

Festschrift Heißel	Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Bd. 86	Innsbruck, Dezember 1973	Seite 73–90
--------------------	---	--------------------------	-------------

Mineralfazies und Tonpetrographie ordovizischer Tonschiefer (Meaford-Dundas Formation, Kanada)

von

Kurt CZURDA *)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Meaford-Dundas Formation in Süd Ontario (Canada) ist eine Abfolge hellgrauer Tonschiefer mit guter Spaltbarkeit und grauen fossilreichen Kalkstein- bzw. Siltsteinzwischenlagen. Die resistenten Zwischenschichten sind bis zu 20 cm mächtig und umfassen 10 bis 20% der Formation. Die Tonlagen variieren in ihrer Mächtigkeit zwischen 50 cm und 2 m.

Die Tonminerale sind im wesentlichen Illit, Eisen-Chlorit und kleine Mengen von Vermikulit und Mischstruktur-Mineralien. Der Karbonatgehalt scheint mit 4 bis 5% durchschnittlich konstant zu bleiben, ausgenommen der Südwesten Ontarios, wo die Karbonate 20 bis 25% der Formation ausmachen. Dieser Anstieg geht hauptsächlich auf den Dolomitgehalt zurück, ein Merkmal, das Faktoren wie ursprüngliche Ablagerungsbedingungen und Diagenesevorgänge reflektiert. Der Quarzgehalt in den Tonschiefern und speziell in den resistenten Zwischenlagen steigt gegen Norden zu bis zu einem Durchschnitt von 35 bis 40% an, verglichen mit 10 bis 15% im Süden. Rogenpyrit (Aggregate von Pyritkörnern in sphäroidalen Anhäufungen) sind ein herausstechendes Merkmal der Tonschieferlagen der Meaford-Dundas Formation im Norden (Umgebung von Meaford).

Die prinzipiellen Ursprungsgebiete für die im wesentlichen aus Klasten bestehenden Einheit sind das Appalachen Orogen (Taconisches Gebirge), welches höchstwahrscheinlich den Großteil der Tonminerale und teilweise den Quarz lieferte, und der Kanadische Schild, welcher die Zulieferung von Schweremineralien und zusätzlichem Quarz besorgte.

SUMMARY

The Meaford-Dundas in southern Ontario is a medium grey shale with good fissility and resistant interbeds of grey fossiliferous limestones and siltstones. The hard layers are up to 20 cm in thickness and comprise 10 to 20 percent of the formation. The shale layers vary in thickness from 50 cm to 2 m.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Kurt Czurda, Department of Geology the University of Western Ontario, London 72, Canada.

The clay minerals are principally illite, iron-chlorite and small amounts of vermiculite and mixed-layer types. The carbonate content seems constant across the area at about 4 to 5 percent of the formation, except for the southwestern area where the carbonate increases to 20 or 25 percent. This increase is chiefly in dolomite content, a feature which reflects such factors as original conditions of deposition and possibly diagenesis subsequent to burial. The quartz content in the shale beds and especially in the hard interbeds, increases towards the north to an average of 35 to 40 percent compared with 10 to 15 percent in the south. Framboids (aggregates of pyrite grains in spheroidal clusters) are a striking feature of the shale beds of the Meaford-Dundas Formation in the Meaford area.

The principal source rock areas are the Appalachian orogen in the east (Taconic Mountains), which probably supplied most of the clay minerals and some quartz, and the Canadian Shield in the north, which provided the basin of sedimentation in the south with heavy minerals and additional quartz.

DEVONIAN	
SILURIAN	
ORDOVICIAN	Upper Queenston
	MEAFORD-DUNDAS
	Collingwood
	Trenton
	Black River
CAMBRIAN	
PRECAMBRIAN	

Fig. 1: Stratigraphische Terminologie des Ordoviziums in Süd Ontario mit der Meaford-Dundas Formation im Mittelabschnitt des oberen Ordoviziums.

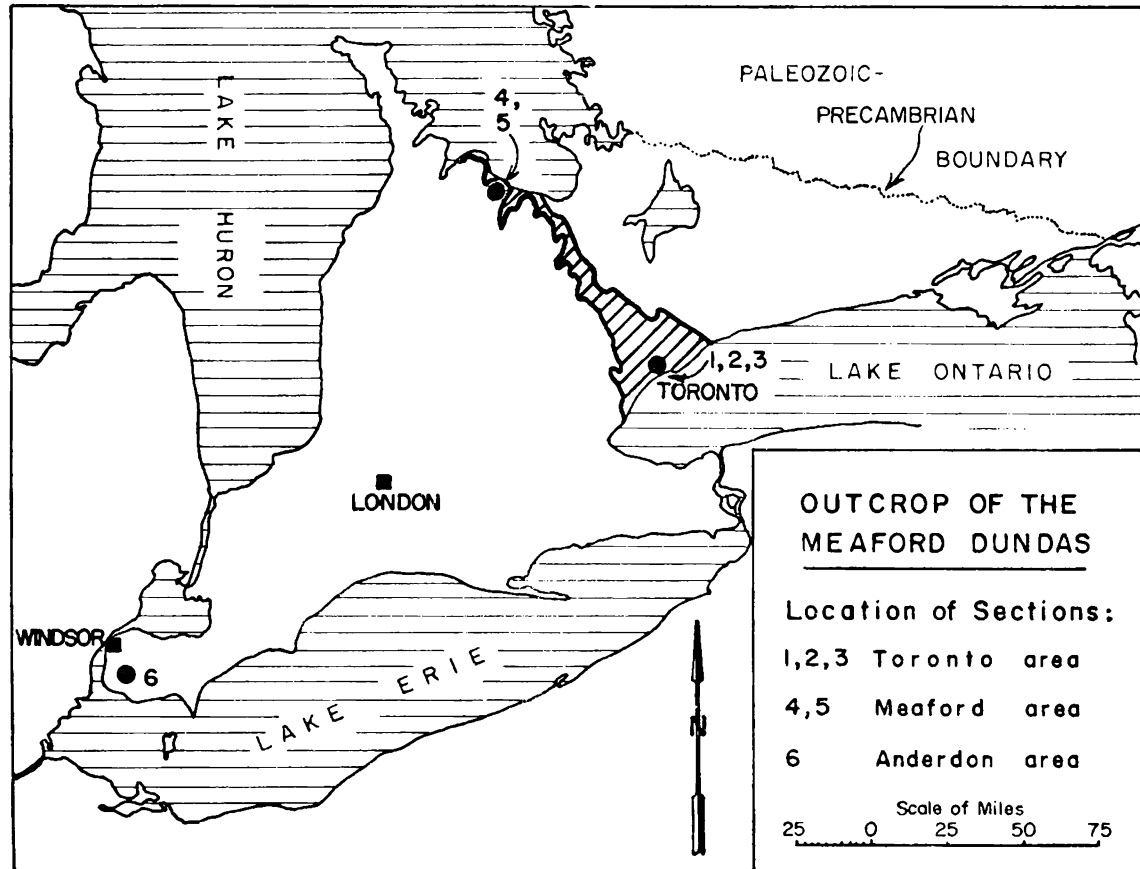


Fig. 2: Kartenskizze von Süd Ontario mit Kennzeichnung des anstehenden Meaford-Dundas Areal und Markierung der Profillokaltäten.

