

Die Ausbildung des Stinkschiefers (Ca₂st) im südöstlichen Harzvorland

VON GÜNTER JANKOWSKI & WOLFGANG JUNG, Sangerhausen

Mit 2 Abbildungen, 3 Tabellen und 7 Bildern auf 2 Tafeln

1. Einleitung

In der Literatur und auch bei unseren Bohrkernaufnahmen wurde bisher der gesamte Stinkschiefer als bituminöser, feingeschichteter Mergelkalkstein bezeichnet. In den letzten Jahren fiel uns wiederholt auf, daß etwa bei 1 bis 1½ m über der Unterkante dieses Horizonts zahlreiche Anhydrit- und in unterschiedlichem Niveau Pyritlagen auftreten (JUNG 1960). Diese Beobachtung und die Tatsache, daß nahezu sämtliche Schichtglieder des Zechsteins feinstratigraphisch unterteilt werden können, veranlaßten uns, nach weiteren Möglichkeiten einer lithologischen Gliederung des Stinkschiefers zu suchen. Unser Vorhaben schien auch deshalb erfolgversprechend, da von S. LENTSCHIG (1958) auf Grund von Spurenelementuntersuchungen (Sr, Fe, Mg, Ti, Ni, Pb, Ag, V, Mo, Cr, Ga, Zr, Be) an neun Bohrungen des Untersuchungsgebietes eine Dreiteilung des Stinkschiefers vorgenommen werden konnte.

2. Methodik und Ergebnisse der feinstratigraphisch-chemischen Untersuchungen

Um zunächst einen Überblick über den Pauschalchemismus zu erhalten, wurden die Stinkschieferkerne der Bohrungen Borxleben (Mbl. Artern) und Sangerhausen 120E (Mbl. Ziegelroda) in Meterabständen gebrochen, das Material gemahlen und in entsprechender Weise für die chemische Analyse reduziert. Parallel dazu erfolgte bei vorhandenen Stinkschieferkernen eine Spezialaufnahme. Diese Untersuchungen ergaben eine Vierteilung in die Zonen Ca₂st_z, Ca₂st_β₁, Ca₂st_β₂ und Ca₂st_γ, die an den Kernen der Bohrungen Udersleben 104 (Mbl. Artern 4633) und Sangerhausen 157 (Mbl. Ziegelroda 4634) nochmals chemisch überprüft und auch bestätigt wurde. Die außerdem erfolgte Durchsicht aller Schichtenverzeichnisse von Kupferschieferbohrungen, die das Basiskarbonat des Zechsteins₂ zwischen Finne und Halle—Hettstedter Gebirgsbrücke gekernt haben, erbrachte den Nachweis, daß mehrere Profile anhand der Dokumentationen gegliedert werden können. Daß das nicht in jedem Fall möglich ist, muß auf die nicht immer mit der nötigen Sorgfalt durchgeführte Kernaufnahme zurückgeführt werden.

Die jetzt feinstratigraphisch gegliederten Profile sind aber so über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt, daß Zweifel an der generellen Gültigkeit unbegründet sind. Ausgenommen werden muß natürlich der Zentralteil der Mansfelder Mulde, wo der Stinkschiefer primär fehlt.

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen.¹⁾

¹⁾ Die chemischen Analysen wurden im Minerallabor des VEB Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“ durchgeführt. Dafür wie auch für die Berechnung der ungefähren Mineralzusammensetzung sei Dipl.-Min. KNITZSCHKE gedankt. Bei der Kompilation des Materials haben uns Berg-Ing. DONATH und Geol.-Ing. WENIG tatkräftig geholfen, wofür auch ihnen gedankt sei.

Tab. 1. Chemische Zusammensetzung des Stinkschiefers

| Probe Nr. | Zone | Mächtigkeit m | CaO % | MgO % | Al ₂ O ₃ % | SiO ₂ % | Fe % | SO ₂ % | CO ₂ % | Cl % | H ₂ O % | C % |
|---|----------------|---------------|-------|-------|----------------------------------|--------------------|------|-------------------|-------------------|------|--------------------|------|
| a) Bohrung Borxleben | | | | | | | | | | | | |
| 1 | α | 1,00 | 39,70 | 2,76 | 4,60 | 2,80 | 0,56 | 15,24 | 25,70 | 0,04 | 5,06 | 0,46 |
| 2 | β ₁ | 1,00 | 35,98 | 1,71 | 8,66 | 19,26 | 1,62 | 0,99 | 29,25 | 0,05 | 0,42 | 1,05 |
| 3 | β ₂ | { 1,00 | 34,25 | 1,08 | 9,94 | 22,16 | 1,45 | 1,19 | 27,01 | 0,06 | 0,51 | 1,12 |
| 4 | | { 1,00 | 34,70 | 1,22 | 8,55 | 22,89 | 1,34 | 1,59 | 27,10 | 0,06 | 0,63 | 0,88 |
| 5 | γ | { 1,00 | 43,43 | 1,70 | 7,18 | 9,41 | 0,89 | 0,48 | 35,55 | 0,07 | 0,23 | 0,47 |
| 6 | | { 0,60 | 46,96 | 0,73 | 4,91 | 4,69 | 0,50 | 2,71 | 25,85 | 0,06 | 0,96 | 0,35 |
| b) Bohrung Sangerhausen 120 E | | | | | | | | | | | | |
| 1 | α | 1,00 | 46,04 | 0,89 | 3,49 | 7,58 | 0,78 | 4,01 | 34,30 | 0,09 | 0,17 | 0,56 |
| 2 | β ₁ | 1,00 | 32,51 | 0,77 | 9,74 | 16,76 | 1,73 | 0,91 | 25,36 | 0,15 | 0,42 | 1,14 |
| 3 | β ₂ | { 1,00 | 32,98 | 0,74 | 10,28 | 23,33 | 1,79 | 1,02 | 25,54 | 0,15 | 0,48 | 1,04 |
| 4 | | { 1,00 | 35,09 | 0,39 | 7,06 | 27,91 | 1,40 | 1,44 | 27,00 | 0,13 | 0,32 | 0,71 |
| 5 | γ | { 1,00 | 47,87 | 0,53 | 4,61 | 6,30 | 0,61 | 1,21 | 37,30 | 0,25 | 0,10 | 0,44 |
| 6 | | { 0,90 | 46,98 | 0,74 | 4,00 | 7,01 | 0,61 | 3,08 | 35,91 | 0,20 | 0,10 | 0,46 |
| Die liegenden 0,40 m der Probe 4 gehören zur Zone β ₂ , der Rest zur Zone γ. | | | | | | | | | | | | |
| c) Bohrung Udersleben 104 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | α | 1,00 | 44,77 | 0,70 | 4,20 | 10,54 | 0,95 | 0,58 | 34,46 | 0,31 | 0,25 | 0,79 |
| 2 | β ₁ | 1,00 | 30,77 | 0,30 | 10,71 | 28,75 | 2,12 | 0,93 | 23,47 | 0,37 | 0,43 | 1,28 |
| 3 | β ₂ | { 1,00 | 36,04 | 0,32 | 7,00 | 20,10 | 2,29 | 1,65 | 28,09 | 0,32 | 0,47 | 1,03 |
| 4 | | { 0,40 | 34,22 | 0,22 | 8,81 | 23,79 | 1,84 | 1,94 | 25,62 | 0,43 | 0,52 | 1,09 |
| 5 | γ | { 1,00 | 47,16 | 0,40 | 2,63 | 5,79 | 2,12 | 4,19 | 34,95 | 0,25 | 0,13 | 0,45 |
| 6 | | { 0,80 | 40,51 | 0,43 | 5,91 | 14,60 | 1,51 | 4,13 | 29,83 | 0,33 | 0,23 | 0,66 |
| d) Bohrung Sangerhausen 157 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | α | 1,00 | 41,13 | 0,70 | 6,91 | 14,93 | 1,23 | 0,87 | 31,95 | 0,22 | 0,31 | 1,04 |
| 2 | β ₁ | 1,00 | 31,05 | 0,77 | 10,27 | 27,02 | 2,12 | 1,18 | 24,39 | 0,27 | 0,57 | 1,24 |
| 3 | β ₂ | { 1,00 | 29,90 | 0,68 | 11,90 | 27,08 | 2,12 | 1,19 | 23,97 | 0,33 | 0,55 | 1,27 |
| 4 | | { 1,00 | 39,01 | 0,84 | 5,06 | 15,60 | 1,23 | 2,05 | 33,06 | 0,23 | 0,41 | 0,67 |
| 5 | γ | { 0,60 | 47,49 | 0,61 | 4,08 | 6,52 | 0,50 | 4,56 | 38,46 | 0,24 | 0,19 | 0,40 |

