Beih. Ber. Naturh. Ges.	5	Keller-Festschrift	Hannover 1968

Bau und Genese von „Sandsteinkugeln" aus dem Lias α_1 (Hettangien) von Helmstedt

Von JOHANN-PETER GROETZNER*)

Mit 1 Abbildung, 1 Tabelle und 2 Tafeln

Zusammenfassung

Aus zwei, vermutlich einander stratigraphisch gleichen Konglomeratlagen werden „Sandsteinkugeln" samt ihren Formvarianten beschrieben. Sie bestehen aus Karbonatfeinsandstein, weisen Feinschichtung, oft das Knollenzentrum durchziehende Feinschillagen auf und werden als frühdiagenetische Konkretionen aus einer unverfestigten tonüberdeckten Sandlage gedeutet. Wiederaufarbeitung der Lage beendete den Bildungsprozeß. — Randparallele Pyritzonen in diesen Knollen sind auch anderen materialgleichen Geröllen gemeinsam und daher wohl erst während der Umlagerung oder nach erneuter Eindeckung entstanden.

Inhalt

1. Einführung
2. Schichtverband und stratigraphische Einstufung
3. Die „Sandsteinkugeln"
3.1. Gestalt und Größe
3.2. Material
3.2.1. Allgemeines
3.2.2. Quarz
3.2.3. Feldspäte
3.2.4. Gesteinstrümmer
3.2.5. Organogener Detritus
3.2.6. Karbonate
3.2.7. Pyrit
3.2.8. Phosphate
3.3. Gefüge
3.3.1. Allgemeines
3.3.2. Schichtung
3.3.3. Pyrit-„Zonen" und -„Höfe"
3.3.4. Karbonatverteilung
4. Das Nebengestein und seine Beziehungen zu den Knollen
5. Zur Genese der Knollen
6. Literatur

*) Dr. J.-P. GROETZNER, Institut für Geologie und Paläontologie der Technischen Universität, 3 Hannover, Welfengarten 1.

1. Einführung

Bei einem Besuch der Ziegeleitongrube LEHRMANN, NW Helmstedt, im Dezember 1966 wurden in der Folge des dort aufgeschlossenen tiefen Lias an zwei Stellen Horizonte mit „Sandsteinkugeln" beobachtet. Bei Durchsicht der Literatur ergab sich, daß eingehende Angaben über Bau und Genese derartiger Kugeln aus dem tieferen Lias, abgesehen von einem kurzen Bericht O. LINCKs (1950), anscheinend fehlen. Im Laufe der Untersuchungen stellten sich einige, auch in der übrigen Literatur über „Sandsteinkugeln" wenig oder nicht erwähnte Fakten heraus, die im Zusammenhang mit einer eingehenden Beschreibung im folgenden wiedergegeben werden sollen. — Eine umfassende Beschreibung der sedimentologischen und palökologischen Verhältnissen des tiefen Lias von Helmstedt durch die Herren Prof. Dr. W. HÄNTZSCHEL, Hamburg, und Dr. H.-E. REINECK, Wilhelmshaven, ist in Arbeit. Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die „Sandsteinkugeln" und ihr Nebengestein.

Für die Herstellung von Röntgenographien danke ich Herrn Oberarzt Dr. HOLSTEN, Radiologisches Zentrum der Medizinischen Hochschule Hannover, vielmals. Fräulein Dr. R. Freiin v. HODENBERG und Frau I. KNOTZER, beide Mineralogisches Institut der Technischen Hochschule Hannover, führten für mich mehrere Röntgen-Diffraktometer-Aufnahmen, Fräulein Chr. SCHÜNEMANN, Institut für Geologie und Paläontologie, eine Anzahl chemischer Teilanalysen durch. Ihnen allen gilt mein herzlicher Dank, ebenso wie meinen Diskussionspartnern Herren Prof. Dr. K. RICHTER und Prof. Dr. E. MICHAEL, beide Institut für Geologie und Paläontologie, Herrn Dr. E.-G. SCHULZE, Mineralogisches Institut, und Herrn Dr. P. SIMON, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover. Weiterer Dank gebührt Herrn Oberstudienrat J. WINCIERZ, Braunschweig, für eine gemeinsame Geländebefahrung.

2. Schichtverband und stratigraphische Einstufung

In der Ziegeleitongrube LEHRMANN am „Schwarzen Berg", NW Helmstedt (Mbl. 3731, Süpplingen), waren im Winter 1966/67 Horizonte mit „Sandsteinkugeln" an zwei Stellen erschlossen. Längeres Suchen nach weiteren Horizonten und nach Einzelexemplaren im Tonstein blieb erfolglos. Die aufgenommenen Teilprofile lauten:

Profil I: (NE-Wand der Grube, Mitteilteil)

Hangendes:

(rd. 1,0 m) Quartär

4) 0,5 m Tonfolge
Tonstein, gelbbraun bis braungelb, entkalkt (Mikrobefund), dünnblättrig.

3) 0,10 m sandige Karbonatbank
oben 0,06 m Lumachellkalkstein, hellblaugrau bis gelbbraun, sandig und dolomitisch mit großen dickschaligen Bivalven, bis 8 cm großen karbonatischen Tonsteintrümmern, scheibenförmigen Karbonatsandsteinkörpern und „Sandsteinkugeln" (oft in Tonstein hineinragend); unten 0,04 m (örtlich auskeilend) Sandmergelstein, hellblaugrau bis rostbraun.

2) 1,35 m Tonfolge
Tonstein, bläulich- bis schwärzlichgrau, blättrig, nahe Basis einige karbonatische Tonsteingeoden, darüber über 1 cm mächtige Lagen von sandigem Mergelstein.

1) 0,30—0,35 m	Karbonatsandsteinbank Karbonatsandstein, hellblaugrau bis graubraun, lagenweise Feinschichtung und Schillgehalt. Bankoberfläche mit Rippelmarken.
Liegendes:	Tonfolge
(minim. 2,3 m)	Tonstein, blau- bis dunkelgrau, schwach feinsandig, lagenweise vereinzelt bis 4 cm mächtige karbonatische Tonsteingeoden.
Profil II:	(NW-Wand der Grube, ca. 130 m NE Ziegeleigebäude, auf der Sohle eines Auffahrtplanums)
Hangendes: (minim. 0,5 m)	Tonstein, dunkelgrau, blättrig, lagenweise schwach feinsandig, geodenfrei.
3) 0,2—0,3 m	Karbonatsandsteinbank Karbonatsandstein, mittel- bis bläulichgrau, durchweg mit Feinschichtung, Bankoberfläche mit groben, verschwommenen Wellenrippeln; oben 0—0,02 m Karbonatsandstein, feinschillführend mit wechselnd dicht gepackten „Sandsteinkugeln" und flachscheibenförmigen Fladen von gleichem Material, beide in Rippeltälern der Unterlage angereichert.
2) 1,45 m	Tonfolge Tonstein, blaugrau mit eingeschalteten karbonatischen Tonsteingeoden und bis 2 cm mächtigen Lagen von karbonatischem Sandstein.
1) 0,2—0,7 m	Karbonatsandsteinbank Karbonatsandstein, hellgrau ohne erkennbare Feinschichtung, grobbucklige Unterfläche.
Liegendes: (minim. 1,2 m)	Tonstein, mittel- bis blaugrau, im oberen Teil vereinzelt bis 2 cm mächtige Lagen von Karbonatsandstein, unten vereinzelte karbonatische Tonsteingeoden.

