

ZUR BILDUNG VON GLAUKONIT AM BEISPIEL ÖSTERREICHISCHER VORKOMMEN

von

F. Schmidt und H. Kurzweil +)

(eingelangt am 18. Mai 1987)

Zusammenfassung

Mineralogisch-chemische Untersuchungen an Glaukonit-führenden Sandsteinen aus Oberkreide, Flysch und Tertiär in Salzburg, Ober- und Niederösterreich wurden mit dem Ziele durchgeführt, mögliche Bildungsbedingungen für "Glaukonite" über deren spezifische Eigenschaften aufzuzeigen.

Die vornehmlich auf mikroskopischen Beobachtungen und ESMS-Analytik beruhenden Ergebnisse zeigen, daß, abgesehen von wesentlichen Zusammenhängen zwischen Glaucony-Anteil (ODIN und MATTER, 1981) und granulometrischen Eigenschaften der Sandsteine, die durchwegs zonar gebauten und ihrer Textur und Mineralogie nach "entwickelten" Glauconys primär in jeglichem Substrat im Zuge syndesimentär-diagenetischer Prozesse gebildet wurden, wobei in einer Spätphase dieser Entwicklung die Ausbildung einer teufenunabhängigen Zonierung der Glauconys durch Porenlösungen gesteuert wurde.

Summary

On glauconite formation by some Austrian occurrences

Mineralogical and chemical investigations have been carried out to characterize the formation of "glauconites" in sandstones from Upper Cretaceous, Flysch, and Tertiary sediments in Salzburg, Upper and Lower Austria.

Using microscopical and micro probe analytical methods preferably the glauconys generally show zoning and belong to the "evolved" species according to ODIN and MATTER (1981). Concerning genetic interpretations several specific granulometrical properties of the sandstones have been observed which correlate with the glaucony contents of the sediments, and contributing to this matter a control function of formation waters due to a vertically independent zoning of glauconys in a late stage of glauconitisation also has been pointed out.

Einleitung

Die mineralogische Zusammensetzung und die Bildung von "Glaukonit" (KEFERSTEIN, 1828) zählen zu den klassischen Interessensgebieten mineralogisch-sedimentpetrologischer Forschung.

Frühzeitig als syndesimentär-diagenetische Neubildung mariner Seichtwassersedimente erkannt, war es die Variationsbreite chemischer und physikalischer Eigenschaften dieser Phasen, die stets zu weiterführenden Studien anregte, vor allem,

---

+) Anschrift der Verfasser:

Dr. Franz Schmidt  
Labor für Aufschluß und Produktion der ÖMV AG  
Gerasdorferstraße 151, 1210 Wien  
Prof. Dr. Hans Kurzweil  
Institut für Petrologie der Universität Wien  
Dr. Karl Lueger-Ring 1, 1010 Wien

da eine Einstufung des "Glaukonits" in ein festes mineralogisches Schema nicht möglich erschien.

Es würde zu weit führen, im Rahmen dieses Berichtes auf einzelne Abschnitte dieser Entwicklung einzugehen, die in den letzten beiden Jahrzehnten, insbesondere durch moderne Apparate-Techniken, intensiviert wurde. SCHMIDT (1983) gibt dazu eine umfassende Darstellung.

Der gegenwärtige Stand mineralogischer Kenntnis läßt sich nach ODIN und MATTER (1981) dahingehend zusammenfassen, daß an Stelle einer konkreten Zuordnung des Glaukonits als dioktaedrischer, Fe- und K-reicher Glimmer die Einführung einer "glaukonitischen Mineralfamilie" vorgeschlagen wird, die, auf genetischer Grundlage basierend, mit der Mixed-Layer-Reihe Smektit/Illit vergleichbar ist, die sich kristallchemisch von dieser im wesentlichen durch höheren Fe-Gehalt gegenüber Al in der Oktaederschicht unterscheidet. Diese, auch "Glaucony" bezeichnete Mineralgruppe beinhaltet demnach den gesamten diagenetisch gesteuerten Bildungsprozeß glaukonitischer Phasen, ausgehend von ersten Wachstumsanzeigen auf chemisch unterschiedlichen Substraten, über glaukonitische Smekтите, bis zum glaukonitischen Illit, der das Endprodukt der Entwicklung darstellt und als "Glaukonit" im engeren Sinn akzeptiert werden kann (ODIN und GALE, 1982).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden an Beispielen Glaukonit-führender Sandsteine aus Oberkreide, Flysch und Tertiär in Salzburg, Ober- und Niederösterreich mineralogisch-chemische Untersuchungen mit dem Ziele durchgeführt, die als Milieuindikator eingestuft Phasen durch eine detaillierte Kenntnisaufnahme ihrer spezifischen Eigenschaften im Hinblick auf genetische Modellvorstellungen zu überprüfen bzw., unter dem Gesichtspunkt erweiterten Datenmaterials, ergänzende Ansichten zu möglichen Bildungsmechanismen von Glaukonit vorzubringen.

