Bulletin de la Société belge de Géologie	98-2	pp.171-181	Bruxelles 1989
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie	98-2	pp.171-181	Brussel 1989

ÜBER DAS SUBMIKROSKOPISCHE GEFÜGE UNTERKARBONISCHER KIESELSCHIEFER (BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND)

von Winfried ZIMMERLE [1]

ZUSAMMENFASSUNG

Die rasterelektronenmikroskopische Analyse des submikroskopischen Gefüges von Kieselschiefern des Unterkarbons aus dem Westharz (Vossenke-Tal) und dem Rheinischen Schiefergebirge (Riescheid bei Wuppertal) hat folgende Ergebnisse erbracht : (1) Im Kieselschiefer des Vossenke-Tals überprägt- wie durch die Elementverteilung unter der Mikrosonde gezeigt - eine durchgreifende, frühdiagenetische Einkieselung das synsedimentäre Gefüge und verwischt die Mineralzusammensetzung des ursprünglichen pyroklastischen Sediments. (2) Undeformierte Wabenstrukturen, die vermutlich eine frühe Smektitbildung repräsentieren, beweisen eine Stabilisierung des Gefüges durch frühe Einkieselung. (3) Das submikroskopische Gefüge der Kieselschiefer von beiden Fundorten ist charakterisiert durch eine Partikelgrösse von 0,5-5 µm, gleiche Partikelgrösse und isometrische, z.T. rundliche Form ; es ist Gefügen anderer Kieselschiefervorkommen ähnlich. Somit eignet sich die submikroskopische Gefügeanalyse mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops zur weiteren Charakterisierung pelitischer Kieselgesteine und ihrer frühdiagenetischen Umwandlungen.

ABSTRACT

The SEM analysis of the submicroscopic fabric of Lower Carboniferous bedded cherts from the western Harz Mts. (Vossenke valley) and from the northwestern Rhenish Slate Mts. (Riescheid near Wuppertal) furnished the following results : (1) In the chert from the Vossenke valley - as the element distribution under the microprobe shows - thorough early-diagenetic silicification overprinted the synsedimentary fabric and transformed mineral composition of the original pyroclastic sediment. (2) Undeformed honeycomb texture, presumably representing early presence of smectite development, documents fabric stabilization by early silicification. (3) The submicroscopic chert fabric of both locations is characterized by uniform particle size of 0,5-5 µm and isometric, rarely also globular building stones of quartz which resemble those from other chert occurrences. The submicroscopic fabric analysis by means of the SEM is a promising method to characterize pelitic siliceous rocks and their early diagenetic alterations.

SCHLÜSSELWORTER

Kieselschiefer, Unterkarbon, Rasterelektronen, mikroskopie, submikroskopisches Gefüge, Globulargefüge, Wabenstruktur, frühdiagenesetische Einkieselung, Hauptelementverteilung.

KEY WORDS

Bedded chert, Dinantian, scanning electron, microscope, submicroscopic fabric, globular fabric, honeycomb texture, early diagenetic silicification, major element distribution.

1. EINLEITUNG

Die dichte Beschaffenheit der Kieselschiefer und ihr submikroskopisches Gefüge können erst seit der Einführung des Elektronenmikroskops und des Rasterelektronenmikroskops (REM) untersucht werden (Folk & Weaver, 1952 ; Kaibara, 1964 ; Khvorova & Dmitrik, 1969, 1972 ; Levitan & Lisitsyn, 1976). Aus den unterkarbonischen Kieselschiefern des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges allerdings waren bis heute noch keine Untersuchungen solcher submikroskopischen Gefüge bekannt.

Kieselschiefer-Proben aus dem Harz (Vossenke-Tal, ENE von Osterode, TK 25 Bl. 4277 Osterode, R 90 26 00, H 35 56 00) und aus dem Rheinischen Schiefergebirge (Riescheid-Profil in Wuppertal-Barmen, TK 25 Bl. 4709 Barmen, R 83 36 40, H 84 60 00) sind in der vorliegenden Arbeit untersucht worden mit der Fragestellung nach Art und Erscheinungsbild der submikroskopischen Gefüge. Weitere rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an gleichaltrigen Kieselschieferproben aus dem Kellerwald laufen im Augenblick.

[1] Prinzengarten 6 - D-3100 Celle.

