

**Zur Geologie des Ölschiefervorkommens
von Messel bei Darmstadt**

Von
Georg Matthes
Wiesbaden

Mit 11 Abbildungen und 10 Tabellen

Herausgabe und Vertrieb
Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9—11

Wiesbaden 1966

IN DIESER REIHE BISHER ERSCIENEN:

- Heft 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 S., 10 Taf., 8 Abb. 8,— DM
- Heft 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1:300000. 1954. 288 S., 15 Taf., 25 Abb., 60 Tab. 15,— DM
- Heft 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951. 81 S., 2 Taf., 14 Abb. 5,— DM
- Heft 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf. 7,50 DM
- Heft 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im rheinischen Devon. 1953. 156 S., 18 Taf., 45 Abb., 7 Tab. 20,— DM
- Heft 6: SIMON, K.: Schrittweises Kernern und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 3 Taf., 19 Abb. 7,— DM
- Heft 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S., 3 Taf., 3 Abb. 6,— DM
- Heft 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab. 12,50 DM
- Heft 9: RABIEN, A.: Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 269 S., 7 Abb., 5 Taf., 4 Tab. 17,— DM
- Heft 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 4 Taf., 8 Abb. 8,— DM
- Heft 11: STREMMER, H.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlern der Rheinebene. 1955. 79 S., 3 Taf., 35 Abb., 28 Tab. 7,— DM
- Heft 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 S., 1 Taf., 4 Abb., 2 Tab. 5,50 DM
- Heft 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf. 12,— DM
- Heft 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen a. Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagramme, 5 Taf. 12,60 DM
- Heft 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab., 7 Taf. 18,60 DM
- Heft 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf. 7,— DM

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Herausgegeben vom
Hessischen Landesamt für Bodenforschung

Heft 51

Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt

Von

Georg Matthes

Wiesbaden

Mit 11 Abbildungen und 10 Tabellen

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Leberberg 9—11

Wiesbaden 1966

Kurzfassung

In der Grube Messel bei Darmstadt werden seit 1885 bituminöse Schiefer des mittleren Eozäns abgebaut. Bis 1962 gewann man daraus Paraffin, Diesel- und Vergaserkraftstoff, Heizöl, Elektrodenkoks, Rohphenole und Pech. Als Nebenprodukte fielen Ammoniumsulfat und Tumenol (ein Pharmazeutikum) an. Seit 1962 dient der Ölschiefer ausschließlich zur Erzeugung elektrischer Energie.

Der Ölschiefer, dessen Mächtigkeit fast 190 m erreicht, bildet den mittleren Abschnitt der Messeler Schichten. Er enthält in bergfeuchtem Zustand ca. 40 % Wasser und ca. 25 % organische Substanzen. Den Rest bilden Tonminerale, vor allem Montmorillonit. In untergeordneten Mengen kommen außerdem Kaolinit, Messelit, Vivianit, Pyrit, Markasit, Eisenspat und Gips vor.

Die Bitumina, außerordentlich sauerstoffreiche Kerogene, sind adsorptiv an Montmorillonit gebunden.

Die Ölausbeute (im Mittel ca. 8 %) schwankt in vertikaler Richtung sehr stark, innerhalb der einzelnen Horizonte ist sie über geringe Entfernungen (16—74 m) weitgehend konstant.

Als Ausgangsstoffe der Bitumina sind vor allem Algen (*Botryococcaceae*), in einem geringen Maße auch Pilze und Pollen anzusehen. Der Ölschiefer, der genetisch als lakustrine Algengyttja zu bezeichnen ist, enthält eine reiche Fauna und Flora. Für die stratigraphische Einstufung des Ölschiefers sind besonders die Funde von *Propalaeotherium hassiacum* HAUPT und *Propalaeotherium messelense* (HAUPT) von Bedeutung. Sie erlauben die Einstufung der Messeler Schichten in das Lutetium (Mitteloazän). Milieuanzeigend sind die Pflanzenreste, die großen Ganoidfische und die Krokodile, die auf tropisch-subtropisches Klima und auf die größere Ausdehnung des ehemaligen Gewässersystems hinweisen.

Im Hangenden und im Liegenden des Ölschiefers finden sich klastische Sedimente unterschiedlicher Mächtigkeit.

Im Hangenden treten Tone und tonige Sande auf, die in 3 Mulden im Ostteil des Vorkommens bis etwa 30 m mächtig werden. Aus dem hohen Montmorillonit-Gehalt kann man darauf schließen, daß es sich um verwitterten und umgelagerten Ölschiefer handelt. Nach den palynologischen Befunden (Pollenspektrum wie in Borken) gehören auch diese Ablagerungen zu den mitteleozänen Messeler Schichten.

Die klastischen Sedimente im Liegenden des Ölschiefers (max. 24,5 m mächtig) sind heterogener aufgebaut. Sie bestehen aus wenig umgelagerten Verwitterungsprodukten der Gesteine im Liegenden (kristallines Grundgebirge und Rotliegendes), ferner aus Kies-, Sand- und Ton-Lagen.

Die Messeler Schichten waren von pleistozänem Kies und Flugsand überlagert. Lokal enthielten die pleistozänen Schichten Raseneisenerz.

Die Messeler Schichten sind in einem 1000 m langen und maximal 700 m breiten tektonischen Graben erhalten, der in zwei Teilsenken gegliedert werden kann, die im Süden eng beieinander liegen und nach Norden divergieren.

Hydrogeologisch sind besonders die hohe Gesamthärte sowie die ungewöhnlichen Sulfat- und Phosphatgehalte des Grubenwassers von Bedeutung. Diese Stoffe können auf die Verwitterungsvorgänge im freigelegten Ölschiefer zurückgeführt werden.

Ölschiefer bzw. Braunkohlen vom Alter der Messeler Schichten sind in der Grube Prinz von Hessen bei Darmstadt, bei Stockstadt/Rhein, in Offenthal, Urberach und Gundernhausen bekannt. Die Vorkommen Prinz von Hessen und wahrscheinlich auch Stockstadt/Rhein verdanken ebenfalls tektonischen Grabenbildungen ihre Erhaltung.

Summary

Since 1885 the Middle Eocene oil shales of Messel near Darmstadt are worked. Up to 1962 paraffin, diesel and carburettor fuel, fuel oil, coke for electrodes, crude phenols and pitch were won. As by-products were gained ammonium sulphate and Tumenol, a pharmaceutical product. Since 1962 the oil shale is only used for the production of electric energy.

The oil shale with a thickness of nearly 190 meters represents the middle part of the strata of Messel. Freshly mined it consists of about 40 % water and about 25 % organic matter. The rest are clay minerals, chiefly montmorillonite. Kaolinite, messelite, vivianite, pyrites, markasite, siderite and gypsum occur in small quantities.

The organic components are kerogens which are extraordinary rich in oxygen. They are tied adsorptively to montmorillonite.

The recovery of oil (at an average of 8 %) fluctuates much in vertical direction. Over small distances (16 to 74 meters) the horizon for the recovery of oil is steady.

The bitumina are supposed to be chiefly derived from algae (Botryococcaceae), in a smaller extent from fungi and pollen. The oil shale, genetically a lacustrine gyttja of algae, contains many fossil rests of animals and plants. *Propalaeotherium hassiacum* HAUPT and *Propalaeotherium messelense* (HAUPT) demonstrate the Lutetian age (Middle Eocene) of the strata of Messel. The plants as well as the large ganoid fishes and the crocodiles indicate a tropical to subtropical climate and a larger extent of the former water system.

In the top and the base of the oil shale clastic sediments of different thickness occur.

The upper clastic sediments, coming up to nearly 30 meters of thickness in 3 basins in the east of the mine, are composed of clays and argillaceous sand. Their content of montmorillonite hints that partly they are a weathered and resettled oil shale. The palynologic results (pollen spectrum like Borken) demonstrate the Middle Eocene age of these strata.

The lower clastic sediments which come up to a thickness of 24.50 meters are mostly composed of resettled desintegration products of bedrocks (crystalline rocks and sediment rocks of the lower Permian), furthermore of gravel, sand and clay.

The strata of Messel were overlain by Pleistocene gravels and shifting sand. Within the Pleistocene beds limonite was developed locally.

The oil shales of Messel are preserved in a tectonic graben that is 1000 meters long and up to 700 m wide. This graben is divided into two depressions. Both depressions are close together in the south and diverge northwards.

The groundwater lifted in the open mining shows high degrees of total hardness and unusual high sulphate and phosphate contents. These matters can be derived from the weathering events in the exposed oil shale.

Oil shales respectively brown coals of the age of the strata of Messel were found in the mine "Prinz von Hessen" near Darmstadt, near Stockstadt/Rhein, in Offenthal, Urberach and Gundernhausen. The occurrences in the mine "Prinz von Hessen" and probably in Stockstadt/Rhein also represent tectonic grabens.

Résumé

Depuis 1885 des schistes bitumineux d'âge éocène moyen sont exploités à Messel près de Darmstadt. Jusqu'en 1962 on en gagnait de la paraffine, du carburant pour moteurs Diesel, de l'essence, du fuel, du coke à électrodes, des phénols bruts et de la poix. Comme produits secondaires on recueillait du sulfate d'ammonium et du tumenol (produit pharmaceutique). Depuis 1962 les schistes bitumineux servent uniquement à produire de l'énergie électrique.

Les schistes bitumineux, dont l'épaisseur atteint près de 190 m, représentent la partie moyenne des couches de Messel. Au moment de l'extraction ils contiennent environ 40 % d'eau et environ 25 % de matières organiques. Le reste est constitué de minéraux argileux avant tout de montmorillonite. Il faut encore citer, en proportions plus faibles, la kaolinite, la messelite, la vivianite, la pyrite, la marcassite, le sidérite et le gypse.

Les bitumes sont des matières organiques (kérogènes) très riches en oxygène liés par adsorption à la montmorillonite.

La teneur en huiles, environ 8 % en moyenne, varie beaucoup de bas en haut des terrains, mais reste pratiquement constante sur de petites distances (16-74 m) à l'intérieur de chaque horizon.

Les bitumes proviennent surtout d'Algues (Botryococcales) et pour une faible part de Champignons et de grains de pollen. Les schistes bitumineux qui représentent donc une gyttja lacustre à Algues, renferment une faune et une flore très riches. *Propalaeotherium hassiacum* HAUPT et *Propalaeotherium messelense* (HAUPT) assurent un âge lutétien (Eocène moyen) aux couches de Messel. Les débris végétaux, les grands Poissons ganoides et les Crocodiles indiquent un climat tropical à subtropical et une extension assez importante du système fluvial.

Des sédiments clastiques d'épaisseur variable forment le toit et le mur des schistes bitumineux. Au toit, des argiles et des sables argileux atteignent jusqu'à 30 m d'épaisseur dans trois dépressions situées dans la partie orientale du gisement. Leur forte teneur en montmorillonite montre qu'il s'agit là en partie de schistes bitumineux altérés puis redéposés. Les résultats d'analyse palynologique montrent que ces formations appartiennent encore à l'Eocène moyen (même spectre pollinique qu'à Borken).

Des sédiments détritiques plus hétérogènes, puissants de 24,50 m au maximum, forment le mur des schistes bitumineux. Ce sont des produits d'altération et de remaniement du sous-sol (socle cristallin et Permien), mais aussi des graviers, des sables et des argiles.