Die Schichtfolgen beider Teilprofile ließen sich wegen Auftretens von Störungen und einem dazwischenliegenden Abtragungsbereich unter der Quartärbasis nicht unmittelbar einander zuordnen. Beide Teilprofile zeigen indes bei allen Unterschieden im einzelnen eine Übereinstimmung im Abstand der durch ihre Mächtigkeit markanten und wahrscheinlich im ganzen Grubengebiet vorhandenen Bank 1. So ist dennoch mit Vorbehalt anzunehmen, daß beide Teilprofile dieselbe Schichtfolge umfassen, zumal weitere Horizonte mit Sandsteinknollen fehlen. Auch die Zuordnung zu dem Profil von JÜNGST (1928) bereitet Schwierigkeiten, da die erwähnte Schichtkombination in keinem Fall mit seinen Angaben übereinstimmt. Nach Funden von *Psiloceras (Caloceras)* cf. *torus* (D'ORBIGNY) im Liegenden von Profil I und nach Angaben über „Sandkugeln" bei JÜNGST dürften die aufgenommenen Schichtabschnitte aber nur in den oberen Teil der torus-Subzone (Lias α1b) oder deren unmittelbar Hangendes einzustufen sein. Eine Durchsicht der Mikrofauna aus Schicht 2 ergab hierzu keinen Widerspruch.

3. „Sandsteinkugeln"*)

3.1. Gestalt und Größe

Innerhalb der erwähnten Horizonte sind völlig sphärische Körper (Abb. 1, Fig. 1) zwar charakteristisch, aber nicht vorherrschend. Häufiger treten walzen-

*) Im folgenden auch als „Sandsteinknollen" bezeichnet.

förmige (Abb. 1, Fig. 5) oder auch annähernd rotationselliptische Formen mit wechselnd scharfer Äquatorialkante auf (Taf. II, Fig. 5). Als Extreme beachtenswert, aber seltener, sind Formen von Doppelkugelgestalt mit wechselnd intensiver Verschmelzung der beiden Teilelemente (Abb. 1, Fig. 4, 6; Taf. II, Fig. 4). Falls einer der beiden Teilkörper erheblich kleiner als der andere ist, können sich flaschenähnliche Formen ergeben (Abb. 1, Fig. 3). Schließlich treten sehr vereinzelt Drei-Kugel-Kombinationen mit Größenvormacht einer Teilkugel (Abb. 1, Fig. 2) oder mit gleichgroßen Teilkörpern auf (Abb. 1, Fig. 7). Der Durchmesser der Knollen schwankt zwischen 0,8 und 6,0 cm. Die Durchschnittsgröße beträgt in Profil I ca. 3,5 cm, in Profil II ca. 2,0 cm. „Halbkugeln", wie sie von H. JUNG (1933/34) aus dem thüringischen Mittleren Buntsandstein beschrieben wurden, sind vereinzelt vorhanden. Sie sind aber deutlich durch verheilte Klüfte begrenzt und nicht „primär", wie bei JUNG angenommen wird.

Im übrigen gleichen die Knollen samt ihren Variationen morphologisch völlig den Gebilden, die u. a. aus dem estnischen Oberdevon (JENTZSCH, 1882; KLANG, 1931), dem mittleren Buntsandstein des Odenwalds (W. HOPPE, 1927) und Frankens (KAUTZSCH, 1933), dem schwäbischen Rät und Unter-Lias (O. LINCK, 1950), dem Höheren Lias der Ahrensburger Geschiebesippe (W. ERNST, 1938) und Mecklenburgs (W. ERNST, 1967), als „Stettiner Kugeln" aus dem pommerschen Mittel-Oberoligozän (v. LINSTOW, 1922) erwähnt oder beschrieben worden sind, sowie den „Imatra-Steinen" oder „marlekor" in quartären Schmelzwasserschluffen Skandinaviens (SALMI, 1959).