Einzelheiten zur Stratigraphie und Lithologie der beiden Vorkommen finden sich für das Vossenke-Tal bei Ribbert (1975) und Kuhn & Zimmerle (im Druck) sowie für Riescheid bei Paproth (1976) und Zimmerle *et al.* (1980).

Rasterelektronenmikroskopische Photos wurden in mehreren Laboratorien von verschiedenen Analytikern aufgenommen, um eventuelle Präparationsartifakten zu erkennen. Gedankt sei Herrn Dr. H. Pietzner, Krefeld, für die Mikrosonden-Untersuchung (siehe Taf. 1), Herrn Dipl.-Phys. K. Fecher, Marburg, und Herrn B. Böhlken, Hamburg, für die sorgfältige rasterelektronenmikroskopische Dokumentation (siehe Taf. 2 und 3), sowie Herrn Dr. T. Nöltner, Karlsruhe, für wertvolle Hinweise und Diskussionen.

2. PETROGRAPHIE UND GEFÜGE

2.1. Grüner Kieselschiefer, Vossenke-Tal, Harz

Im Handstück erscheint der harte, splittrig-brechende Kieselschiefer, hier auch Adinol genannt, schlierig bis feinflaserig. Die schuppigen Tonminerale zeigen einheitliche Auslöschung unter + Nicols. Der Detritus ist vornehmlich vulkanogener Herkunft und von Siltpartikelgrösse (vgl. Taf. 1). Eine semiquantitative Röntgendiffraktometer-Analyse ergab : Quartz (85 %), Albit (5 %), Illit (< 5 %), und Chlorit in Spuren.

Tafel 1 und 2 vereinen Daten zur chemischen Zusammensetzung, zur ursprünglichen Korngrösse des Protosediments und zum Erscheinungsbild des submikroskopischen Gefüges.

Tafel 1 fasst die Verteilung der Hauptelemente Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti und Mn zusammen. Die Verteilung von Si einerseits und die der übrigen Elemente andererseits veranschaulicht den starken Kontrast zwischen dem diagenetisch geprägten Kieselgestein und den primären Reliktstrukturen des Protosediments. Die Si-Verteilung zeigt den fast unterschiedslosen starken Grad der Einkieselung ohne Rücksicht auf die ursprünglich gröberkörnige Struktur des Gesteins. Die Verteilung der übrigen Elemente verdeutlicht die ursprüngliche siltige bis feinsandige Gesteinsstruktur. Albite von Silt- bis Feinsand-Korngrösse heben sich deutlich in der Al- und Na-Verteilung hervor. Maxima von Fe, Mg und Mn zeigen diffus-begrenzte Körner von Mischkarbonat in der Matrix an. Die K-Verteilung spiegelt vor allem die Verbreitung der Tonminerale mit Illit in der Kieselmatrix wieder und das Vorkommen eines einzelnen Kalifeldspatkorns (oberer Rand) ; Leerräume markieren die Position von Albit und seiner Abbauprodukte. Die Ti-Verteilung zeigt die Gegenwart von winzigen Titanmineralen (maximal 5-10 µm gross), vermutlich Leukoxen, und deutet gleichzeitig ihre schichtförmige Einlagerung an. Die hier nicht abgebildete Ca-Verteilung lässt weder in den Feldspäten noch in den Mischkarbonaten einen nennenswerten Ca-Gehalt erkennen. Zwar ist die Korngrösse grösserer Partikel klar erkennbar, nicht aber mit Sicherheit ihre ursprüngliche Kornform.

Tafel 2 stellt die unterschiedlichen Mikrostrukturen des grünen Kieselschiefers (Adinol) dar, wie sie unter dem Rasterelektronenmikroskop zu erkennen sind. Das Mikrogefüge ändert sich von Domänen mit gröberzelliger Wabenstruktur (ca. 2-4 µm Ø) zu feineren Domänen mit kleinzelliger Wabenstruktur (< 1 µm Ø). Kompakte isometrischer Mikrostrukturen treten zurück ; ausgesprochen kugelige, wie in Riescheid beobachtet, fehlen. Die Wabenstrukturen überziehen oder überprägen ganze Domänen grösserer, älterer Körner.