Au Quaternaire, les couches de Messel ont été recouvertes de graviers et de sables éoliens, localement ces formations pléistocènes contenaient de la limonite.

Les couches de Messel sont actuellement conservées dans un fossé d'effondrement long de 1000 m et large de 700 m au maximum qui se subdivise en deux dépressions très rapprochées au Sud, mais divergentes vers le Nord.

Du point de vue hydrogéologique, il faut relever la dureté totale élevée de l'eau et sa teneur exceptionnelle en sulfates et en phosphates. Cette composition peut être mise en rapport avec les phénomènes d'altération auxquels sont soumis les schistes bitumineux actuellement mis à nu.

Des schistes bitumineux ou des lignites de même âge que les couches de Messel se trouvent encore dans l'exploitation «Prinz von Hessen» près de Darmstadt, près de Stockstadt/Rhein, à Offenthal, Urberach et Gundernhausen. Le gisement «Prinz von Hessen» et probablement aussi celui de Stockstadt/Rhein ont également été conservés dans des fossés tectoniques.

Inhalt

1. Einleitung	9
2. Das Paraffin- und Mineralölwerk Messel	10
3. Petrographie und Stratigraphie der Gesteine der Grube Messel	14
3.1. Das kristalline Grundgebirge	14
Die schiefrigen Amphibolite	14
Der Diorit	14
Der Granodiorit	15
Die Malchite	15
Die Granophyre	15
3.2. Das Rotliegende	16
3.3. Die tertiären Bildungen	17
3.3.1. Die Messeler Schichten	18
Die liegenden klastischen Sedimente	18
Der Ölschiefer	19
Minerale im Messeler Ölschiefer	22
Die organische Substanz im Messeler Ölschiefer	23
Tier- und Pflanzenfunde im Messeler Ölschiefer	28
Die hangenden klastischen Sedimente	33
3.3.2. Die Basalte	34
3.4. Das Pleistozän	34
4. Die tektonischen Verhältnisse	34
5. Die hydrogeologischen Verhältnisse der Grube	40
6. Die übrigen Vorkommen von Messeler Schichten	43
7. Erdgeschichtliche Deutung und Zusammenfassung	49
8. Schriftenverzeichnis	52
9. Schichtenverzeichnisse	59
10. Register	84

1. Einleitung

Reiche Funde von Tier- und Pflanzenresten machten das Vorkommen der mittel-eozänen Ölschiefer von Messel bekannt. Diese Ablagerungen eines Süßwassersees blieben in einem tektonischen Graben erhalten, der 9 km nordöstlich von Darmstadt ca. 600 m südöstlich vom Bahnhof Messel auf der topographischen Karte 1:25000 Blatt 6018 Langen liegt. Der größte Teil der Lagerstätte befindet sich in den Gemeindebezirken Georgenhausen und Klein-Zimmern, randlich sind auch die Gemarkungen Spachbrücken und Zeilhard beteiligt.

Die Paraffin- und Mineralölproduktion in der Grube Messel wurde im April 1962 eingestellt. Die seitdem erheblich verringerte Förderung des Ölschiefers, der nur noch zur Erzeugung von elektrischer Energie verbrannt wird, und die fast restlose Entfernung der hangenden Schichten läßt in Zukunft kaum noch wesentliche neue Aufschlüsse erwarten. Daher sollen die vorhandenen Unterlagen und Beobachtungen über die palaeontologischen Funde, die petrographische Ausbildung der Messeler Gesteine, die tektonischen und die hydrogeologischen Verhältnisse zusammenfassend dargestellt werden. Weiterhin sollen das gleichaltrige Vorkommen der Grube Prinz von Hessen, 6 km nordöstlich von Darmstadt, und die wahrscheinlich gleichaltrigen Vorkommen bei Offenthal, Urberach, Gundernhausen und Stockstadt/Rhein kurz beschrieben werden, soweit es für eine zusammenfassende Deutung der Messeler Schichten erforderlich ist. Schließlich sollen die in der Literatur zerstreuten Angaben über die Messeler Schichten zusammengefaßt wiedergegeben werden.

Folgenden Personen möchte ich für die Unterstützung bei der vorliegenden Untersuchung herzlich danken:

Den Amtsleitern des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung, Herrn Direktor Professor Dr. F. NÖRING und Herrn Direktor i. R. Professor Dr. H. UDLUFT †, für die Förderung, die sie dieser Veröffentlichung angedeihen ließen, Herrn Regierungsgeologen THELICHKE, Wiesbaden, für die Wasseranalyse und den Herren Oberregierungsgeologen Dr. SCHMITT und Regierungsgeologen Dr. DENGLER und Dr. MEISL, Wiesbaden, für ihren wertvollen Rat und ihre Hinweise.

Die Grubenbetriebsleitung, insbesondere Herr Direktor Dr. BEGER und Herr Dipl.-Ing. LINDENLAUB † förderten diese Untersuchung durch die Erlaubnis zur Benutzung des Bohrarchives und durch wichtige Hinweise. Herrn Prof. Dr. KREJCI-GRAF, Frankfurt am Main, danke ich für geochemische Hinweise, Herrn Prof. Dr. TOBIEN, Mainz/Darmstadt, für die Unterstützung bei der Zusammenstellung der Fossiliste, Herrn Dr. BERG, Mainz, für Angaben über die Messeler Krokodile, Herrn Privatdozent Dr. SCHWEITZER, Bonn, für die Mitteilungen über die Pflanzenreste, Herrn Prof. Dr. PILGER, Clausthal, für die Erlaubnis, die Meldearbeit von E. DÖRTELMANN † einzusehen und für die vorliegende Veröffentlichung heranzuziehen, und Herrn Dr. SITTLER, Straßburg, für seine Mitteilungen über die sedimentpetrographischen Verhältnisse.

2. Das Paraffin- und Mineralölwerk Messel

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden auf dem Gelände des jetzigen Tagebaues der Grube Messel Raseneisenerze entdeckt. Am 4. Februar 1859 wurde das Eisensteingrubenfeld „Messel I“ an BRUNO WÜSTEFELD aus Rüdeshcim verliehen. Bald darauf ging es in den Besitz der Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb Rhein, Main und Lahn mit Sitz in Darmstadt über. Ihr wurde am 21. 11. 1862 das angrenzende Grubenfeld „Messel II“ ebenfalls auf Eisenstein verliehen.¹⁾ Beide Felder gelangten im Jahre 1873 in den Besitz der AG Eisenhüttenwerk Michelstadt in Michelstadt/Odw. Als man dicht unter dem Eisenerzhorizont Schieferkohle feststellte, wurden am 22. 11. bzw. 9. 12. 1875 die Verleihungen auf Braunkohle ausgedehnt. Nachdem das Hessische Bergamt am 15. 2. 1954 in einer Bekanntmachung betr. bituminöse Gesteine (Staatsanzeiger, S. 211) den Ölschiefer wegen seines Bitumengehaltes als technisch verwertbar erklärte und dieser damit den Bestimmungen des Erdölgesetzes vom 12. 5. 1934 und der Erdölverordnung vom 13. 12. 1934 (siehe Bekanntmachung vom 1. 4. 1953, GVBl., S. 89 u. 91) unterworfen war, wurde zwischen dem Lande Hessen und dem Paraffin- und Mineralölwerk Messel G. m. b. H. am 14./19. 10. 1954 ein Konzessionsvertrag über die Aufsuchung und Gewinnung von Ölschiefer geschlossen. Das führte zur Streckung der Gewinnungsfelder Einsiedel I und Einsiedel II. Am 30. 7./3. 8. 1957 wurde ein Nachtrag zum Ölschieferkonzessionsvertrag abgeschlossen.

Der Frankfurter Bankier CAESAR STRAUS, der 1883 beide Felder erwarb, gründete zusammen mit anderen Frankfurter Bankiers am 24. Juli 1884 die Gewerkschaft Messel mit dem Zweck, ein Bergwerk und eine Schwelerei samt der zugehörigen Mineralöl- und Paraffin-Fabrik zu betreiben. Der Gewerkschaft wurden am 3. 12. bzw. 15. 12. 1885 die Felder „Messel I“ und „Messel II“ übereignet. Am 6. 2. 1908 kam noch das Feld „Messel Fortsetzung“ hinzu (Abb. 1).

Im Oktober 1923 wurde die Kuxenmajorität der Gewerkschaft an die damalige Hugo-Stinnes-Riebeck Montan- und Ölwerke AG. in Halle a. d. Saale abgetreten. Mit der 1925 erfolgten Übernahme der Stinnesaktien in den Besitz der IG Farbenindustrie nahmen die A. Riebeck'sche Montanwerke AG. in Halle a. d. Saale ihren alten Namen wieder an. Ihr gehörte die Grube als Werk Messel bis 1945 an. Anschließend wurde sie als entflochtener Betrieb unter der Bezeichnung „Paraffin- und Mineralölwerk Messel, US Administration“ weitergeführt und am 24. 6. 1954 in das Paraffin- und Mineralölwerk Messel G. m. b. H. umgewandelt, das am 9. 11. 1959 in den Besitz der Ytong AB Falköping (Schweden) gelangte. Nach der Stilllegung der Paraffin- und Mineralölproduktion wird die Grube unter der Bezeichnung „Ytong

¹⁾ Im „Verzeichnis der Bergwerkseigentümer und der verliehenen Bergwerke im Land Hessen nach dem Stande vom 1. Oktober 1941“, zusammengestellt bei der Hessischen Oberen Bergbehörde Darmstadt, wird für „Messel I“ die Bezeichnung „Grube in der Zeilharder Waldgemarkung“ und für „Messel II“ die Bezeichnung „Grube im Gemeindefeld“ verwendet. Die Bezeichnungen „Messel I“ und „Messel II“ finden sich in der 1933 erschienenen Veröffentlichung der A. Riebeck'schen Montanwerke „Die Gewerkschaft Messel zu Grube Messel bei Darmstadt“ und im Konzessionsvertrag vom 14./19.10. 1954.

Messel G. m. b. H.“ seit dem 30. April 1962 und unter der Bezeichnung „Ytong G. m. b. H.“ seit dem 8. Juni 1964 betrieben.

Die Anlagen wurden 1885 gebaut und im Frühjahr 1886 in Betrieb genommen. Nach anfänglichen finanziellen und technischen Schwierigkeiten wurden 1889 und 1891/92 die Anlagen erheblich verbessert und erweitert. Besondere Schwierigkeiten bereiteten die Schwelöfen, die schließlich nach schottischem Vorbild mit Verbesserungen von Dr. SPIEGEL, dem ersten Leiter des Unternehmens, gebaut wurden. Bei der Stilllegung des Schwelbetriebes waren schließlich 32 derartige Öfen in Betrieb.