3.2. Material

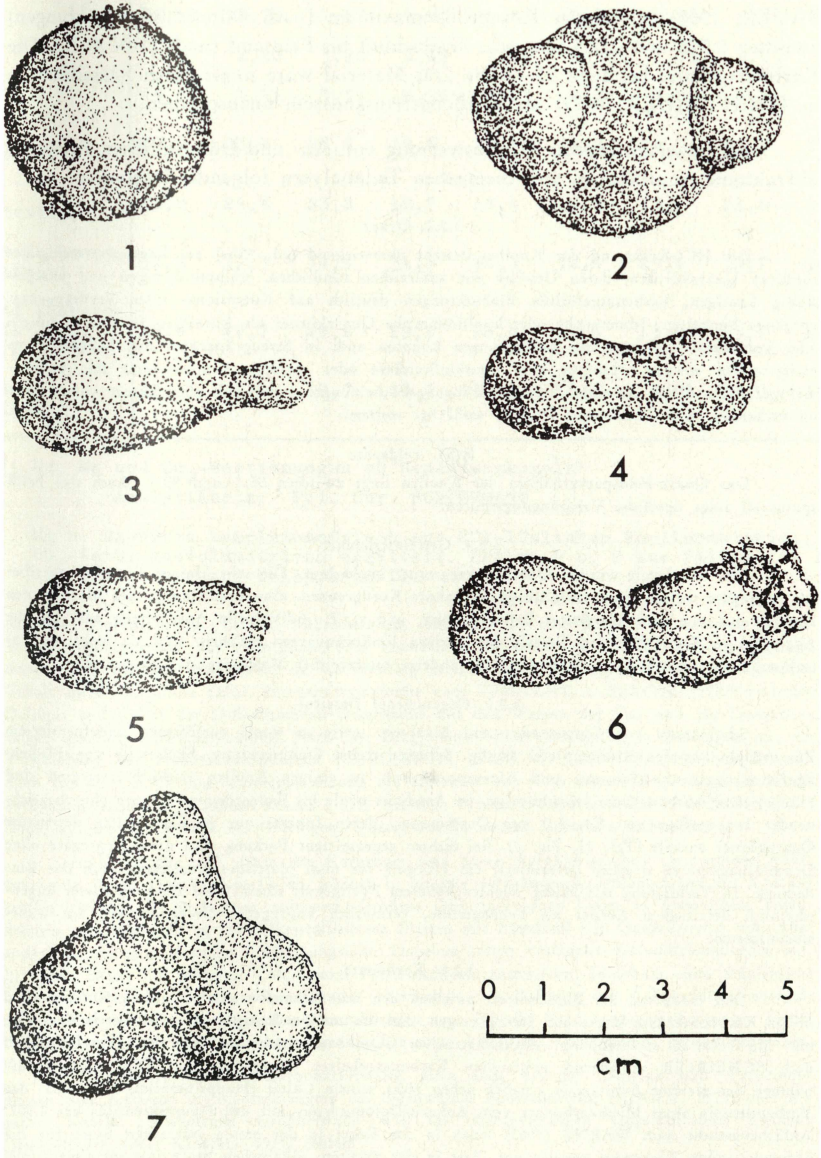
3.2.1. Allgemeines

Die im frischen Zustand sehr harten Körper zeigen zerschlagen eine glatte, im einzelnen körnige mittel- bis dunkelgraue, schwach violettgetönte Bruchfläche, verwittert sind die Knollen mürbe, absandend und von gelblichbrauner Farbe. Die Oberfläche ist stets körnig rauh. Glatte, „polierte" Exemplare sind nicht anzutreffen. Je nach Fortschreiten der meist zonar angreifenden Verwitterung ergibt sich schaliges Abgrusen, eine Erscheinung, die nicht mit einem zonaren Bau der Knollen übereinstimmen muß.

Abb. 1: Formtypen von „Sandsteinkugeln".

Fig. 1: „Sphärischer" Typ. Nicht orientiert. Profil I.
Fig. 2: „Dreikugeltyp" mit Größenvormacht eines Teilelements. Unterfläche. Profil II.
Fig. 3: „Flaschenähnlicher" Typ. Natürl. Orientierung. Profil II.
Fig. 4: „Doppelkugeltyp". Natürl. Orientierung. Profil II.
Fig. 5: „Walzenförmiger" Typ. Natürl. Orientierung. Profil II.
Fig. 6: „Doppelkugeltyp" mit Setzungsriß in Verbindungsteil. Natürl. Orientierung. Profil II.
Fig. 7: „Dreikugeltyp" mit gleichgroßen Einzelelementen. Feinschichtung parallel Abb.-Ebene. Halde.

Abb. 1



Das Material der Knollen besteht aus recht gut klassiertem, feldspartarmem und tonarmem Feinsand (Def. nach LEMKE, v. ENGELHARDT u. FÜCHTBAUER, 1953) mit einem Korngrößenmaximum (nach Dünnschliffauszählungen) zwischen 0,075 und 0,055 mm oder Grobschluff bis Feinsand (nach DIN 4022). Die Karbonatgehalte betragen 23—40%. Das Material wäre somit (nach Klassifikation in FÜCHTBAUER, 1959) als Karbonatfeinsandstein anzusprechen.

Im einzelnen brachte die Auswertung von An- und Dünnschliffen, Röntgendiffraktometeraufnahmen und chemischen Teilanalysen folgende Ergebnisse:

3.2.2. Quarz

Der HCl-Rückstand der Knollen besteht überwiegend (rd. 95%) aus kantigen, wenig gerundeten Quarzkörnern, deren Umrisse mit zahlreichen rundlichen, schlauchförmigen und unregelmäßig kantigen, karbonatgefüllten Einbuchtungen deutlich auf Korrosions- oder Verdrängungsvorgänge hinweisen. Idiomorphe oder hypidiomorphe Quarzkörner als Anzeichen für Neubildungen oder homoaxiale diagenetische Anlagerungen konnten auch in Streupräparaten nur äußerst selten nachgewiesen werden. Häufiger sind einschlußreichere oder -ärmere Anwachssäume mit unregelmäßiger Außenfläche. Anwachs- und Verdrängungserscheinungen lassen sich nicht immer voneinander unterscheiden, doch überwiegen letztere wohl bei weitem.

3.2.3. Feldspäte

Das Quarz-Feldspatverhältnis der Knollen liegt zwischen 95:1 und 99:1. Auch der Feldspatanteil zeigt deutliche Verdrängungsspuren.

3.2.4. Gesteinstrümmer

Sehr vereinzelt wurden Quarzkornaggregate beobachtet. Die sehr kleinen Einzelkörner dieser Aggregate weisen stark stylolithisch verzahnte Korngrenzen, eine Erscheinung, die sonst in den Knollen nur von untergeordneter Bedeutung ist, und z. T. individuelle Auslöschung auf. Da die Aggregate in Korngröße und Gestalt den übrigen Einkornquarzen gleichen, sind sie wohl als Gesteinstrümmer feinstkörnigen Quarzits oder anderer quarzreicher Metamorphite anzusprechen.

3.2.5. Organogener Detritus

Schalenreste von Gastropoden und Bivalven, meist in wenig zerstörtem, undeformiertem Zustand sind in den Knollen recht häufig. Seltener treten Ophiurenreste, Skeletteile von Fischen, figurierte organische Substanz und Algensporen auf. In einigen Knollen reichlich vertreten sind braune, tonig-karbonatische feinstkörnige, im Anschnitt ovale bis fladenförmige Körper ohne bezeichnendes Innengefüge von 0,1—3,0 mm Durchmesser, deren Inneres nur in Einzelfällen detritische Quarzkörner enthält (Taf. II, Fig. 3). Bei dichter gegenseitiger Packung sind diese Aggregate ohne Drucklösungsspuren deutlich deformiert, ein Hinweis für noch plastische Konsistenz nach der Eindeckung. In Verbindung mit häufig selektiv höherem Pyritgehalt scheint eine Deutung dieser augenscheinlich detritischen Körper als Feinstgerölle, vermutlich koprogener Vergangenheit, am wahrscheinlichsten.