Aus den Analysenwerten der vier Bohrungen lassen sich für die einzelnen Zonen über das gewogene arithmetische Mittel folgende Komponenten errechnen:

Tab. 2. Chemische Zusammensetzung des Stinkschiefers (gewogenes arithmetisches Mittel der Bohrungen Borxleben, Sangerhausen 120E, Udersleben 104 und Sangerhausen 157)

| Zone | Mächtigkeit m | CaO % | MgO % | Al ₂ O ₃ % | SiO ₂ % | Fe % | SO ₃ % | CO ₂ % | Cl % | H ₂ O % | C % |
|----------------|---------------|-------|-------|----------------------------------|--------------------|------|-------------------|-------------------|------|--------------------|------|
| α | 1,00 | 42,91 | 1,26 | 4,80 | 8,96 | 8,88 | 5,17 | 31,60 | 0,16 | 1,45 | 0,71 |
| β ₁ | 1,00 | 32,58 | 0,89 | 9,84 | 22,95 | 1,90 | 1,00 | 25,62 | 0,21 | 0,46 | 1,18 |
| β ₂ | 1,60 | 33,85 | 0,70 | 9,10 | 23,90 | 1,74 | 1,38 | 26,40 | 0,19 | 0,49 | 1,10 |
| γ | 1,70 | 44,76 | 0,76 | 4,81 | 8,96 | 1,04 | 2,61 | 33,28 | 0,21 | 0,26 | 0,51 |

Aus den CaO-, MgO-, SO₃-, CO₂-, H₂O- und Cl-Werten erfolgte die Errechnung der Mineral-
komponenten Dolomit, Calcit, Gips, Anhydrit und Steinsalz:

| | | | |
|-----|---|---|---------------------------------------|
| 1.1 | MgO · 2,0915 (Faktor) | = | MgCO ₃ |
| 1.2 | MgCO ₃ · 1,187 (Faktor) | = | CaCO ₃ I |
| 1.3 | MgCO ₃ · CaCO ₃ I | = | CaMg(CO ₃) ₂ |
| 2.1 | CaCO ₃ · 0,5603 (Faktor) | = | CaO I |
| 2.2 | CaMg(CO ₃) ₂ - (CaO I + MgO) | = | CO ₂ I |
| 2.3 | Gesamt-CO ₂ - CO ₂ I | = | CO ₂ II |
| 2.4 | CO ₂ II · 2,274 (Faktor) | = | CaCO ₃ |
| 3. | 2H ₂ O · 4,7785 (Faktor) | = | CaSO ₄ · 2H ₂ O |
| 4.1 | CaSO ₄ · 2H ₂ O - 2H ₂ O | = | CaSO ₄ I |
| 4.2 | CaSO ₄ · 0,5881 (Faktor) | = | SO ₃ I |
| 4.3 | Gesamt-SO ₃ - SO ₃ I | = | SO ₃ II |
| 4.4 | SO ₃ II · 1,7004 (Faktor) | = | CaSO ₄ |
| 5. | Cl · 1,649 (Faktor) | = | NaCl |

Die Ergebnisse für das Durchschnittsprofil sind aus Tab. 3 zu ersehen.

Tab. 3. Ungefähre Mineralzusammensetzung des Stinkschiefers; Durchschnitt der Bohrungen
Borxleben, Sangerhausen 120E, Udersleben 104 und Sangerhausen 157

| Zone | Calcit % | Dolomit % | Steinsalz % | Gips % | Anhydrit % |
|----------------|-------------|--------------|----------------|---|---------------|
| α | 67,60 | 5,52 | 0,27 | 1,08 (ohne Borxleben) 7,01 (mit Borxleben) | 3,16 |
| β ₁ | 55,00 | 4,06 | 0,34 | 2,09 | — |
| β ₂ | 56,47 | 3,16 | 0,36 | 2,42 | 0,40 |
| γ | 73,43 | 3,52 | 0,33 | 1,38 | 3,35 |

Von den vier untersuchten Profilen sind Diagramme gezeichnet worden, in denen die Gehalte an Gesamtkarbonat, Gesamtsulfat, SiO₂, Al₂O₃, Fe und C in Gew.-% in Abhängigkeit von der Feinstratigraphie dargestellt wurden. Da die Abweichungen zwischen den einzelnen Profilen unwesentlich sind, verzichten wir hier auf eine Wiedergabe. Lediglich ein aus den vier Bohrungen resultierendes Durchschnittsdiagramm zeigt Abb. 1.