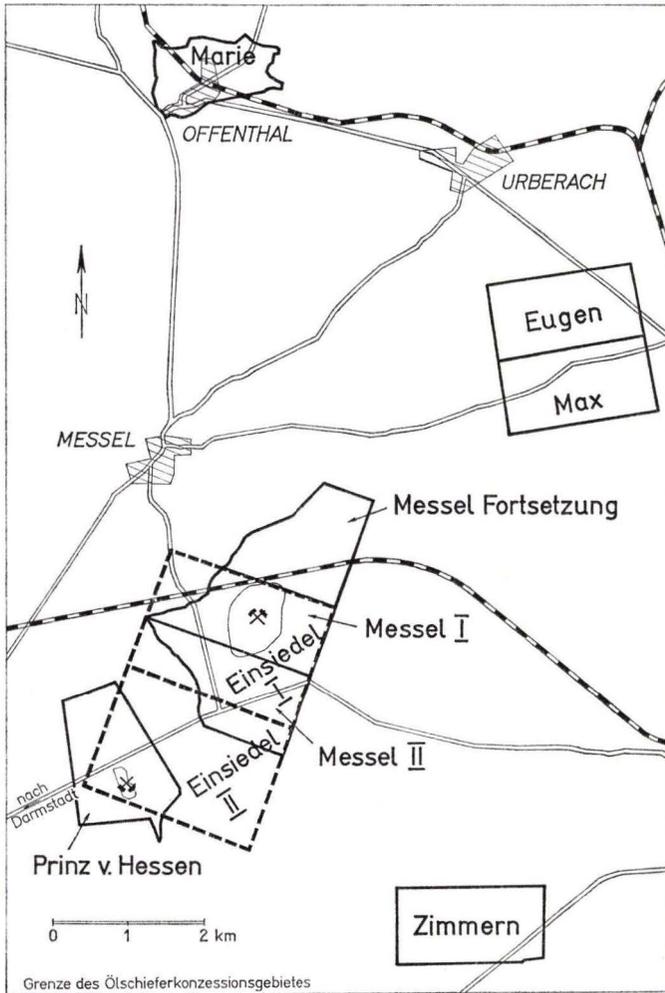


Abb. 1. Die Grubenfelder des Paraffin- und Mineralölwerkes Messel.

In den Jahren 1913/14 wurde der Abbau, der ursprünglich von Hand erfolgt war, auf Löffelbagger umgestellt. Schwierigkeiten erwuchsen dem Bergbau durch Rutschungen und Brände: Im Winter 1916 hatten sich am Ostende des Tagebaus größere Ölschiefermassen in Bewegung gesetzt und waren mit dem Deckgebirge in den Tagebau gerutscht. Diese Massen gerieten 1918 durch Selbstentzündung in Brand. Erst 1925 gelang es, den Brand einzudämmen und 1958 durch Abräumen ganz zu löschen.

Am 1. 4. 1962 wurde die Mineralölproduktion eingestellt. Der Ölschieferabbau in der Grube, der heute nur noch rund 10000 t im Monat beträgt, dient der Erzeugung von elektrischer Energie. Dazu wurde das Kessel- und Turbinenhaus erweitert.

Die Entwicklung der Ölschieferförderung und der Rohölproduktion geht aus der folgenden Tabelle I hervor:

Tabelle 1: Ölschieferförderung und Mineralölproduktion der Grube Messel

Jahr	Ölschieferförderung t	Rohölproduktion t
1888	34 515	802,2
1890	99 756	3 512,7
1900	160 217	6 217,9
1910	272 044	13 493,0
1920	278 528	12 852,0
1930	255 445	17 222,7
1940	330 593	21 700,0
1950	333 307	19 200,0
1955	387 300	22 000,0
1960	379 200	20 100,0

Bis zur Stilllegung der Schwelerei am 1. 4. 1962 wurden rd. $19 \cdot 10^6$ t Ölschiefer abgebaut und rd. $1 \cdot 10^6$ t Rohöl gewonnen. Rund 30 % der Ölschieferförderung dienten der Energieerzeugung.

Die folgende Tabelle 2 gibt einige technisch wichtige Daten nach BEEGER & CHLOSTA (1956, S. 7) wieder:

Tabelle 2: Technisch wichtige Daten des Ölschiefers von Messel

Ölausbeute	8 %
Verbrennungswärme	1400 kcal/kg
N-Gehalt	0,56 %
S-Gehalt	0,32 %
Organische Substanz	25,0 %
C:H	7,60
Ölausbeute bezogen auf organische Substanz	30 %

Die Verschmelzung des Messeler Ölschiefers erfolgte in 7 m hohen Schwelöfen, die einen Tagesdurchsatz von je 22–24 t hatten. Die Öfen bestanden jeweils aus 24 Retorten, in die das vorgebrochene, auf die für die Verschmelzung günstigste Korngröße zerkleinerte und abgesiebte Schiefermaterial von oben eingebracht wurde.

Innerhalb des Schmelzofens bewegte sich das Schmelzgut nacheinander durch die Trockenzone (120–140° C), durch die Schmelzzone (500–600° C) und durch die Vergasungszone (~900° C). Das gewonnene Rohöl bestand in der Hauptmasse aus flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen, aus Kreosoten, asphaltartigen Verbindungen und Pyridinbasen. Das für den Schmelzvorgang ungeeignete Feinkorn wurde auf Spezialrosten verbrannt und diente zur Erzeugung von Dampf und elektrischer Energie (METZGER 1933, BEEGER & CHLOSTA 1956).

Die Ergebnisse der Elementaranalyse des Schieferöles von Messel zeigt Tabelle 3 (BEEGER & CHLOSTA 1956, S. 12).

Tabelle 3: Zusammensetzung des Schieferöles von Messel

C	84,7 Gew.-%
H	11,4 Gew.-%
O	2,3 Gew.-%
N	1,0 Gew.-%
S	0,6 Gew.-%
C : H	7,4

Das Schmelzgas besaß einen Heizwert von 2500–2600 WE. Hauptsächlich handelte es sich um Wasserstoff, Kohlenoxid, Kohlendioxid und Methan. Es diente zu Heizzwecken innerhalb des Betriebes.

Der Stickstoffgehalt der Rohkohle wurde als Ammoniak aus dem Schmelzgas gewonnen.

Der Schmelzrückstand, der etwa 40% der Rohkohle ausmachte, enthielt ca. 15% fixen Kohlenstoff in feiner Verteilung. Ein Teil des Schmelzrückstandes wurde abgeschreckt, gemahlen und als „Messeler Schwarz“ zur Herstellung von Schwarzfarben verwendet. Der übrige Schmelzrückstand ging auf Halde, brannte dort aus und diente seit 1952 zur Herstellung eines Gasbetons — Ytong, der sehr günstige bautechnische Eigenschaften aufweist. Die Ytong-Herstellung wurde seit der Stilllegung der Schmelzerei auf Sandbasis umgestellt.

Durch Destillation und Raffination wurden aus dem Schieferöl folgende Produkte gewonnen:

- Diesel- und Vergaserkraftstoff
- Tafelparaffin (Schmelzpunkt 50–58° C)
- Heizöl
- Elektrodenkoks,

daneben kleinere Mengen

- Rohphenole, Pech und Tumenol,

außerdem

- Ammoniumsulfat durch Waschen der ammoniakhaltigen Schmelzgasen.

Das Tumenol ist ein entzündungswidriges und juckreizstillendes Pharmazeutikum für äußerliche Behandlung. Es wurde seit 1896 von den Farbwerken Hoechst ausgewertet.

3. Petrographie und Stratigraphie der Gesteine der Grube Messel

3. 1. Das kristalline Grundgebirge

Die Gesteine des kristallinen Grundgebirges treten in der Umgebung der Grube Messel zutage: im Süden der Grube ist es Diorit mit eingeschalteten NNW-SSE-streichenden Granophyrgängen, im Norden der Grube ist es Granodiorit mit einzelnen Malchitgängen. Schließlich ist noch 1 km östlich der Grube auf der Wasserscheide zum Gersprenzgebiet ein Vorkommen von schiefrigem Amphibolit mit einem Granophyrgang zu erwähnen. Das kristalline Grundgebirge ist im übrigen in der Umgebung der Grube vom Rotliegenden bedeckt, in der Grube außerdem noch von Messeler Schichten (vgl. Abb. 2).

Der charakteristische Zerfall der magmatischen Tiefengesteine zu Grus, der sowohl vor der Ablagerung des Rotliegenden als auch im Tertiär stattfand (vgl. MATTHES 1964), macht die einwandfreie Ansprache der Grenze zwischen den anstehenden, wenn auch in situ vergrusteten Kristallingesteinen und den Arkosen des Rotliegenden bzw. dem umgelagerten Grus allein aus der Beschreibung der Bohrungen sehr unsicher. Man muß in den meisten Fällen damit rechnen, daß über dem festen, unverwitterten Tiefengestein noch eine Schicht von Grus in ursprünglicher Lagerung vorhanden ist. Trotz der Schwierigkeiten bei der Auswertung der Bohrverzeichnisse muß doch als sicher gelten, daß einige Bohrungen das Grundgebirge erreichten. Meist wird Granodiorit genannt²⁾, in einer geringeren Zahl von Bohrungen aber auch Diorit (Nr. 10, 11, 73 und 94). Interessanterweise liegen die Bohrungen Nr. 10 und 11 im Norden der Grube, wo im Untergrund wahrscheinlich Granodiorit ansteht. Falls nicht überhaupt eine falsche Deutung vorliegt, könnte es sich bei diesen Vorkommen um von Granodiorit umflossene Diorit-Schollen handeln. In der Bohrung Nr. 24 und 92 wurde das Grundgebirge anscheinend ebenfalls erbohrt, da die Schichtenverzeichnisse „Fels“ bzw. „Grus (Meißelarbeit)“ angeben.

In einer Reihe von Fällen ist es fraglich, ob tatsächlich das kristalline Grundgebirge bzw. dessen noch in situ liegender Verwitterungsgrus erreicht wurde.³⁾

Die petrographische Beschaffenheit der metamorphen und der magmatischen Gesteine werden im folgenden nach KLEMM (1910 a) kurz beschrieben.

Die schiefrigen Amphibolite sind feinkörnige bis fast dichte, grünlichschwarze Gesteine aus grünen Hornblenden und triklinem Feldspat mit untergeordnetem Quarz.

Der *Diorit* ist ein mittel- bis feinkörniges, schwarzes Gestein. Seine Hauptgemengteile sind Hornblende und Plagioklas. Das Gestein besteht aus einem Gerüst von mehr oder weniger idiomorphen Hornblenden, die Zwischenräume werden von xenomorphen Plagioklasen erfüllt. Örtlich findet sich Quarz und Apatit in verhältnismäßig großer Menge.

²⁾ Bohrungen Nr. 3, 5, 12, 23, 32, 36, 40, 41, 46, 54, 72, 83, 87, 97 und 105. Die Schichtenverzeichnisse finden sich im Anhang, die Lage der Bohrungen auf Abb. 11.

³⁾ Bohrungen Nr. 4, 21, 22, 26, 29, 47, 48, 50, 51, 53, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 74, 75, 114, 115, 116 und 117; Bohrungen mit Diorit: Nr. 89 und 101; Bohrung mit Amphibolit: Nr. 79.

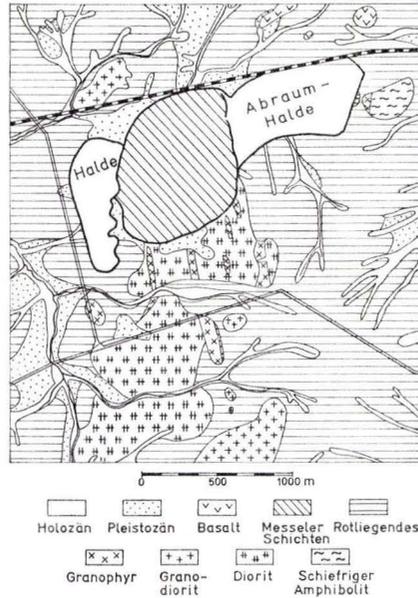


Abb. 2. Geologische Kartenskizze der Umgebung der Grube Messel.

