen Universität Budapest hatte Verfasser die Gelegenheit, am *locus typicus* den Hárshegy-Sandstein kennenzulernen.

Mit Dünnschliffuntersuchungen sollen der petrographische Aufbau, insbesondere die Bindemittelsubstanz, die Korngrößentypen und z.T. der Rundungsgrad der grobklastischen Komponenten bestimmt werden.

I. Makroskopische Betrachtung der Sandsteine

In dem Aufschluß am Nagy Hárshegy am nordwestlichen Rande des Stadtgebietes von Budapest lagert der *unteroligozäne Sandstein* diskordant über norischem Dachsteinkalk, z.T. füllt er dolinenartige Hohlformen an der Oberfläche des Kalkes aus, die durch präoligozäne Auslaugung entstanden sind. Der Sandstein ist nur fleckenhaft westlich und nordwestlich von Budapest verbreitet.

Im wesentlichen handelt es sich um einen hellgelblichgrauen, kleinkiesigen Mittel- bis Grobsandstein. Die mächtigsten Partien enthalten mittel- bis grobkörnigen Sandstein, der mit kleinen Geröllen durchspickt ist. Das Gestein ist nur grob bis undeutlich geschichtet. Feinkörnige Lagen sind selten. Es besteht ein unregelmäßiger, grobschichtiger Wechsel in der Führung von Geröllen. Das Bindemittel ist vorzugsweise quarzitisches, in den unteren, feinkörnigen Partien auch kalkig. Die Kalkkomponente leitet sich vom triassischen Untergrund ab (PAPP, F. 1963). Größere, längliche Hohlräume deuten auf ehemalige Fossilalagen in Form von Schalen hin.

Die Sandsteine sind teilweise auffällig porös. Die Poren werden von unregelmäßig gestalteten, rundlichen Hohlräumen gebildet, die oft von *Limonit* ausgekleidet sind.

An den Sandsteinklippen am SE-Hang des Nagy Hárshegy finden sich zahlreiche mit *Quarz*, seltener mit *Baryt* ausgefüllte Klüfte und Harnische (Streichen der Harnischrillen: 25° . Fallen: 40° NE), die auf jüngere tektonische Bewegungen zurückzuführen sind. Infolge der schweren Verwitterbarkeit heben sich die mit Quarz ausgeheilten Klüfte als schmale Rippen reliefartig von der Oberfläche des Gesteines ab. Dadurch werden mehrere, sich unter verschiedenen Winkeln kreuzende Spaltensysteme sichtbar. Als Verwitterungserscheinungen an den Sandsteinklippen treten gradige Erhebungen, wulstige Vertiefungen, Nischen und sogar Löcher von 10 cm Durchmesser auf.

Die Entstehung des Hárshegy-Sandsteins hängt mit der tektonischen Situation des Budaer Gebirges zusammen. Während der pyrenäischen Phase wurde der Westteil des Budaer Gebirges gehoben, sank aber danach allmählich treppenförmig, von W nach E fortschreitend, ab, so daß von E her das Unteroligozänmeer vordringen konnte und den Sandstein als eine Art Ufersediment ablagerte.

2. Mikroskopische Untersuchungen

2.1 Korngrößen

Die Messung der Korngrößen erfolgte an Geröllen unmittelbar, in Dünnschliffen nach dem „mittleren Korndurchmesser“. Darunter ist der Durchmesser eines Kreises von gleichem Inhalt wie der Kornquerschnitt zu verstehen. Die bei statistischen Messungen an Dünnschliffen stets geringeren Korngrößen (zufällige Schnittlagen der Körner) werden durch Multiplikation der Einzelwerte mit dem Faktor 1,27 (in H. FREUND 1955, S. 388) ausgeglichen. Die Korngrößen des Hárshegy-Sandsteins wechseln im Profil stark. Allgemein kann er nach seiner häufigsten Ausbildung als grobschluffiger Mittel- bis Grobsand, klein- bis grobkieshaltig bzw. als grobsandiger Gries bis Kleinkies bezeichnet werden (Nomenklatur und Korngrößeneinteilung nach BÁRDOSSY, Gy. 1960). Es lassen sich mehrere Korngrößentypen unterscheiden, die scharf voneinander abzugrenzen sind:

1. einen bis wenige Zentimeter mächtige, nach geringer Entfernung auskeilende, feinstkörnige Bänder, weißgrau gefärbt, dicht
Korngrößen: kleiner als 0,01 mm bis 0,06 mm (Fein- bis Grobschluff – *kőzetliszt*)
2. geringmächtige, gleichmäßig feinsandige Lagen.
Korngrößen: 0,1–0,2 mm;
3. mächtige Partien, grobschluff- bis feinsandhaltiger Mittel- und Grobsand.
Korngrößen: 0,02–0,88 mm und 0,2–1,0 mm;

4. mächtigste Partien, fein- bis kleinsandhaltiger Mittel- und Grobsand, mit Gries und Kleinkies durchspickt.

Korngrößen: 0,05–1,15 mm, 0,3–1,5 mm mit Geröllen von 2,0–6,0 mm;

5. mächtige Partien, grobsandiger Gries bis Kleinkies (konglomeratische Ausbildung).

Korngrößen: 4–10 mm.

Die max. Korngrößen einiger Gerölle in den Körnungstypen 4 und 5 betragen 30–45 mm (durchschnittlich 30×15 mm bis 30×25 mm), die der häufigsten groben Gerölle 20–25 mm \times 10–15 mm. Die meisten kleineren Gerölle sind in den Sandsteinplatten direkt auf dem Gipfel des Nagy Hárshegy enthalten.

2.2 Kornsortierung

Nach vorsichtiger Zerkleinerung von Sandsteinproben des 4. Körnungstyps wurde eine Siebanalyse angefertigt. Aus der konstruierten Summenkurve der Korngrößenverteilung (Abb.1) wurde der Sortierungsgrad nach TRASK (in P.

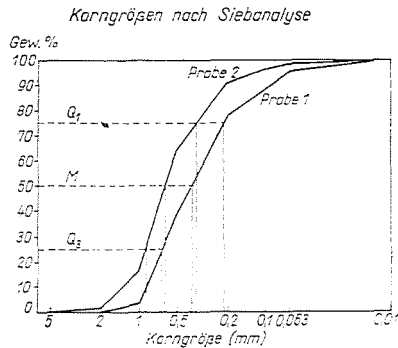


Abb.1. Korngrößen nach Siebanalyse. Summenkurven. Proben des 4. Körnungstyps. Berechnung der Kornsortierung. Erklärungen siehe Tab.1.

SCHNEIDERHÖHN 1953) berechnet. Die Werte der Korngrößen und des Sortierungsgrades sind in Tab.1 aufgeführt. Infolge des weiten Korngrößenbereiches ist die Beurteilung des Sortierungsgrades nach H. FÜCHTBAUER (1959) mit den Werten von 1,61 und 1,76 gerade noch als gut bzw. schon als mittelmäßig zu bezeichnen. In der Auswertung der Verteilung der Häufigkeiten verschiedener Sortierungsgrade von mehreren hundert Proben aus nordwestdeutschen und süddeutschen klastischen Gesteinen (H. FÜCHTBAUER 1959) würde der Hárshegy-Sandstein sinngemäß, nicht aber genetisch betrachtet, den marin-bracki-

schen Molassesandsteinen nahestehen. Die mittelmäßige bis schlechte Sortierung der Schichten läßt vielleicht trotz der geringen Probenzahl die Aussage zu, daß sich das klastische Material hauptsächlich in einem ersten Sedimentationszyklus befindet. Sedimente mit mehrfacher Umlagerung besitzen einen hohen Sortierungsgrad, wie z.B. die jungtriassischen, jurassischen und kretazischen Sandsteine Mitteleuropas. Ihr Entstehungsbereich liegt in meist flachen und nur sehr langsam absinkenden Epikontinentalmeeren (Rhätsandsteine Thüringens, Doggersandsteine Nordwestdeutschlands, Kreidesandsteine Sachsens).