Die Übersicht (Taf. 2, A-D) zeigt bei unterschiedlichen Vergrösserungen, durch Glimmerminerale betont, den schichtigen Aufbau des Kieselschiefers (Adinol). Die meisten Bausteine sind kleiner als 5 µm, Taf. 2-C lässt gut die submikroskopische winkelige Deformation eines winzigen Glimmeraggregats erkennen. Taf. 2-D verdeutlicht den Wechsel in Mikrostrukturen auf schmalem Raum, unten gröber und wabenförmig, oben feiner und kugelig bis wurmförmig. Taf. 2-E zeigt einen ähnlichen Wechsel der Mikrostruktur. Die Feinheiten der mehr massiven Partien sind bei stärkerer Vergrösserung in Taf. 2-F zu sehen : wurmförmige Bedampfungsartifakte, die aus einzelnen kugeligen Bausteinen zusammengefügt erscheinen. Beachtliche Mikroporosität ist ausgebildet. Die Übersicht von Taf. 2-G lässt in ziemlich gleichmässiger Verteilung wieder die wabenförmige Mikrostruktur erkennen ; grössere Siltkorn-Relikte pausen sich stellenweise durch. Taf. 2-H ziegt wabenförmige Mikrostrukturen in Vergrösserung und Taf. 2-I einige Waben bei noch stärkerer Vergrösserung. Der Durchmesser der Waben, die vermutlich aus Tonmineralen bestehen, bewegt sich zwischen 0,3 und 1 µm.

Wahrscheinlich stellen die verschiedenen Formen des Wabengefüges Reliktstrukturen von Tonmineralen dar, wie z.B. von Smektit, die durch frühe Einkieselung erhalten geblieben sind und keine Deformation durch Kompaktion erfahren haben. Ähnliche Gefüge wurden sowohl im Berrias von Suddendorf und in Poren tertiärer Sandsteine der Slowakei (CSSR) beobachtet.

2.2. Schwarze Kieselschiefer, Riescheid-Profil

Die dunklen bis schwarzen Kieselschiefer, die im oberen Teil des Riescheid-Profils (Zimmerle *et al.*, 1980) vorkommen, sind fein-laminiert und zeigen keine Bioturbation. Radiolarien, Schwammnadeln und gelegentlich Conodonten sind die charakteristischen Biogene. Die Kieselschiefer sind reich an organischer Substanz (C_{org} bis zu 2 %). Die Tonminerale sind vermutlich vulkanogener Natur. Zwei Proben dieses Kieselschiefers wurden untersucht.

Die erste Probe des schwarzen Kieselschiefers (sample code 131, Zimmerle *et al.*, 1980, 38/39) zeigt unter dem Rasterelektronenmikroskop (Taf. 3, A-D) submikroskopisch kleine isometrische Aggregate (ca. 2 µm Ø)der gleichen Partikelgrösse als elementare Bausteine der Kieselschiefer. Solche Ansichten vermitteln ein eindrucksvolles Bild der uniformen diagenetischen Überprägung eines Gesteins durch frühdiagenetische Ausscheidung sekundärer Kieselsäure. Anlagerungsgefüge ist sichtbar. Tonminerale, < 1 µm, sind vielfach in den isometrischen, z.T. kugeligen Aggregaten eingeschlossen (Taf. 3-D). Ungefähr 2-4 µm grosse Mikroporen sind weitständig verteilt (vgl. mit Nöltner, 1988, Taf. 30B, Taf. 32B + C, Taf. 35). Nur vereinzelt finden sich Lepisphären-ähnliche Aggregate in der Kieselschiefermatrix (Pfeil - Taf. 3-C). Quarz ist vorherrschender Gemengteil dieser Probe ; untergeordnet treten Illit, Chlorit, Wechsellagerungs-Minerale und Spuren von Plagioklas hinzu.

Die zweite Probe des Kieselschiefers (sample code 95) ist von ähnlicher Mineralzusammensetzung und zeigt eine vergleichbare Mikrostruktur von ähnlicher Dimension und von grosser Einheitlichkeit, allerdings mit einem höheren Anteil an Glimmermineralen (Taf. 3, E-F). Die Bausteine aus Kieselsäure sind ebenfalls 1-3 µm gross und uniform. Der höhere Gehalt an Glimmermineralen, vor allem der an feinschuppigen (< 1 µm), führt andeutungsweise zur Bildung von maschenförmigen Tonaggregaten.