Im Dioritkörper finden sich zum Teil undeutlich abgegrenzte Schollen und kleine bis kleinste, von der Assimilation verschonte Reste dunkler, feinkörniger Hornblende-gesteine. Sie bilden zwei Gruppen: Die erste Gruppe besitzt die Zusammensetzung der bereits erwähnten schieferigen Amphibolite. Die zweite Gruppe sind wahrscheinlich Uralitdiabase, die neben Plagioklasen uralitische grüne Hornblende enthalten und durch eine ophitische Struktur gekennzeichnet sind.

Der *Granodiorit* ist klein- bis mittelkörnig, seine Hauptgemengteile sind Quarz, Plagioklas, Orthoklas, Biotit. Nebengemengteile sind Magnetit, Apatit, Zirkon (letzterer nur spärlich). Der Biotit ist oft gebleicht oder in Chlorit umgewandelt. Auf zahlreichen Spalten ist eine Infiltration von Eisenoxid erfolgt.

Die *Malchite* sind feinkörnige bis dichte Ganggesteine. Sie führen gelegentlich porphyrische idiomorphe Feldspäte. Die Hauptgemengteile sind Plagioklase und Biotit. Die Bestandteile der Grundmasse sind leistenförmig ausgebildet, wodurch die Grundmasse parallelstruiert ist. Biotit kommt nur in unregelmäßig begrenzten kleinen Schüppchen vor. Die Füllmasse zwischen den Feldspäten bilden neben wenig Quarz Eisenerze und manchmal Apatit.

Die *Granophyre* sind graue, oft etwas rötliche Gesteine, die Einsprenglinge von Quarz, Feldspäten und Biotit in einer dichten, vorwiegend mikrogranitischen Grundmasse aufweisen. Gelegentlich beobachtet man hierin auch sphärolithische Aggregate. Die porphyrischen Feldspäte, vorwiegend Plagioklase, sind oft idiomorph. Die Quarzeinsprenglinge sind vielfach resorbiert. Biotit ist selten idiomorph, meist bildet er unregelmäßig kleine Schüppchen. Die rötliche Farbe ist auf Eisenoxidinfiltration zurückzuführen.

3. 2. Das Rotliegende

Die Rotliegendensedimente, die nach KLEMM (1910a) zu den Tholeyer Schichten⁴⁾ gehören, überlagern im Gebiet der Grube Messel das Grundgebirge mit unterschiedlicher Mächtigkeit. Die Arkosen, Sandsteine, Konglomerate und Detritustonsteine sind umgelagertes Verwitterungsmaterial, das im wesentlichen ohne lange Transportwege wieder zur Ablagerung kam. In den Bestandteilen der Arkosen findet sich der umgelagerte permische Grus der magmatischen Tiefengesteine wieder, die Konglomerate — nach WITTICH (1898, S. 82) und eigenen Beobachtungen bilden sie regellose, linsenförmige, bis mehrere m mächtige Einlagerungen — enthalten als Geröllkomponenten das in der Umgebung anstehende Gestein. Selbst in den feinkörnigen Gesteinen, besonders den Detritustonsteinen, sind die größeren Gefügekörner, wie Quarz, Feldspat, untergeordnet auch Metamorphit-Bruchstücke, scharfkantig und ohne jegliche Anzeichen einer beginnenden Zurundung, woraus auf einen geringen Abstand zwischen Abtragungs- und Ablagerungsgebiet geschlossen werden kann. Die beobachtete schlechte Sortierung läßt auf eine verhältnismäßig rasche Ablagerung des Sedimentes schließen (MATTHESS, HOFMANN & BOEHM 1964).

Die Arkosen des Rotliegenden sind gelbgrau, die Detritustonsteine, manchmal auch die Sandsteine, die in den Bohrungen westlich und südwestlich der Grube⁵⁾ angetroffen wurden, sind rot, rotgelb oder rotbraun gefärbt, manchmal aber auch gebändert, wobei rote und weiße Lagen abwechseln. Die im Tagebau gefundenen Detritustonsteine sind meist grau. Einzelne Funde von im Kern noch rotgefärbten Detritustonsteinen, die am Südwestrand der Grube in geringer Mächtigkeit aufgeschlossen sind, zeigen, daß diese Gesteine ursprünglich rotgefärbt waren. Reduzierende Wässer, die im Zusammenhang mit der Ölschieferbildung zweifellos auftraten, werden die nachträgliche Entfärbung hervorgerufen haben.

Auch in dem von MATTHESS, HOFMANN & BOEHM beschriebenen rund 18 m mächtigen Rotliegendprofil im Osten der Grube (r 34 83 02, h 54 31 46) wurden im oberen Teil des Profils zwei rote glimmerhaltige Sandsteinbänke beobachtet. Dieses Profil, das über stark zersetztem Granodiorit 2 m graue schiefrige Detritustonsteine, 2,5 m Konglomerat aus bis kopfgroßen Kristallingeröllen mit arkosiger Grundmasse, 1 m schiefrigen Sandstein und darüber eine Wechselfolge von mürben gelbgrauen Arkosen, festeren Sandsteinen und Detritustonsteinen antraf, ist für die Deutung der Bohrergebnisse im Grubengebiet von großer Bedeutung: Der in vielen Bohrungen zwischen den Detritustonsteinen angetroffene Gesteinsgrus ist als Arkose anzusprechen. Die geröllhaltigen Grusmassen sind in vielen Fällen als Rotliegendkonglomerate zu deuten. Die Grenze zwischen dem liegenden Grundgebirge und dem Rotliegenden ist im oben genannten Profil durch das Auftreten von Detritustonsteinen deutlich gekennzeichnet. Aus der weiteren Umgebung der Grube ist aber bekannt, daß als unterste Lage auch Arkosen, Arkosesandsteine oder Sandsteine auftreten können. Dadurch besteht oft

⁴⁾ Zur Problematik dieser Einstufung vgl. auch NÖRING (1955). Neuerdings konnte BACKHAUS in einem Teil der Sedimente des Sprendlinger Horstes Äquivalente des Zechsteins nachweisen.

⁵⁾ Nr. 3, 23, 32, 34, 37, 38, 40, 41, 43, 113 und 117.

eine erhebliche Unsicherheit bei der Grenzziehung in den Bohrprofilen⁶⁾ (vgl. dazu auch MATTHESS 1964, S. 171). In anderen Fällen muß auf Grund benachbarter Bohrungen angenommen werden, daß in dem erbohrten Grusprofil zumindest teilweise eine rotliegende Arkose enthalten ist. Möglicherweise wurden hier geringmächtige Detritustonsteinlagen von den Bohrarbeitern übersehen, was besonders leicht geschieht, wenn diese Gesteine grau gefärbt sind. Auch das Vorkommen von Geröllen im Grus gab Anlaß zu der Vermutung, daß es sich um Rotliegendes handelt. Da nachweislich auch im Tertiär Kristallingrus umgelagert wurde — im Ölschiefer kommen Gruszwischenlagen vor — besteht außerdem die Schwierigkeit, das Rotliegendes von tertiären Grusmassen abzugrenzen⁷⁾.

Die Rotliegendesedimente enthalten viele Tonminerale. Die authigenen Tonminerale („Kaolinitkästen“ und „Kaolinitknäuel“), die besonders in den Detritustonsteinen auftreten, wurden bereits beschrieben (MATTHESS, HOFMANN & BOEHM 1964). Auch die Feldspäte der Arkosen sind häufig kaolinisiert. Ob diese Kaolinisierung bereits bei der Ablagerung und bei der Diagenese erfolgte oder ob sie erst im Zusammenhang mit der Lagerstättenbildung stattfand, sei es als Folge von azendenten Wässern im Bereich der randlichen Verwerfungen, sei es als Folge deszendenter, huminsaurer Wässer aus dem Ölschiefer, kann nicht entschieden werden. Die oben erwähnte Entfärbung ursprünglich rotgefärbter Gesteine, die wahrscheinlich durch reduzierende Wässer erfolgte, spricht für deszendente Wässer als Ursache einer eozänen Verwitterung (vgl. MATTHESS 1956, S. 13).

3. 3. Die tertiären Bildungen

Im Miozän entstanden die Ablagerungen der Messeler Schichten, die im tektonischen Graben von Messel erhalten sind. Zeitlich nicht genau datierbar, jedoch wahrscheinlich jünger sind die Basaltdurchbrüche nordöstlich der Grube, die auf den tektonischen Schwächezonen aufdrangen.

⁶⁾ Nr. 3, 4, 23, 32, 40, 41, 74 und 75.

⁷⁾ Gesichert ist das Rotliegendes in den Bohrungen Nr. 1, 2, 3, 4, 23, 29, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 50, 74, 75, 110, 112, 113 und 117. Konglomerate trafen die Bohrungen Nr. 3, 4, 29, 37 und 43 an.

In den Bohrungen Nr. 5, 16, 26, 27, 36, 51 und 52 wurde wahrscheinlich Rotliegendes angetroffen, wobei in der Bohrung Nr. 16 die Abgrenzung gegenüber dem Tertiär, in den Bohrungen 5, 26, 27, 36 und 51 die Abgrenzung gegenüber dem in situ liegenden Kristallingrus nicht möglich ist. In den Bohrungen Nr. 13, 24, 28, 30, 31, 33, 35 (?) 42, 45, 58, 67, 71, 76, 77, 81, 82, 84, 85, 88, 90, 91 und 95 kommt möglicherweise Rotliegendes vor, allerdings ist eine Abgrenzung vom Tertiär sehr problematisch. Dasselbe gilt für die Bohrungen Nr. 55 und 60, bei denen die Abgrenzung vom anstehenden vergrusteten kristallinen Grundgebirge unsicher ist. In den Bohrungen Nr. 11, 22, 46, 47, 48, 53, 54, 59, 61, 62, 65 und 66 treten im Liegenden des Ölschiefers Schichten auf, die möglicherweise zum Rotliegenden gehören. Ihre Abgrenzung gegenüber den liegenden klastischen Sedimenten der Messeler Schichten und gegenüber dem anstehenden vergrusteten kristallinen Grundgebirge ist jedoch aus den vorliegenden Beschreibungen nicht sicher durchzuführen.

3.3.1. Die Messeler Schichten

gliedern sich in die liegenden klastischen Sedimente, in den Ölschiefer und in die hangenden klastischen Sedimente.

Die liegenden klastischen Sedimente

Die liegenden klastischen Sedimente treten im Beckeninnern über dem kristallinen Grundgebirge oder dem Rotliegenden und an den durch die tektonischen Verwerfungen gebildeten mehr oder weniger steil aufsteigenden Beckenrändern auf. Hier streichen diese Schichten zutage aus bzw. sind nur von einer dünnen Lage pleistozäner Bildungen verhüllt (RAUCH 1927, S. 57, 73; LEHMANN 1933, S. 427).