EINLEITUNG

Ein saiger liegender paläozoischer Sedimentstapel, welcher vom oberen Kambrium bis ins obere Devon reicht, überlagert die Metamorphite des Kanadischen Schildes in Süd Ontario. Dies zeigt der stratigraphische Überblick in Fig. 1. Großtektonisch gesehen ist das Untersuchungsgebiet (Fig. 2) der Bereich einer leichten Aufwölbung des kristallinen Untergrundes mit Muldenstrukturen zu beiden Seiten (New York State im Osten und Michigan im Westen). Die überlagernden paläozoischen Sedimente sind dementsprechend in Ontario (Untersuchungsgebiet) mehr in einer Flachwasserfazies und im angrenzenden New York State bzw. Michigan mehr in Tiefer-Wasser-Fazies entwickelt.

Die Mächtigkeit des paläozoischen Sedimentstapels steigt von Null am präkambrisch-paläozoischen Kontakt (Fig. 2) bis zu etwa 1400 m im Süden (Windsor) an.

Die Meaford-Dundas Formation bildet den Mittelabschnitt der oberordovizischen Klastserie. Sie wird unterlagert von schwarzen Collingwood-Tonschiefern und überlagert von rötlich-braunen Queenston-Tonschiefern (Fig. 1). Das Gebiet der Meaford-Dundas Aufschlüsse ist in Fig. 2 skizziert. Nördlich davon ist kein Ordovizium mehr vorhanden, im Süden ist die Formation durch jüngere Sedimente überdeckt und kann nur an Hand von Bohrproben studiert werden.

Die ganze oberordovizische Tonschieferfolge wird als Delta oder Delta-nahe Fazies gedeutet und als Queenston-Delta bezeichnet. Die grauen Tonschiefer repräsentieren die deltafernere marine Fazies.

Vom ökonomischen Gesichtspunkt gesehen ist die Meaford-Dundas Formation eine bedeutende Quelle für die Rohmaterialien der Ziegel- und Keramikindustrie und die Herstellung expandierender Aggregate. Dieses Produkt findet Verwendung in der Betonindustrie und tritt mehr und mehr an die Stelle von Sand, Kies oder Bruchstein als Zuschlagsmaterial. Die beachtliche Gewichtsreduktion, die bei Verwendung expandierender Tonaggregate erzielt werden kann, hat kaum Einfluß auf die Belastungsfähigkeit des Materials (GUILLET, 1967).

Die Meaford-Dundas Formation ist die Fundierungen tragende Schicht aller Hochbauten in Toronto. Spannungsentlastung und langzeitige Verwitterung oberflächennaher Tonschieferareale führten zur Bildung eines schlechten Fundierungsgesteins bis zu einer Tiefe von 3 m. Dies macht tiefere Gründungen erforderlich, um schwerere Fundierungen tragen zu können. Weitere ingenieurgeologische Probleme ergeben sich bei Tunnelbauten wo die komplexe Beziehung zwischen Spannungsentlastung, Härteminderung durch Hydratation und Gefügelockerung infolge Erschütterung, verursacht durch Preßlufthammer-Einwirkung, Drucke auf die Tunnelwandungen verursachen. Diese Problematik wird zur Zeit an einem Trinkwasserversorgungstunnel in Mississauga (SW von Toronto) untersucht (CZURDA & QUIGLEY, 1973).

Die meisten vorausgegangenen Untersuchungen am Oberordovizium in Ontario waren vor allem der Stratigraphie und Paläontologie gewidmet (z. B. PARKS, 1925). Kurze und generelle Angaben über Geologie und Geochemie der Formation finden sich bei CALEY (1940), SANFORD (1961) und GUILLET (1967, S. 31–35). Die nachfolgende Arbeit befaßt sich ausschließlich mit der Sedimentologie, Mineralogie und dem Gesteinsgefüge der Meaford-Dundas Formation in Süd Ontario.

GEOLOGIE

Die Meaford-Dundas Formation setzt sich aus grauen und graugrünen Tonschiefern mit einigen karbonatischen bzw. quarzsiltitischen Zwischenschichten zusammen. Die resistenten Zwischenlagen umfassen 10 bis 20% der Formation. Diese Lagen übersteigen nur selten 20 cm Mächtigkeit und sind stets lentikular. Die Tonschieferbänke sind zwischen 50 cm und 2 m mächtig. Der Aufschluß in Cooksville (SW Toronto, Fig. 2), welcher wahrscheinlich den stratigraphisch höchsten Abschnitt darstellt, hat die geringste Zahl von resistenten Zwischenlagen. Photos, welche typische Erscheinungsformen des Gesteins zeigen, sind in Fig. 3 bis 6 wiedergegeben.

Der Meaford- und der Dundas-Abschnitt sind lithologisch nicht unterscheidbare Einheiten und daher stets als eine Formation behandelt. Fossilien sind durch die ganze Formation hindurch anzutreffen, jedoch die relative Häufigkeit sowie das erste und letzte Auftreten verschiedener Gruppen (PARKS, 1925) machte eine Trennung zwischen Meaford Einheit und Dundas Einheit möglich. Letztere ist fossilreicher.

Vergleichbare Einheiten treten in den St. Lawrence Lowlands von Quebec (DEAN, 1962) und im Staate New York (FISHER, 1962) auf. Dies ist ein Hinweis auf eine epikontinentale Meeresverbindung während des oberen Ordoviziums.

Die oberordovizischen Klaste in Ontario steigen in ihrer Mächtigkeit von 180 m in Toronto bis zu 450 m in Windsor an, dies entspricht einer Rate von 2.4 m pro Meile (1600 m) (BRIGHAM, 1971, S. 22). Weil die Meaford-Dundas Formation von der unterlagernden Collingwood Formation schwer zu unterscheiden ist, betreffen alle Mächtigkeitsangaben stets beide Einheiten. Jedoch kann für die grauen Tonschiefer eine Mächtigkeit zwischen 110 und 215 m angenommen werden. Die Mächtigkeitsverteilung ist unregelmäßig und folgt keinem bestimmten Trend.