Tab. 1.

Korngrößenverteilung (Gew.-%) und Sortierungsgrad nach der Siebanalyse

Korngrößen mm	<0,063	0,063 - 0,16	0,16 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 5,0	5,0 - 10,0
Probe 1	4,6	6,6	11,6	39,1	34,6	3,5		
Probe 2	1,4	2,3	6,0	26,8	47,5	14,7	1,2	0,1
	Q_1	Q_3	M	So	Beurteilung des So nach Füchtbauer			
Probe 1	0,21	0,66	0,38	1,76	schon mittelmäßig			
Probe 2	0,35	0,91	0,63	1,61	noch gut			

Q_1 — Viertelgewichtsdurchmesser in mm bei 75 Gew.-%

Q_3 — Viertelgewichtsdurchmesser in mm bei 25 Gew.-%

M — Halbgewichtsdurchmesser in mm bei 50 Gew.-%

So — Sortierungsgrad, $So = \sqrt{Q_3/Q_1}$

2.3 Kornformen

An Dünn- und Anschliffen von Sandsteinen des 4. Körnungstyps wurden die Gerölle nach der Methode von SZÁDECZKY-KARDOSS (1933) auf ihren Abrollungsgrad untersucht. Aus der Tab. 2 ist ersichtlich, daß die Gerölle des Hárshegy-Sandsteins sehr stark gerundet sind und dem Rundungsgrad 4a nach SZÁDECZKY-KARDOSS zuzuordnen sind.

Tab. 2.

Abrollungsgrad

	Anzahl der Körner	c	r	p	Σ
Probe 3a	70	9,0%	89%	2,0%	100%
Probe 3b	74	9,5%	88%	2,5%	100%
Probe 4	72	10,0%	88%	2,0%	100%

a — große Körner (Durchmesser: 1,0—2,5 mm)

b — kleine Körner (Durchmesser: 0,4—0,6 mm)

Obwohl nur bei einer sehr geringen Anzahl von Proben der Abrollungsgrad bestimmt ist, sind doch die Gerölle im Anstehenden bei makroskopischer Beurteilung überall gleich stark gerundet. Daher können diese wenigen Proben für einen großen Teil des Hárshegy-Standsteins als repräsentativ gelten.

Von diesen hohen Rundungsgraden weichen nur einige Gerölle ab, die deutlich geschiefertten Gesteinen entstammen. Solche Gesteinsbruchstücke spalten nach der Schieferung, so daß dadurch bevorzugt plattige Gerölle entstehen. Weiterhin ist noch eine Gruppe dunkelbrauner bis schwarzer, dichter Gesteinsbruchstücken nur wenig kantengerundet.

Der hohe Abrollungsgrad steht nicht im Widerspruch zu der Annahme, die Sandsteine befänden sich in einem ersten Sedimentationszyklus. Ein längerer Transportweg und eine Ablagerung in der Nähe der Küste (Brandung) wirken sich in starkem Maße auf die Abrollung aus.

Die Beurteilung der feinkörnigen Bestandteile des Sandsteins auf den Abrollungsgrad mußte unterbleiben, da nach dem mikroskopischen Bild während der Diagenese in Form einer Einkieselung (wird weiter unten näher erläutert) mit Wachstumsvorgängen an den kleinen Quarzpartikeln zu rechnen ist.

Dadurch liegen nicht mehr die ursprünglichen Kornformen vor, die für eine statistische und genetische Auswertung benötigt werden. Die Umrisse der Körner der feinen Fraktionen sind meist isometrisch, auch länglich-oval, weniger rundlich, meist scharfkantig geformt.

2.4 Mineralbestand

Der Hárshegy-Sandstein ist als ein völlig feldspatfreier, gering glimmerführender *Quarzsandstein* mit vorwiegend quarzitischem Bindemittel zu charakterisieren (neben kalkigem Bindemittel in den unteren Partien nach PAPP, F.

1963). Dem Sandstein fehlen die akzessorischen Schwerminerale, soweit Proben vom Nagy Hárshegy vom Verfasser untersucht wurden, oder sie sind so spärlich verteilt, daß sie weder bei Schwereretrennung noch im Dünnschliff angetroffen werden.

2.41 *Klastische Bestandteile*. Die klastischen Bestandteile setzen sich in den feinen Korngrößen (0,02–0,2 mm) aus Quarz zusammen. Unter den Gesteinsbruchstücken (größer als 0,2 mm) können u.d.M. folgende Gesteine und Mineralien erkannt werden:

Durchsichtige oder milchige *Quarze*, weiße, graue und rosa gefärbte *Quarzite*, *Muskovitquarzite*, *Graphitquarzite*, *quarzitische Phyllite* und leicht gefärbte *Hornsteine*. PAPP, F. (1963) gibt noch *Dolomit* und *Dachsteinkalk* an.

Die Beteiligung von Gesteinsfragmenten wird erst bei einer Korngröße über 0,2 mm sichtbar. Die Komponenten werden als Gesteinsfragmente erfaßt, wenn sie aus zwei oder mehreren Mineralkörnern aufgebaut werden.

In die quantitative Auswertung sind die Korngrößen mit einzubeziehen. Bei größeren Korngrößen besteht häufiger die Möglichkeit, Fragmente mit mehreren Einzelkörnern auszuzählen als bei kleinen, bei denen die Korngrößen der Einzelkörner bereits in den Größenbereich der klastischen Körner fällt.

In Tab. 3 ist die quantitative Zusammensetzung der Gesteinsbruchstücke von neun Sandsteinproben mit den häufigsten Komponenten Quarz, Quarzit mit \pm isometrischen, klastischen Körnern, Quarzit mit durch tektonischen Druck gestreckten Körnern und Hornstein verzeichnet. Die übrigen, o.g.

Tab. 3.

Petrographische Zusammensetzung der Gesteinsbruchstücke

Probe Nr. u. Herkunft	Korngrößen mm	Anzahl der Körner	Quarz Korn-%	Quarzit Korn-%	Quarzit gestreckt Korn-%	Hornstein Korn-%
1. Hárshegy	0,3–0,6	250	43	46	11	n.b.
2. Hárshegy	0,2–0,6	130	45,5	45,5	9	n.b.
3. Hárshegy	0,2–0,6	334	44	45	8	3
4. Hárshegy	0,3–1,0	193	43	48	6	3
5. Hárshegy	0,3–1,5	183	30	44	11	15
6. Hárshegy	0,4–2,5	380	44	45	9	2
7. Hárshegy	0,6–2,0	34	23	39	26	12
8. Ezüsthegy	0,5–1,0	60	23	65	12	n.b.
9. Ezüsthegy	0,5–1,2	70	23	56	21	n.b.

n.b. = nicht bestimmt

Proben Nr. 1, 2, 8, 9: im Lehrstuhl f. Mineralogie und Geologie in Budapest (Schliff Nr. 2 u. 3 vom Hárshegy, Schliff Nr. 530, 531 vom Ezüsthegy)

Proben Nr. 3, 4, 5, 6, 7: im Besitz des Verfassers

Gesteinsfragmente sind infolge ihrer quantitativen sehr geringen Beteiligung nicht mit erfaßt.