Ausgeprägte waben- bis maschenförmige Tonaggregate aber, wie im grünlichen Kieselschiefer vom Vossenke-Tal im Harz - oder wie vergleichsweise in jüngeren Kieselgesteinen (z.B. unterkretazischer Flammenmergel) - sind im Kieselschiefer von Riescheid allerdings noch nicht beobachtet worden.

3. DISKUSSION

Winzige Aggregatgrösse, isometrische Form und gute Sortierung der submikroskopischen SiO_2-Bausteine der Kieselschiefer vom Vossenke-Tal und von Riescheid sowie die weitständig verteilte Mikroporosität sind im grossen und ganzen ähnlich wie in Kieselschiefern anderer Fundorte und unterschiedlicher stratigraphischer Zuordnung (Folk & Weaver, 1952, Plate 1-3 ; Sayin & Jackson, 1975, Fig. 1-10). Im Detail aber scheinen die submikroskopischen Kieselschiefer-Gefüge deutlich zu variieren. Khvorova & Dmitrik (1969, 1972) haben anhand von zahlreichen Tafeln und Abbildungen Mikrotexturen kieseliger Gesteine kambrischen bis tertiären Alters aus der UdSSR und den USA beschrieben. Die kieseligen Bausteine sind im Durchschnitt 0,3-4 µm klein, polyedrisch-eckig, manchmal auch globular begrenzt und gut sortiert. Die Autoren haben aus den Gefügebildern der elektronenmikroskopischen Aufnahmen kollo- morphe, sub-kollomorphe und kristallomorphe Mikrostrukturen abgelesen. Subkollomorphe Strukturen im Sinne von Khvorova & Dmitrik, wie sie sich stellenweise in den Proben aus Riescheid andeuten, sind ein deutlicher Hinweis dafür, dass die Einkieselung dieser Kieselschiefer auch ein Gelstadium durchlaufen haben muss. Die Mehrzahl der Mikrostrukturen ist allerdings kristallomorph, was sich mit früheren Beobachtungen aus dem Harz deckt (Nöltner, 1986; Zimmerle, 1986).

Auch aus pleistozänen und kretazischen Hornstein-Konkretionen (oceanic cherts) des zentralen Pazifiks werden folgende Mikrostrukturen erwähnt : "in the intergranular space, reniform sintery formations (aggregates of merging microglobules with the individual "nodules" and "bubbles" having a diameter up to 0.3-0.4 µm" (Levitan & Lisitsyn, 1976).

Als Zwischenglied zwischen rezenten Sedimenten, die reich an unverändertem biogenem Opal sind, und fossilen, durch diagenetische Umwandlung stark überprägten Kieselschiefern kann man den "Pliocene cristobalite bedded chert" vom Kerguelen Plateau im südlichen Indik (Wise & Weaver, 1974, fig. 1) betrachten.

Ähnliche submikroskopische Strukturen, nämlich "rundliche Partikel in der Grössenordnung von etw$_a$0.5 µm, hat LANDMESSER (1984, 114 ff., Abb. 98 ; 1988, 18, Abb. 9-10) auch in Achaten beobachtet und abgebildet. Sie dokumentieren grundsätzlich genetische Ähnlichkeiten zwischen Achat und den untersuchten Kieselschiefern mit Relikten von Kolloidstrukturen, die eine frühere Gel-Phase vermuten lassen.

Das Wabengefüge aus dem Kieselschiefer (Adinol) des Vossenke-Tals erinnert in frappierender und unerwarteter Weise an bekannte Tongefüge. So hatte Mattiat (1969, Taf. 7-10) folgende Mikrogefüge bei künstlich erzeugten, tonigen Sedimenten unterschieden :

- dichtes Parallelgefüge (bei Einzelkornsedimentation von Illit und Kaolinit) ;
- Kartenhausgefüge (bei Koagulatsedimentation von Kaolinit = Flockung) ;
- schwammartiges Wabengefüge (bei Koagulatsedimentation von Illit).

Rezente Marschsedimente und subrezente Nordseeschlicke zeigen vergleichbare Gefüge.