ARBEITSMETHODEN

Karbonate

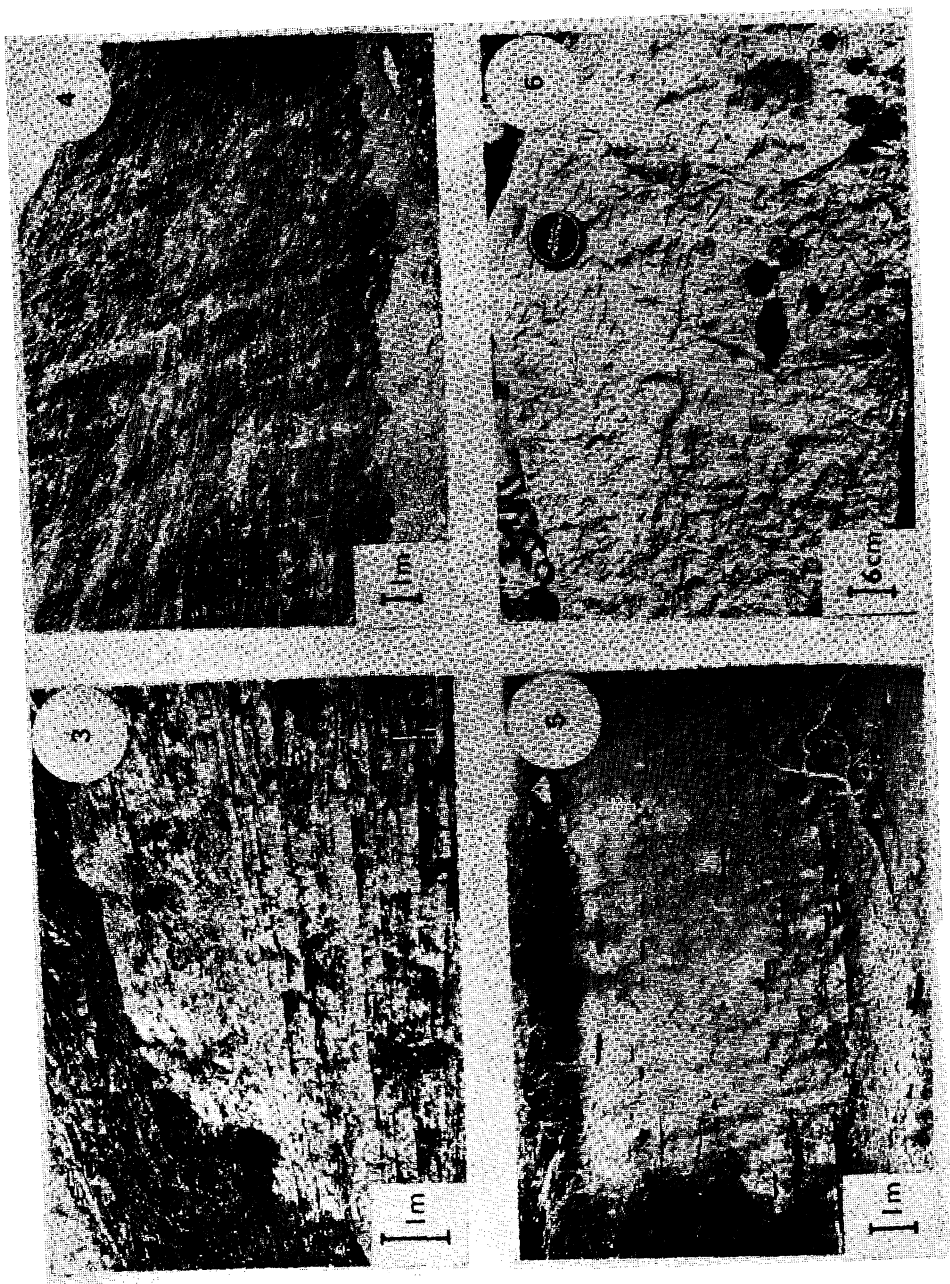
Der Calcit- und Dolomitgehalt wurde quantitativ unter Anwendung der gasometrischen Methode mit Hilfe einer Chittick-Apparatur (DREIMANIS, 1962) bestimmt. Kontrollanalysen im Röntgendiffraktometer haben diese Angaben im allgemeinen bestätigt.

Quarz

Die Röntgendiffraktometer Methode des internen Standards (Zusatz von 2, 4 und 6% gepulverten Quarzes zur Probe) wurde für die quantitative Analyse angewendet. Quarzkornauszählungen mit Hilfe eines point counters wurden zusätzlich an Dünnschliffen von Siltgesteinslagen durchgeführt.

Tonminerale

Die Tonminerale wurden mit Hilfe von Röntgendiffraktometer-Analysen an nicht behandelten und chemisch vorbehandelten Proben – wie beschrieben bei BROWN (1961), SODERMANN & QUIGLEY 1965) und CARROLL (1970) – identifiziert. Generell wurden die Diffraktometer-Diagramme an Pulverproben und zentrifuge-orien-



Bilderklärung zu Seite 78

Fig. 3: Toronto-Brick Steinbruch, Don Valley, Toronto, Typisches Aufschlußbild der Meaford-Dundas Formation mit einer großen Zahl von Kalkstein-Zwischenschichten.

Fig. 4: Domtar Steinbruch, Cooksville, westlich Toronto. Dieser Abschnitt liegt stratigraphisch höher als der des Steinbruchs in Toronto. Die resistenten Schichten sind sehr dünn und nur in geringer Zahl den Tonschiefern zwischengeschaltet.

Fig. 5: Meaford Creek an Highway 26. Die dünnen und nur in geringer Zahl auftretenden Sandsteinschichten sind teilweise linsenförmig aufgelöst und schrägschichtet.

Fig. 6: Sandstein ss-Fläche vom Meaford Creek. Crinoiden-Fragmente, Lamellibranchiaten und Lebensspuren. Das marine Milieu während der Sandsteinsedimentation war der Entfaltung invertebraten Lebens offenbar förderlich.

Schwerermineralien

Die Schwerermineralien wurden in Tetrabromethan von den übrigen Mineralien abgetrennt. Der Schwereretrennung vorausgehend wurden die Proben zwei Tage lang in 20%iger Essigsäure bzw. 25%iger Calgon-Lösung und nachfolgender Ultraschallvibration behandelt.

Es wurde kein Versuch unternommen, die Tonschieferproben zu fraktionieren um den $< 2 \mu$ -Anteil (i. a. Tonmineralien) zu bestimmen. Der Tonschiefer ist normalerweise sehr feinkörnig und wurde vor der Röntgenbehandlung pulverisiert. Eine gewisse Korngrößentrennung geht während der Dispersion und Zentrifugierung bei der Herstellung der orientierten Präparate vor sich. Dies resultiert in deutlicheren peaks für die Tonminerale und macht deren Identifikation präziser.

Mehr Erläuterungen zu den Analysen-Methoden folgen im Zusammenhang mit der detaillierten Beschreibung der regionalen Tonpetrographie.

MINERALOGIE UND LITHOLOGIE

Die Resultate der mineralogischen Analysen sind in Fig. 7 bis 11 dargestellt. Von besonderem Interesse sind Fig. 9, 10 und 11 welche die Lithofaziesänderungen zwischen Toronto, Meaford und Windsor veranschaulichen. Diese drei Gebiete sind typisch für den Änderungstrend im Untersuchungsgebiet.

Im folgenden Abschnitt werden die Charakteristika der Tonmineralien der Meaford-Dundas Formation beschrieben, speziell deren Erscheinungsbild im Röntgendiffraktometer-Diagramm. Eine Auswahl typischer Diagramme ist in Fig. 7 und 8 dargestellt.

Illit

Illit in den Tonschiefern ist durch einen ausgeprägten (001)-peak für d 10.27 Å und einen breiten (002)-peak für d 5.0 Å charakterisiert. Der 10 Å peak hat eine Schulter an der Niedrig-Winkel-Seite, welche eine Mischstruktur mit einer schwellbaren Komponente vermuten läßt. Kalium Sättigung reduziert diese Schulter etwas und weist somit auf Vermikulit als Mischstrukturkomponente hin (Fig. 8). Illit zeigte diese Merkmale in den Proben aller Profillokalitäten.

Chlorit

Chlorit wurde durch 550° C Hitzebehandlung näher bestimmt. Der 7 Å peak verschwand, der schwache 14 Å peak verstärkte sich und verlagerte seine Position zu etwa 13.8 Å (Fig. 7). Dieses Verhalten ist charakteristisch für Eisen-Chlorit. Die 15minütige HCl-Behandlung zerstörte den 7 Å peak restlos und bestätigte, daß Kaolinit – wenn überhaupt vorhanden – nur in ganz geringen Mengen auftritt (Fig. 7).