Zone α

Die Grenze vom Werraanhydrit zum Stinkschiefer, die bereits von JUNG (1958) beschrieben wurde, kann jetzt detaillierter angegeben werden. Im Normalfall scharen sich die Dolomitlagen des Oberen Werraanhydrits, und es besteht ein fließender Übergang. Da in derartigen Fällen die obersten Partien des Oberen Werraanhydrits immer mehr oder weniger stark geperlt sind, legen wir die Grenze an die Oberkante der Perlen. Die Richtigkeit dieser Grenzziehung wird untermauert durch eine oft zu beobachtende schwärzlichgraue, teilweise Erdölschwitz-

stellen aufweisende Lage, die unmittelbar über den Perlen auftritt und das Einsetzen des Stinkschiefers deutlich markiert (vgl. Bild 1 und 2). In mehreren Fällen ist die Grenze zwischen Anhydrit und Stinkschiefer scharf ausgebildet. Der oberste Teil des Oberen Werraanhydrits ist dann dolomitisch unregelmäßig gestreift bzw. gemasert (vgl. Bild 2). Die Hangendgrenze der Zone α legen wir an die Stelle, wo die bereits eingangs erwähnten zahlreichen mm-starken Anhydritlagen auftreten (vgl. Abb. 2).

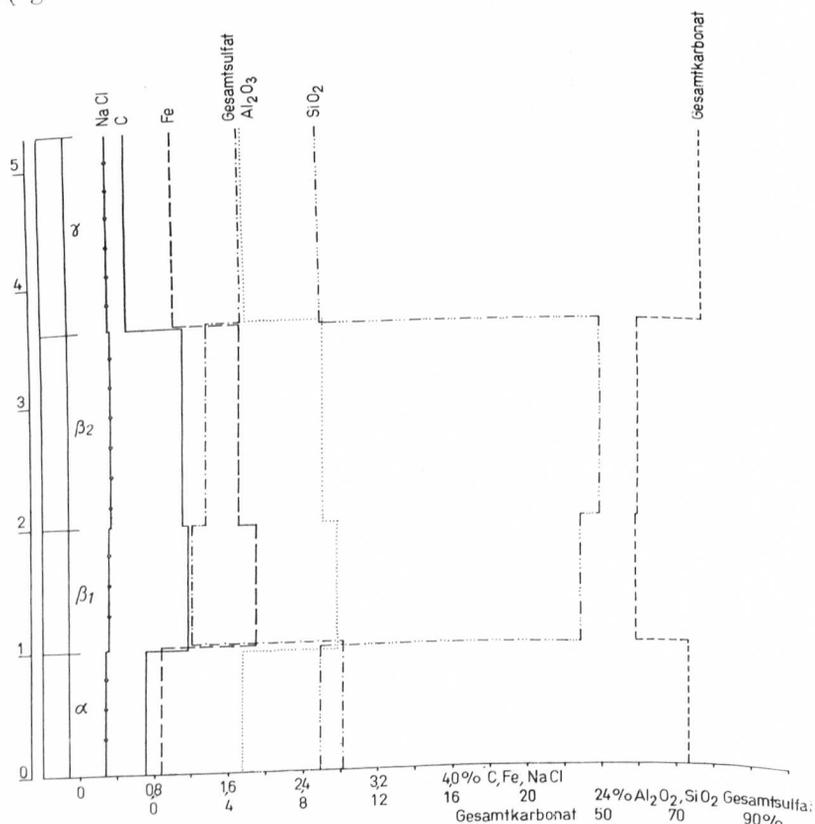


Abb. 1. Die ungefähre chemische Zusammensetzung des Stinkschiefers (Durchschnittswerte der Bohrungen Borxleben, Sangerhausen 120E, Udersleben 104 und Sangerhausen 157)

Die so begrenzte Zone ist nach den chemischen Untersuchungen unter Zugrundelegung des Diagramms von BERNSTEIN (1961) ein verunreinigter bis tonig verunreinigter Kalkstein. Dieser fein geschichtete Kalkstein ist hellgrau gefärbt und enthält mitunter deutlich erkennbare Pyritlagen und -fünkehen. Außerdem kann man eine Reihe papierdünner Anhydritlagen beobachten, deren Anzahl und Mächtigkeit nach dem Hangenden deutlich zunehmen und in der etwa 10 cm mächtigen Grenzpartie zu einer sehr engen Anhydrit-Kalkstein-Wechselfolge führen. Die in der Bohrung Burgsdorf 51 (Mbl. Wettin) über 0,55 cm mächtigem

„Stinkschiefer“ angetroffene 2,90 m mächtige, karbonatisch regelmäßig eng und fein gestreifte Anhydritlage (vgl. BLEI & JUNG 1962) ist als Extrem der Sulfatabscheidung in diesem Niveau anzusehen. Daß diese Zone insgesamt sehr anhydritisch sein kann, geht aus dem Profil der Bohrung Burgsdorf 19E (Mbl. Wettin) hervor, in dem zwei deutlich ausgebildete Anhydritbänke von 20 cm bzw. 80 cm Mächtigkeit auftreten.

In den Bohrungen Udersleben 31 (Mbl. Artern), Sangerhausen 118 (Mbl. Erdeborn) und Burgsdorf 26 (Mbl. Wettin) wurden aus diesem Niveau unbestimmbare Fischabdrücke beschrieben.

Die Mächtigkeit schwankt von 0,60 bis 1,40 m und erreicht einen Durchschnittswert von 1 m.

Die Zone Ca₂st_z ist mit der Zone 1 von S. LENTSCHIG (1958) identisch, die durch geringe Spurenelementgehalte charakterisiert ist.

Zone β

Der als Zone β bezeichnete mittlere Teil des Stinkschiefers läßt nach megaskopischen Gesichtspunkten eine Zweiteilung zu. Auf Grund des nahezu übereinstimmenden Chemismus, der zur gleichen Kennzeichnung des Gesteins führt, sprechen wir deshalb von den Zonen β_1 und β_2 .