Wabengefüge scheinen vor allem bei hohen Elektrolytgehalten in Salzwasser zu entstehen. Wenn wir annehmen, dass sich das Wabengefüge synsedimentär bis frühdiagenetisch auf den Interstitien zwischen den gröberen detritischen siltkorngrossen Partikeln gebildet hat und anschliessend im Zuge der Einkieselung stabilisiert worden ist, erhält man einen deutlichen Hinweis auf den hohen Elektrolytgehalt des Meerwassers und des penekontemporären bis frühdiagenetischen Porenwassers bei der Kieselschiefer-Genese. Ein den Kieselschiefer vollständig durchdringendes Wabengefüge scheint man nach bisherigen REM-Untersuchungen im Rheinischen Schiefergebirge, Kellerwald und Harz (Nöltner, 1986 ; Zimmerle, 1986) ausschliessen zu können.

Andererseits erinnert das Wabengefüge auch an negative Abdrücke von imprägnierten Sandstein- und Karbonat-Porensystemen, sogenannte "pore casts".

Vergleichbare Wabengefüge wurden auch in Proben aus dem kieseligen Flammen-Mergel des norddeutschen Alb beobachtet.

Das Vorhandensein von Kartenhaus- und Wabengefügen schliesst mechanische Kompaktion aus.

Die überwiegende Mehrzahl der im Atlas der Mikrostrukturen von Tonsedimenten sowie von fossilen Tonen und Tongesteinen gezeigten Beispiele (Grabowska-Olszewska *et al.*, 1984) zeigt allerdings kein Wabengefüge ; kompakte Parallelgefüge der Tonminerale herrschen vor. Nur Smektit neigt in fossilen Tonen, Tongesteinen und Sandsteinen besonders häufig zur Ausbildung von Wabenstruktur (Bohor & Hughes, 1971, 52, Fig. 6b ; Smart & Tovey, 1982, Fig. 1.7 ; Callender & Dahl, 1984, Fig. 9, 13, 15 ; Grabowska-Olszewska *et al.*, 1984 ; Welton, 1984, 72-75 ; Henning & Störr, 1986). Deshalb gehen die in Taf. 2 gezeigten Wabenstrukturen mit höherer Wahrscheinlichkeit auf ursprünglichen Smektit zurück als auf ein anderes Tonmineral. Nach Sergeyev *et al.* (1980, 241 ff.) ist die Wabenstruktur (honeycomb microstructure) syngenetischer Entstehung.

Möglicherweise war das penekontemporäre bis frühdiagenetische Erscheinungsbild des Protokieselschiefers (Adinol) vom Vossenke-Tal ähnlich dem des oberpliozänen Bentonits aus dem Irak, den Henning & Störr (1986, Figs. 545-548) abgebildet haben.

4. ERGEBNISSE

- Die untersuchten Kieselschiefer aus dem Vossenke-Tal und von Riesebeid sind penekontemporäre bis frühdiagenetische Bildungen. Ein synsedimentärer toniger Altbestand wird durch das diagenetische Gefüge überprägt. Allerdings scheint das submikroskopische Gefüge solcher Kieselgesteine von Vorkommen zu Vorkommen variabel zu sein. Die Kieselmatrix hat einen mehr tonigen Altbestand verdrängt. Sie besteht heute aus Quarz. Die einzelnen Bausteine sind isometrisch begrenzt, von gleicher Partikelgrösse und kleiner als 3 µm. In Riesebeid sind sie untergeordnet auch von rundlicher Form, im Adinol vom Vossenke-Tal dagegen eckig und unregelmässig begrenzt. 1-2 µm grosse Mikroporen sind meist weitständig und daher nicht kommunizierend in den Kieselschiefern verteilt.

- Wabenförmiges Mikrogefüge kryptokristalliner Tonkomponenten (< 2 m im Durchmesser) wurde nur im Adinol des Vossenke-Tals beobachtet. Es ist von ähnlicher Grössenordnung wie die oben erwähnten Kieselsäure-Bausteine. Es handelt sich um ein durch penekontemporäre bis frühdiagenetische Einkieselung "konserviertes" Wabengefüge. Dieses submikroskopische Wabengefüge ist somit ein bisher unbekanntes Indiz für die frühe Einkieselung mancher Kieselschiefer.

- Die submikroskopische Gefügeanalyse ist eine vielversprechende Methode zur weiteren Charakterisierung pelitischer Kieselgesteine und ihrer diagenetischen Umwandlungen.

LITERATURVERZEICHNIS

BOHOR, B.F. & HUGHES, R.E., 1971 - Scanning electron microscopy of clays and clay minerals. *Clays and Clay Minerals, 19* : 49-54.