#### Probenauswahl und Untersuchungsmethodik

Das, im wesentlichen, Bohrkernen entstammende Probenmaterial charakterisiert genetisch differente Sedimentabfolgen mit Schwerpunktbildung in den Bereichen:

- a) Raum Oberösterreich und Salzburg:  
Molassezone mit anteiligem oberkretazischen Untergrund, Helvetikum im N von Salzburg;
- b) Raum NE Niederösterreich:  
Molassezone mit anteiligem oberkretazischen Untergrund, Flyschzone.

Die Untersuchungen erfolgten nach megaskopischer Einstufung des Materials nach Struktur, Verfestigungsgrad und Farbe im wesentlichen mit Hilfe von Mikroskopie, Röntgendiffraktionsanalyse (RDA), Rasterelektronenmikroskopie (REM) und der Elektronenstrahlmikrosonde (ESMS), wobei, der gegebenen Problematik entsprechend, die mikroskopische Beschreibung der Proben und die ESMS-Analytik zur Dokumentation und Interpretation der Erscheinungsformen glaukonitischer Neubildung besondere Untersuchungsschwerpunkte darstellen.

Wesentlich für die genetische Einstufung glaukonitischer Phasen ist auch die Erfassung der Kornmorphologie, die hinsichtlich der Bewertung äußerer Erscheinungsformen spezielle Aufbereitungstechniken voraussetzt. Die Möglichkeit, für eine kornschonende Präparation eine eigens dafür konzipierte Walzenmühle einzusetzen, wird bei SCHMIDT (1983) und KURZWEIL und SCHMIDT (1981) vorgestellt.

#### Untersuchungsergebnisse

##### Mikroskopie

Aus petrographischer Sicht konnten prinzipiell zwei Arten "Glaucony"-führender Sandsteine unterschieden werden, wobei Sortierung und Maturitätsgrad, Dichte,

Probennummer	Kurzbezeichnung der Entnahmeposition	Lokalität bzw. Bohrung und Teufenlage der Probe
1	Per 1	Perwang 1, 2309 m
11	Br 1	Bruck 1, 1520 m
15	Ob 1	Ober Austall 1, 1950 m
17	Fi 1	Fischlham 1, 1969 m
23	23	N Haunsberg, Salzburg
03	Am 1	Amels 1, 1902 m
05	Am 1	Amels 1, 2314 m
06	Am 1	Amels 1, 2596 m
08	Fall 2	Fallbach 2, 1295 m
09	Fall 2	Fallbach 2, 1313 m
015	Hzgb 1	Herzogbierbaum 1, 1854 m
016	Porr 2	Porrau 2, 1354 m
017	Porr 1	Porrau 1, 1305 m
018	NdNk 1	Nieder Neukirchen 1, 880 m
019	Gra 1	Grassing 1, 1029 m
030	StUlr 292	St. Ulrich 292, 1097 m
037	StUlr 292	St. Ulrich 292, 1143 m
038	StUlr 292	St. Ulrich 292, 1149 m
040	StUlr 292	St. Ulrich 292, 1155 m
041	Pott 1	Pottenhofen 1, 1669 m
042	Hb 1	Hollabrunn 1, 1352 m
045	WU 2	Wels U2, 1088 m
073	Neus 5	Neusiedl 5, 1391 m
074	Neus 5	Neusiedl 5, 1650 m
075	Neus 5	Neusiedl 5, 1726 m
076	Neus 5	Neusiedl 5, 1786 m
GLO		Cenoman N von Le Havre

Abb.1: Probennummer, Kurzbezeichnung der Entnahmeposition und Lokalität der Proben.

Ausbildung von Kornkontakten und schließlich der Gehalt an Glaucony wesentliche Einstufungskriterien sind.