An der quantitativen petrographischen Zusammensetzung sind die Quarzite insgesamt mit mehr als 50% beteiligt. In den Proben 7 bis 9 erreichen die Quarzite Werte von über 70%, gleichzeitig auch die Quarzite mit gestreckten Einzelkörnern die höchsten Werte. Die Hornsteine unterliegen starken Schwankungen in ihrer quantitativen Beteiligung.

In Auswertung von neun Gesteinsdünnschliffen und 14 Dünnschliffen am Nagy Hárshegy aufgesammlter, verschiedener Gerölle kann für die Gesteinsfragmente eine genaue Beschreibung gegeben werden.

2.411 Q u a r z . Die nur aus einem Quarzkristall bestehenden klastischen Körner löschen einheitlich aus, sind völlig klar oder von mehreren Reihen von Gas- bzw. Flüssigkeitseinschlüssen durchzogen. Eine zweite Gruppe von Quarzkörnern, die mengenmäßig gering vertreten ist, löscht undulös aus, meist unregelmäßig fleckig, selten nach der sog. Böhmischen Streifung.

Reine Quarzkörner treten mit ihren Korngrößen bis in den Grenzbereich Grobsand-Gries auf.

Der Struktur nach scheinen einige Gesteinsfragmente, die hier als Quarzite mit großen Einzelkörnern benannt werden, keinen durch regionalmetamorphose entstandenen Quarzit zu entsprechen. Es können Bruchstücke aus aufgearbeiteten Quarzgängen sein, wie sie in Schiefergebirgen häufig vorkommen.

2.412 Q u a r z i t . Die Quarzite werden nach ihrem Gefüge in zwei Gruppen eingeteilt:

1. *Quarzite* in buchtigen und \pm ebenen Verwachsungsflächen, selten undulös auslöschend
 - a) grobkörnig (Einzelkörner im Grobsandbereich liegend), z.T. undulös auslöschend;
 - b) feinkörnig (Einzelkörner meist im Fein- und Kleinsandbereich, seltener im Mittelsandbereich liegend).
2. *Quarzite* mit intensiver tektonischer Beanspruchung und gestreckten Quarzkörnern, z.T. glimmerführend (in der Art von Muskovitquarzit), Einzelkörner klein (Fein- und Kleinsandbereich).

Innerhalb der ersten Gruppe sind Quarzite mit \pm geraden, polygonalen Korngrenzen (Abb. 2) und mit vorwiegend buchtig verzahnten Korngrenzen (Abb. 3) deutlich zu unterscheiden. Die Varietät mit geraden Korngrenzen entspricht ungefähr den Quarziten mit Pflasterstruktur. Es werden von diesem Typ gewisse Übergänge zu den Quarziten mit gestreckten Einzelkörnern beobachtet. Die Übergänge äußern sich z.B. in einem statistisch gehäuften Auftreten schwach länglicher Quarze mit buchtiger Verzahnung und den Größenverhältnissen Länge zu Breite $L:B=2:1$ bis $3:1$. Die schmalen Enden dieser

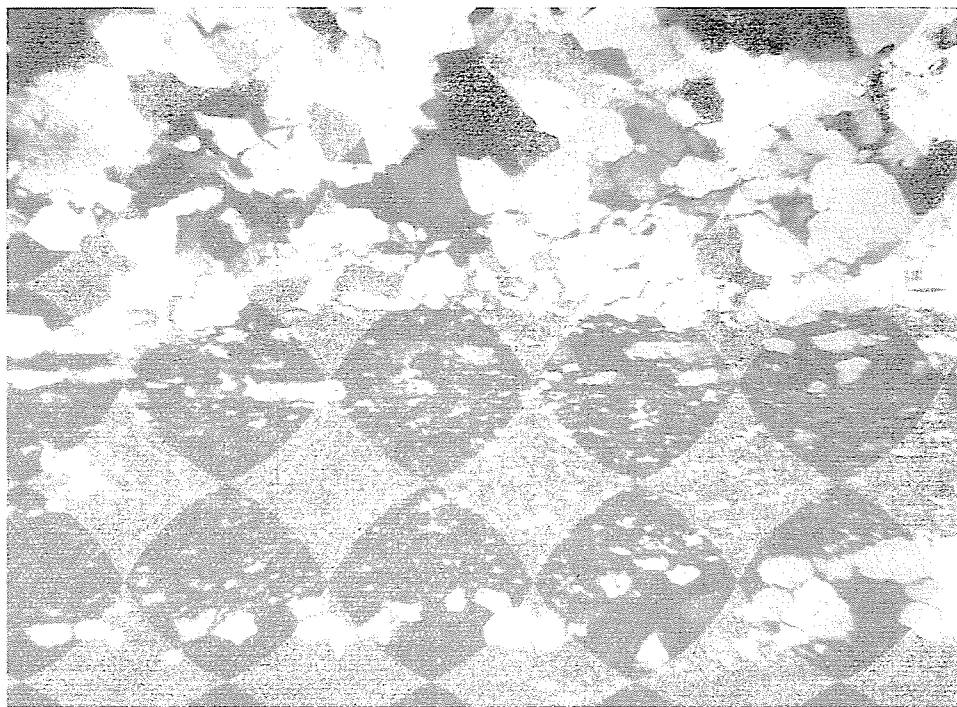


Abb.2. Hirshegy-Sandstein, Quarzitgeröll, Quarzkörner mit polygonalen, meist geraden Korngrenzen, Korngrößenwechsel innerhalb des Gerölls*

schwach gestreckten Quarzkörner sind noch rundlich gestaltet. Quarzite mit stärkerer tektonischer Beanspruchung zeigen zunächst besonders bei großen Einzelkörnern undulöse Auslöschung. Ein fortgeschrittenes Stadium tektonischer Beanspruchung umfasst Körner mit erheblicher Streckung (Größenverhältnisse $L:B$ größer als 3:1) und mit der charakteristischen Zuspitzung (Abb. 4). Bei einem Quarzitkorn sind keine Korngrenzen der Einzelkörner zu erkennen, es liegen mehrere große Individuen vor, die aber in sich zu stark gestreckten und zugespitzten, undulösen Partien zerfallen sind.

Es gibt auch Beispiele kinetischer Beanspruchung der Quarzite, indem um größere Einzelkörner rekristallisierte Mörtelkränze angeordnet sind.

In einigen Quarzitgeröllen ist ein mehrfacher, scharfer Korngrößenwechsel zu bemerken (Abb.5), der noch die ursprüngliche Sedimentstruktur abbildet. Die Korngrößen in den einzelnen Lagen schwanken in verschiedenen Bereichen:

große Körner:	0,20–0,45 mm,	0,10 –0,20 mm
kleine Körner:	0,20–0,03 mm,	0,012–0,04 mm

*Sämtliche Aufnahmen wurden mit gekreuzten Nicols angefertigt.