CALLENDER, C.A. & DAHL, H.M., 1984 - Characterization of petroleum sandstone reservoir rocks by scanning electron microscopy. *Scanning Electron Microscopy, 1884/IV*: 1501-1514.

FOLK, R.L. & WEAVER, C.E., 1952 - A study of the texture and composition of chert. *Amer. J. Sci., 250* : 498-510.

GRABOWSKA-OLSZEWSKA, B., OSIPOV, V. & SOKOLOV, V., 1984 - Atlas of the microstructure of clay soils. *Ponstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa*, 414 p.

HENNING, K.-H. & STÖRR, M., 1986 - Electron micrographs (TEM, SEM) of clays and clays minerals. *Series in Geol. Sci. (Acad. Verl.), Berlin*, 350 p.

KAIBARA, H., 1964 - A study of the microstructure of cherts. *Mem. College Sci. Univ. Kyoto, Ser. B., 30.*

KHVOROVA, I.V. & DMITRIK, A.L., 1969 - An electron microscope study of siliceous rocks and problems of their post-sedimentational formation. *Lith. and Min. Res*, : 1-14 a translation of *Litologiya i Poleznye Iskopaemye, n° 1* : 3-15, Washington D.C.

KHVOROVA, I.V. & DMITRIK, A.L., 1972 - Microtextures of siliceous rocks. Essay of electron microscope study. *Acad. Sci. USSR, Transactions, 246* :47 p. (in Russian ; Nauka) Moscow.

KUHN, H. & ZIMMERLE, W., in Druck - Helle Tufflagen mit Belastungsmarken (load casts) im Unterkarbon (Viséum) von Westharz und Kellerwald. *Geol. Jb. Hessen, 117*, Wiesbaden.

LANDMESSER, M., 1984 - Das Problem der Achatgenese. *Mitt. Pollichia, 72* : 5-137.

LANDMESSER, M., 1988 - Experimente zur Petrologie edelsteinbildender Prozesse : Chalcedon/Achat. *Kurzmitt. Instit. Edelsteinforsch. Univ. Mainz, 4(3/4)* : 13-24.

LEVITAN, M.A. & LISITSYN, A.P., 1976 - Electron-microscope study of chert from the sedimentary sequence of the central part of the Pacific Ocean. *Oceanology Acad. Sci. USSR*, ***16*** : 583-585.

MATTIAT, B., 1969 - Eine Methode zur elektronenmikroskopischen Untersuchung des Mikrogefüges in tonigen Sedimenten. *Geol. Jb.*, ***88*** : 87-111.

NÖLTNER, T., 1986 - Zur Zusammensetzung, Partikelgrösse, Mikrotextur und Vererzung einiger Tonschiefer- und Kieselschiefer-Proben aus dem tieferen Unterkarbon der Bohrung Adlersberg (West-Harz). *Geol. Jb.*, ***D 78*** : 269-343.

NÖLTNER, T., 1988 - Submikroskopische Komponenten und Mikrotextur klastischer Sedimente. *Enke, Stuttgart*, 170 p.

PAPROTH, E., 1976 - Zur Folge und Entwicklung der Tröge und Vortiefen im Gebiet des Rheinischen Schiefergebirges und seiner Vorländer, vom Gedinne (Unter-Devon) bis zum Namur (Silesium). *Nova Acta Leopold., N.F.* , ***224*** : 45-58.

RIBBERT, K.-H., 1975 - Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Unterkarbon nördlich des Oberharzer Diabaszuges (NW-Harz). *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, ***18*** : 1-58.

SAYIN, M. & JACKSON, M.L., 1975 - Scanning electron microscopy of cherts in relation to the oxygen isotopic variation of soil quartz. *Clays and Clay Minerals*, ***23*** : 365-368.

SERGEYEV, Y.M., GRABOWSKA-OLSZEWSKA, B., OSIPOV, V.I., SOKOLOV, V.N. & KOLOMENSKI, Y.N., 1980 - The classification of microsctructures of clay soils. *J. Microsc.*, ***120*** : 237-260.

SMART, P. & TOVEY, N.K., 1982 - Electron microscopy of soils and sediments : techniques. *(Clarendon Press) Oxford*, 264 p.

WELTON, J.E., 1984 - SEM petrology atlas. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Methods in Exploration Series*, 237 p.