Zone β_1

Die Liegendgrenze dieser Zone wurde bereits beschrieben. Die Hangendgrenze legen wir an die Unterkante einer deutlich in Erscheinung tretenden 1 bis 3 cm mächtigen, hellgrauen Karbonatlage (vgl. Bild 3 und Abb. 2).

Nach den chemischen Untersuchungen handelt es sich dem BERNSTEINschen Diagramm folgend um einen Kalkmergel. Dieses ebenfalls feingeschichtete Gestein ist grau-schwarz gefärbt und, von der Basislage der Zone α abgesehen, die dunkelste Partie des

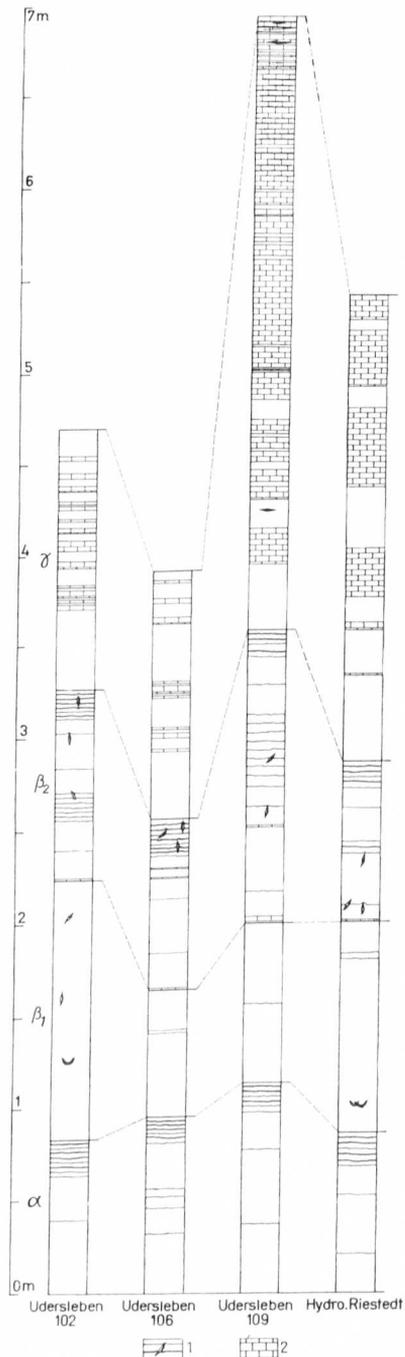


Abb. 2. Säulenprofile des Stinkschiefers (Ca₂st)

1 — Anhydritlagen und -fiedern, 2 — kompakte Kalkbänke

gesamten Stinkschiefers. Charakteristisch ist ferner, daß in diesem Bereich Anhydritfiedern auftreten, wie wir sie in ähnlicher Form aus den Zonen $\text{Ca1}\alpha_1$ und $\text{Ca1}\alpha_2$ kennen (vgl. Bild 4 sowie JANKOWSKI & JUNG 1962). Neben diesen Anhydritfiedern, die auch hier fröhdiaogenetischer Entstehung sind, treten linsenförmige Anhydriteinschaltungen auf. Bei beiden Formen wird die Schichtung ebenso ausgebuchtet, wie das bereits von JUNG (1958) von den Anhydritaugen und -knollen aus dem Werraanhydrit beschrieben wurde. Ähnlich wie in der Zone α treten auch im Bereich der Zone β_1 Pyritlagen und -hicken auf, die aber nicht horizontgebunden verfolgt werden konnten. Etwa 20 cm unter der die Hangendgrenze bildenden Karbonatlage wurden in mehreren Bohrungen einige papierdünn Anhydritlagen beobachtet (vgl. Abb. 2). In der Bohrung Burgsdorf 19E ist aus diesem Niveau eine 67 cm mächtige Anhydritbank beschrieben.

Als Durchschnittsmächtigkeit für die Zone β_1 kann 1 m angegeben werden. Es wurden Mächtigkeitsschwankungen von 0,65 bis 1,40 m beobachtet.

Zone β_2

Der Kalkmergel der Zone β_2 ist durch zahlreiche mm-dicke Anhydritlagen gekennzeichnet. In den hangenden 20 cm kann man von einer Anhydrit-Kalkmergel-Wechselfolge sprechen, die auch hier wie bei der Zone α zur Grenzlegung benutzt wird (vgl. Bild 5). Auch dieses Anhydritmaximum wird in einigen Bohrungen sehr augenscheinlich. In der Bohrung Burgsdorf 51 (Mbl. Wettin) fällt dort eine kompakte, karbonatisch regelmäßig eng und fein gestreifte Anhydritbank von 25 cm Mächtigkeit auf. In den Bohrungen Udersleben 41 (Mbl. Wiehe) und Udersleben 27 (Mbl. Sangerhausen) wurden 10–20 cm mächtige, kompakte, texturlose Anhydritbänke angetroffen. Öfter ist etwa 60 bis 80 cm unter der Oberkante nochmals eine relative Häufung von feinen, teilweise undeutlichen Anhydritlagen zu beobachten. Die knollen- und fiederförmigen Anhydriteinlagerungen treten stärker als in der Zone β_1 hervor (vgl. Abb. 2). Neben der charakteristischen Basis-karbonatlage können sich in dieser Erstreckung verfolgt werden konnten, die aber bisher nicht über längere Erstreckung verfolgt werden konnten. Mit Zunahme der Gesamtmächtigkeit werden die einzelnen Karbonatbänke dicker. So sind im NE-Teil der Mansfelder Mulde nach Spezialaufnahmen von Busch bis 2 m mächtige, dunkelgraue Karbonatbänke vorhanden.

Während in den Profilen unter 5 m Gesamtmächtigkeit die Zone β nicht mächtiger als 1 m ist, beträgt sie in der Bohrung Udersleben 109 (vgl. Abb. 2) bereits 1,60 m und wächst bei Profilen mit einer Gesamtmächtigkeit von mehr als 12 m (z. B. Bohrung Burgsdorf 19E) auf 8 m an.

Unsere Zonen β_1 und β_2 entsprechen der Zone 2 von S. LENTSCHIG (1958), die durch die höchste Konzentration an Spurenelementen ausgezeichnet ist.