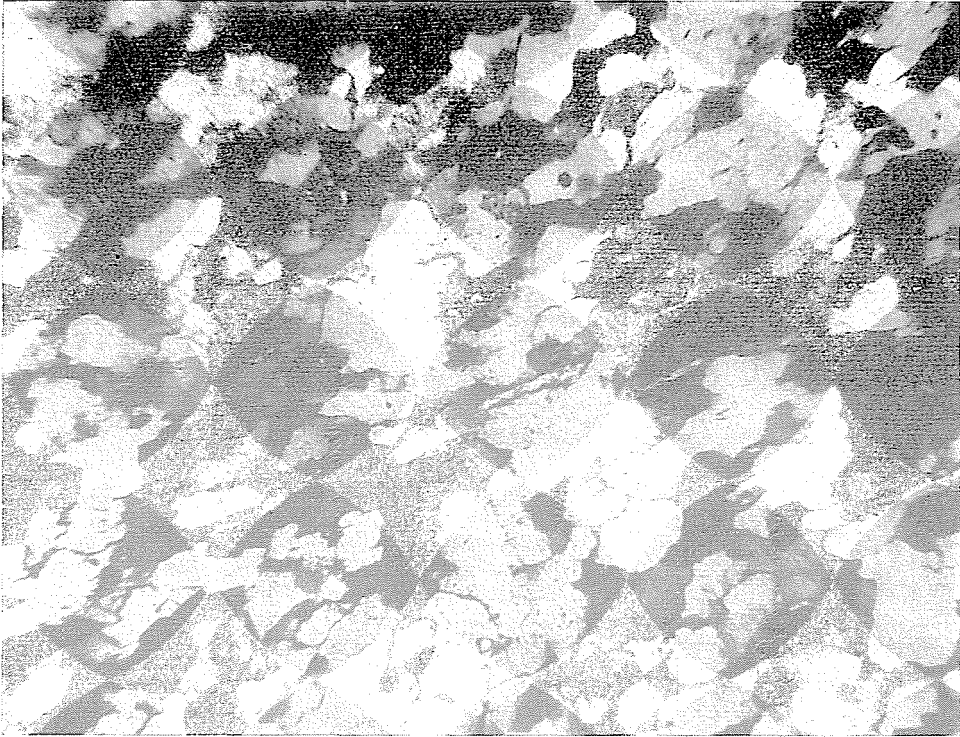


Abb.3. Hárshegy-Sandstein, Quarzitgeröll, Quarzkörner mit meist buchtig verzahnten Korngrenzen

Die Breite der einzelnen Lagen beträgt an einem Quarzitkorn für die grobkörnige Partie 1,0–2,6 mm, für die feinkörnige Partie 0,2–1,2 mm.

Ein anderes Beispiel der Erhaltung der Sedimentstruktur ist die Erscheinung großer, noch vollkommen rundlicher Komponenten in einer feinkörnigen Grundmasse aus Quarz und winzigen Glimmerflittern.

Die Rosafärbung einiger Quarzitgerölle rührt von einer starken Durchstäubung der Einzelquarze mit stäbchenförmigen, gelblichen Kristallen, blättchenförmigen, rötlichen Kristallen (Roteisen) und Opalkörnchen her. Die gelblich gefärbten Quarzitgerölle besitzen um die Einzelkörner eine sehr schmale Hülle von limonitischer Substanz.

Weißgraue, länglich-ovale, makroskopisch schon als körnig zu bezeichnende Quarzitgerölle enthalten zwischen größeren, linsenförmig gestreckten Aggregaten mit stark buchtig verzahnten Einzelkörnern rundliche Hohlräume. Die Hohlräume übersteigen in ihrer Größe die Durchmesser der Quarzitaggregate. Sie sind wahrscheinlich auf ausgewitterte Mineralien (Feldspat? Granat?) zurückzuführen.

Die als *Muskovitquarzite* bezeichneten Gerölle (Abb.6) enthalten entweder schwach eingeregelt oder stark gestreckte Quarzkörner. Auf ausgeprägten, parallelen Schieferungsflächen sind kleine, straff eingeregelt Muskovitblättchen angereichert (Größe der beobachteten Muskovitblättchen: Länge: 0,03–0,16 mm, Breite: 0,006–0,02 mm).



Abb.4. Hárshegy-Sandstein, Quarzitgeröll, buchtig verzahnte Quarzkörner. Beginn der Elongation

Quarzite mit lagenweise stark angereicherten kohligten Substanzen können als *graphitische Schiefer* bezeichnet werden. Die kohligten Substanzen sammeln sich bevorzugt in Form von rundlichen Körnchen in den feinkörnigen Lagen an. Die etwas gröberen Lagen im gleichen Gestein sind frei von diesen Substanzen. In den graphitischen Schiefen ist die ursprüngliche Schichtung durch Korngrößen- und Materialwechsel abgebildet.

2.413 **Hornstein**. Gerölle mit kryptokristalliner Struktur und ohne Anzeichen einer Regelung sind als Hornsteine zu bezeichnen. Die Korngrenzen sind nicht scharf ausgebildet, sondern verwischen, da in den Dimensionen des Dünnschliffes mehrere Körner übereinander liegen. Makroskopisch erscheinen

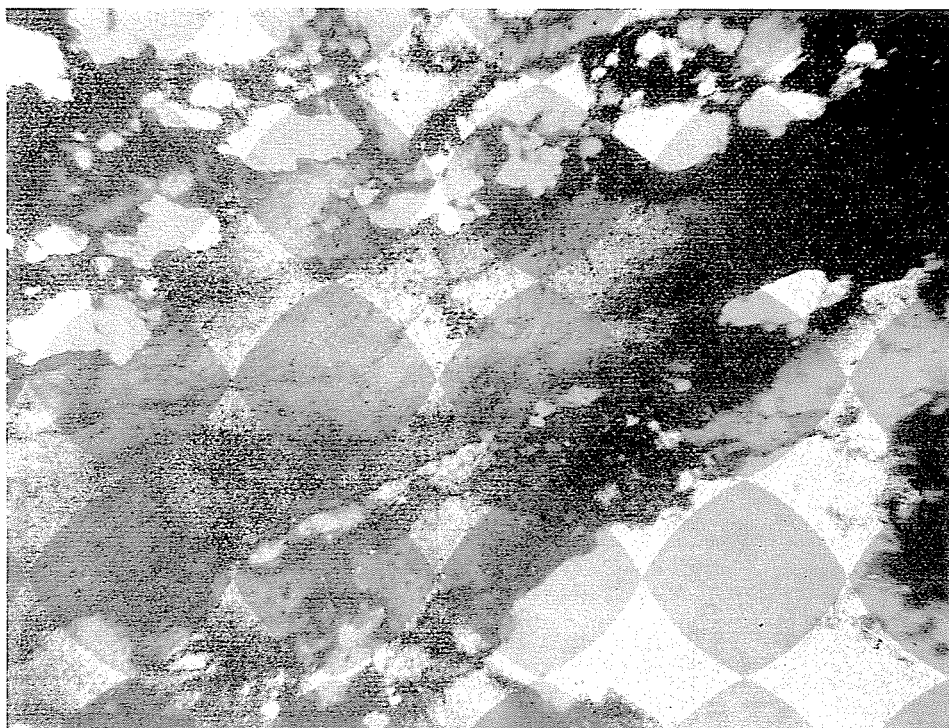


Abb. 5. Hárshegy-Sandstein, Quarzitgeröll, stark gestreckte Quarze mit undulöser Auslöschung

sie häufig hellrötlich gefärbt. U. d.M. ist eine feine, bräunliche, wahrscheinlich limonitische Pigmentierung zu erkennen. Werden die Quarzkristallite etwas größer, so sind sie bereits deutlich abzugrenzen und messen 0,005–0,01 mm.

Einige Hohlräume sind von der Wandung aus mit größeren Quarzkristallen ausgekleidet oder vollständig ausgefüllt. Die sekretionär in den Hohlräumen gewachsenen Quarze sind mit ihrer Längsachse (kristallographische Achse) senkrecht zur Wandung der Hohlräume orientiert.