3.2.6. Karbonate

Den Hauptteil des Bindemittels zwischen den noch erkennbaren detritischen Komponenten bilden Karbonate. Die Werte aus Tab. 1 zeigen, daß die aus den komplexometrisch bestimmten Ca- und Mg-Gehalten errechenbaren stöchiometrischen CO_3-Anteile recht gut mit den gasvolumetrisch nach SCHEIBLER annähernd ermittelten Karbonatgehalten übereinstimmen. Diffraktometeraufnahmen der gleichen Substanzen ergaben neben recht reinem Calcit (Hauptintensität bei 3,033) das Vorhandensein eines Mischkarbonats vom Ankerit/Dolomittypus mit der Hauptintensität bei 2,907. Anfärbeversuche nach WARNE (1963) fielen in der Regel in der ersten salzsauren Stufe für die nichtcalcitischen Karbonate negativ aus. Erst in der zweiten, alkalischen Stufe trat im allgemeinen

Probenbez.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ca	12,10	11,70	11,47	9,66	10,05	10,05	6,96	9,84	11,99
Mg	2,07	2,20	3,26	2,15	2,08	2,10	1,72	2,65	1,82
Ca/Mg	5,84	5,31	3,51	4,48	4,83	4,78	4,04	3,71	6,58
CO_3^{--} (berechnet)	23,7	23,4	25,2	19,8	20,2	20,2	14,7	21,2	22,3
CO_3^{--} (ermittelt)	22,8	24,4	23,2	18,7	18,4	19,9	13,6	21,8	22,4
Gesamt-Karbonat (berechnet)	37,9	37,3	39,9	31,5	32,3	32,4	23,4	33,7	36,1
Dolomit (berechnet als $Ca_{57}Mg_{43}(CO_3)$	18,6	19,7	29,2	19,2	18,6	18,8	15,4	23,7	16,3
Calcit (berechnet)	19,3	17,6	10,7	12,3	13,7	13,6	8,0	10,0	19,8

Tab. 1: Ca, Mg und CO_2-Bestimmungen an "Sandsteinkugeln"
Analytikerin: Frl. Chr. SCHÜNEMANN

Mg u. Ca-Werte komplexometrisch aus HCl-löslichem Knollenmaterial, CO_2-Werte gasvolumetrisch ermittelt. Proben D u. E aus Teilprofil I, die restlichen aus Teilprofil II.

schwache Violettfärbung. Es ist wahrscheinlich, daß das in den Knollen auftretende Mischkarbonat überwiegend aus eisenfreiem oder eisenarmem Dolomit besteht. Die recht gute Übereinstimmung zwischen errechneter, an Ca und Mg gebundener, CO_3-Menge und ermitteltem CO_3-Gehalt spricht ebenfalls dafür. Intensitätsvergleiche nach TENNANT u. BERGER (1957) zwischen Dolomit und Calcit der Diffraktometer-Diagramme mit den Werten der Ca- und Mg-Titrationen zeigen ebenfalls Übereinstimmung. Nach den Diagrammen über Ca-Gehalte in Dolomiten aus der Verschiebung der Hauptintensitätslinie (GOLDSMITH, GRAF u. JOENSUU, 1955) ergäbe sich dann für d = 2,907 eine Zusammensetzung des Dolomits von $Ca_{57}Mg_{43}(CO_3)$. Ähnliche Mischkarbonate bestimmten KHARKWHAL (1959) aus dem Planorbis-Sandstein und LANGHEINRICH (1966) aus der Torus-Bank bei Göttingen. Siderit war in keiner Aufnahme nachweisbar.

In Korngröße und -form der Karbonate sind keine charakteristischen Unterschiede wahrzunehmen. Beide, Dolomit wie Calcit, können in intensiv verzahnten Kristallmosaiken mit Kristallgrößen zwischen 5—30 Mikron auftreten. Größere Calcitindividuen liegen in ehemaligem Fossildetritus und vereinzelt in sammelkristallisierten Platten mit Einschluß von Quarzdetritus vor. Aber auch Dolomit zeigt dasselbe Erscheinungsbild. Daneben treten vereinzelt Dolomitrhomboeder auf. In diesen lassen sich mitunter Calcit- und Pyriteinschlüsse nachweisen. Innerhalb eines Schalenrests können Calcit und Dolomit nebeneinander vorkommen. — Dolomit wie Calcit füllen unregelmäßige Einbuchtungen in detritischen Quarzkörnern aus. Typische Verdrängungserscheinungen bieten Dolomitrhomboeder, die sonst ungleichmäßig begrenzte detritische Quarzkörner gerade begrenzen.

Hinweise für größere Karbonatkristalle, etwa nach Art der „Scheinkristall"-Pseudomophosen nach Kalkspat in Sandsteinkugeln des Odenwälder Buntsandsteins (RÜGER, 1928) oder die ganze Knolle einnehmende Großkristalle wie im oberdevonischen Kugelsandstein Estlands (JENTZSCH, 1882; KLANG, 1931) fehlen.

3.2.7. Pyrit

Pyrit in Form von Einzelkörnern (0,01—0,1 mm) mit idiomorph-derbem oder schwach faserig-strahligem Habitus, zum Teil aggregatartig konzentriert, liegt in allen Knollen vor. In stark verwitterten Partien sind die Körner völlig oder teilweise in Brauneisen umgewandelt.

Die röntgendiffraktometrisch ermittelten Werte schließen das Auftreten von Markasit weitgehend aus. Allerdings fehlt in allen Diagrammen bei sonst bis in Reflexe kleinerer Intensitäten mit Pyrit übereinstimmender Zusammensetzung der Reflex (200) bei d = 701 (Int. 84) (nach ASTM), was auf nichtstöchiometrische Zusammensetzung hinweisen könnte. Pyrit ist, abgesehen von zonaren Häufigkeitsschwankungen (s. S. 227) in den Knollen regelmäßig verteilt, besetzt bevorzugt Zwickel zwischen Quarz-Detrituskörnern, oben erwähnte vermutlich koprogene Feingerölle und die Ränder von grobcalcitischen Fossilresten. Vereinzelt liegen auch Pyriteinschlüsse innerhalb von Dolomitrhomboedern.

Die dunkelviolettgraue Farbe der frischen Knollen ist hauptsächlich an die Anwesenheit von Pyrit gebunden.

3.2.8. Phosphate

Die durch positive Tüpfelreaktionen entstandene Vermutung über höheren Phosphatgehalt bestätigte sich nicht. Fotometrische Gesamt-Phosphatbestimmungen von 15 Proben ergaben regelmäßig niedrige Gesamt-Phosphatgehalte zwischen 0,28 und 0,14% P_2O_5.

3.3. Gefüge

3.3.1. Allgemeines

Für die Gefügeuntersuchung der Knollen, auch im Zusammenhang mit dem Nebengestein, wurden durch Herrn Dr. HOLSTEN freundlicherweise nach einem von HAMBLIN (1962) empfohlenen Verfahren Röntgenographien 3 mm starker planparalleler polierter Platten angefertigt, die meist senkrecht zur größten Ebene der Knollen, bei sphärischen Formen senkrecht zur unterlagernden Fläche und zentral, orientiert waren. Diese Aufnahmen zeigen u. a. auf Grund ihrer großen Tiefenschärfe Details, die in An- oder Dünnschliffotos gar nicht oder nur sehr kontrastarm wahrnehmbar sind.