Zone γ

Die Zone γ umfaßt den Bereich bis zum Basalanhydrit. Die Grenze legen wir an die Stelle (vgl. JUNG 1960), wo zahlreiche Anhydritperlen und -linsen auftreten, die bereits den liegenden Teil der Zone $\text{A2}\alpha$ darstellen. Die aus dem Chemismus resultierende Bezeichnung im Sinne von BERNSTEIN (1961) als tonig verunreinigter Kalkstein ist eine Summenbezeichnung. In Wirklichkeit handelt es sich um eine Wechselfolge von hellgrauen, dichten und kompakten Karbonatbänken mit feinschichtigen, dunkelgrauen Kalkmergellagen, in denen sporadisch auch Anhydrit in Form von Linsen und Lagen auftreten kann (Bild 6). Die Karbonatbänke, deren

Anzahl und Mächtigkeit nach dem Hangenden zunehmen, setzen deutlich sichtbar erst ca. 40 cm oberhalb der Grenze ein. Daraus könnte eine Zweiteilung der Zone γ abgeleitet werden. Wir verzichten hier darauf, da eine so markante Grenzlegung wie zwischen den Zonen β_1 und β_2 nach unseren derzeitigen Unterlagen nicht möglich ist.

Bei geringmächtiger Stinkschieferentwicklung (bis 5 m) werden die Karbonatbänke im hangenden Teil der Zone γ nicht mächtiger als 5 cm. In der Bohrung Riestedt (Mbl. Allstedt) können die kompakten Karbonatlagen eine Mächtigkeit bis 45 cm erreichen, während in der Bohrung Udersleben 109 (Mbl. Artern), die den Stinkschiefer in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 7 m durchteufte (vgl. Abb. 2), nicht mehr von einer Wechselfolge gesprochen werden kann. Dort sind lediglich dem grauen Karbonatgestein papierdünne, schwärzlichgraue Mergelkalklagen eingeschaltet. Auffällig ist, daß gehäuft im mittleren Teil stecknadelkopfgroße Karven auftreten (vgl. Bild 7).

Die Schichtenverzeichnisse einer Reihe von Bohrungen aus dem Bereich der Mansfelder Mulde lassen erkennen, daß auch dort die mächtigeren Profile eine den Bohrungen Riestedt und Udersleben 109 analoge Ausbildung aufweisen. Darüber hinaus muß man feststellen, daß dort in den hangenden Metern die feinschichtigen Mergelkalklagen erneut zunehmen und insgesamt eine enge Wechselfolge zwischen Mergelkalk- und Karbonatbänken vorliegt. Damit wird eine Rezessiventwicklung angedeutet.

Die Mächtigkeit schwankt von 0,80 bis 8,00 m. Es treten also ähnliche Mächtigkeitsschwankungen wie in der Zone β_2 auf.

Die Zone 3 von S. LENTSCHIG (1958), die Spurenelementkonzentrationen in der Größenordnung ihrer Zone 1 aufweist, entspricht unserer Zone γ .

Die durchgeführten feinstratigraphischen und geochemischen Untersuchungen lassen sich tabellarisch wie folgt zusammenfassen:

| Zone | Gestein | Mächtigkeit |
|-----------|--|-------------|
| γ | Kalkstein, hellgrau, tonig verunreinigt, meistens als Wechselfolge zwischen kompakten Karbonatbänken und feinschichtigen Mergelkalklagen ausgebildet | 0,80—8,00 m |
| β_2 | Kalkmergel, grau, mit zahlreichen Anhydritlagen, -fiedern und -knollen und einigen kompakten Karbonatlagen | 0,80—8,00 m |
| β_1 | Kalkmergel, dunkelgrau bis grau, mit Anhydritfiedern und -knollen | 0,65—1,40 m |
| α | Kalkstein, hellgrau, tonig verunreinigt, mit zahlreichen Anhydritlagen | 0,60—1,40 m |

Die allgemein bekannte Tatsache, daß der Stinkschiefer stark bituminös ist, darf im Anschluß an vorstehende Tabelle erwähnt und mit der Feststellung, daß das besonders die Zonen Ca2st α bis Ca2st β_2 betrifft, etwas präzisiert werden.

3. Ergänzende Bemerkungen

Streng zyklisch betrachtet, liegt die Grenze zwischen den Zechsteinzyklen nicht an der Basis, sondern inmitten des Stinkschiefers, des Grauen und Roten Salztens (vgl. JUNG u. a. 1963). Bedingt durch den sprunghaften Anstieg der SiO₂- und

Al_2O_3 -Gehalte von der Zone α zur Zone β ist die Zyklengrenze Z1/Z2 im Stinkschiefer an die Unterkante der Zone β_1 zu legen (vgl. Abb. 1). Die Zone α ist dann als rezessive Karbonatabscheidung des Zechsteins 1 zu betrachten.

Aus dem Auftreten der relativen Anhydritmaxima im Hangenden der Zonen α und β_2 ergibt sich, daß sowohl die Zone α als auch die Zone β einen progressiven Kleinzyklus Karbonat—Sulfat darstellt. Einen analogen Kleinzyklus repräsentiert auch die Zone γ , wenn man den liegenden Teil der Zone A2 α (vgl. JUNG 1960) mit einbezieht und von den Rhythmen absieht, die durch den Wechsel der feinschichtigen Kalkmergel- mit den kompakten Karbonatlagen offensichtlich werden.

Für die Betrachtung des faziellen Übergangs zum Hauptdolomit muß zunächst daran erinnert werden, daß nach H. GAERTNER (1954) die Zyklengrenze Z1/Z2 auch inmitten des Hauptdolomits liegt, und zwar an der Basis der Muschelzone. Die Zone der dünnplattigen, kristallinen Dolomite ist demzufolge auch als Rezessivabscheidung des Zechsteins 1 zu betrachten und hätte in der Zone α des Stinkschiefers ihr Äquivalent. Die Beschreibung der Muschelzone durch H. GAERTNER (1954) zugrunde legend, müssen wir auf die große Ähnlichkeit dieses Horizonts mit der Zone β_1 des Stinkschiefers hinweisen. Da auch die Mächtigkeit im allgemeinen nur wenig größer ist, sind wir der Auffassung, daß sich auch diese Schichten entsprechen. Die Niveauunterschiede zwischen den Bereichen der Hauptdolomit- und Stinkschieferfazies können deshalb nicht erheblich gewesen sein und sind als nahezu ausgeglichen zu betrachten.