2.414 Sonstige Gesteinsbruchstücke. Schwarze, glänzende, dichte, nur kantengerundete Bruchstücke geben sich u.d.M. als *Erzkörner* zu erkennen. Sie bestehen hauptsächlich aus einer opaken Masse, die an dünnen Stellen braunrot durchscheinend ist, im auffallenden Licht braunschwarz aussieht und an vielen Punkten stark reflektiert. Die Strichfarbe ist kräftig blutrot. Die Erzmasse ist auf Grund dieser Merkmale *Roteisen*. In ihr liegen vereinzelt 0,1–0,2 mm große, splittrige bis eckige Quarzkörner. Ein plattiges, schiefriges Gesteinsbruchstück, das durch den Sedimenttransport völlig unbeanspruch geblieben ist, gibt sich u.d.M. als ein quarzitisches Gestein zu erkennen. Es be-

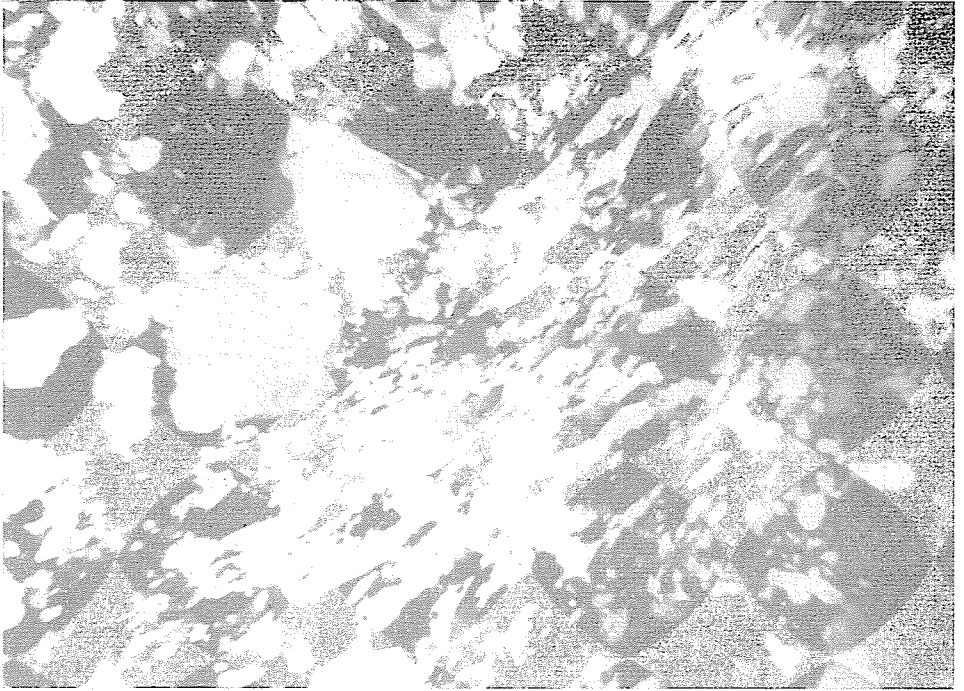


Abb. 6. Hárshogy-Sandstein, Geröll eines Muskovitquarzits

sitzt einen lagenweisen Aufbau wechselnder Korngrößen. In den feinkörnigen Lagen sind opake Pigmente (wahrscheinlich Kohlenstoff) und dünne Muskovitfasern angereichert, während in den groben Lagen nur Quarzkörner vorkommen.

Makroskopisch wechselt die Farbe zwischen Hellgrau und Mittel- bis leicht Violettgrau. Das Gesteinsbruchstück ist gut spaltbar. Die Spaltbarkeit rührt von dem lagenweisen Korngrößen- und Mineralaufbau (ursprüngliche Schichtung) und der schichtungsp parallelen Schieferung her. Das Gestein ist etwa als *phyllitischer Quarzit* zu bezeichnen.

2.42 *Matrix* 2.421 Q u a r z . Unter den feinsten Bestandteilen zwischen den größeren, klastischen Komponenten finden sich am häufigsten eng verwachsene Quarzkörnchen. Da sowohl die Verwachsung als auch ein Teil dieser Körner selbst durch die Verfestigung entstanden sind, wird darauf im Pkt. 2.43 näher eingegangen.

In der granulösen Grundmasse des Sandsteins befinden sich neben den Quarzkörnern im Korngrößenbereich des Schluffs noch Mineralien aus der Gruppe der Schichtsilikate.

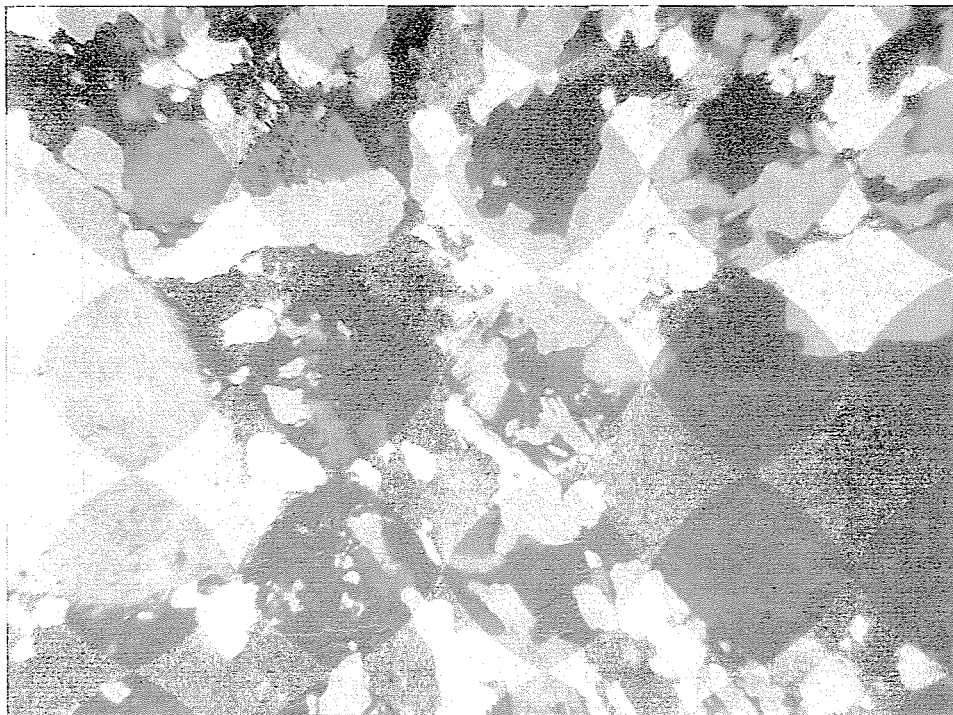


Abb.7. Hárshegy-Sandstein, Chloritaggregat mit paralleler Faseranordnung

2.422 Muskovit. Muskovit tritt meist in Form von äußerst dünnen Blättchen auf. Die Korngrößen der Muskovite variieren in der Länge von 0,006 bis 0,018 mm. Diese Angaben sind jeweils Extremwerte, im allgemeinen reichen die Größen kaum über das Verhältnis Länge:Breite 3:1 hinaus.

Die quantitative Beteiligung der Muskovitblättchen ist in den einzelnen Proben unterschiedlich. In einigen Proben treten sie sogar häufig auf. Die in der Grundmasse des Sandsteins eingebetteten Muskovite ähneln den Glimmern der Muskovitquarzite aus den Geröllen.

2.423 Biotit. Wesentlich seltener ist Biotit in den Schliffen, auch in kleinsten Dimensionen, zu erkennen. Einige Biotitblättchen sind in dem gleichmäßig feinkörnigen Sandstein vom Körnungstyp 2 zu beobachten. Sie zeigen noch einen Intensitätspleochroismus mit hellgrünlichen bis braunen Farben. Die Größe der Biotitblättchen entspricht etwa der der Muskovite.