Typ 1 wird hauptsächlich durch Sandsteine aus dem Flysch repräsentiert. Es handelt sich um mäßig bis schlecht sortierte, überwiegend feinsandige Quarzarenite, hellgrün, mit konkav-konvexen bis suturierten Kornkontakten und einer mäßig reifen bis reifen Maturitätsausbildung. Der Glaucony-Anteil ist im Feinsandbereich konzentriert und beträgt, bei mäßiger Sortierung, ca. 15 Vol. %.

Demgegenüber ist Typ 2 etwas Matrix-reicher einzustufen. Die schlecht bis sehr schlecht sortierten, fein- bis mittelsandigen Quarzarenite sind im Farbton dunkler und zeigen hauptsächlich Punktkontakte der Komponenten mit zusätzlich unreifen Maturitätsgrad. Glaucony ist durchschnittlich mit ca. 30 Vol. % am Aufbau der Sandsteine beteiligt, wobei die Körner selbst, bei schlechter Sortierung, die übrigen Gemengteile an Größe übertreffen.

Auffallend sind Zusammenhänge zwischen dem Glaucony-Anteil und spezifischen Eigenschaften der Sandsteine:

- a) Der Gehalt an Glaucony ist in feinkörnigen Sandsteinen höher als in mittelkörnigen.
- b) Höherer Gehalt an Glaucony ist mit zunehmendem Größenwachstum dieser Körner verbunden.

- c) Der Gehalt an Glaucony nimmt mit Abnahme der Sortierung in den Sandsteinen zu, auch wenn die Sortierung der Glaucony-Körner selbst besser wird.
- d) Der Glaucony-Anteil nimmt mit fortschreitender Intensivierung der Kornkontakte ab.
- e) Überwiegend massig ausgebildete Sandsteine enthalten durchschnittlich weniger Glaucony als schichtig-kornorientierte.
- f) Abnehmende Porosität bedingt abnehmenden Glaucony-Gehalt.

Hinsichtlich der Verbreitung von Interngefügen sind in den Proben alle Typen im Sinne der Klassifizierung von McRAE (1972) anzutreffen, wobei kombinierte Ausbildungsformen in den Glaucony-Körnern überwiegen. Ein Zusammenhang spezifischer Kornformen mit der Genese und Diagenese der Sandsteine ist ebenfalls gegeben, auch kann die Bildung von Glaucony auf bzw. in verschiedenen Substraten, insbesondere auf karbonatischer Substanz, beobachtet werden.

### Rasterelektronenmikroskopie und Röntgendiffraktionsanalytik

Die REM-Untersuchungen zeigen, daß, vom Gefüge her, im wesentlichen homogener Kornaufbau im Zentralbereich der Glaucony-Partikel von späteren diagenetischen Wachstumsphasen unterschieden werden kann, chemische oder farbliche Unterschiede am Einzelkorn jedoch nicht durch Änderungen in der Ausbildung des Gefüges charakterisiert sind.

Die Externmorphologie der Glaucony-Körner ist abhängig vom Versenkungsdruck und dem Verfestigungsgrad der Sandsteine, wobei durchwegs irreguläre Ausbildungsformen auch den stratigraphischen Positionen der Proben und den jeweiligen Teufungen entsprechen.

Die Beschaffenheit der Kornoberflächen wird im allgemeinen durch tangential zur Oberfläche angeordnete Blättchen bestimmt. Auch radiale Orientierung ist in dieser Außenhaut möglich, die in der Funktion einer Deckschicht die darunter in großer Variationsbreite entwickelten Interngefüge schützt (SCHMIDT, 1983).

Bemerkenswert ist schließlich der stets scharfe Kontrast zwischen Glaucony-Körnern und der Matrix, wobei letztere, im Hinblick auf diagenetisch bedingte Deformationen an den Partikeln, als hemmend in Erscheinung tritt.

Die unter Berücksichtigung von speziellen Probenvorbereitungen an Texturpräparaten durchgeführten RDA-Untersuchungen können auf Grund der mineralogischen Variabilität von "Glaukonit" im Einzelkorn und der für diesbezügliche Detailuntersuchungen problematischen Probenvorbereitung nur einen Überblick zur gegenständlichen Thematik vermitteln.