Beginnend mit dem Zeitabschnitt der Ablagerung der Algenzone verstärken sich die Niveauunterschiede zwischen beiden Faziesbereichen, und die Beckenbodenmorphologie wird auch im einzelnen bewegter. Diese Deutung steht im Einklang mit den vorstehend beschriebenen Verhältnissen in den Zonen β_2 und γ .

Erste Andeutungen des Übergangs vom Stinkschiefer zum Hauptdolomit zeigen sich im Untersuchungsgebiet bereits in der Bohrung Riestedt, verstärkt in der Bohrung Udersleben 109 (vgl. Abb. 2) und teilweise noch deutlicher in der Mansfelder Mulde. Dort gruppieren sich die mächtigeren Profile vorzugsweise an den Flanken der von BLEI & JUNG (1962) nachgewiesenen zechsteinzeitlichen Untiefe.

Der neuerdings von SEIDEL (1963) geäußerten Auffassung, daß die Algenzone als Äquivalent des gesamten Stinkschiefers zu betrachten ist, können wir uns deshalb nicht anschließen.

Der Bereich der vorstehend erwähnten Untiefe im Zentralteil der Mansfelder Mulde ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß die über dem Unteren Werraanhydrit liegenden Schichtglieder des Zechsteins bis auf geringmächtiges Staßfurtsteinsalz fehlen. Der Stinkschiefer ist auf einer Fläche von rd. 15 km² graue, mehr oder weniger stark anhydrit- und gipsführende Tonsteine auf (BLEI & JUNG 1962). Ein Teil davon ist als Braunroter Salzton (T2) zu betrachten.

Aus den Schichtenverzeichnissen entnimmt man, daß der Stinkschiefer fast immer als klüftig angegeben wird. Als Klüftfüllungen treten hauptsächlich Anhydrit, Gips, Kalkspat und mitunter Steinsalz auf. Gediegen Schwefel, der bereits von STEINBRECHER (1959) aus der Bohrung Bösenrode 9 beschrieben wurde, ist auch in einigen von uns bearbeiteten Bohrungen angetroffen worden. In den Bohrungen Burgsdorf 33 (Mbl. Eisleben) und Burgsdorf 51 (Mbl. Wettin) wird von JUNG noch bläulichvioletter Fluorit genannt.

Bisher hat man angenommen, daß die Klüftigkeit grundsätzlich auf die Tektonik zurückzuführen ist. Bei der Durchsicht der Schichtenverzeichnisse ist uns

aber aufgefallen, daß in einer Reihe von Bohrungen nur die Zonen α bis β_2 geklüftet sind. Dieser Befund deutet die Möglichkeit an, daß ein Teil dieser Klüfte Schrumpfrisse sind. Die Klüftfüllungen wären dann als Lateralsekretionen zu betrachten. Damit würden auch in dieser Beziehung ähnliche Verhältnisse wie im Grauen Salzton vorliegen (vgl. LANGBEIN 1963). Für die Hydrogeologie ist das von Bedeutung, da nachweislich der Stinkschiefer als Hauptwasserzirkulationshorizont im Zechstein anzusehen ist (vgl. REMUS & SPILKER 1961).

Abschließend sollen noch die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit von S. LENTSCHIG (1958) erwähnt werden.

Die mikroskopischen Untersuchungen haben ergeben, daß der Stinkschiefer aus einer Wechsellagerung von Karbonaten, Bitumen und klastischem Material besteht. Letzteres setzt sich in der Hauptsache aus Quarz, wenig Feldspat (Plagioklas, albitisch verzwillingt), Biotit, Pyrit und Tonmineralien sowie akzessorisch auftretendem Zirkon, Turmalin und Rutil zusammen.

Auf Grund der meistens festgestellten hohen Vanadinanreicherungen gegenüber den Nickelgehalten ist der Stinkschiefer auch geochemisch zu den Vollfaulschlamm-sedimenten zu rechnen. Gelegentlich tritt ein Wechsel von Sapropel- und Gyttjafazies auf.

Im Hauptdolomit liegen die gleichen Verteilungskurven der Spurenelemente wie im Stinkschiefer vor, aber die Gehalte liegen grundsätzlich um eine Größenordnung niedriger.

Der Stinkschiefer wird deshalb als Erdölmuttergestein angesehen.

Zusammenfassung

Der Stinkschiefer wird in vier lithologische Zonen ($\text{Ca}2\text{st}\alpha$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$ und $\text{Ca}2\text{st}\gamma$) gegliedert, die chemisch charakterisiert, beschrieben und in einer Tabelle sowie einem chemischen Diagramm und einem Säulenprofil zusammenfassend dargestellt werden. Die Grenze Z1/Z2 ist an die Basis der Zone $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$ zu legen. Unter Einbeziehung des liegenden Teils der Zone A2 α ergeben sich für das Stinkschieferpaket drei Kleinzyklen Karbonat—Sulfat. Aus der Parallelisierung der Muschelzone des Hauptdolomits mit der Zone β_1 im Stinkschiefer ergibt sich, daß die betont unterschiedliche Entwicklung in beiden Faziesbereichen mit der Algenzone im Hauptdolomit bzw. der Zone $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$ einsetzt.

Summary

The bituminous oil shale is divided into four lithological zones ($\text{Ca}2\text{st}\alpha$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$ and $\text{Ca}2\text{st}\gamma$), which are chemically characterized, described and reviewed in a table, a geochemical diagram and a columnar section. The Z1/Z2 border must be laid on the base of the zone $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$. With the inclusion of the underlying part of the zone A2 α three small carbonate-sulfate cycles are obtained for the complex of bituminous oil shale. From a correlation of the main-dolomite shell zone with the β_1 zone in the bituminous oil shale results that a pronouncedly different development begins in both facies areas with the algae zone in the main dolomite and the $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$ zone respectively.

Резюме

Вошочий сланец разделяется на четыре литологические зоны ($\text{Ca}2\text{st}\alpha$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$, $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$, $\text{Ca}2\text{st}\gamma$), которые химически охарактеризованы, описаны и резюмируя сведены в таблице, а также в геохимической диаграмме и колонковом разрезе. Границу Z1/Z2 надо поставить в основание зоны $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$. При включении лежачей части зоны A2 α , для пачки вошочего сланца наблюдаются три микроцикла карбонат-

сульфат. Из параллелизации раковистой зоны главного доломита с зоной β_1 в во-
нющем сланце следует, что подчеркнутое различное развитие в обеих фацциальных
областях начинается с водорослевой зоной в главном доломите или с зоной $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$.