2.424 Chlorit. Das Mineral ist in den Dünnschliffen leicht zu übersehen. Die beobachteten Substanzen sind völlig oder fast farblos, besitzen innerhalb der Mineralgruppe der Chlorite die niedrigste Lichtbrechung und gleichzeitig

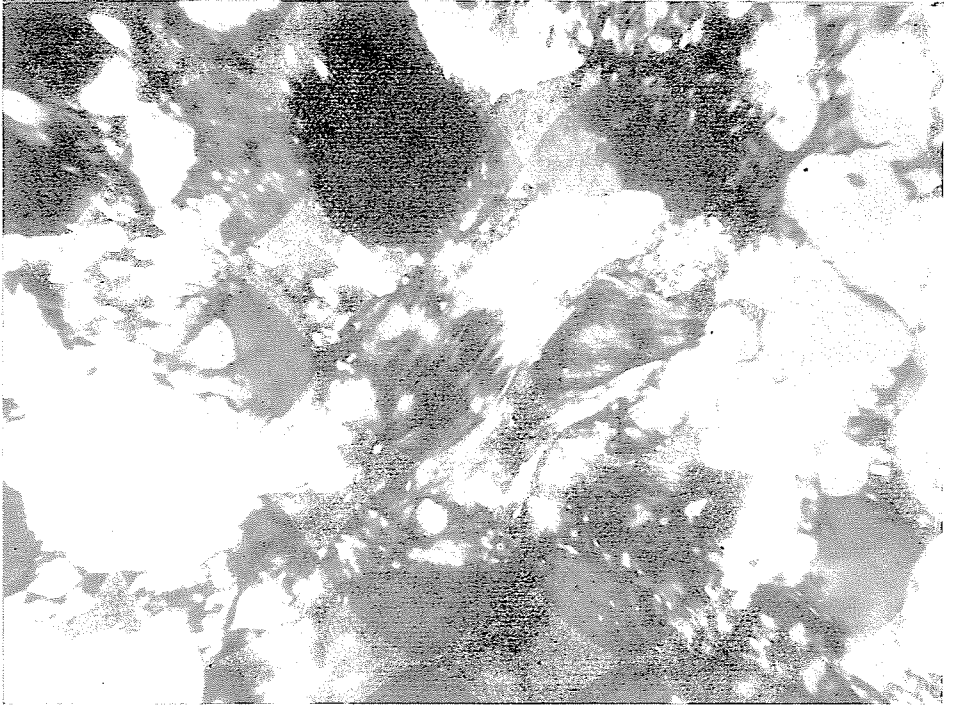


Abb. 8. Harshegy-Sandstein, Chloritaggregat mit paralleler Faseranordnung

eine äußerst geringe Doppelbrechung (dunkelgraue, selten bis hellgraue Interferenzfarbe). Der Öffnungswinkel der optischen Achsen ($2 \Gamma x$), soweit überhaupt feststellbar, beträgt ca. 10° . Die chloritischen Substanzen treten in zwei Strukturarten auf. Einmal bilden sie reihenförmig angeordnete, kurze und kleine Fasern bzw. Blättchen. Die Reihen sind in ihrem Verlauf oft um die halbe Blättchengröße (0,01–0,02 mm) versetzt. Sie erreichen Dimensionen mit einer Länge von ca. 0,15 mm, während die Länge der einzelnen Blättchen und demnach auch die Breite der Reihen ca. 0,03 mm mißt (Abb. 7).

Die zweite Strukturart, die weniger zu beobachten ist, als die erste, umfaßt rundliche Aggregate. Sie sind durch einen Drittel- bis Zweidrittelkreis umgrenzt. Die einzelnen Chloritblättchen sind in den rundlich umgrenzten Aggregaten radial angeordnet und geben sich durch die charakteristische Aggregatpolarisation zu erkennen (Abb. 8).

Es ist auffällig, daß die beschriebenen Chloritsubstanzen besonders in der Nähe der Poren des Sandsteins gehäuft vorkommen. Diese Erscheinung und die bei den Glimmern nicht zu beobachtenden Strukturarten der Chlorite deuten darauf hin, daß es sich bei den Chloriten um Neubildungen handelt.

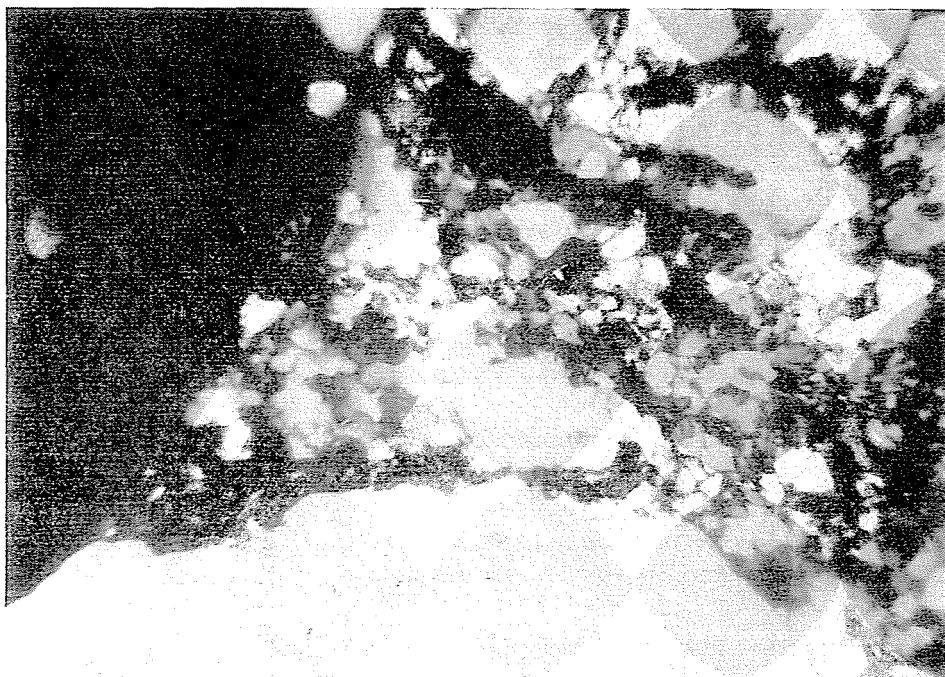


Abb.9. Hárshegy-Sandstein, kieseliges Bindemittel, feinstkristallin, zwischen gerundeten Quarzkörnern

Wären sie direkte Umbildungen aus Biotiten, so müßte deren Struktur noch zu bemerken sein. Das Auftreten besonders in der Nähe der Gesteinsporen weist auf eine mögliche thermale Einwirkung bei der Neubildung hin.

In den relativ muskovitreichen Sandsteinproben sind die Chloritsubstanzen etwa ebenso häufig enthalten wie die Muskovite, dagegen überwiegen die Chlorite in den glimmerarmen Sandsteinproben. An Masse übertreffen die Chlorite stets die Glimmer, da sich die Chlorite zu größeren Aggregaten vereinigen, die Glimmer aber nur in sehr dünnen Blättchen vorliegen.

2.43 *Bindemittel*. Zwischen sämtlichen klastischen Komponenten des Sandsteins besteht eine unmittelbare Kornbindung. Die Verfestigung des Sandsteins erfolgt durch sekundäre Kieselsäure. Die sekundäre Kieselsäure liegt in kristalliner Form vor (Opal und Chalcedon fehlen). Sie tritt aber in zwei Arten auf.