Da die Entwicklungsstadien der Glaukonitbildung im wesentlichen schalig-konzentrische Ausbildungsformen am Einzelkorn erkennen lassen, wurden zu ihrer mineralogischen Erfassung gleichkörnige Glaucony-Konzentrate mit Hilfe der bereits erwähnten Walzenmühle stufenweise unter Abriebgewinnung aufbereitet und die dabei entstehenden Suspensionen untersucht.

Die Variationsbreite von  $d(001)$  als diagnostisches Merkmal für die diagenetische Entwicklung der glaukonitischen Substanz zeigt folgende Charakteristika:

- a) Die untersuchten Körner entsprechen durchwegs "entwickelten (evolved)" Glauconys (Abb.2).
- b) Ein systematischer Trend zu kleineren  $d(001)$ -Werten in Richtung Kern ist offenkundig.
- c) Größer gewachsene Glaucony-Körner enthalten im Kernbereich mineralogisch höher entwickelte glaukonitische Phasen als in der Hülle.
- d) Glaucony-Körner mit hoher magnetischer Suszeptibilität haben niedrige  $d(001)$ -Werte gegenüber geringen Suszeptibilitäten hell- bis blaßgrüner Individuen.

FAZIES	TEXTUREN	NEUBILDUNGEN authigen (001) K2O	MIN. ANTEILE übernommen	MILIEU
GLAUCONY	hoch entwickelt grün	10 Å glaukonit. Glimmer	8 % EVOLUTION fehlend	keine Ablagerung 10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup> a
	wenig entwickelt körnig entstehend	14 Å glaukonit. Smektit	6 % 4 % vorhanden	keine Ablagerung 10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup> a
	Film grün	TOT glaukonit. Minerale	versch. Minerale	Sed. Unterbrechung
Berthierin	körnig grün	7, 2 Å Berthierin	häufig versch. Min.	deltaischer Einfluß
Zeolith-Fazies	zellig grün	TOT Celadonit	vulkanisch	vulkanisch
chlorit. Glimmer	blättrig grün	14 Å Chlorit	Biotit	kontinental
unsichere Herkunft	diffus grün	häufig nicht bestimmbar	häufig Tonminerale	variabel

Abb.2: Genetische Darstellung der glaukonitischen Fazies im Vergleich mit bildungsbedingt ähnlichen Bereichen (nach ODIN und MATTER, 1981).

- e) Die Variationsbreite der d(001)-Werte umfaßt den Bereich 10,1 - 10,7 Å, wobei Matrix-reiche Sandsteine, wahrscheinlich auf Grund geringerer Deformation, in der Hülle höhere Werte aufweisen als Matrix-arme.

#### ESMS-Untersuchungen

Die Meßergebnisse zeigen, daß am Zonarbau der Glaucony-Körner K, Al und Fe<sup>3+</sup> vorrangig beteiligt sind: K und Fe<sup>3+</sup> steigen vom Kornrand in Richtung Mitte, während Al, infolge von Substitution durch Fe<sup>3+</sup> in der Oktaederposition, abnimmt.

Der Trend ist unterschiedlich deutlich ausgebildet und steht in keinem Zusammenhang mit jeweiligen Teufenlagen. Auch innerhalb eines Bohrprofils gibt es keine teufenabhängige Variabilität der Glaucony-Korneigenschaften, lediglich in stratigraphischer Hinsicht ist eine spezifische Zuordnung möglich (SCHMIDT, 1983).

Zur geometrischen Anordnung dieser Elementverteilung ist zusätzlich anzumerken, daß dieses Verteilungsmuster in jedem Fall erhalten bleibt, gleichgültig ob vom Kornrand aus oder von tiefer in das Korn reichenden Spaltrissen in Richtung Kernzone gemessen wird.