Vermikulit und Mischstruktur-Mineralien

Vermikulit steht in engster Beziehung zum Illit als ein untergeordneter Schichtgitterbaustein der Mischstrukturtypen, wie bereits oben erwähnt. In kleinen Mengen scheint er aber mit einem 14 Å Hauptpeak zu existieren. Seine Anwesenheit kann z. B. am Diagramm in Fig. 8 beobachtet werden. Der Kollapseffekt nachfolgend der Kalium-Saturierung bewirkte eine leichte Intensivierung des 10 Å peaks auf Kosten der 14 Å und 7 Å peaks. Die verbleibenden peaks sind Chlorit.

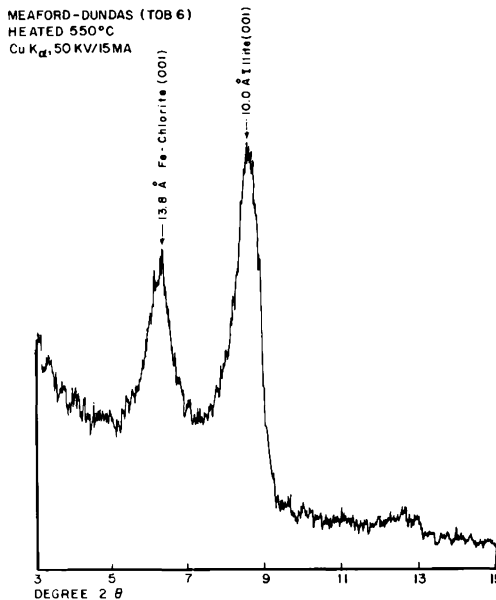
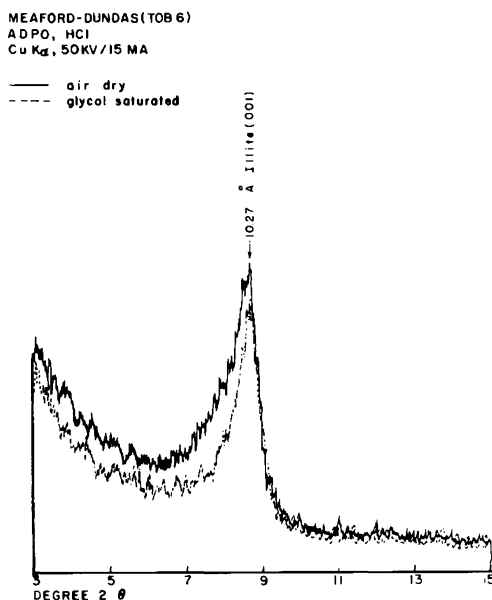
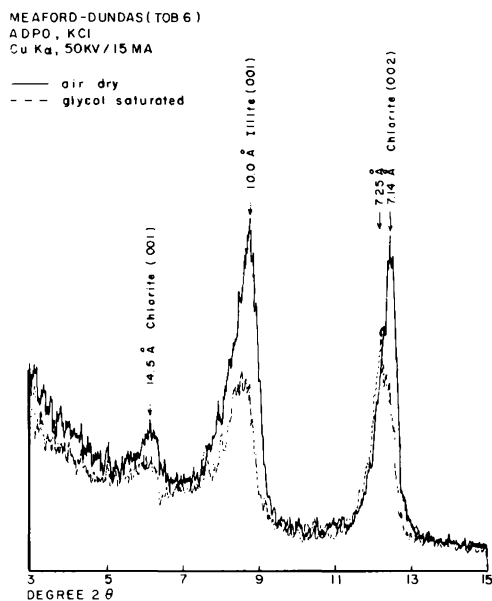
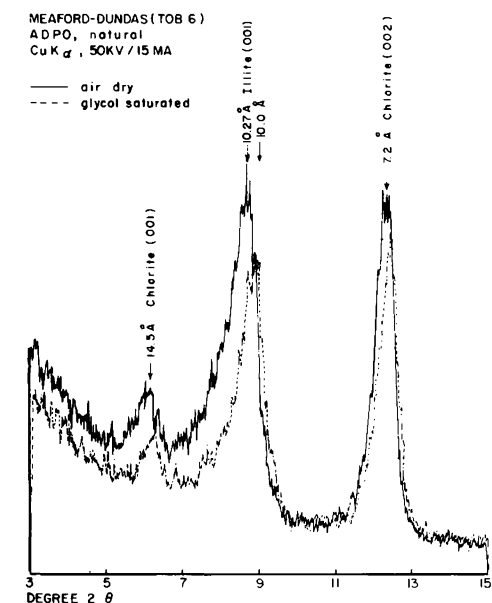


Fig. 7: Typische Röntgendiffraktometer Diagramme der Meaford-Dundas Tonschiefer. ADPO = luftgetrocknetes, bevorzugt orientiertes Präparat (Zentrifuge orientiert). ADPO, KCl = Kalium Fixierung am ADPO-Präparat und luftgetrocknet. ADPO, HCl = Probenpulver gekocht in conc. HCl, Zentrifuge orientiert und luftgetrocknet. Die strichlierte Signatur stellt das Diagramm desselben Präparates nach Glykol-Behandlung dar.