Die eine Art bildet krypto- bis feinstkristalline Aggregate, die der Struktur der Hornsteine ähnlich sind. Solche Aggregate füllen unregelmäßige, sich in die Zwickel großer Komponenten verzweigende Räume aus. Der Form nach können diese Aggregate keine klastischen Bestandteile sein, da sie sonst durch die Abrollung gerundete Umriss zeigen müßten.

Die zweite Art der sekundären Kieselsäure bildet einen Teil der feinkörnigen Matrix des Sandsteins und schmale Anwachszone an größere klastische Komponenten. Die Kornformen der feinsten kristallinen Quarzbestandteile im Sandstein sind so unregelmäßig ausgebildet, daß sie in der Gestalt keinem ursprünglichen, klastischen Korn entsprechen. Die einzelnen, kleinen Körner sind so eng miteinander verwachsen, daß keine Porenräume zwischen ihnen frei bleiben. Dadurch erscheint die Struktur der Bereiche mit nur feinsten Quarzkörnern der Matrix quarzitisches. Die Korngrenzen verlaufen entweder gerade, aber polygonal, oder sie erreichen eine Form, die schon als buchtig verzahnt bezeichnet werden kann. Diese enge Verzahnung der Grundmasse-Quarze ist auf eine Anlagerung sekundärer Kieselsäure an diese Quarzkörner bzw. Neubildung solcher feinsten Quarzkörner in Form der Ausfüllung der ursprünglichen Hohlräume zurückzuführen (Abb. 9).

Sekundäre Kieselsäure hat sich an die gröberen klastischen Komponenten nur in sehr geringer Masse in Form von schmalen, unvollständigen Säumen angelagert. Eine solche Anlagerung führt aber noch zu keiner Ausbildung sekundärer Kristallflächen an den Quarzen, wie sie in Sandsteinen der verschiedensten geologischen Formationen häufig beobachtet werden.

Die Herkunft der sekundären Kieselsäure kann mit einer thermalen Beeinflussung in Zusammenhang gebracht werden. Es ist aber nicht leicht zu entscheiden, ob die Kieselsäure mit den thermalen Vorgängen zugeführt oder durch die Hydrothermen im Gestein selbst erst gelöst und im gleichen Gestein wieder abgeschieden wurde. Verfasser möchte der letzten Möglichkeit zustimmen.

2.44 *Sonstige Mineralien.* Im Aufschluß und in den Dimensionen des Dünnschliffes des Hárshegy-Sandsteins sind 0.1 mm bis 3 mm breite, mit *Baryt* ausgefüllte Spalten nicht selten zu sehen. Der *Baryt* kommt in kleinen, weißen, tafelligen Kristallen vor. In der Dünnschliffen sind die *Baryt*-Kristalle z.T. an die Auskleidung von Poren gebunden. An einem Beispiel läßt sich *Baryt* mit Unterbrechungen von Partien feinsten Quarzkörnchen reihenförmig hintereinander angeordnet verfolgen. Die Ausfüllung von Poren und Spalten mit *Baryt* weist eindeutig auf eine hydrothermale Zufuhr hin. Ebenso ist der feine *Brauneisen*-Muhl, der sehr viele Porenräume auskleidet, entstanden.

3. Schlußfolgerungen

Der unteroligozäne Hárshegy-Sandstein vom Nagy Hárshegy im Budaer Gebirge stellt einen *quarzitischen Quarzsandstein* dar, der starke Korngrößen-schwankungen, hauptsächlich vom Fein- und Mittelsand bis zum grobsandigen Kleinkies und zu konglomeratische Ausbildung reichend aufweist. Besonders

die groben Korngrößen wechseln über Bereiche von mehreren Metern schichtweise. Der Sortierungsgrad ist nach der Beurteilung von H. FÜCHTBAUER gerade noch als gut bis schon mittelmäßig zu bezeichnen.

Die Kornformen der groben Komponenten sind weitgehend gerundet. Die Anteile an konvexen Flächen betragen durchschnittlich 89%, an konkaven Flächen 9% und an ebenen Flächen 2%. Nach ihrer Abrollung sind die größeren Komponenten der Rubrik 4a des Dreieckdiagrammes nach SZÁDECZKY-KARDOSS zuzuordnen.

Die Kornrundung ist sehr intensiv (Ablagerung im Litoralbereich), die mittelmäßige Kornsortierung deutet jedoch auf ein der Molasse des nördlichen Alpenvorlandes entsprechendes Gestein, ohne die Genese des Hárshegy-Sandsteins der der Molasse gleichsetzen zu wollen. Zumindest ist es nach dem Sortierungsgrad wahrscheinlich, daß sich der Sandstein in einem ersten Sedimentationszyklus befindet. Im Gegensatz dazu stehen die jungtriassischen, jurassischen und kretazischen Sandsteine des außeralpinen Mitteleuropas, die als Epikontinentalsedimente meist eine bessere Sortierung aufweisen und sicher mehrfach Umlagerungen als Sediment erfahren haben.

Die mineralogisch-petrographische Zusammensetzung des Sandsteins kann in den groben Fraktionen mit vorherrschend Quarzitkörnern, untergeordnet mit reinen Quarzkörnern und sonstigen Gesteinsbruchstücken, in den feinen Fraktionen mit Quarz und Quarzit sowie mit Muskovit, Chlorit und sehr selten Biotit angegeben werden. Als sekundäre Mineralien treten Kieselsäure, Chlorit, Brauneisen, z.T. Roteisen und Baryt auf.

Unter den Quarziten gibt es eine Vielfalt der verschiedensten Gefügetypen mit gewissen Übergangsformen: Anzeichen der ursprünglichen Schichtung (Wechsel in den Korngrößen), Pflasterstruktur mit \pm ebenen, aber polygonalen Korngrenzen, buchtig verzahnte Kornverwachsungen, in verschiedener Intensität gestreckte Quarzkörner bis zu extremer Auswulzung und Zuspitzung und zu Mörtelkränzen um solche Körner. Die Quarzite können petrographisch als feldspatfreie oder gering muskovitführende Quarzite umschrieben werden. Durch reichliche Beimengungen von Muskovit oder Kohlenstoffpartikeln gehen die Quarzite in eine Art Muskovitquarzit und Graphitquarzit über. Eine Varietät der Quarzitgerölle enthält große, rundliche Hohlräume, die durch Auswitterung von Mineralien (Feldspat? Granat?) entstanden sein dürften.

Die im Sandstein vorkommenden Muskovite besitzen die gleiche Erscheinungsform wie die in den Muskovitquarziten (äußerst dünne und meist kurze Blättchen oder Fasern). Die quantitative Beteiligung von Muskovit schwankt im Profil.