3.3.2. Schichtung

Die Mehrzahl der so geschnittenen nichtsphärischen und einige sphärische Knollen zeigen eine überraschende Gemeinsamkeit durch Vorhandensein einer, selten mehrerer, quarz- und feldspatfreier oder -armer Fossilschill und Pelitgeröllführender Lagen, die häufig den Charakter einer Symmetrieebene der Knollenkörper besitzen und bis zum Rand der Knollen ungestörten, ebenen Verlauf aufweisen. In manchen Fällen treten Fossilreste auf solchen Flächen nur isoliert auf, im Extrem ist bei sphärischen Körpern das Symmetriezentrum durch einen einzigen Fossilrest verwirklicht. Das Auftreten scheinbar „kernfreier" Kugeln beruhte in fast allen Fällen auf nichtzentralem Anschnitt.

Parallel hierzu verläuft eine, in fast allen Röntgenographien zum Ausdruck kommende rhythmische Feinschichtung wechselnder Kontrastwirkung, die auf geringe Unterschiede im Tongehalt des Materials zurückgehen dürfte. Eine gesicherte Beziehung zwischen Kugelform und Intensität der Feinschichtung besteht nicht, sphärische Körper weisen jedoch seltener Schillagen auf.

3.3.3. Pyrit-„Zonen" und -„Höfe"

Unter allen unverwitterten Knollen besteht eine weitere Gemeinsamkeit im übereinstimmenden Auftreten von „Pyritzonen", annähernd randparallel verlaufenden, 1—3 mm starken schaligen Flächen mit starker Pyritanreicherung innerhalb des sonst unveränderten Gesteins. Der hierzu periphere Knollenteil ist überwiegend pyritfrei. Zum Knollenzentrum geht der Pyritgehalt stets, aber wechselnd stark, zurück. Im Knolleninneren kann sich, unterschiedlich deutlich von der Pyritzone abgegrenzt, ein ebenfalls pyritreicher Hof befinden. Bei Knollen, die nach ihrer Gestalt Kombinationen aus mehreren Teilelementen bilden, ist eine Unterscheidung zwischen Pyrithof und -zone nicht immer möglich. Jedes Teilelement besitzt einen eigenen, stellenweise mit dem des benachbarten Teilelements vereinigten Pyrithof. Pyritzonen deuten sich als Konzentrationsbereiche am Rand der Höfe an, haben aber keinen außenrandparallelen Verlauf. — Kreuzen Pyritzonen die Feinschichtung steil, so besitzen sie einen verwaschenen Habitus, derart, daß quarzdetritusärmere Lagen bevorzugt belegt werden. Hinsichtlich Platzwahl in der Grundmasse, Kornform und -größe lassen sich zwischen Pyrit der „Zonen", der „Höfe" und diffus verteiltem Pyrit keine Unterschiede erkennen. — Sind Knollen durch calcitverheilte Klüfte zerlegt, ist der Pyritsaum ebenfalls abgeschnitten.

3.3.4. Karbonatverteilung

Für die Karbonate sind knollenzonare Unterschiede mitunter ebenfalls festzustellen. Beim Auflösen von Knollen in verdünnter HCl entstanden aus deren Außenpartien häufig Lösungsrelikte von walnußschalenartiger Form. Vergleichende Diffraktometeraufnahmen zeigen, daß der Karbonatanteil in den Relikten nach der Säurebehandlung stark gesunken war, vorher vorhandener Calcit fehlte und Dolomit allein auftrat. Siderit wurde nicht nachgewiesen. Doch auch bei calcitarmen Proben entstanden nach Salzsäurebehandlung starke Konsistenzunterschiede innerhalb der Knollen. Aus Dünnschliffbeobachtungen ergab sich, daß im peripheren Teil der Knollen in einer 2—5 mm starken, annähernd randparallel begrenzten Zone Dolomit in überwiegend groben, mehrere Detrituskörper umfassenden Kristallen auftritt, während in den Innenpartien entweder Calcit überwiegt oder Dolomit in kleineren Kristallen ausgebildet ist.

In der äußeren Zone zeigt außerdem der detritische Quarz stärkere Verdrängungsspuren als in inneren Partien, verbunden mit vermutlichen Neubildungen.

Die Zonen mit grobem Dolomit liegen stets knollenperipherer als die Pyritzonen.

4. Das Nebengestein und seine Beziehungen zu den Knollen

Das Nebengestein der bisher beschriebenen Knollen in Profil I besteht aus schwach dolomitischem Grobschillkalkstein mit wechselndem Sand- und Tongehalt. Charakteristisch sind große (max. 3 cm) dickschalige Bivalvenreste und flach-

scheibenförmige, feinstkörnige Karbonat-Ton-Gerölle vermutlich umgelagerter Geoden. Daneben sind häufig zungen- und scheibenförmige, durch Übergänge mit den Knollentypen verbundene, im Anschnitt bis zu 4 cm große Körper zu beobachten, die aus demselben Material wie die Knollen aufgebaut sind und sich von diesen allein durch Form und meist fehlenden Detritusgehalt unterscheiden. Ihre Begrenzung kann kantig sein, mitunter weisen sie aber auch Anzeichen plastischer Deformation auf, eine Beobachtung, die bei den bisher beschriebenen Knollen nicht gemacht werden konnte. Ähnlich wie in den Knollen verläuft in den meisten scheibenförmigen Körpern in annähernd gleichem Abstand vom Rand eine Pyritzone. Stärkere Gehalte von diffus verteiltem Pyrit, wie sie in den Knollen häufig sind, fehlen. Selbst wenn der Körper durch eine ebene Bruchfläche einseitig begrenzt wird, wobei die Bruchkanten stärkere Abrundung zeigen können, verläuft die

---

Erläuterungen zu den Tafeln

(Alle Objekte aus Ziegeleigrube LEHRMANN, NW Helmstedt)

Tafel I Die Fundhorizonte von Sandsteinknollen

Fig. 1: Knollenfundhorizont in Profil I. Anschnitt. Natürliche Orientierung.

Fig. 2: Knollenfundhorizont in Profil II samt unterlagernder, knollenfreier Karbonatsandsteinbank. Aufsicht.

Tafel II

Fig. 1: Schnitt durch sphärische Sandsteinknolle mit zentraler, zur Bankunterfläche diskordanter Schill- und Grobdetrituslage, randparallele Pyritzone. Darüber Karbonatsandsteingeröll mit inneren Diskordanzen, ohne Pyritzone, mit Setzungskluft. Natürl. Orientierung. Profil I, natürl. Größe.