Zu den liegenden Sedimenten gehören auch die Auffüllmassen, die von CHELIUS (1886 a, S. 26) in der Verwerfungszone zwischen Liegendem und Ölschiefer beobachtet wurden: eine wirre Mischung aus Ölschiefer, Tonen, Sanden und zersetztem Rotliegenden.

Auf dem Südost- und Nordwestrand der Grube, wo das kristalline Grundgebirge unmittelbar mit den Messeler Schichten sichtbar in Kontakt tritt, finden sich z. T. umgelagerte, z. T. noch in situ liegende tonige Verwitterungsprodukte des Kristallins, die meist hell, grau bis bräunlich, aber stellenweise auch außerordentlich bunt (weiß, hellgrau, rot, orange, hellgrün) gefärbt sind. Dieses schlecht sortierte feinkörnige klastische Material enthält durch Zersetzung gebildete Tonminerale: Meist handelt es sich um Kaolinit; Montmorillonit tritt hingegen nur in kleinen Mengen auf (MATTHES, HOFMANN & BOEHM 1964).

Im Liegenden des Ölschiefers finden sich Sande und Kiese mit Geröllen⁸⁾, die teilweise anscheinend beträchtliche Größe annehmen („Felsen“ in den Bohrungen Nr. 7, 13). Manchmal sind diese Sedimente mit Tonen verknüpft⁹⁾. Darüber hinaus kommen mehrfach Tone in geringer Mächtigkeit vor¹⁰⁾, nur die Bohrung Nr. 61 erwähnt einen sandigen Ton von 17,60 m Mächtigkeit. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Sedimenten, deren Mächtigkeit zwischen 0,65 (Nr. 97) und 24,50 m (Nr. 69) streut¹¹⁾, um Ablagerungen eines fließenden Gewässers. Der grau oder graugrün gefärbte, oft geröllführende Grus hingegen, der in vielen Bohrungen¹²⁾ angetroffen wurde, dürfte keine allzuweiten Transportwege zurückgelegt haben. Die Mächtigkeit des Gruses ist meist gering (< 5 m), nur in den Bohrungen Nr. 11 (15 m), 13 (12,80 m) und 70 (9,80 m) war er mächtiger. Einschränkend muß hierzu allerdings festgestellt werden, daß in vielen Fällen diese Schichten nicht durchbohrt wurden.

Der Feldspatanteil des Gruses ist mehr oder weniger stark kaolinisiert.

⁸⁾ Bohrungen Nr. 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 21, 25, 35, 49, 68, 69, 78, 80, 87, 95 und 97.

⁹⁾ Bohrungen Nr. 8, 9, 13, 80 und 95.

¹⁰⁾ Bohrungen Nr. 20, 22, 61, 68, 73, 86, 91 und 92.

¹¹⁾ Mächtigkeiten über 10 m weisen auch die Bohrungen Nr. 13 (22,0 m), 14 (16,80 m), 25 (22,70 m), 35 (12,80 m) und 61 (17,60 m) auf.

¹²⁾ Nr. 11, 13, 15, 18, 19, 20, 42, 45, 56, 59, 63, 64, 65, 70, 79, 83, 85, 90, 91, 94 und 95. Geröllführend ist der Grus in den Bohrungen Nr. 20, 42, 45, 64, 65, 70, 79, 85, 90, 91 und 95.

Die liegenden klastischen Sedimente enthalten häufig Pyrit¹³⁾ und sind manchmal sogar kalkhaltig¹⁴⁾, was bei der Kalkfreiheit der zutage anstehenden Messeler Schichten bemerkenswert ist.

Auf die Schwierigkeiten, die liegenden Messeler Schichten vom Rotliegenden zu unterscheiden, wurde bereits eingegangen¹⁵⁾.

Der Ölschiefer

Das Ölschieferflöz, dessen größte Mächtigkeit angenähert mit 190 m ermittelt wurde (Bohrungen Nr. 69 und 70), bildet die Füllung des tektonischen Grabens von Messel. Im untersten Teil des Flözes wechsellagern mit dem Ölschiefer sandig-tonige Gruslagen von der vorbeschriebenen Beschaffenheit. Weiterhin ragen derartige Lagen zungenförmig von den Rändern des Vorkommens in das Becken, besonders im Norden, Nordosten und Südosten. Diese Lagen verlaufen im allgemeinen der Basisfläche des Vorkommens konform.

Der Ölschiefer ist ein bituminöses Tongestein, dessen Farbe im grubenfeuchten Zustand von tiefschwarz über dunkelgraubraun bis grünlichgrau reicht, von mattem, erdigem, seltener muscheligen Bruch und blaß gelblichbraunem Strich. Trocknet das Gestein aus, so nimmt es mit abnehmendem Wassergehalt zunehmend ein gelbbraunes Aussehen an. Auf den Klüften der entwässerten Schiefermassen treten rotbraune Verwitterungsfarben auf. Mehr oder minder feingeschichtet, weist der Ölschiefer besonders im mittleren Teil des Vorkommens einen blättrig-schiefrigen Charakter auf, der vor allem beim Austrocknen hervortritt: Das Gestein zerfällt dann in dünnste Lagen. Der Ölschiefer ist im allgemeinen in 1–20 mm mächtige Bänkchen zerlegt; diese werden allerdings in der Fazies der feinlagigen Blätterschiefer höchsten 7 mm dick. Bei der Gewinnung zerfällt das Gestein stückig, nur in den Störungszonen besitzt es eine mulmige Beschaffenheit. Die einzelnen Ölschieferlagen sind durch feine gelb oder rötlich gefärbte sandig-tonige Zwischenlagen von nur geringer Dicke (mm-Bereich und dünner) getrennt. Neben diesen Sandhäutchen treten auch häufig 1–20 mm mächtige, gelbgraue bis gelbbraune oder graubeige Sandlinsen und -schmitzen auf. Gelegentlich fand sich in einzelnen Ölschieferlagen eine Kleinfältelung, die vielleicht auf sub-aquatiscche Rutschungen zurückzuführen ist. Eine tonige Zwischenlage von 8–10 mm Stärke beschreibt DÖRTELMANN (1950, S. 28/29) auf der Sohle 5 NE und 4 und 5 S des Kettenbahnpfilers. Die Tonschicht hatte etwa die Härte 4 und zeigte am frischen Bruch ein deutlich blaues Anlaufen (etwa Thenards-Blau). Bei 540-facher Vergrößerung konnte im Anschliff eine tonige Grundmasse mit Bitumenfäden, wolkig bis schlierig verteiltem Eisenhydroxid und Pyritkonkretionen festgestellt werden. Die

¹³⁾ Bohrungen Nr. 15, 18, 19, 22, 49, 56, 59 und 68.

¹⁴⁾ Bohrungen Nr. 68 und 78. Kalkhaltig sind auch die Sandsteine in der Bohrung Nr. 16, deren stratigraphische Stellung unsicher ist.

¹⁵⁾ Fraglich ist die stratigraphische Zugehörigkeit des Gruses in den Bohrungen Nr. 4, 47, 48, 53, 54, 58 und 61 und der geröllführenden Grusschichten in den Bohrungen Nr. 16, 24, 28, 30, 31, 33, 66, 71, 76, 77, 81, 82, 84, 88 und 90. Nur in den Bohrungen Nr. 58 (35,10 m), 66 (19,20 m) und 77 (13 m) übersteigt die Mächtigkeit dieser Ablagerungen 10 m.

Farbe ist durch die Einschlüsse bestimmt und geht von dunkelbraun über hellbraun bis grau.

Vor dem Lötrohr brennt der Ölschiefer mit leuchtender rußender Flamme. Der Rückstand ist grauweiß oder rötlich, bei stärkerem Erhitzen schmilzt er zu einer grünlichen glasigen Schlacke (CHELIUS 1886a, S. 27).

Der Ölschiefer besitzt ein Raumbgewicht zwischen 1,25 und 1,40. Weitere wichtige Daten für das bergmännische, hydrogeologische und tektonische Verhalten des Ölschiefers können aus Tabelle 4 entnommen werden. Die dort wiedergegebenen bodenphysikalischen Daten wurden im bodenmechanischen Laboratorium des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung ermittelt (BRAUN 1960). Die Proben wurden mit Ringstutzen am frischen Baggerstoß aus Ölschieferpartien mit ausgeprägter Gleitfläche entnommen.

Tabelle 4: Bodenphysikalische Kennwerte von Ölschieferproben

1. Bestimmung der bodenphysikalischen Zustandskennzeichen			
Raumbgewicht, erdfeucht	γ	=	1,33 t/m ³
Raumbgewicht, trocken	γ_t	=	1,25 t/m ³
Porenvolumen	n	=	31,70 v.H.
Porenziffer	ε	=	0,47
Wassergehalt	ω	=	6,30 %
Stoffgewicht des Ölschiefers	γ_s	=	1,83 t/m ³
Stoffgewicht der Asche	γ_s	=	2,68 t/m ³
Glühverlust		=	43,40 v.H.
Ascheanteil		=	56,60 v.H.
Wasserlösliche Asche		=	3,26 %
Wasserunlösliche Asche		=	53,34 v.H.
2. Ergebnisse der Scherversuche			
Reibungswinkel	ϱ_b	=	19°30'
Kohäsion	c	=	0,25 kg/cm ²
3. Ergebnis des Drucksetzungsversuches			
Setzung = $s' = \frac{\Delta h}{h_a} = \frac{0,35}{1,4} = 0,25$			
Anfangsprobenhöhe	h_a	=	1,40 cm
Durchmesser der Probe	d	=	7,00 cm
Anfangsporenziffer	ε_a	=	0,47
Höhenabnahme	Δh	=	0,35 cm

Das Porenvolumen von rund 32% bedingt, daß der Ölschiefer schon bei einem Wassergehalt von etwa 25% wassergesättigt ist und bei der normalen Grubenfeuchte von 40% also bereits aufweicht. So wurde der Beginn des weichplastischen Fließens einer Ölschieferprobe mit 6,3% Wassergehalt bei einem Druck von 140 atü festgestellt. Es hielt bei einer stufenweisen Druckminderung bis auf 60 atü an.

Der Ölschiefer enthält in grubenfeuchtem Zustand etwa 40% Wasser, ca. 25% organische Substanz und einen mittleren Aschengehalt von etwa 35%. Tabelle 5 gibt Analysen des anorganischen Anteiles des Ölschiefers wieder.