Der sehr verarmte Mineralbestand des Sandsteins rührt von der Mineralarmut der Ausgangsgesteine, der verschiedenen Quarzittypen, her. Da sich die

Muskovite nach dem Erscheinungsbild nur von den muskovithaltigen Quarziten ableiten, ist als Abtragungsgebiet nur ein größeres Areal mit *Metaquarziten* anzusehen. Dafür sprechen auch die fehlenden Schwerminerale im Sandstein. In den Gesteinsbruchstücken sind bis auf eine Ausnahme (grüner *Turmalin*) ebenfalls keine akzessorischen Schwerminerale angetroffen worden. Wären

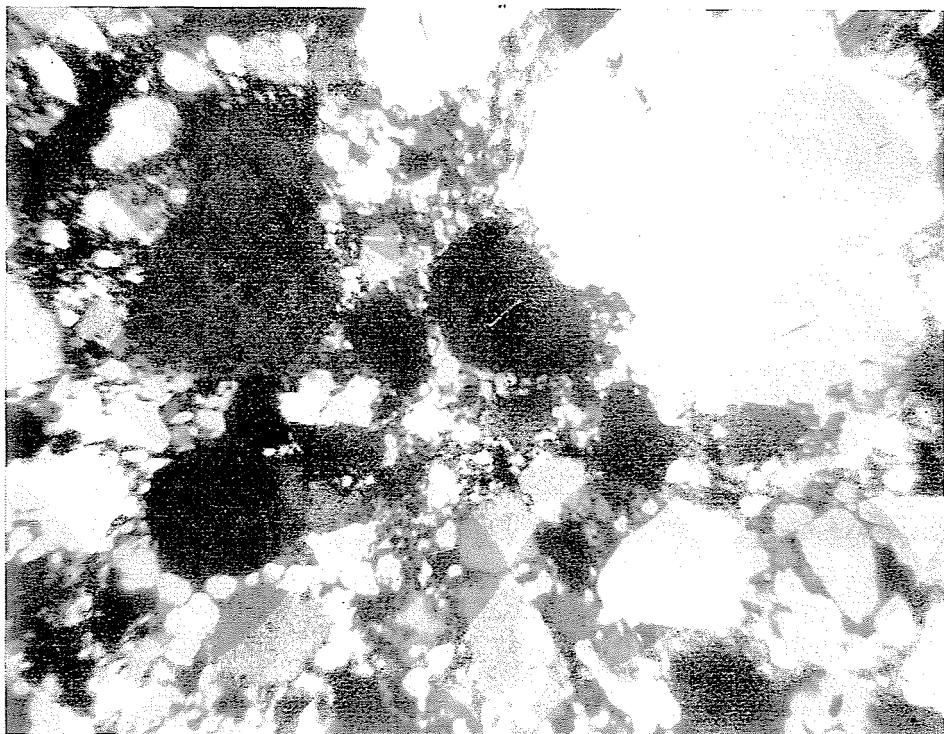


Abb.10. Tertiärquarzit, Osterfeld bei Zeitz, DDR, Kieseliges Bindemittel, z.T. feinstkristallin, zwischen größeren Quarzkörnern

solche im Ausgangsgestein vorhanden gewesen, würden sie auch im Sandstein nachzuweisen sein (unter Berücksichtigung der Stabilität der Schwerminerale bei Verwitterung, Ablagerung und Diagenese).

Als Bruchstücke anderer Gesteine sind nur noch *Hornsteine* und *phyllitische Quarzite* zu erwähnen. Die Hornsteine zeigen oft keine starke Abrollung, so daß die Herkunft dieser verwitterungsresistenten Gesteine einem Edukt in der Nähe entstammen (Hornsteine in den triassischen Kalken). Schwarze dichte, kanten-gerundete Bruchstücke geben sich als *Roteisenerz* mit wenig eingestreuten Quarzkörnern zu erkennen.

Die sekundären Bildungen (Kieselsäure, Chlorit, Brauneisen, Baryt) sind

sicher auf eine hydrothermale Beeinflussung des Sandsteins nach seiner Ablagerung zurückzuführen. Die Kieselsäure bewirkt die enge Verwachsung der feinsten Quarzkomponenten der Matrix, z.T. deren Bildung selbst, und damit die Einkieselung des Sandsteins und die Verdichtung des Gefüges. Die Einkieselung des Hárshegy-Sandsteins ruft ein ähnliches Erscheinungsbild wie die in Mitteldeutschland ebenfalls durch Einkieselung entstandenen, bekannten Süßwasserquarzite (Tertiärquarzite, Braunkohlenquarzite, Knollensteine) hervor (Abb. 10).

Beide Einkieselungsvorgänge besitzen genetisch aber keine Beziehungen. Die deutschen Braunkohlenquarzite sind meistens völlig dicht, während der Hárshegy-Sandstein von großen Poren durchsetzt wird.

Der *Chlorit* gehört nach den überschlüssig beurteilten optischen Daten zur Antigoritreihe oder zum Mg-reichen Endglied der Penninreihe. Er bildet stets größere Aggregate von radialstrahligen Aufbau oder von senkrecht zur Längserstreckung der Aggregate angeordneten Faserreihen. Diese Formen der Chloritaggregate weisen auf eine Neubildung der Substanz hin.

Das Vorkommen von *Baryt* ist ausschließlich an schmale Spalten und feine Risse gebunden. Brauneisenmulm kleidet die Hohlräume der z.T. großen Poren aus.

Aufstiegswege für thermale Lösungen waren vorhanden (Poren, tektonische Klüfte und Spalten), denn Harnische und von Mineralien ausgeheilte Spalten deuten auf Krustenbewegungen und Mineralabsatz hin.

Zusammenfassung

Während eines Studienaufenthaltes im Herbst 1963 betreffend das Thema „Sedimentpetrographische Arbeitsmethodik“ am Lehrstuhl für Mineralogie und Geologie der Technischen Universität Budapest untersuchte Verfasser einige profilmäßig entnommene Proben des Hárshegy-Sandsteins. Die Gesteinsproben wurden Dünschliff- und Korngrößenuntersuchungen unterzogen. Als Schlußfolgerung wird festgestellt, daß der unteroligozäne Hárshegy-Sandstein einen quarzitischen Quarzsandstein darstellt, der starke Korngrößenschwankungen, hauptsächlich vom Fein- und Mittelsand bis zu grobsandigem Kleinkies und bis zu konglomeratischer Ausbildung reichend, aufweist. Sein Abrollungsgrad ist hoch; aufgrund der Kornsortierung befindet er sich wahrscheinlich in einem ersten Sedimentationszyklus. Quarzitkörner sind unter den klastischen Bestandteilen vorherrschend. Innerhalb der Quarzitarten wird die Vielfalt der verschiedenen Gefügetypen hervorgehoben. Es werden Hinweise auf die petrographische Zusammensetzung des Abtragungsgebietes gegeben. Als Bruchstücke anderer Gesteine treten Hornsteine (aus triassischen Kalken) und sehr selten kantengerundete Bruchstücke von Roteisenerz auf. Die sekundären Bildungen (Kieselsäure, Chlorit, Limonit, Baryt) sind sicher auf eine hydrothermale Beeinflussung des Sandsteins nach seiner Ablagerung zurückzuführen.

Verfasser stellt einen Vergleich zwischen der Einkieselung des Hárshegy-Sandsteins und den in Mitteleuropa ebenfalls durch Einkieselung entstandenen Süßwasserquarziten (Tertiärquarziten, Braunkohlenquarziten) an, wobei auf spezifische Unterschiede in Bezug auf Dichte und Porosität hingewiesen wird.

Schrifttum

- BÁRDOSSY, G.: Problems of the Nomenclature of Sedimentary Rocks. F.K. 1961. Vol. XCI. Nr. 1. 44-64. o.
- FREUND, H.: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. IV, Tl.1, Umschau-Verlag, Frankfurt/M. 1955.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. Erdöl und Kohle, 12, 605-613, Hamburg 1959
- PAPP, F.: Die Gesteine von Budapest. (Schafarzik-Vendl-Papp: Geologische Ausflüge in der Umgebung von Budapest.) Budapest 1963.
- SCHNEIDERHÖHN, P.: Untersuchungen zur Siebanalyse von Sanden und zur Darstellung ihrer Ergebnisse. -N.Jb. Miner., Abh., 85, 141-202, Stuttgart, 1953
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. Zbl. Miner., 7, 389-401, Stuttgart 1933
- TRÖGER, V.E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Tl. 1, 2. Aufl., Stuttgart 1956.