WISE, S.W.JR. & WEAVER, F.M., 1974 - Chertification of oceanic sediments. *Spec. Publs. Int. Assoc. Sediment.*, ***1*** : 301-326.

ZIMMERLE, W., 1986 - Gesteinstypen und kleindimensionale Sedimentstrukturen im tieferen Unterkarbon der Bohrungen Adlersberg, Bullars, Eselsberg und Spiegeltal im West-Harz. *Geol. Jb.*, ***D 78*** : 95-205.

TAFEL 1

Verteilung der Hauptelemente Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti und Mn im Kieselschiefer. Vossenke-Tal, ENE von Osterode, Harz.

100 μm
Al
Fe
Mg
Na
K
Ti
Mn

TAFEL 2

Rasterelektronenmikroskopische Ansichten des Kieselschiefer-Gefüges (gebrochene und bedampfte Gesteinsoberfläche). Vossenke-Tal, ENE von Osterode, Harz.

A - Schuppige Glimmerminerale zeigen Schichtung des Kieselschiefers an.

B - Einzelnes Glimmermineral (Ausschnitt aus A).

C - Zick-zack-Deformation eines einzelnen Glimmerminerals (Ausschnitt aus B).

D - Deutlicher Grössenkontrast des Mikrogefüges : links oben kleinzelliges Wabengefüge mit einem Wabendurchmesser von < 1 µm, rechts unten grösserzelliges Wabengefüge mit einem Wabendurchmesser von 2-4 µm. Globulargefüge fehlt.

E - Deutlicher Grössenkontrast des Mikrogefüges und Bedampfungsartifakt : meridionaler Bereich in der Mitte, vermutlich durch übermässige Bedampfung verstecktes kleinzelliges Wabengefüge wie in D (links oben) ; links und rechts aussen grösserzelliges Wabengefüge wie in D (rechts unten).

F - Bedampfungsartifakt : wurmförmige Oberfläche mit Mikroporosität - vermutlich wurmförmige Bedampfungsartifakte auf den Oberflächen kleinzelliger Waben (Ausschnitt aus E).

G - Kleinzelliges Wabengefüge beherrscht den gesamten Bildausschnitt. Versteckt ist die schrägverlaufende Schichtung erkennbar.

H - Unregelmässig verteiltes kleinzelliges Wabengefüge unterschiedlicher Wabengrösse.

I - Nahansicht kleinzelliger Waben, die dem Sedimentmikrogefüge bei Koagulatsedimentation (Mattiat 1969, Taf. 9, Fig. 16 und 17) in hohem Masse ähnlich ist (Ausschnitt aus H).

A
Zim 6 880930 00017
10µm
B
3µm
C
Zim 6 880930 00020
D
Zim 6 880930 00014
10µm
E
20 µm
F
2 µm
G
10µm
I
Zim 6 880930 00012
H
3µm

TAFEL 3

Rasterelektronenmikroskopische Ansichten des Kieselschiefergefüges (gebrochene und bedampfte Gesteinsoberfläche). Riescheid-Profil im Wuppertal-Barmen

Probe ZIM 15 (DS 29084) A-D
Probe ZIM (DS 29113) E-F

A - Uniformes, gleichkörniges Kieselschiefergefüge mit angedeuteter Globularstruktur und einzelnen Mikroporen. Wabengefüge wurde nicht beobachtet.

B - Globulargefüge von verschweissten Tonmineralaggregaten. Die einzelnen Tonminerale sind alle < 1 µm. Übermässige Bedampfung scheint eckige Partikelgrenzen zu überdecken (Ausschnitt aus A).

C - Uniformes, gleichkörniges Kieselschiefergefüge mit angedeuteter Globularstruktur. Beachte einzelne Mikroporen (Pfeil). Wabengefüge wurde nicht beobachtet.

D - Globulargefüge von verschweissten Tonmineralaggregaten. Die einzelnen Tonminerale sind alle < 1 µm (Ausschnitt aus C).

E - Weniger uniformes Kieselschiefergefüge mit höheren Anteilen an feinschuppigen Glimmermineralen. Wabengefüge wurde nicht beobachtet.

F - Schwaches Parallelgefüge von glimmrigen Mineralen, die z.T. > 2 µm sind (Ausschnitt aus E).

A
20 µm
B
2 µm
C
20 µm
D
2 µm
E
20 µm
F
2 µm