Tabelle 5: Analysen des anorganischen Anteils der Ölschiefer

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SiO ₂	81,0	46,4	53,1	50,72	48,7	48,5	45,5	49,0	49,2	42,7
Al ₂ O ₃	12,16	22,1	19,1	26,72	21,5	19,9	23,7	24,1	20,0	21,8
Fe ₂ O ₃		25,1	15,6	15,64	16,1	19,1	9,6	10,0	19,0	20,4
TiO ₂			2,4		2,7	2,6	2,4	2,5	2,6	
CaO	2,51	1,3	2,6	3,31	3,8	4,1	1,3	1,1	3,0	5,4
MgO	0,91	1,2	2,1		2,3	3,1	1,1	1,1	2,2	4,5
SO ₃		2,0	1,8	0,72	2,8	1,1			1,9	
P ₂ O ₅	0,94	1,6	1,2		2,5	3,2			2,1	
K ₂ O							0,08	0,1		
Na ₂ O							0,1	0,1		
Glühverlust							14,3	11,8		
Lösliche Salze	0,51									
Summe	98,03	99,7	97,9	97,11	100,4	101,6	98,08	99,8	100,0	94,8

I Asche (nach CHELIUS 1886a, S. 27)

II Durchschnittsproben des Ölschiefers 1949 (DÖRTELMANN 1950)

III Randschiefer, Analytiker: H. DAMM, Grube Messel, 21. 8. 1950

IV Ausgebrannter Schieferrückstand: 2. 6. 1950

V Farbkoks: Wasser- und kohlenstoffreies Material: 2. 6. 1950

VI Kesselhauschlacke: 2. 6. 1950

VII Analyse II von IMMEL (1960), 28. 8. 1959 (Ölschiefer 5. Sohle NE)

VIII Analyse III von IMMEL (1960), 28. 8. 1959 (Ölschiefer 5. Sohle NE, 50 m westl. Probe II)

IX Ölschieferasche (Standardanalyse nach Dr. MITIUS, Grube Messel)

X Asche (KIROUSSIS 1961, S. 38)

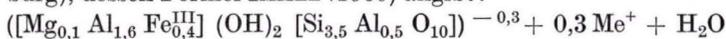
Der SiO₂-Gehalt liegt zwischen 42,7 und 53,1% (die Analyse I fällt aus dem Rahmen, vielleicht handelt es sich um einen kieselsäurereichen Randschiefer), die Al₂O₃-Werte liegen zwischen 19,1 und 26,72%, die Fe₂O₃-Werte zwischen 9,6 und 20,4%. Die übrigen Bestandteile treten mengenmäßig zurück: TiO₂ 2,4–2,7%, CaO 1,1–5,4%, MgO 1,1–4,5%, SO₃ 0,72–2,8%, P₂O₅ 0,94–3,2%, K₂O 0,08–0,1%, Na₂O 0,1%. Die Untersuchung dreier Ölschieferproben ergab nach KREJCI-GRAF (1959, S. 811; 1962, S. 12/13) und KREJCI-GRAF & WICKMANN (1960, S. 268) in tausendstel % (1 tausendstel % = 10 g/t): NiO 10–80, Co₃O₄ 5–10, Cr₂O₃ 10–100, V₂O₅ 10–50. In zwei Proben wurden 0,74 und 1,13 tausendstel % Uran gefunden. Bemerkenswert ist, daß die Schwelprodukte trotz des Cr-Reichtums des Ölschiefers Cr-arm sind. Schwelteer weist Gehalte (in tausendstel %) von V₂O₃ 30, Cr₂O₃ 12, MoO₃ + WO₃ 3, NiO 25, CuO 2, SnO₂ 2 und Paraffin Gehalte von V₂O₃ 20, Cr₂O₃ 9 und NiO 95 auf.

Die in den Analysen des Ölschiefers und seiner Produkte festgestellten Phosphat-, Schwefel- und Stickstoffgehalte dürften ursprünglich auf die organischen Reste, die im Ölschiefer angereichert wurden, zurückzuführen sein. Die Anreicherung von Phosphor ist nach KREJCI-GRAF (1962, S. 14/15) an die Gytjtjabildung geknüpft.

Minerale im Messeler Ölschiefer

Tonminerale

Die Tonminerale bilden die Hauptmasse des anorganischen Anteils des Ölschiefers. Im allgemeinen handelt es sich um Montmorillonit (IMMEL 1960, MATTHESS, HOFMANN & BOEHM 1964, freundliche briefliche Mitteilung von Herrn Dr. C. SITTLER, Straßburg), dessen Formel IMMEL (1960) angibt:



Kaolinit kommt im Ölschiefer im allgemeinen nur in Spuren vor.

Messelit

Bei allen Analysen, die den Phosphatgehalt bestimmten, wurden beachtliche Gehalte (zwischen 0,94 und 3,2% P_2O_5) festgestellt. Diese sind wohl auf das Vorkommen des Messelits zurückzuführen.

Dieses Phosphat mit der Formel $(\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mg})_3 (\text{PO}_4)_2 + 2\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, von MUTHMANN (1890) auf Wunsch von Dr. SPIEGEL „Messelit“ genannt, bildet zahlreiche, meist sternförmig zusammengefügte bräunliche bis farblose Täfelchen. Es ist meistens trübe und nur an den Enden durchscheinend. Nur zwei Flächen sind deutlich sichtbar, deren Kante der Längsrichtung parallel verläuft. Der Winkel zwischen diesen Flächen, deren eine vorherrschend als Pinakoid, die andere als Hemiprisma gedeutet wurde, beträgt im Mittel 42 bis 43°. Durch die Pinakoidfläche tritt seitlich im Gesichtsfeld eine optische Achse aus, welche mit der Normalen zu dieser Fläche in der Luft einen Winkel von etwa 45° bildet. Die Auslöschungsrichtung bildet auf derselben Fläche einen Winkel von ca. 20° mit der Längsrichtung.

Die Härte des Minerals ist wenig höher als 3.

Messelit tritt im allgemeinen in kleinen, nur ausnahmsweise erbsengroßen und größeren büschelförmigen oder kugeligen Aggregaten auf, die aus kleinen selten bis 3 mm langen und 2 mm breiten Kristallen auf einer kugeligen Unterlage bestehen. Die Aggregate zerfallen leicht in die Einzelkristalle; sie durchschwärmen den Ölschiefer in manchen Lagen in außerordentlich großer Menge, wobei das größere Gewicht von solchen Stücken auffällt. Diese großen Aggregate sind durch alle Zwischengrößen mit der kleinsten und am häufigsten im Ölschiefer vorkommenden Form, dem Messelit in Knötchenform, verbunden.

Ferner treten kleine Hohlräume mit graubraunen Höfen auf. Möglicherweise ist dies eine reduzierte Form des Messelits oder die Folge einer nachträglichen Auslaugung.

Der Messelit war in zwei übereinanderliegenden Schichten, die besonders im südwestlichen Teil der Grube zusammen ca. 0,75 m mächtig waren, angereichert. Diese Lagen, die dasselbe Einfallen wie die übrigen Ölschieferschichten zeigten, traten ca. 150 m von der Westverwerfung zutage aus. Eine dieser Schichten, die heute völlig abgebaut sind, konnte DÖRTELMANN (1950, S. 22/23) unter Beachtung des Einfallens mit der 85 cm mächtigen Messelitführenden Schicht auf Sohle 4 Mitte identifizieren. Dieses Vorkommen wurde auch vom Verfasser beobachtet, zuletzt im Jahre 1957. Der zentrale Teil dieser Schicht, ca. 30–35 cm mächtig, war völlig von großen Messelitaggregaten durchschwärmt. Nach unten und oben nahm die Größe der Kristalle und

die Häufigkeit der Aggregate ab. Die äußeren Abgrenzungen der Messelitbank waren undeutlich. Sie verloren sich nach oben und unten hin in einer Schicht von ca. 15–20 cm. Mit abnehmendem Messelitgehalt wurde auch die Schieferung wieder deutlicher, bis schließlich deutliche Grenzflächen auftraten.

Erdiger Vivianit, ein weiteres Phosphat, findet sich in kleinen Knötchen.

Pyrit und Markasit

Diese Minerale finden sich als Imprägnationen der graubraunen oder grünlichgrauen Geoden, in die größere Fossilien, vor allem Krokodilreste, eingebettet sind (CHELIUS 1886 a, S. 28; WITTICH 1898, S. 91), als Knollen und Imprägnationen in den sandig-tonigen Gruszwischenlagen und schließlich als Imprägnationen und als geringmächtige Zwischenlagen im Ölschiefer. DÖRTELMANN (1950, S. 11, 28) beobachtete eine 1,5–2 mm mächtige Markasitschicht auf etwa 40 m Horizontalerstreckung auf Sohle 5 NE. Diese zeigte bereits 5 Wochen nach ihrer Freilegung Zersetzungserscheinungen. RAUCH (1927, S. 96) berichtet von einer durchgehenden geringmächtigen Pyritlage, die in ~20 m Teufe unter der Abraumsohle der Schichtung folgte. Diese Lage habe sich plattenförmig abnehmen und in der ganzen Lagerstätte verfolgen lassen.

In der tonigen Grundmasse des Ölschiefers stellte IMMEL (1960) geringe Gehalte an Eisenspat fest.

Gips

Als zweifellos sekundäres Verwitterungsmineral tritt Gips auf. Er überzieht bei der Verdunstung des gipshaltigen Grubenwassers die freigelegten Ölschiefermassen mit dünnen Überzügen oder Anflügen und verleiht dem Gestein eine grauweiße Farbe. Vereinzelt treten auf den Schichtflächen feinnadelige Kristalle auf, die gelegentlich in Rosetten angeordnet sind (DÖRTELMANN 1950, S. 10).

Die organische Substanz im Messeler Ölschiefer

Die Bitumina im Messeler Ölschiefer gehören zu den Kerogenen (griechisch „Öl-erzeuger“), da sie unter Normalbedingungen in organischen Lösungsmitteln unlöslich sind. Die Elementarzusammensetzung geht aus Tabelle 6 hervor.

Tabelle 6: Elementarzusammensetzung des Kerogens von Messel
(nach KROUSSIS 1961, S. 8)

	Gewichts- %	Anzahl Atome je 100 C-Atome
C	67,5	—
H	8,8	156
N	1,8	2,28
S	2,5	1,39
O	19,4	21,5
H/C Atom-Verhältnis		1,56
O/C Atom-Verhältnis		0,215

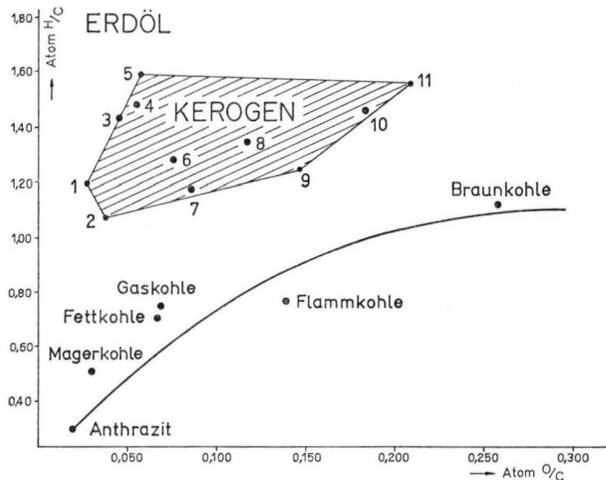


Abb. 3. H/C-, O/C-Diagramm verschiedener Kerogene (nach KIOUSSIS 1961, S. 9).

Zeichenerklärung:

- 1) Elko/Nevada-USA
(Tertiär, Eozän ? [WINCHESTER 1923, S. 91])
- 2) St. Hilaire/Frankreich
(Perm [BITTERLI 1963b, S. 184/185])
- 3) Utah-USA
(Tertiär, Eozän [WINCHESTER 1923])
- 4) Australien
(Perm [DAVID & BROWNE 1950, S. 490–503])
- 5) Colorado-USA
(Tertiär, Eozän [WINCHESTER 1923, S. 18])
- 6) Broxburn/Schottland (Karbon)
- 7) Ermelo/Südafrikanische Union
(Perm, Ecca-Serie [DE KUN 1965, S. 521, 536])
- 8) Kukkersit aus Estland (Ordovizium)
- 9) Kimmeridge/England
(Oberer Jura [BITTERLI 1963b, S. 184/185])
- 10) Schandelah/Deutschland
(Jura, Lias ϵ [v. THÜMEN 1956, S. 229])
- 11) Messel/Deutschland (Tertiär, Eozän)

Aus der Darstellung verschiedener Kerogene im H/C- O/C-Atom-Diagramm geht hervor, daß das Messeler Kerogen außerordentlich sauerstoffreich ist (Abb. 3). Die Kerogene liegen in dieser Darstellung zwischen den Erdölen und den Kohlen (vgl. dazu auch KREJCI-GRAF 1960 a, S. 842).