Fig. 2: Hohlraum eines Fischwirbels (beim Schleifen ausgebrochen) im Zentrum einer Knolle (Fig. 6). Wirbelhohlraum quarzdetritusarm. Dünnschliff, x Nicols. Natürl. Orientierung. 16:1.

Fig. 3: Horizont mit tonig-karbonatpelitischen, z. T. deformierten Feingeröllen in dolomitischer Feinsandknolle. Dünnschliff, II Nicols, gefärbt mit Alizarin-S in verd. HCl. Natürl. Orientierung. 16:1. Profil II.

Fig. 4: Schnitt durch Knolle von „Doppelkugeltyp". Zentrale schillführende Großdetrituslage. zwei Pyrithöfe und davon wenig abgehobene Pyritzone. Am unteren Außenrand dunklere Zone mit gröberem Dolomitzement und stärkerer Umbildung des Quarzdetritus, im übrigen Rand (lichte Zone) durch Verwitterung zerstört. Dunkler, schräg verlaufender, karbonatverheilter Riß: einziger gefundener Hinweis für evtl. Schrumpfrißbildung. Natürl. Orientierung. Profil II. Natürl. Größe.

Fig. 5: Schnitt durch Knolle vom „elliptischen" Typ. Zentrale schillreiche Grobdetrituslage, Feinschichtung, Pyritzone. Natürl. Orientierung. Profil II. Natürl. Größe.

Fig. 6: Schnitt durch Knolle wie Fig. 5. Zentrale Schillage. Schwarzer Punkt im Zentrum der Knolle Fischwirbel (s. Fig. 2), Pyrithof und -saum. Dunkle Außenzone mit gröberem Dolomitzement und stärkerer Umbildung des Quarzdetritus. Natürl. Orientierung. Profil II. Natürl. Größe.

Fig. 7: Schnitt durch Knolle vom „sphärischen" Typ. Feinschichtung. Im Kugelzentrum Schalenrest. Pyritzone bei steilem Verlauf zur Feinschichtung verwaschen. Unterer gerader Rand bedingt durch calcitverheilte Kluft, auch Unterlage durchsetzend. Nicht orientiert. Profil II. Natürl. Größe.

Tafel II, Fig. 1, 4—7 sind Röntgenographien.

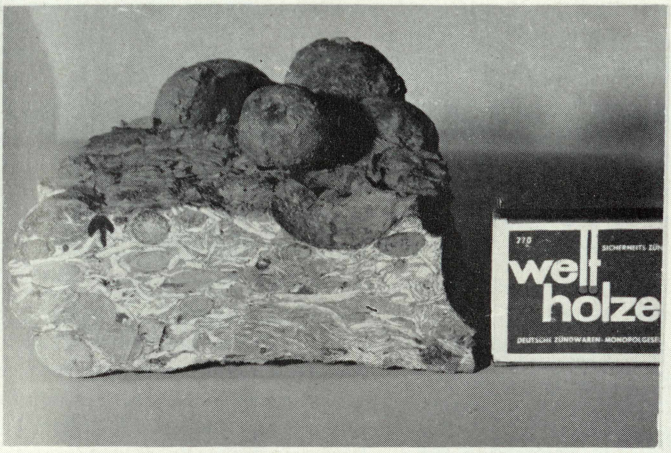
Hergestellt mit 6-Ventil-Gerät mit Sperrschichtgleichrichter der Fa. C. H. F. MÜLLER, Hamburg — Typ Super 100.

Röhre: Trianoden-Röhre (Röntgen-Müller), Typ Super-Rotalix 150 KV mit Brennfleck 0,6/1,2 mm².

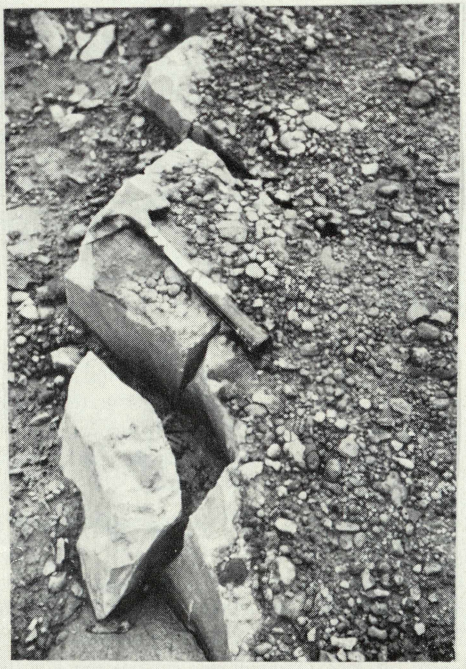
Focus-Film-Abstand: 1 m.

Exposition: 2 sec. bei 40 KV und 350 mA.

Film: Gevaert Structurix D 7 ohne Folie.



1



2

Pyritzone randparallel. Innerhalb der übrigen Bank tritt Pyrit nur diffus verteilt, bevorzugt in Schalentrümmern auf; mitunter bildet er auch derbe, bis 1 cm große Aggregate im Karbonatbindemittel.

In Profil II besteht der Knollenhorizont im wesentlichen aus einem Streupflaster, das einer Karbonatsandsteinbank auflagert. Doppelpackung ist nur bei kleineren Knollen zu beobachten. Die aus Profil I beschriebenen flachscheibenförmigen Körper treten vereinzelt, mit gleichem Erscheinungsbild, auch hier auf. Lokal sind beide Typen durch eine dünne, feinschillführende Karbonatsandsteinlage verkittet. Auf der Oberseite der Knollen konnte in zwei Fällen Bewuchs festgestellt werden. Calcitverheilte Klüfte durchsetzen Knollen und Nebengestein.

Der unterlagernde Karbonatsandstein in Profil II unterscheidet sich nach Korngröße, Material des Detritus sowie Karbonatgehalt und Ca/Mg-Verhältnis wenig von den Knollen. Abweichend ist das Fehlen oder seltene Auftreten von Fossildetritus bei übereinstimmend schwachem, diffus verteiltem Pyritgehalt und das Auftreten einer markanten parallelen Feinschichtung. Die Kontaktfläche zum Knollenhorizont ist schwach gewellt und schneidet im mm-Bereich die Feinschichtung. Schwache Versenkung der Knollen in die Liegendbank war in vielen Fällen feststellbar. Bemerkenswert ist das Auftreten bis 5 cm tiefer, trichterförmiger Gebilde wohl bioturbaten Ursprungs, die sich von obengenannter Kontaktfläche ausgehend senkrecht nach unten verjüngen, in denen die Feinschichtung der Bank gestört und in die vereinzelt Schill der überlagernden Region eingemischt ist.