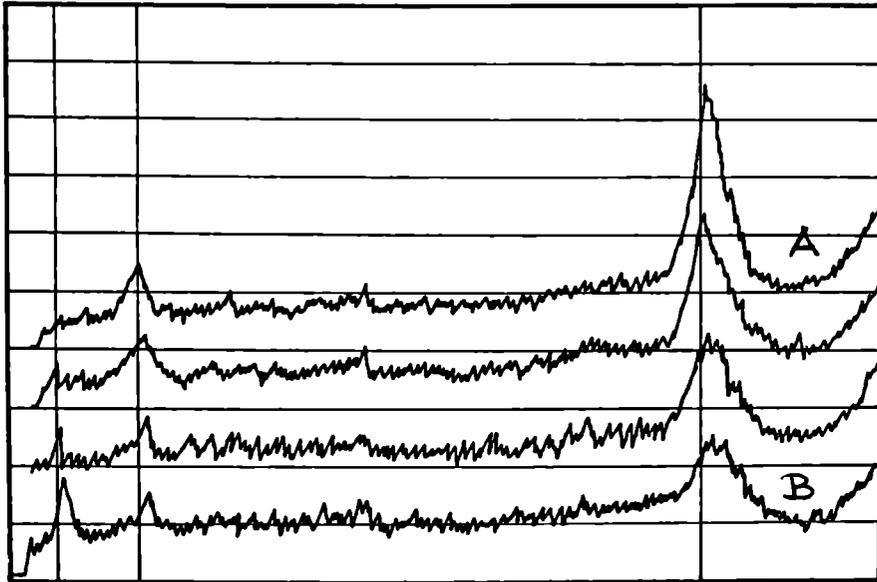


Abb.3: RDA-Diagramme der Probe 15; Korngrößenbereich 0,25-0,5 mm;  
 Texturpräparat der Fraktion kleiner 4 µm;  
 Diagramm A: Zentralbereich der Glaucony-Körner;  
 Diagramm B: Äußerster Hüllbereich;  
 Zusätzlich zwei Zwischenstufen.  
 Die Entwicklung zu niedrigen  $d(001)$ -Werten in Richtung Kern als  
 Folge zunehmender Illitisierung im Mixed-Layer ist gegeben.

Texturelle Ausbildungsformen der Glaucony-Partikel finden durch chemische Verteilungsmuster keine Bestätigung. Hinsichtlich der stets in den Körnern vorhandenen und mengenmäßig bedeutenden Einschlüsse von Calcit, Quarz und Feldspat ist hinzuzufügen, daß, dem Chemismus nach, nie graduelle Übergänge zwischen Einschluß und glaukonitischem Anteil auftreten, sondern durchwegs scharfe Grenzen ausgebildet sind, die auch gegenüber Verwachsungen mit verschiedenen Substraten beobachtet werden können und damit die mineralogische Eigenständigkeit der glaukonitischen Phasen unterstreichen.

Zu den Meßergebnissen der ESMS-Analysen ist anzumerken, daß die notwendige Zuordnung des Gesamteisens auf  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Fe}^{3+}$  in der Glaucony-Formel über eine Rechenmethode erfolgte, die, auf dem Datenmaterial natürlicher Glauconys aufbauend, unter Zugrundelegung der statistisch gefundenen Abhängigkeiten von  $\text{Fe}^{3+}$  gegenüber den anderen an der Besetzung der Oktaederpositionen beteiligten Kationen, die jeweilige Verteilung in den Proben ermittelt.

Die vielfältigen Möglichkeiten dieses Verfahrens hinsichtlich Formelberechnung, Arten der Ein- und Ausgabe, Speicherungs- und Aussuchfunktionen sind bei SCHMIDT (1983) ausführlich dokumentiert.

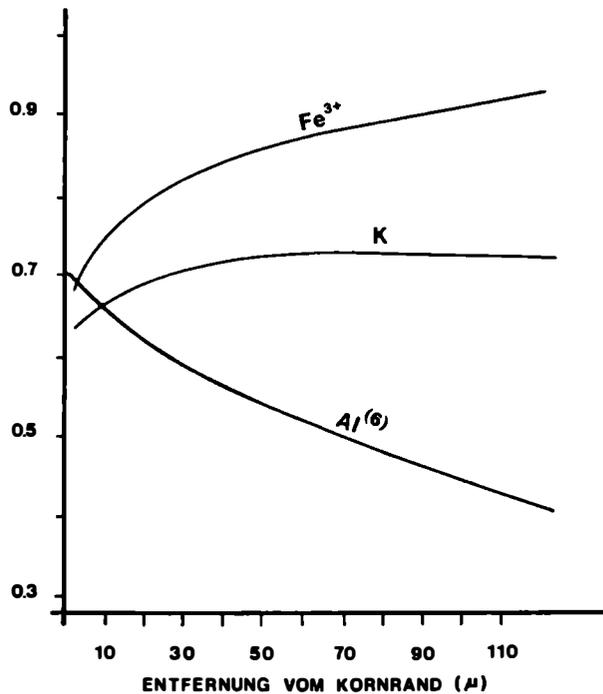


Abb.4: Durchschnittswerte zur Elementverteilung von K, Fe<sup>3+</sup> und Al in den Glaucony-Körnern in Abhängigkeit von der Position zum Außenrand.