Literatur

- BERNSTEIN, K. H.: Zum Grunddiagramm Sand-Ton-Karbonat. — *Z. angew. Geol.*, **7**, 9, 469—472, Berlin 1961.
- BLEI, W., & W. JUNG: Über die anomalen Zechsteinprofile im Bereich der Mansfelder Mulde. — *Freib. Forsch.-H.*, C 133, Berlin 1962.
- GAERTNER, H.: Der untere Teil der Staßfurtserie im Gebiet des Thüringer Beckens auf Grund neuerer Bohrungen. — Unveröff. Dipl.-Arb., Jena 1954.
- JANKOWSKI, G., & W. JUNG: Zum Zechsteinkalk ($\text{Ca}1$) im Bereich der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde. — *Geologie*, **11**, 8, 943—953, Berlin 1962.
- JUNG, W.: Zur Feinstratigraphie der Werraanhydrite (Zechstein 1) im Bereich der Sangerhäuser und Mansfelder Mulde. — *Geologie*, **7**, Beih. 24, Berlin 1958.
- Zur Feingliederung des Basalanhydrits ($\text{Z}2$) und des Hauptanhydrits ($\text{Z}3$) im SE-Harzarvorland. — *Geologie*, **9**, 5, 526—555, Berlin 1960.
- Kupferschieferlagerstätte in der Sangerhäuser Mulde; Erzvorratsberechnung per 1. 1. 1960. — Akten Mansfeld-Kombinat, Eisleben 1960.
- JUNG, W., u. a.: Buntsandstein und Zechstein zwischen der Scholle von Calvörde und dem Thüringer Schiefergebirge. — *Exkursionsführer zur 10. Jahrestagung Geol. Ges. DDR 1963*, S. 5—46, Berlin 1963.
- LANGBEIN, R.: Untersuchungen an Salztonen des Zechsteins im Südharz-Kalirevier. — *Diss.*, Univ. Jena 1961, *Chemie der Erde*, **23**, 1, 1—70, Jena 1963.
- LENTSCHIG, S.: Geochemische Untersuchungen an Sedimenten des Oberen Zechsteins. — Unveröff. Dipl.-Arb., Freiberg 1958, *Auszug in Geologie*, **8**, 8, 822, Berlin 1959.
- REMUS, W., & M. SPILKER: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Nordteil der Sangerhäuser Mulde. — *Wie-Broschüre Nr. 38 des Mansfeld-Kombinates „W. Pieck“*, Eisleben 1961.
- STEINBRECHER, B.: Ein Vorkommen von Schwefelkristallen im Stinkschiefer aus der Bohrung Bösenrode 9 am Südhartrand. — *Z. angew. Geol.*, **5**, 10, 431—433, Berlin 1959.

TAFEL I

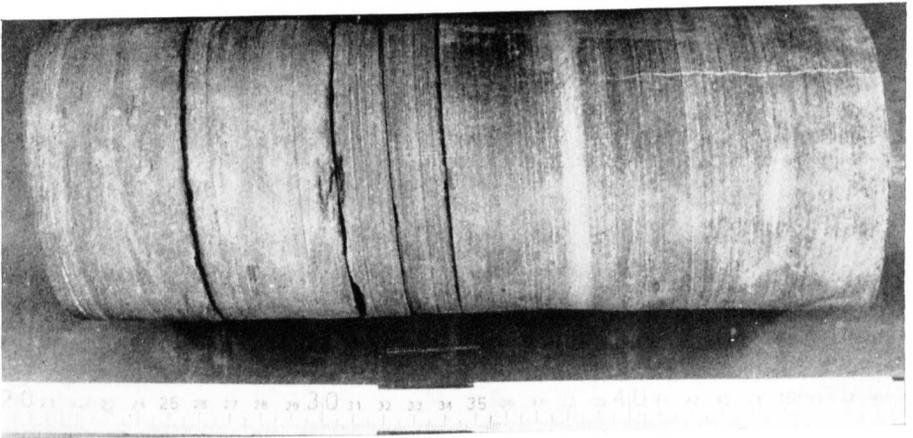
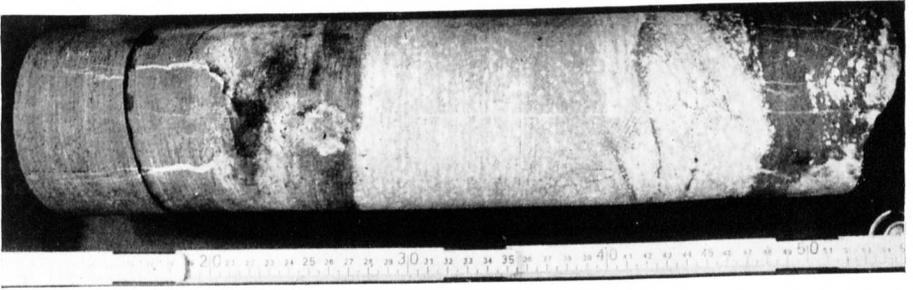
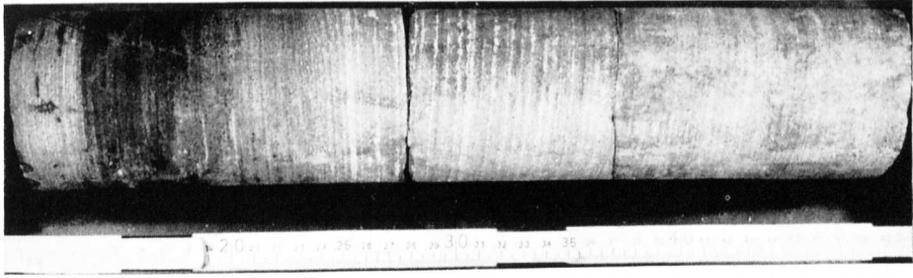
Bild 1. a — 0,30 m (20 cm—50 cm auf Maßstab) Anhydrit, dolomitisch regelmäßig eng und fein gestreift, von 24 cm—35 cm auf Maßstab stark zonar klein gepert bzw. kleinwolkig

b — 0,10 m (10 cm—20 cm auf Maßstab) Kalkstein, fein geschichtet, mit dünnen Anhydritlagen und vereinzelt auftretenden Anhydritperlen. Grenze Oberer Werraanhydrit (Zone $\text{A}1\text{v}$)/Stinkschiefer (Zone $\text{Ca}2\text{stz}$). Bohrung Udersleben 93, Teufe 954,36 m—954,76 m. Alle Bilder Leg. JANKOWSKI, Fot. FRANKE