Im organischen Anteil des Messeler Ölschiefers sind huminartige Stoffe enthalten, die von KIOUSSIS (1961, S. 52/53) qualitativ nachgewiesen wurden¹⁶). Auf die Gegen-

¹⁶) Bei Einwirkung von 20 % Salpetersäure tritt eine Gelbrot-Färbung auf, die durch eine Reaktion zwischen HNO_3 und Lignin hervorgerufen wird. Ein alkalisches Reaktionsgemisch wies bei Erwärmung eine braunschwarze Farbe auf (Huminsäure-Nachweis). Bei Neutralisation des Gemisches bildete sich ein Niederschlag, der zu mehr als 50 % aus organischer Substanz bestand. Die Extrahierbarkeit organischer Verbindungen aus dem Kerogen mit Alkali wird von KIOUSSIS als Beweis ihrer Huminsäurenatur angesehen.

wart huminartiger Stoffe schloß er ferner aus dem relativ hohen Koks- ($\frac{1}{3}$ der organischen Substanz) und Schwelwasseranteil ($\frac{1}{6}$ der gesamten organischen Substanz), der bei der Verschmelzung des Messeler Ölschiefers anfällt. Zum Vergleich und zur Untermauerung seines Schlusses zieht er Werte heran, die bei der Verschmelzung von aus Braunkohlen extrahierten Huminstoffen einerseits und Bitumenstoffen andererseits gewonnen worden sind. Die beim Messeler Ölschiefer erzielte Koksausbeute liegt ungefähr in der Mitte derjenigen Werte, die aus den Braunkohlen-Huminstoffen (65–70%) und aus den Braunkohlen-Bitumina (0,6–5%) erhalten worden sind. Ähnlich verhalten sich die Werte für das anfallende Zersetzungswasser.

Bei Zerlegung des Ölschiefers in Fraktionen unterschiedlicher Dichte stellte KIOUSSIS (1961, S. 47/48) in diesen Unterschiede im H/C-Atomverhältnis fest. Dies läßt darauf schließen, daß die organische Substanz des Messeler Ölschiefers nicht einheitlich ist. Die Uneinheitlichkeit der Ölschiefer-Bitumina spiegelt sich auch in den Ergebnissen von BITTERLI (1963a) wider, der zur Charakterisierung bituminöser Gesteine das Verhältnis Benzinextrakt/organischer Kohlenstoffgehalt heranzog. Diese für die jeweiligen Lokalitäten typischen Verhältniszahlen streuen von Probe zu Probe im Messeler Ölschiefer zwischen ca. $28 : 10^3$ und $94 \cdot 10^3$, während der organische Kohlenstoffgehalt zwischen 25 und 45%, also in einem verhältnismäßig engen Bereich, variiert. Neben der erwähnten unterschiedlichen Zusammensetzung der organischen Substanz mögen bei dieser Erscheinung auch unterschiedliche Veränderungen der Bitumina, Unterschiede in der Porosität, der Durchlässigkeit und der Korngröße, die die Adsorption und damit die Löslichkeit beeinflussen, mitwirken.

Die Bitumina sind im Dünnschliff dunkel- bis schwarzbraun gefärbt. Es handelt sich also um adsorbierte Bitumina (KREJCI-GRAF 1962, S. 5).

IMMEL (1960) vermutet, daß die Bitumina zwischen den Silikatschichten des Montmorillonits eingelagert sind. Dies schließt er aus der Verminderung des Quellvermögens des Ölschiefers, das nach seinen Beobachtungen bei Luftzutritt völlig verloren geht. Hierbei mögen charakteristische Veränderungen der Bitumina (Oxidationen) eine Rolle spielen. Nach Entfernung der Bitumina können die normalen Eigenschaften des Montmorillonits festgestellt werden.

Im Dünnschliff sieht man außer der dunkel- bis schwarzbraun gefärbten aphanitischen Grundmasse gelbe, kreisförmige Querschnitte eines Bituminits: Die Reste einer Alge aus der Familie der Botryococcaceae. Neben Algen sind noch Pilze und Pollen nachgewiesen (WEITZEL 1933a). Vor allem die Algen sind als Ausgangsstoffe der Bitumina anzusehen. Nach seinem gesamten petrographischen Habitus entspricht der Ölschiefer von Messel einer lakustrinen Algengyttja (vgl. GOLDSCHMIDT, KREJCI-GRAF & WITTE 1948, S. 47; KREJCI-GRAF 1962, S. 12). Der zurücktretende Humingehalt erlaubt, das Gestein als Ölschiefer zu bezeichnen. Es genügt der Definition der A.S.T.M. Standards of Petroleum Products and Lubricants¹⁷⁾.

¹⁷⁾ American Society for Testing Materials, D 288–47, supplement to A. S. T. M. Standards, Part III-A, S. 33/34, 1947: Oil shale. A compact rock of sedimentary origin, with ash content of more than 33% and containing organic matter that yields oil when destructively distilled but not appreciably when extracted with the ordinary solvents for petroleum.

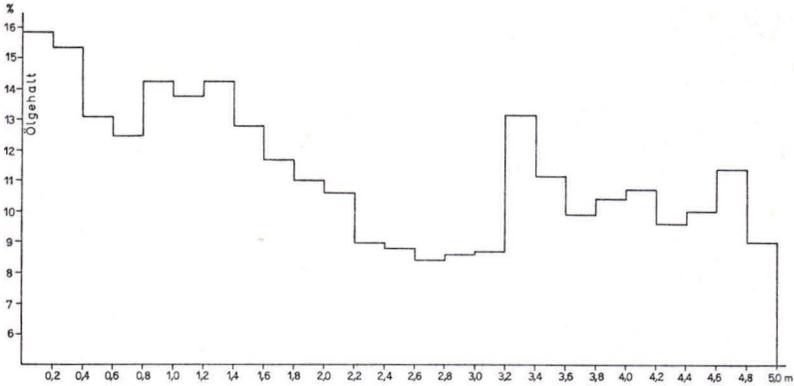


Abb. 4. Ölgehalte von Ölschieferproben eines vertikalen Schlitzprofils (nach DÖRTELMANN).

Die Ölausbeute, im Mittel 8%, schwankt sowohl lagenweise wie auch in seitlicher Erstreckung sehr erheblich. In den 132 Proben, die von DÖRTELMANN (1950) untersucht wurden, streuten die Ölgehalte zwischen 5,3 und 19,4%. Die vertikalen Schwankungen des Ölgehaltes sind durch betriebliche Untersuchungen bekannt. Eine detaillierte Untersuchung eines 5 m mächtigen Profils durch DÖRTELMANN (1950, S. 19/19a) unterstrich diese Beobachtung. Er entnahm je 20 cm mächtige Schlitzproben über die ganze Länge des Profils und ließ von jeder Probe eine durchschnittliche Probe nach FISCHER und SCHRADER¹⁸⁾ untersuchen. Die Ölausbeute streute zwischen 8,4 und 15,9% (Abb. 4).

Die Untersuchung der Horizontbeständigkeit der Ölausbeute, die von DÖRTELMANN (1950) ausgeführt wurde, konnte gleichbleibende Ölgehalte nur über Strecken von 16, 44, 48 und 74 m nachweisen. Die Ölgehalte der einzelnen Proben einer Schicht streuen erheblich um den rechnerischen Mittelwert. DÖRTELMANN nahm an, daß Abweichungen von bis zu $\pm 3\%$ die Horizontbeständigkeit für die jeweilige Schicht nicht beeinträchtigen sollten. Die Abweichungen sind zum Teil aus den Schwierigkeiten bei der Probenahme und der analytischen Bestimmung bedingt. Er entnahm aus einer durch äußere Merkmale gekennzeichneten Schicht am möglichst frischen Stoß Schieferproben von 2 cm Höhe und im Durchschnitt $15 \times 6-7$ cm Fläche. Die Beschränkung auf die Höhe war notwendig, da der Ölgehalt der Schiefer, wie bekannt war, in vertikaler Richtung stark wechselt. Um den ursprünglichen Wassergehalt zu erhalten, wurden die Proben

¹⁸⁾ Schwelanalyse nach FISCHER und SCHRADER

Grubenfeuchter Schiefer wird zerkleinert und bei 105° C getrocknet. Im Aluminiumschwelapparat mit elektrischer Beheizung wird die Schieferprobe innerhalb von 50 Minuten auf 500° C erhitzt und weitere 20 Minuten auf 500 bis 520° C gehalten. Das aufgefangene Destillat (Öl und Schwelwasser) und der Schwelrückstand werden gewogen. Aus dem Destillat wird mit Paraffin die organische Substanz vom Schwelwasser getrennt. Die Ausbeute an Öl wird auf den beim Trocknen ermittelten Wassergehalt und zu Vergleichszwecken auf einen Wassergehalt von 40% (durchschnittliche Grubenfeuchtigkeit) umgerechnet.

Zur Aschenbestimmung wird trockener Schiefer im Muffelofen bei ca. 850° C verascht.

sofort an Ort und Stelle in gut verschleißbare Blechdosen gefüllt. Bei der Probenahme war es unvermeidlich, daß zum Teil die 2 cm des Probelloches um etwa 2–3 mm überschritten wurden. Bei der analytischen Bestimmung sind geringe Abweichungen, die zwar im allgemeinen $\pm 0,1\%$ kaum überschreiten, aber auch bis zu etwa $\pm 0,25\%$ betragen können, gleichfalls unvermeidlich. Beide Ursachen wirken dahin zusammen, daß mit einem Fehler in Höhe von $\pm 3\%$ vom Mittelwert gerechnet werden muß. Die bei den einzelnen Ölschieferproben ermittelten Ölgehalte überschreiten jedoch diese durch die angegebenen Fehlermöglichkeiten bedingten Unterschiede erheblich. Daraus muß der Schluß gezogen werden, daß auch verhältnismäßig dicht beieinander liegende Schieferpartien der gleichen Schichten durchaus deutlich voneinander abweichende Ölgehalte aufweisen können. Die Ursache für diese Erscheinung dürfte im wesentlichen in mehr oder weniger zufälligen Unterschieden der Einlagerung von sandigen und tonigen Anteilen bei der Bildung und Ablagerung der Gytjtjaschichten zu suchen sein (siehe Aschengehaltskurven Abb. 5).