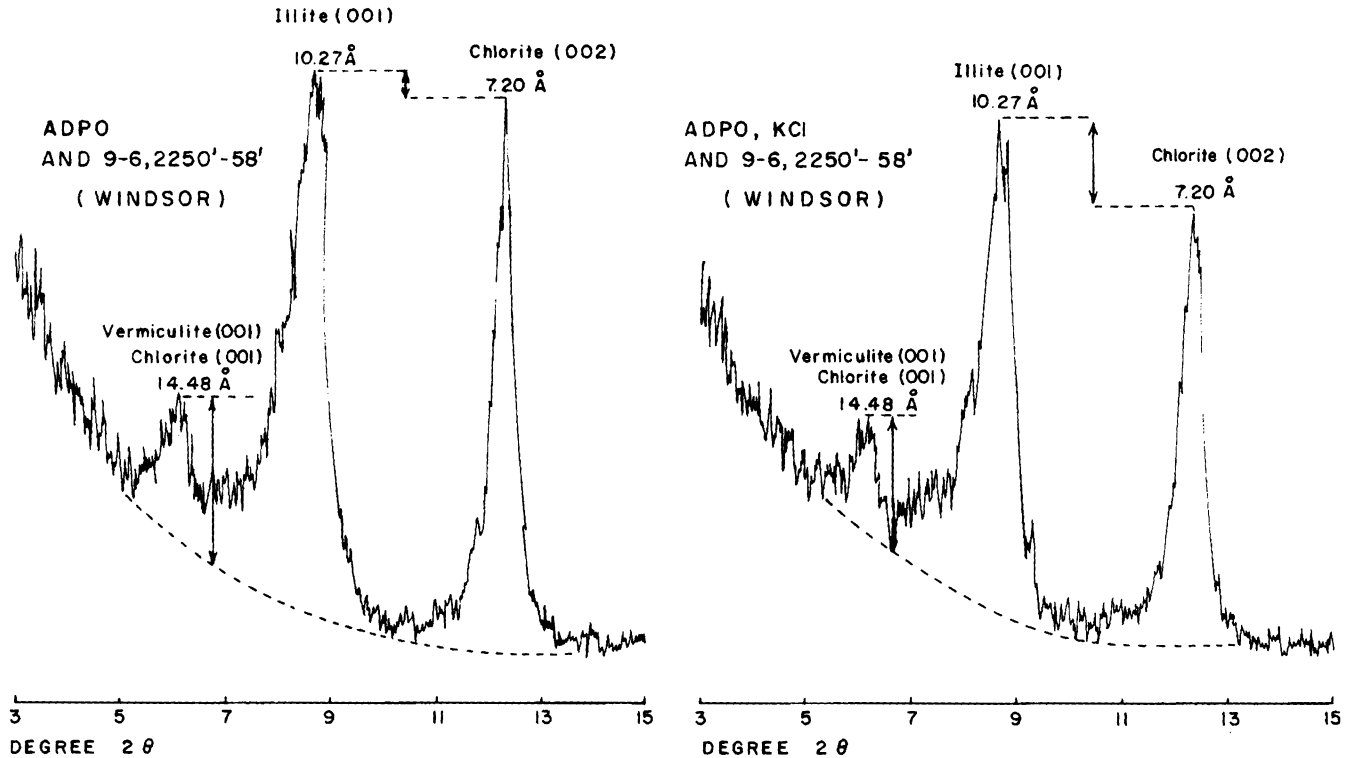


Fig. 8: Röntgendiffraktometer Diagramm einer unbehandelten Probe (ADPO, siehe Erläuterungen zu Fig. 7) im Vergleich mit derselben Probe nach Kalium Sättigung. Die charakteristischen Intensitätsänderungen indizieren Vermikulit.

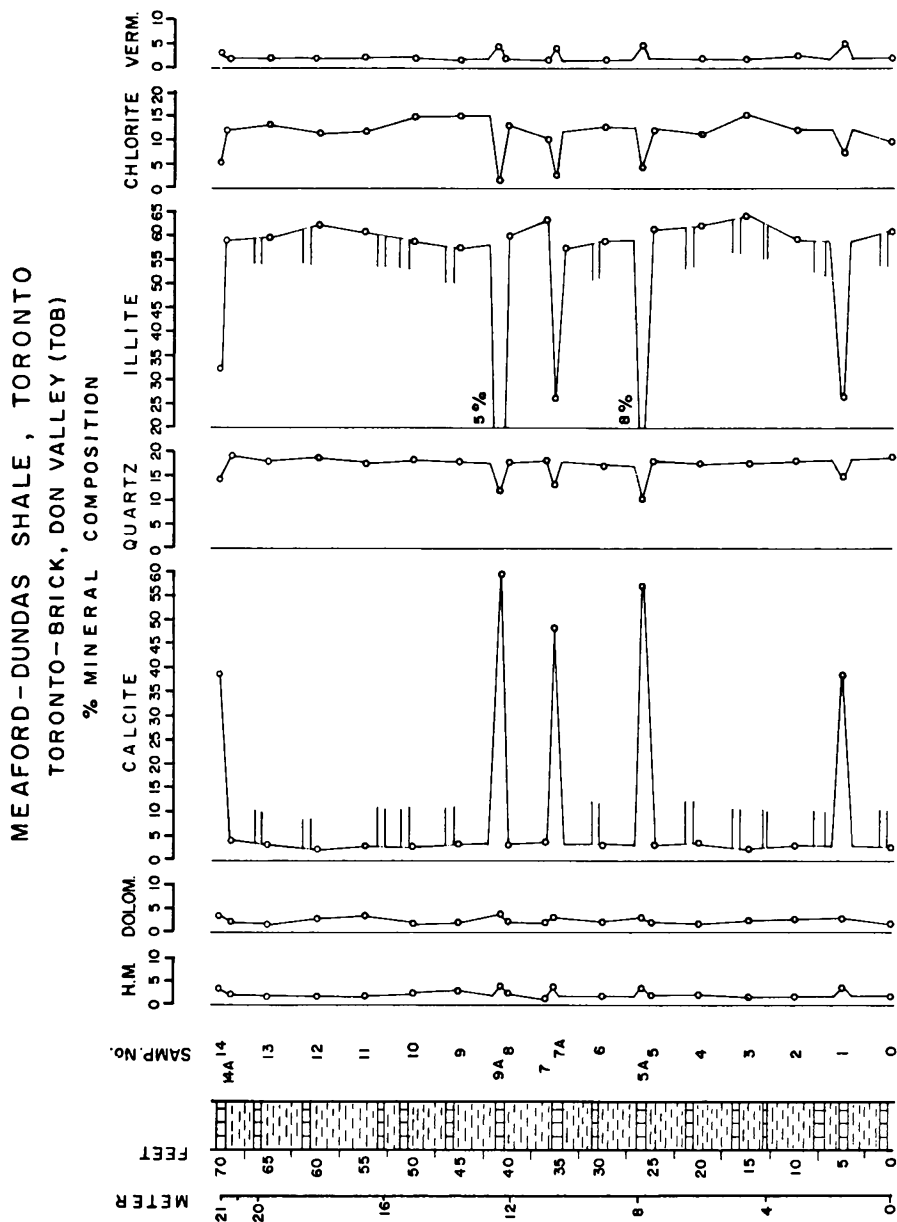


Fig. 9: Mineralogie des Profils im Toronto-Brick Steinbruch, charakterisiert durch niederen Karbonat- und Quarzgehalt und dementsprechend hohen Tonmineralanteil. Analysen an Kalkstein-Zwischenschichten wurden nur an wenigen Proben vorgenommen. Die Zahl der „peaks“ im Diagramm sollte so groß wie die Zahl der skizzierten Zwischenlagen in der Profilsäule sein.