Knickung und Schleppung des Schills an Flanken und Unterlagen der Knollen lassen auf intensive Differentialkompaktion schließen. Plastische Deformationserscheinungen sind, auch im sehr empfindlichen engen Verbindungsteil, zwischen zwei Teilkörpern von Knollen des Doppelkugeltyps nicht festzustellen, allenfalls liegt Bruchbildung vor (Abb. 1, Fig. 6). Dasselbe dürfte auch zum Teil für die scheibenförmigen Gebilde gleichen Materials gelten, bei denen neben Hinweisen für feste Konsistenz (scharfkantige Begrenzung) aber auch Verbiegungen auftreten können.

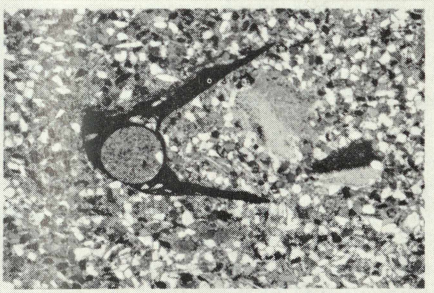
Alle diese Beobachtungen lassen wohl den Schluß zu, daß schon verfestigte, sehr grobe Komponenten, vermischt mit Feinsand nach kurzer Sedimentationsunterbrechung auf unverfestigtem Sandgrund abgelagert wurden. Ein „Hartgrund" dürfte damals noch nicht vorgelegen haben, hat sich aber vielleicht vor Ablagerung des hangenden Tons noch entwickelt.

Die Geröllnatur der Knollen läßt sich außerdem durch Röntgenographien von orientiert entnommenen sphärischen Exemplaren (Taf. II, Fig. 1) sehr deutlich nachweisen. Die Feinschichtung solcher, beim Transport im Umlagerungsmedium isotrop reagierender Körper weist in einigen Fällen Winkeldiskordanzen bis 70° zur Bankunterfläche auf. Da auch kleine scheibenförmige Körper fast stets horizontal in der Bank liegen, ist eine Drehung der sphärischen Knollen im Verlauf der Setzung wohl nur von untergeordneter Bedeutung. Eindeutige Geopetal-Gefüge

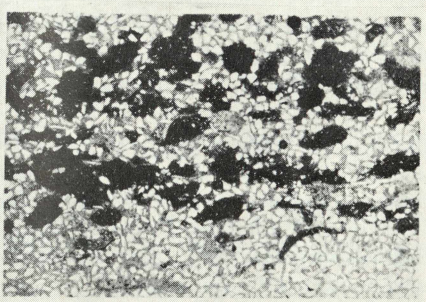
Tafel 2



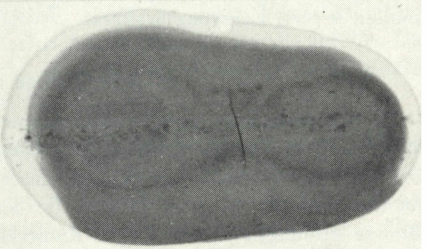
1



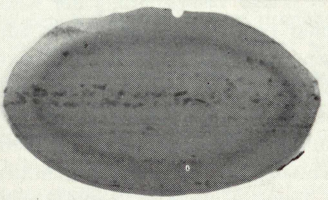
2



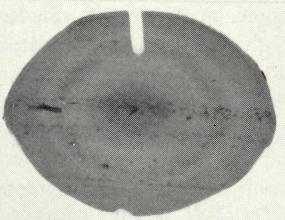
3



4



5



6



7

innerhalb der Knollen fehlen. Es kann nicht unterschieden werden, ob und wieviel Knollen inverse Lagerung besitzen.

5. Zur Genese der Knollen

Aus den angeführten Beobachtungsergebnissen geht hervor, daß die Knollen in verfestigtem Zustand als Gerölle umgelagert wurden. Eine Abgrenzung von den scheibenförmigen Bildungen petrographisch ähnlicher, aber meist fossilfreier Zusammensetzung in allen Fällen dürfte nicht möglich sein. Einige flachscheibenförmige Bildungen und zahlreiche Zwischenformen sind sicher als wechselnd stark abgerollte Knollen zu betrachten, während andere aufgearbeitete Bruchstücke dünner Sandsteinlagen verschiedenen Verfestigungsgrads darstellen könnten.

Zur Zementierung der Knollen vor ihrer Umlagerung kann nur das Karbonat beigetragen haben, wie auch für andere Sandsteinkugelvorkommen angenommen wurde. Das in Helmstedt häufige Zusammenfallen von Fossillagen und Symmetrieebene der Knollen, mehr noch das Auftreten eines einzelnen Fossilrests im Zentrum sphärischer Typen weist auf selektive Karbonatzementierung in einer noch unverfestigten, schon tonüberdeckten Sandlage um sich zersetzende organische Substanz bei reduzierendem Milieu hin, ein Vorgang, zu dessen Deutung sich bis in Einzelheiten die Vorstellungen LIPPMANNs (1955) über Geodenbildung in wenig kompaktiertem Ton anwenden lassen. Die gegenüber Tonkarbonatgeoden bei Sandkarbonatkonkretionen häufigere Kugelform erklärt sich durch die größere Isotropie im Porenraum von Sand. Ebenso dürfte die Seltenheit oder das Fehlen von Schwundrissen in „Sandsteinkugeln" eine Folge des geringen Tongehalts und der vollständigeren Karbonatausfüllung des Porenraums sein. Mehrkugelkombinationen können als Produkte konkurrierender, gemeinsam auf einer Schichtfläche liegender Karbonatfällungszentren gedeutet werden. Wahrscheinlich ist auf Grund geringfügiger Schwankungen des allgemein hohen pH-Werts auch eine erste geringfügige Korrosion des Quarzdetritus erfolgt (KRAUSKOPF, 1959). Die Bildung der Pyrithöfe könnte nach dem Modell von LIPPMANN ebenfalls in diesem Stadium vor sich gegangen sein. Die Frage, welche Zusammensetzung das gefällte Karbonat besessen hat, muß offengelassen werden, da das heutige Erscheinungsbild sicher nicht dem ursprünglichen entspricht. Das Auftreten von feinkörnigem Calcit macht aber wahrscheinlich, daß im frisch gefällten Karbonat zumindest Ca-Überschuß geherrscht hat.

Abtragung der überlagernden abdichtenden Sedimentdecke und Aufarbeitung beendete die Konkretionsbildung innerhalb der lokal verfestigten Bank. Der polymikte Charakter der Konglomeratlage weist auf Aufarbeitung mehrerer Schichtglieder hin. Ein großer Teil der Knollen wird jedoch auf Grund der Erhaltung zarter Doppelkugelformen nur geringfügig durch die Umlagerung beansprucht worden sein. Trockenfallen dabei ist möglich, aber nicht beweisbar.