Bild 2. a — 0,28 m (28 cm—55 cm auf Maßstab) Anhydrit, texturlos bis undeutlich gemasert, mit hindurchschimmernder Feinstreifung, an der Basis mit einem anhydritisch gepertten Dolomitband

b — 0,17 m (11 cm—28 cm auf Maßstab) Kalkstein, fein geschichtet, mit Anhydritperlen und calcitischer Kluftausfüllung und Erdölschwitzstellen. Grenze Oberer Werraanhydrit (Zone $\text{A}1\text{v}$)/Stinkschiefer (Zone $\text{Ca}2\text{stz}$). Bohrung Udersleben 99E, Teufe 819,06 m bis 819,51 m

Bild 3. Kalkmergel, fein geschichtet, mit papierdünnen Anhydritlagen und einer dünnen calcitischen Kluftausfüllung im Liegenden des Kernstücks. Zwischen 38 cm und 39 cm auf Maßstab Basis-Karbonatlage der Zone $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$. Kalkmergel der Zonen $\text{Ca}2\text{st}\beta_1$ und $\text{Ca}2\text{st}\beta_2$. Bohrung Udersleben 102, Teufe 916,24 m—916,50 m



TAFEL II

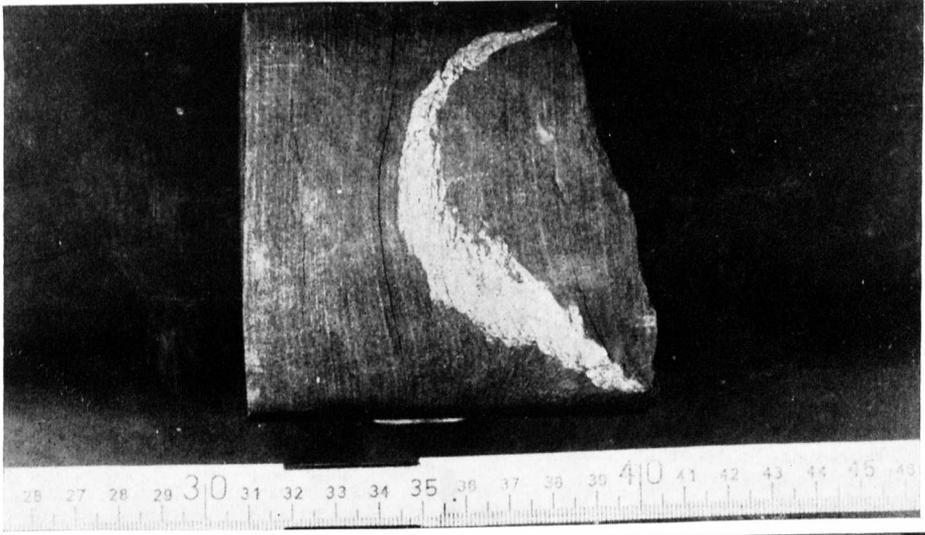
Bild 4. Kalkmergel, fein geschichtet, mit papierdünnen Anhydritlagen und Einschaltung einer sichelförmigen Anhydritfieder. Kalkmergel der Zone $\text{Ca2st}\beta_1$. Bohrung Udersleben 102, Teufe 917,01 m—917,11 m

Bild 5. a — 0,26 m (25 cm—51 cm auf Maßstab) Kalkmergel, dunkelgrau, fein geschichtet, mit zahlreichen Anhydritlagen und einer spießförmigen Anhydritfieder, an der teilweise die Schichtung ausgebuchtet wird

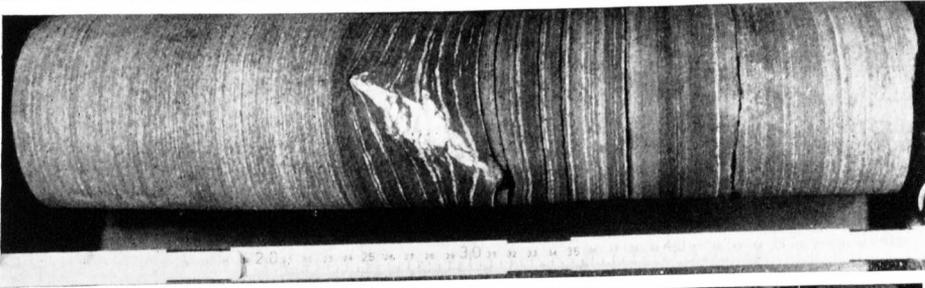
b — 0,17 m (8 cm—25 cm auf Maßstab) Kalkstein, grau, fein geschichtet. Grenze Zone $\text{Ca2st}\beta_2/\text{Ca2st}\gamma$. Bohrung Udersleben 102, Teufe 915,22 m—915,65 m

Bild 6. Wechselfolge von hellgrauen, dichten und kompakten Karbonatbänken mit feinschichtigen dunkelgrauen Kalkmergellagen. Zone $\text{Ca2st}\gamma$. Bohrung Udersleben 102, Teufe 914,30 m bis 914,73 m

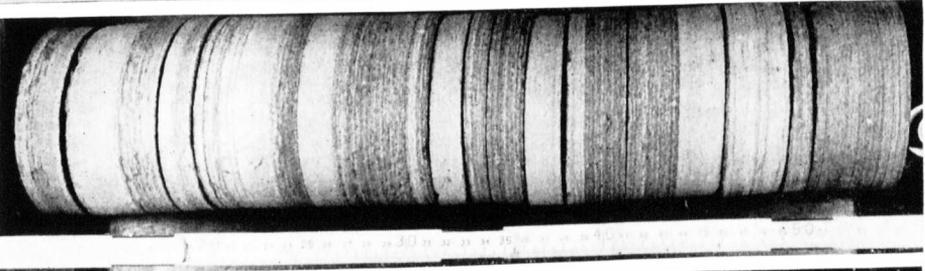
Bild 7. Kalkstein, grau, kompakt, stecknadelkopfgroße Kavernen enthaltend, von dünnen Mergelkalklagen durchsetzt. Zone $\text{Ca2st}\gamma$. Bohrung Udersleben 109, Teufe 553,05 m—553,47 m



4



5



6



7