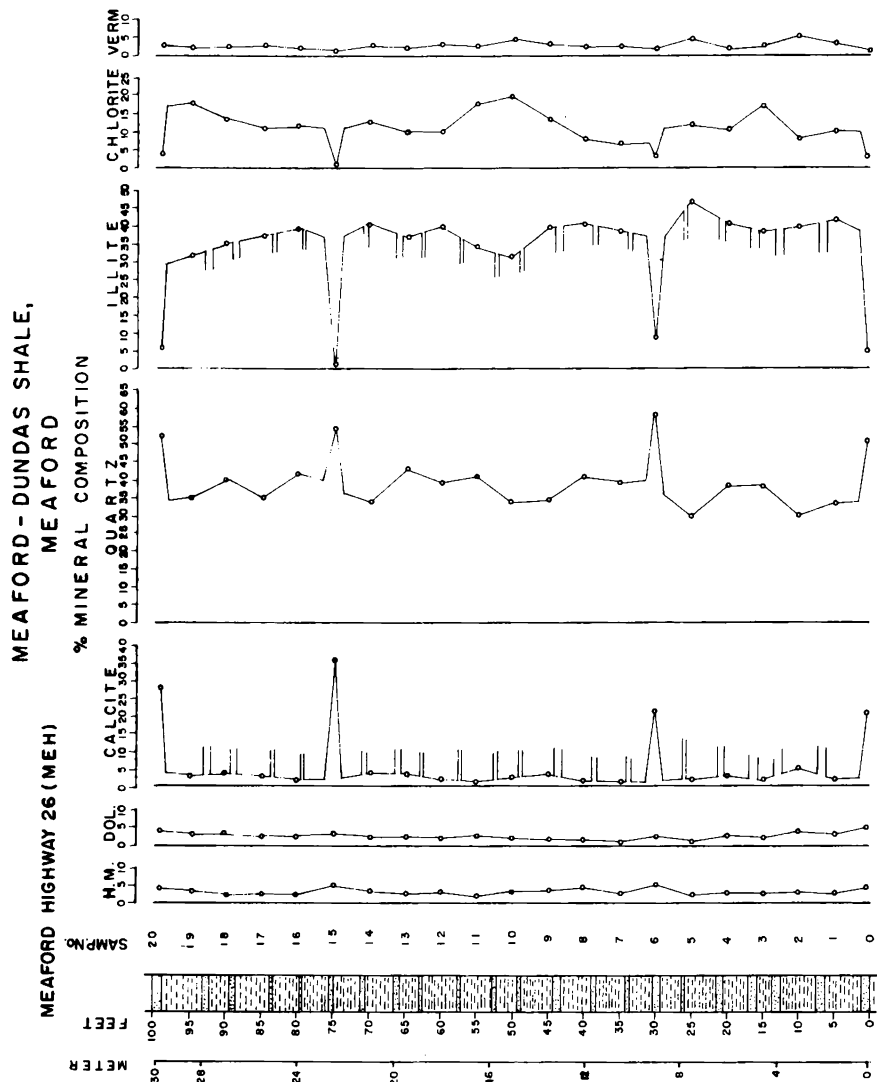


Fig. 10: Mineralogie des Profils am Meaford Creek, charakterisiert durch niedrigen Karbonat- und hohen Quarzgehalt. Der ansteigende Quarzanteil zusammen mit der größeren Varietät an Schweremineralien deutet den Einfluß des Kanadischen Schildes an.

MEAFORD - DUNDAS SHALE, WINDSOR
BOREHOLE ANDERDON 9 / VI (AND)
% MINERAL COMPOSITION

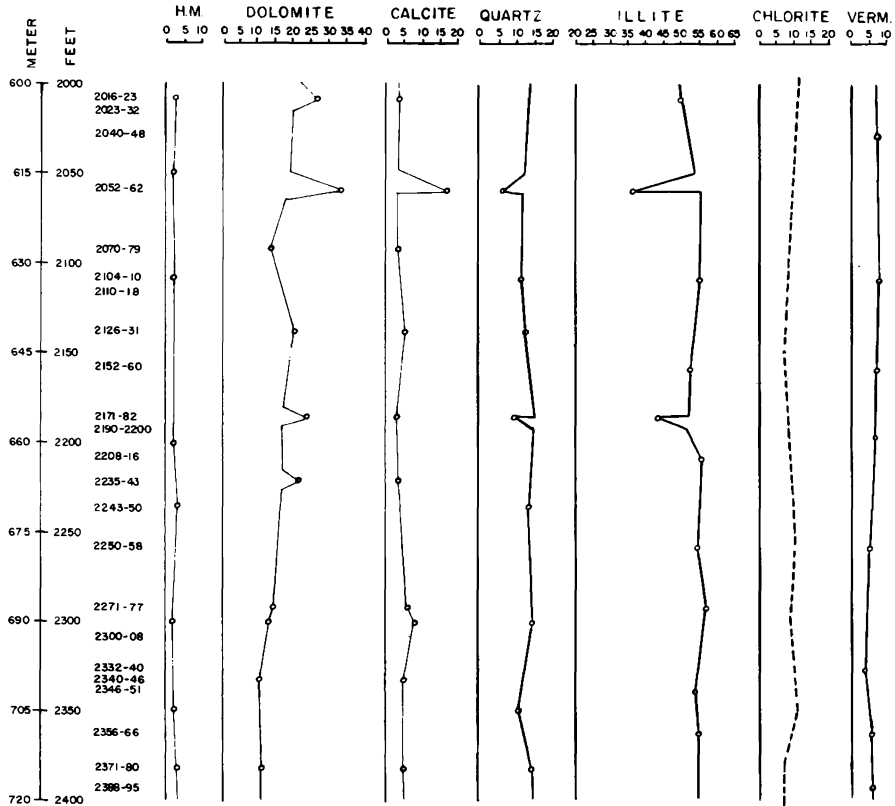


Fig. 11: Mineralogie der Anderdon Bohrproben, Umgebung von Windsor. Hoher Karbonatgehalt, speziell Dolomit, weist auf einen Milieuwechsel hin, der die gesamte Mineralverteilung beeinflusst. Der niedrigere Quarz- und Tonmineralgehalt steht im Zusammenhang mit der zunehmenden Entfernung von beiden Ursprungsgebieten.