#### Zusammenfassung der Ergebnisse

Die mineralogisch-sedimentpetrologische Charakteristik der aus den angeführten Herkunftsbereichen untersuchten Proben zeigt im Hinblick auf primär genetische Faziesmerkmale die Neubildung glaukonitischer Phasen in Poren, Rissen und Spalten von jeglichem Substrat, vornehmlich aber in karbonatischer Substanz, im Zuge synsedimentär-diagenetisch eingestufter Prozesse, wobei die üblichen begleitenden Bildungskriterien - marines Seichtwassermilieu im Nahbereich zu Kristallin-gebieten als Lieferbereich erforderlicher Ionen (GALLIHER, 1935), pH-Wert 7-8, Eh um 0,0 bzw. schwach reduzierend, Wassertemperatur ca. 20° C, geringe oder auch negative Sedimentationsraten - zunächst zusätzlich gesichert erscheinen.

Der Internaufbau der Glaucony-Körner ist unter dem REM generell durch glimmerartige Ausbildungsformen gekennzeichnet, die durch spezifische Orientierungen die verschiedenen Interngefüge aus der Dünnschliffbeobachtung verursachen. Deutliche Grenzen zur Matrix ohne Anwachszone sind außerdem festzustellen.

Die mineralogische Ausbildung der Glauconys läßt an den Körnern durchwegs Zonarbau erkennen, wobei "höher entwickelte" Phasen in Form von zunehmend illitischen Smektit/Illit-Mixed-Layers ("glaukonitische Glimmer" nach ODIN und MATTER (1981)) im Kernbereich die Smektit-reicheren Phasen der Randzonen unterscheiden lassen.

Die ESMS-Untersuchungen verdeutlichen die zonare Entwicklung in den Partikeln und unterstreichen diese vor allem durch die Verteilungsmuster von K, Al und Fe<sup>3+</sup>. Die Einbeziehung von Rissen, Spalten etc. in diese zonare Ausbildungsform läßt etwa im Zusammenhang mit fehlenden, teufenabhängigen Bildungsmerkmalen die unmittelbare Einflußnahme von Porenlösungen in die späte Glaukonitgenese vermu-

ten, die nach der eigentlichen Kornausbildung ohne unmittelbare Veränderung der Morphologie vor sich geht.

Die Inhomogenitäten der Glaucony-Körner wären demnach mit der Wirkungsweise der Porenlösungen in direkten Zusammenhang zu bringen, wobei die Bildung der glaukonitischen Phasen dadurch und nicht aus der Verwendbarkeit von Ionen aus dem Substrat gesteuert wird.

#### Dank

Die Autoren sind der ÖMV AG. und der Rohöl-Aufsuchungs GmbH. für die Bereitstellung von Bohrkernmaterial zu großem Dank verpflichtet. Den "Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung" wird für die Ermöglichung von ESMS-Untersuchungen ebenfalls gedankt.

#### Literatur

- GALLIHER, E.W. (1935): Glauconite Genesis. Bull.Amer.Geol.Soc., 46, 1351-1366.
- KEFERSTEIN, Ch. (1828): Teutschland, geognostisch geologisch dargestellt. Bd.5, Heft 3, Weimar.
- KURZWEIL, H. und F. SCHMIDT (1981): Eine kornschonende Aufbereitungsmethode verfestigter Sedimente. Fortschr.Min., 59, Beiheft 1, 109-111.
- McRAE, S.G. (1972): Glauconite. Earth Sci.Rev., 8, 397-440.
- ODIN, G.S. und N.H. GALE (1982): Some fundamental considerations in the dating of glauconies: A comment on "A test of the reliability of Rb-Sr dates for selected glauconite morphologies of the Upper Cretaceous (Navesink Formation) of New Jersey", by R.L. Montag and D.E. Seidemann. Earth Planet. Sci.Lett., 58, 443-445.
- ODIN, G.S. und A. MATTER (1981): De glauconiarium origine. Sedimentology, 28, 611-641.
- SCHMIDT, F. (1983): Ausbildung glaukonitischer Phasen in Sandsteinen von Oberkreide, Flysch und Tertiär in Salzburg, Ober- und Niederösterreich. Diss.Univ. Wien.