Ohne die Wiederaufdeckung der knollenführenden Sandlage hätte der Zementierungsvorgang schließlich, dann wohl teilweise unter den allgemeinen Be-

dingungen für die karbonatische Porenraumfüllung von Sandstein tonreicher Serien im Kompaktionsstrom (v. ENGELHARDT, 1960), zu einer Verfestigung der gesamten Sandlage und Auslöschung der ersten konkretionären Stadien geführt. Das wäre ein möglicher Grund dafür, daß — zumindest in Helmstedt — Sandsteinkugeln heute nur auf sekundärer Lagerstätte erkennbar sind.

Fast allen Karbonatsandsteinkörpern der Konglomeratlagen ist der nahezu randparallele Pyritsaum gemeinsam, der auch um schwach gerundete Bruchkanten von Scheibengeröllen beobachtet wurde. Er ist anscheinend kein spezifisches Kennzeichen der Knollen. Unterschiede im pH-Wert und Redoxpotential zwischen Umgebung und Porenwasser der festeren Karbonatsandsteinkörper während der Umlagerung oder nach erneuter Eindeckung mögen zur randparallelen zonaren Pyritausfällung in Knollen wie in anderen Karbonatsandsteingeröllen beigetragen haben. Über die Zeit der Dolomitkristallisation in den Knollen kann nur ausgesagt werden, daß sie auf Grund des Auftretens von Pyriteinschlüssen der „Höfe" wie der „Zonen" in Dolomitrhomboedern, zumindest teilweise, erst nach der letzten Pyritbildung erfolgt sein muß. Auf Einflüsse nach der Aufarbeitung, wahrscheinlich erst nach erneuter Ablagerung und Überdeckung, dürfte jedenfalls die Ausprägung der äußersten Knollenzone mit erhöhtem und gröberkristallinem Dolomitgehalt, verbunden mit Lösungs- und Neubildungsvorgängen am Quarzdetritus, zurückzuführen sein. Bei der Calcitfüllung tektonisch entstandener Spalten waren alle diese Vorgänge schon abgeschlossen.

6. Literatur

ENGELHARDT, W. v.: Der Porenraum der Sedimente. — Miner. u. Petrogr. in Einzeldarst., **2,** 1—201, Berlin — Göttingen — Heidelberg 1960.

ERNST, W.: Über die Ahrensburger Geschiebesippe im norddeutschen Diluvium. — Z. Geschiebeforsch. u. Flachlandgeol., **14,** 73—104, Leipzig 1938.

ERNST, We.: Die Liastongrube Grimmen. Sediment, Mikrofauna, Stratigraphie. — Geologie, **16,** 550—569, Berlin 1967.

FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. — Erdöl u. Kohle, **12,** 605—613, Hamburg 1959.

GOLDSMITH, J. R., GRAF, D. L., u. JOENSUU, V. I.: The occurrence of magnesium calcite in nature. — Geochim. cosmochim. Acta, **7,** 212—230, London 1955.

HAMBLIN, W. K.: X-ray radiography in the study of structures in homogeneous sediments. — J. sedim. Petrology, **32,** 201—210, Menasha 1962.

HOPPE, W.: Beiträge zur Geologie und Petrographie des Buntsandsteins im Odenwald. II: Die Struktur des Buntsandsteins und ihre Beziehungen zur Einkieselung und Bleichung. — Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. Landesanst., **5** (H. 9), 79—101, Darmstadt 1927.

JENTZSCH, A.: Über Kugelsandsteine als charakteristische Diluvialgeschiebe. — Jb. kgl. preuß. geol. Landesanst. u. Bergakad. für **1881,** 571—582, Berlin 1882.

JÜNGST, H.: Rät, Psilonoten- und Schlotheimienschichten im nördlichen Harzvorlande. — Geol. u. paläont. Abh., N. F., **16,** 1—194, Jena 1928.

JUNG, H.: Sedimentpetrograph. Untersuchungen an einem Kugelsandstein des Mittleren Buntsandsteins bei Kahla i. Thür. — Chemie d. Erde, **8,** 601—612, Jena 1933/34.

KAUTZSCH, E.: Der Einfluß der böhmischen Masse auf die Entwicklung des Buntsandsteins an ihrem Nordwestrand. — N. Jb. Miner. etc., Abh., Beil.-Bd., **78,** Abt. B, 29—92, Stuttgart 1933.

KHARKWHAL, A. D.: Über den Mineralbestand des Göttinger Lias. — Beitr. Miner. Petrogr., **7,** 45—62, Berlin — Göttingen — Heidelberg 1959.

KLANG, H.: Ein neues baltisches Sedimentärgeschiebe von der Samlandküste. — Z. Geschiebeforsch., **7,** 155—160, Berlin 1931.

KRAUSKOPF, K. B.: The geochemistry of silica in sedimentary environments. — Soc. econom. Paleontologists and Mineralogists, spec. Public., **7,** 1—19, Tulsa 1959.

LANGHEINRICH, G.: Syngenetische Fossildeformationen im untersten Lias (Hettangium) von Göttingen. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1966,** 666—680, Stuttgart 1966.

LEMKE, K., v. ENGELHARDT, W., u. FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlands. — Beih. geol. Jb., **11,** 1—110, Hannover 1953.

LINCK, O.: Echte und falsche fossile Regentropfen-Spuren, Sand- und Sandsteinkugeln. — Natur u. Volk, **80,** 117—125, Frankfurt a. Main 1950.

LINSTOW, O. v.: Die Verbreitung der tertiären und diluvialen Meere in Deutschland. — Abh. preuß. geol. Landesanst., N. F., **87,** 1—176, Berlin 1922.

LIPPMANN, F.: Ton, Geoden und Minerale des Barrême von Hoheneggelsen. — Geol. Rundsch., **43,** 475—502, Stuttgart 1955.

RÜGER, L.: Geologischer Führer durch Heidelbergs Umgebung. — 5—350, Heidelberg 1928.

SALMI, M.: Imatra Stones in the glacial clay of Vuolenkoski. — Bull. Comm. géol. Finlande, **186,** 1—27, Helsinki 1959.

TENNANT, C. B., u. BERGER, R. W.: X-ray determination of dolomite-calcite ratio of a carbonate rock. — Amer. Mineralogist, **42,** 23—29, Menasha 1957.

WARNE, S. S. J.: A quick field or laboratory staining scheme for the differentiation of the major carbonate minerals. — J. sedim. Petrology, **32,** 29—38, Menasha 1963.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: BH_5

Autor(en)/Author(s): Groetzner Johann-Peter

Artikel/Article: Bau und Genese von „Sandsteinkugeln" aus dem Lias a\ (Hettangien) von Helmstedt 219-234