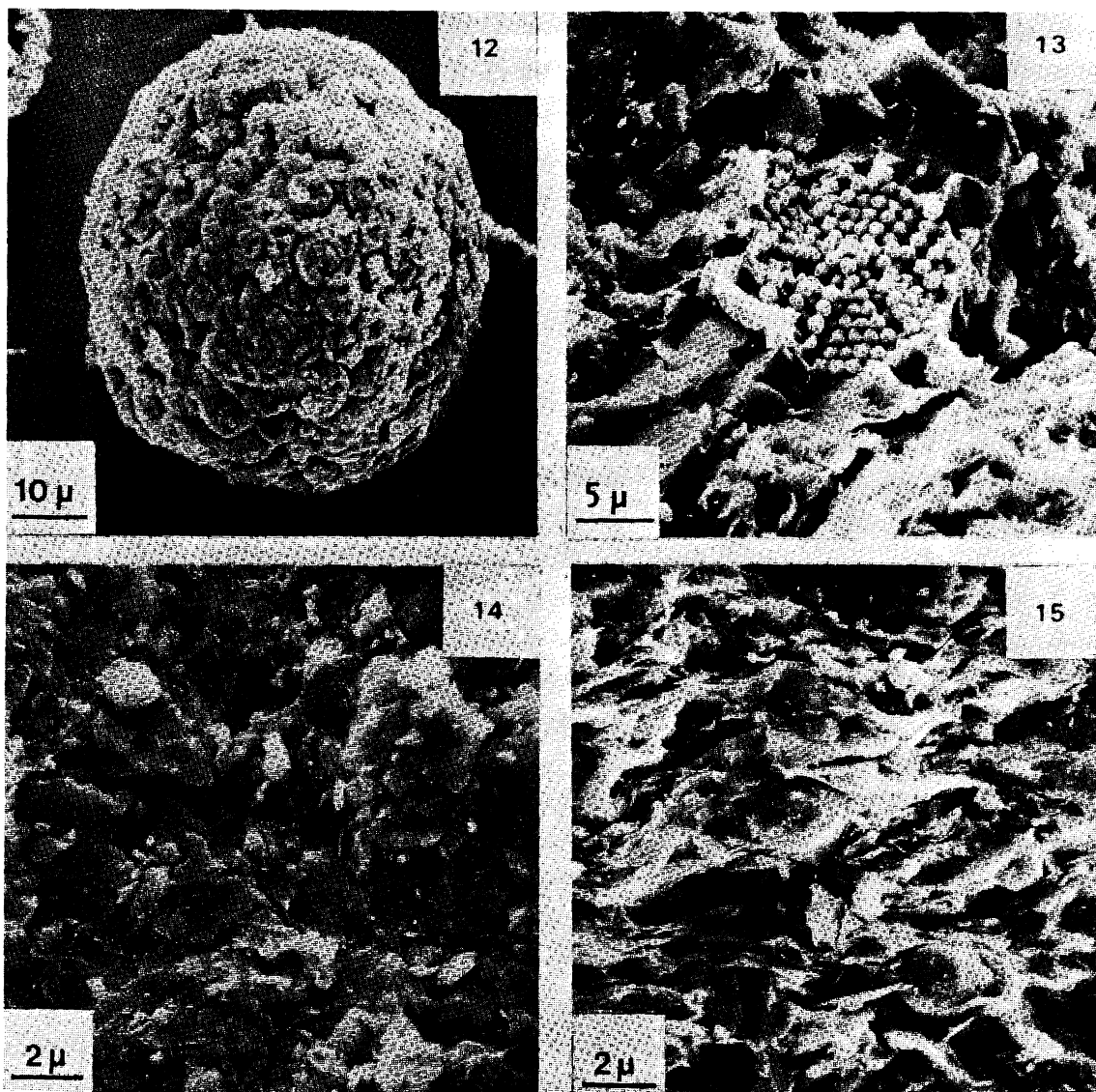


Fig. 12: Scanning-Aufnahme einer Rosenpyritkugel. Der Körper setzt sich aus euhedralen Pyritkristallen zusammen.

Fig. 13: Scanning-Aufnahme einer aufgebrochenen Rosenpyritkugel mit radialer Internstruktur.

Fig. 14: Scanning-Aufnahme einer ss-Fläche einer Tonschieferprobe. Die Tonplättchen sind mit ihren Basalflächen parallel zum ss orientiert.

Fig. 15: Scanning-Aufnahme derselben Tonschieferprobe wie Fig. 14, jedoch senkrecht ss aufgenommen. Die Prismenflächen weisen aus der Bildebene heraus und zeigen hierdurch ebenso die bevorzugte Orientierung an.

Rogenpyrit

Rogenpyrit ("framboids" in der englischsprachigen Literatur) sind kleine Anhäufungen von Pyritkristallen mit sphäroidalem oder kugeligem Umriß, wie Fig. 12 und 13 darstellen. Sie sind häufig in den Tonschiefern von Meaford, treten jedoch nur vereinzelt in den Tonschiefern von Toronto auf und konnten in den Bohrcuttings von Windsor nicht beobachtet werden.

Die Frage der Entstehung von Rogenpyrit ist noch nicht zufriedenstellend gelöst und die folgenden Ausführungen sollen einen kurzen Überblick über die mögliche Entstehungsweise geben, wie sie in der Literatur am häufigsten vertreten wird.

Sulfat reduzierende Bakterien sind unter niedrigen Eh-Bedingungen, charakteristisch für ein mit organischem Material angereichertes marines Milieu, aktiv (BERNER, 1971). Pyrit wird jedoch nicht direkt durch Reaktion von bakteriogenem Sulfid mit detritischem Eisen oder Eisenmineralien gebildet. Experimentelle Studien (RICHARD, 1969) haben gezeigt, daß Pyrit unter niedrigen Temperaturen ($< 100^{\circ}\text{C}$) und neutralem pH – charakteristisch für marine Sedimente – unter Reaktion von Eisenmonosulfid mit elementarem Schwefel in H_2S -Lösung entsteht. Der im Labor aus elementarem Schwefel synthetisierte Pyrit zeigt auffallende strukturelle Ähnlichkeit mit Rogenpyrit. Verschiedene Autoren (LOVE 1951, FABRICIUS 1961) halten jedoch die Fossilisation von Schwefelbakterien als Entstehungsursache für Rogenpyrit.

GEFÜGE

Die Tonschiefer deuten durch ihre gute Spaltbarkeit entlang der ss-Flächen eine bevorzugte Einregelungsrichtung der plättchenförmigen Tonminerale an. Röntgendiagramme von ss- und Senkrecht-ss-Flächen bestätigten die Einregelungsrichtung durch hohe Basalflächenintensitäten in der ss-Ebene und sehr schwachen Basalflächenintensitäten, jedoch deutliche Intensitätssteigerung der Prismenflächen, in den Schnittebenen senkrecht zum ss. Aufnahmen im Rasterelektronenmikroskop machten diese Tonmineral-einregelung sichtbar (Fig. 14 und 15).

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die oberordovizische Meaford-Dundas Formation in Süd Ontario ist hauptsächlich ein Resedimentationsprodukt. Die Tonminerale stammen von einem präexistierenden Tonschiefer, der Quarz teilweise aus Sediment-, teilweise aus Kristallingestein. Die Schwerminerale stammen ebenso von Kristallingesteinen ab, ausgenommen Pyrit, welcher chemisch oder biochemisch authigen entstanden angenommen werden muß. Das Karbonat ist wahrscheinlich zur Hauptsache biogener Schutt, da das Milieu offenbar einer großen Vielfalt Invertebrata, wie Lamellibranchiaten und Crinoiden, Lebensmöglichkeit bot.

Zwei Ursprungsgebiete (Fig. 16) müssen für die oberordovizischen Klaste angenommen werden: das Takonische Gebirge – die Westkette der Appalachen – und der Kanadische Schild. Das Hauptliefergebiet scheint das Takonische Orogen, das sich im oberen Ordovizium heraus hob, gewesen zu sein. Der verhältnismäßig hohe Quarzgehalt und die Schwerminerale im Osten (Toronto) kann der starken Sedimentationsanlieferung von

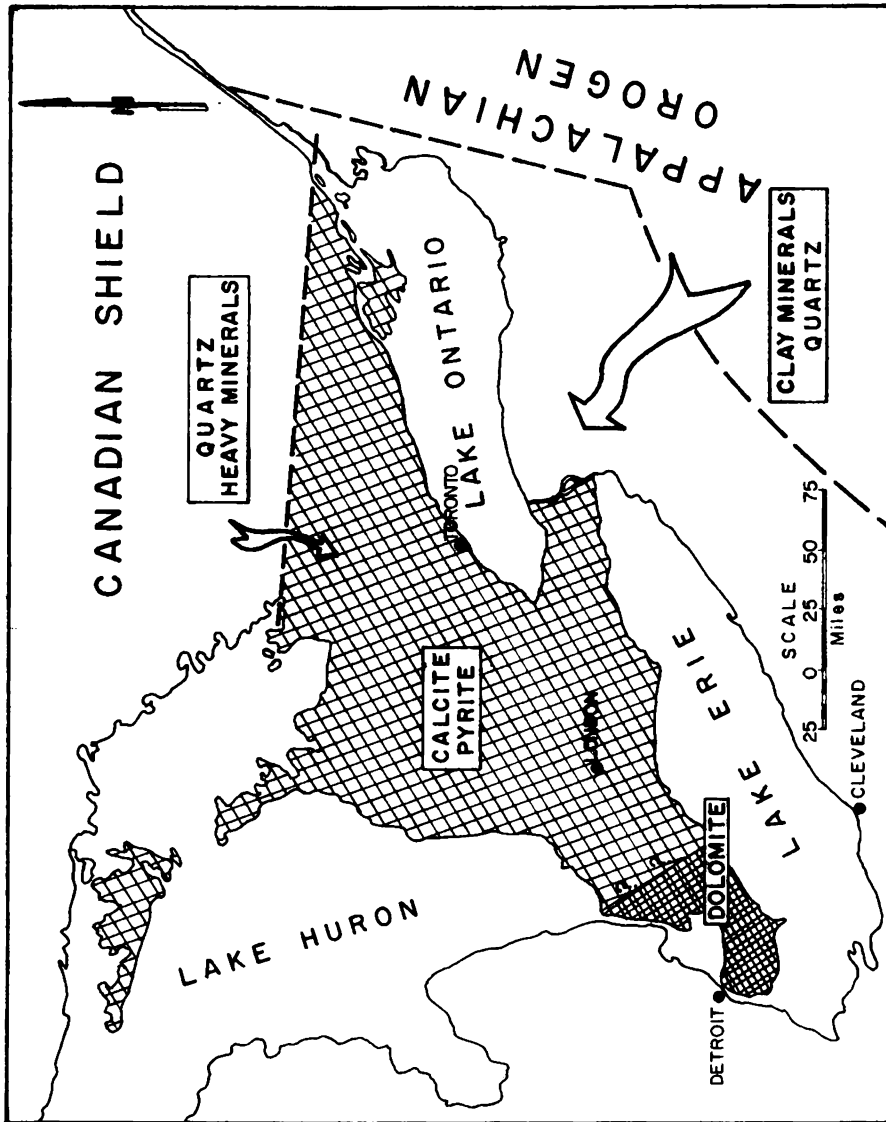


Fig. 16: Die Ursprungsgebiete der Mineralien der Meaford-Dundas Formation. Calcit, Dolomit und Pyrit werden authigen angenommen. Die Appalachen stellten die Tonminerale und teilweise den Quarz zur Verfügung. Der Kanadische Schild lieferte beträchtliche Mengen an Quarz, weiters Schwermineralien und etwas Tonminerale.

den Appalachen zugeschrieben werden. Der noch höhere Quarzgehalt und die größere Vielfalt an Schwermineralien in den nördlichen Teilen des Untersuchungsgebietes (Meaford) reflektiert den Einfluß des benachbarten Kanadischen Schildes.

Der südlichste Punkt des Gebietes (Windsor) stellt den von beiden Ursprungsgebieten am weitesten entfernten Punkt dar. Alle klastischen Komponenten nehmen – auf Kosten ansteigender Mengen authigenen Karbonats – ab. Der hohe Dolomitgehalt ist wahrscheinlich einer Änderung im Porenwasserchemismus, bedingt durch größere Einbettungstiefe, zuzuschreiben. Dies vorausgesetzt, fand der Dolomitierungsprozeß während späterer Diagenesephasen statt.

DANK

Die Durchführung der Arbeit über die Meaford-Dundas Formation wurde vom National Research Council of Canada finanziert, wofür ich dieser Institution hiermit meinen Dank ausspreche. Ich danke weiters den Herren Dr. C. G. Winder vom Department of Geology, University of Western Ontario sowie Dr. R. M. Quigley und Dr. T. Ogunbadejo, Faculty of Engineering Science, Soil Mechanics Group derselben Universität für ihre wertvolle Mitarbeit. Allen technischen Assistenten, vor allem Herrn G. Lusk vom Soil Chemistry Laboratory, gilt mein Dank für ihre Hilfe. Die Untersuchungen wurden in den Bodenmechanik Labors der Technischen Fakultät der University of Western Ontario, durchgeführt.

REFERENCES

- BERNER, R. A. 1971. Principles of chemical sedimentology. McGraw-Hill, Toronto, pp. 202–209.
- BRADY, J. G. and DEAN, R. S. 1966. Ceramic clay's and shales of Ontario. Canada Department of Energy and Mines, Research Report R 175, 125 p.
- BRIGHAM, R. J. 1971. Structural geology of southwestern Ontario and southeastern Michigan. Ontario Mines and Northern Affairs, Petroleum Resources Section, Paper 71–2, 110 p.
- BROWN, G. (editor). 1961. The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society, London, England, 544 p.
- CALEY, J. F. 1940. Palaeozoic geology of the Toronto-Hamilton area, Ontario. Geological Survey of Canada, Memoir 224, pp. 10–22.
- CARROLL, D. 1970. Clay Minerals: A guide to their X-ray identification. Geol. Soc. America, Sp. Paper 126, 80 p.
- CZURDA, K. and QUIGLEY, R. M. 1973. Cracking of a concrete tunnel in the Meaford-Dundas Formation, Mississauga, Ontario. Research Report, Faculty of Engineering Science, The University of Western Ontario, London, Canada, SM-3-13.
- DEAN, R. S. 1962. A study of St. Lawrence Lowland shales. McGill University, unpublished Ph. D. thesis, 235 p.
- DREIMANIS, A. 1962. Quantitative gasometric determination of calcite and dolomite by using Chittick Apparatus. Jour. Sed. Petrology, Vol. 32, No. 3. pp. 520–529.
- FABRICIUS, F. 1961. Die Strukturen des Rogenpyrites als Beitrag zum Problem der vererzten Bakterien. Geol. Rdsch., 51, pp. 641–657.
- FISHER, D. W. 1962. Correlation of the Ordovician rocks in New York State. N. Y. S. Mus. Soc. Ser. Map and Chart Ser. No. 3.
- GUILLET, G. R. 1967. The clay product industry of Ontario. Ontario Department of Mines, Industrial Mineral Report 22, pp. 21–100.
- LOVE, L. G. 1957. Micro-organism and the presence of syngenetic pyrite. Quart. Jour. Geol. Soc. London, Vol. 113, pp. 429–440.
- MARTIN, R. T. 1955. Ethylene glycol retention by clays. Soil Science Society America, Proceedings 1955, 19, pp. 160–164.
- MARTIN, R. T. 1955. Reference chlorite characterization for chlorite identification in soil clays. Proc. 3rd Int'l Conf. on Clays and Clay Minerals, Nat. Acad. Sci., Nat'l Research Council, Publication 395.
- PARKS, W. A. 1925. The stratigraphy and paleontology of Toronto and vicinity; part A: Stratigraphy and correlation of the Dundas formation. Ontario Department of Mines, Vol. XXXII, pp. 86–116.
- QUIGLEY, R. M., MATICH, M. A. J., HORVATH, R. G. and HAWSON, H. H. 1971. Swelling clay in two slope failures at Toronto, Canada. Can. Geotech. Jour., Vol. 8, No. 3, pp. 417–424.
- RICHARD, D. T. 1969. The chemistry of iron sulfide formation at low temperatures. Stockholm Contr. Geology, Vol. 20, pp. 67–95.
- SANFORD, B. V. 1961. Subsurface stratigraphy of Ordovician rocks in southwestern Ontario. Geol. Surv. Canada, Paper 60–26, 54 p.
- SODERMAN, L. G. and QUIGLEY, R. M. 1965. Geotechnical properties of three Ontario clays. Can. Geotech. Jour., Vol. II, No. 2, pp. 176–189.

Die vorliegende Arbeit ist die Präsentation eines Teiles einer umfassenden Studie über die Meaford-Dundas Formation. Einige Testserien sind noch im Versuchsstadium. Nachstehende Publikation, mit vollständiger Wiedergabe der erzielten Ergebnisse, ist in Vorbereitung:

- CZURDA, K., WINDER, C. G. and QUIGLEY, R. M. 1973. Sedimentology, Mineral Facies and Petrofabric of the Meaford-Dundas (Upper Ordovician) in Southern Ontario. Canadian Journal of Earth Science.