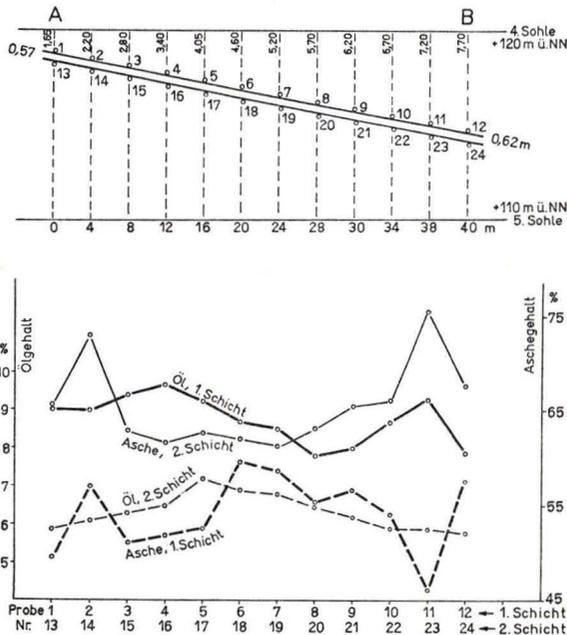


Abb. 5. Öl- und Aschengehalte zweier Ölschieferlagen (nach DÖRTELMANN).

Die einzelnen Schichten können schlecht verfolgt werden. Während aus größerer Entfernung die Schichtung gut zu erkennen ist, vermischt sich in der Nähe durch die starke Klüftung und das Ineinanderübergehen die deutliche Abgrenzung der Schichtpakete. Daher muß von einem entfernt stehenden Beobachter die Korrelation der Schichten zu den Seiten hin vorgenommen werden. Ein weiteres Hilfsmittel sind Rutschflächen, dünne Sand- und Tonzwischenlagen und Messelit-führende Bänke.

Als Beispiel für die DÖRTELMANN'schen Untersuchungen wird sein Profil B wiedergegeben (Abb. 5), bei dem 2 Schichten auf 45 m Erstreckung mit Hilfe einer 1,5 cm

mächtigen Sandlage und einer Rutschfläche 4 cm unter einer gleichmächtigen Sandlage verfolgt wurden. Der durchschnittliche Ölgehalt des Ölschiefers betrug in der oberen Schicht 8,8% und in der unteren Schicht 6,3% (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Ergebnisse der Öl- und Aschengehaltuntersuchungen in zwei Ölschieferschichten (nach DÖRTELMANN 1950)

Lfd. Nr.	Wasser im Rohschiefer %	Ölgehalt im getrockneten Schiefer %	Ölgehalt im Rohschiefer %	Ölgehalt bei 40 % Wasser %	Asche im getrockneten Schiefer %
Obere Schicht					
1	40,5	15,00	8,93	9,0	49,5
2	42,9	14,95	8,67	9,0	57,0
3	42,0	15,60	9,05	9,4	51,0
4	43,0	16,10	9,18	9,7	51,9
5	42,0	15,30	8,87	9,2	52,5
6	43,0	14,45	8,24	8,7	59,5
7	41,5	14,10	8,25	8,5	58,6
8	42,5	13,00	7,48	7,8	55,2
9	42,0	13,40	7,77	8,0	56,6
10	41,0	14,45	8,53	8,7	54,0
11	40,5	15,45	9,19	9,3	46,0
12	41,0	13,15	7,76	7,9	57,5
Untere Schicht					
13	40,0	9,85	5,91	5,9	65,5
14	38,5	10,10	6,21	6,1	73,1
15	37,0	10,45	6,58	6,3	62,9
16	41,5	10,75	6,29	6,5	61,5
17	39,5	12,00	7,26	7,2	62,6
18	42,5	11,45	6,58	6,9	62,0
19	41,5	11,35	6,64	6,8	61,2
20	39,0	10,80	6,59	6,5	63,1
21	37,5	10,30	6,44	6,2	64,9
22	36,0	9,80	6,27	5,9	66,0
23	26,0	9,85	6,30	5,9	75,5
24	35,0	9,70	6,30	5,8	67,5

Tier- und Pflanzenfunde im Messeler Ölschiefer

Die reichen Tier- und Pflanzenreste verdanken ihre Fossilisation den günstigen petrographischen und limnologischen Verhältnissen. Die meisten Lebensspuren wurden durch die feinkörnige Beschaffenheit des Ölschiefers erhalten. Die größeren Fossilien sind oft in sandig-tonigen Geoden eingeschlossen. Die Funde verteilen sich sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen verhältnismäßig weiträumig innerhalb des Ölschiefers. Häufungen bestimmter oder auch verschiedener Tier- und Pflanzenarten können im allgemeinen weder in bestimmten Schichten noch an bestimmten Punkten festgestellt werden. Eine Ausnahme bilden die von HEIL (1964) beschriebenen Kieselschwamm-Nadeln, die an einzelnen Stellen gehäuft auftreten.

Auch in den tonig-sandigen Zwischenlagen, die randlich im Ölschiefer auftreten, kommen Fossilreste vor: in derartigen Sanden, die mit Ölschiefer wechsellagerten, fand der Verfasser im Jahre 1953 am Südostende des 3. Abraumschnittes einen Krokodilzahn und Fischschuppen von *Lepisosteus trausi*. Eine ca. 50 kg schwere Probe aus derselben Schicht, die Herr Professor Dr. TOBIEN untersuchte, enthielt statt der erhofften Säugetierreste nur weitere Krokodilzähne — wahrscheinlich von *Pristichampus rollinati* — sowie Schuppen und Schädelreste von *Lepisosteus trausi*.

Beim Austrocknen des Ölschiefers entstehen Schrumpfungsrisse, die die Fossilfunde beschädigen. Dies kann durch wochenlanges Einlegen in hochkonzentriertes Glycerin und anschließendes Eindecken aller Flächen mit Paraffin verhindert werden. Neben dieser Methode, die in der Geologischen Abteilung des Hessischen Landesmuseums Darmstadt angewendet wird, hat auch die Lackfilmmethode sehr gute Ergebnisse geliefert. Mit ihr konnte die Erhaltung von Weichteilen, wie Vogelfedern, Säugerhaaren und schwarzen Farbzellen in der Epidermis von Fischen nachgewiesen werden (TOBIEN 1955).

Die Fauna der Grube Messel wurde durch ANDREAE (1894, 1897), BERG (1964, 1965 a), HARRASSOWITZ (1919, 1922 a, 1922 b), HAUPT (1911, 1912, 1922, 1925, 1938), HEIL (1964), HUMMEL (1927 a), LUDWIG (1877 a, 1877 b)¹⁹⁾, MEUNIER (1921), REVILLIOD (1917), STAESCHE (1928), TOBIEN (1954, 1955, 1958, 1962), WEITZEL (1932, 1933 a, 1933 b, 1935, 1938 a, 1938 b, 1938 c, 1949) und WITTICH (1898, 1902) bearbeitet.

Die Fauna des Messeler Ölschiefers stellt eine Grabgemeinschaft dar, in der nach TOBIEN (1955, S. 88) drei ökologische Gruppen unterschieden werden können:

1. Tiere, die ständig im See gelebt haben (Süßwasser-Schwämme, Süßwasser-Schnecken, Fische),
2. amphibisch lebende Tiere, die mehr oder weniger an den See gebunden waren (Frösche, Krokodile, Schildkröten),
3. landbewohnende Tiere, die in ihren Lebensgewohnheiten nicht unbedingt auf den See angewiesen waren (Vögel, Säugetiere, evtl. Schlangen).

Silicispongia

Spongillidae

3 Typen von Schwamm-Nadeln

Insecta²⁰⁾

Coleoptera

Buprestidae

Ancylochira eocaenica MEUNIER

Ancylochira prompta MEUNIER

Ancylochira agilis MEUNIER

Ancylochira minuta MEUNIER

Sphenoptera eocaenica MEUNIER

¹⁹⁾ Korrigiert in Zittel (1887–1890, S. 681) und LYDDEKER (1888, S. 50/51).

²⁰⁾ Nach mündlicher Mitteilung des verstorbenen Professor KUNTZEN (früher Naturkunde-Museum, Berlin) ist die Liste der Insekten revisionsbedürftig.

Sphenoptera metallica MEUNIER

Eurythyrea sp.

Perotis messelensis MEUNIER

Chrysomelidae

Lina titana MEUNIER

Peltidae

Trogosita eocaenica MEUNIER

Scarabaeidae

Geotrupes messelensis MEUNIER

Gymnopleurus eocaenicus MEUNIER

Carabidae

Scarites sp. ?

Harpalus sp. ?

Heteroptera

Pentatomidae

Cydnopsis sp. (2 Arten)

Orthoptera

Blattidae (Nomoneura)

Periplaneta eocaenica MEUNIER

Periplaneta relictica MEUNIER

Unbestimmbare Blattidenreste

Gastropoda

Reste von Hydrobiiden

Vertebrata

Pisces

Amia kehleri ANDREAE

*Lepisosteus*²¹ *strausi* (ANDREAE)

Amphiperca multiformis WEITZEL

Thaumaturus intermedius WEITZEL

Amphibia

Propelodytes wagneri WEITZEL

Reptilia

Testudinata

Ocadia messeliana STAESCHE

Ocadia kehleri STAESCHE

Trionyx messelianus v. REINACH

Trionyx (*Amyda*) *messelianus* v. REINACH var. *lepsiusi* HARRASSOWITZ

[= *Tr. lepsii* HARRASSOWITZ (1919) = *Tr. lepsiusi* HARRASSOWITZ (1922)]

Trionyx (*Amyda*) *messelianus* var. *kochi* HUMMEL

Anosteira crassesculpta HARRASSOWITZ

Anosteira gracilis HARRASSOWITZ

²¹⁾ Vgl. WEILER (1963, S. 8).

Ophidia

Reste (noch unbearbeitet)

Lacertilia

cf. *Varanus*

Crocodilia

Allognathosuchus haupti WEITZEL

Diplocynodon darwini (LUDWIG)

Diplocynodon ebertsi (LUDWIG)

Asiatosuchus germanicus BERG

Pristichampsus rollinatti (GRAY)

aff. *Sebecus* ? n. sp.

Aves

Rhynchaïtes messelensis WITTICH

Diatryma cf. *steini* MATTHEW & GRANGER

Reste von Rallen-, Regenpfeifer-, Blauracken- und Kranichartigen Vögeln²²⁾

Mammalia

Insectivora

Macrocranion tupaiodon WEITZEL

Leptictidium auderiense TOBIEN

Messelina tenera TOBIEN

Kopidodon macrognathus WITTICH²³⁾

Chiroptera

Palaeochiropteryx tupaiodon REVILLIOD

Palaeochiropteryx spiegelii REVILLIOD

Archaeonycteris trigonodon REVILLIOD

Archaeonycteris sp.

Rodentia

Ailuravus macrurus WEITZEL

Massillamys beegeri TOBIEN

Massillamys krugi TOBIEN

Massillamys parvus TOBIEN

Perissodactyla

Propalaeotherium hassiacum HAUPT

*Propalaeotherium*²⁴⁾ *messelense* (HAUPT).

Das Vorkommen der Pferdevorläufer *Propalaeotherium hassiacum* HAUPT und *Propalaeotherium messelense* (HAUPT) ist stratigraphisch wichtig: Sie stellen die Messeler Schichten in das Mitteleozän (Lutetium). Ehe HAUPT im Jahre 1911 diese Leitformen fand, wurden die Ölschiefer in das Untermiozän (Aquitane) eingestuft.

²²⁾ Die Bearbeitung der Vogelreste erfolgt durch Frau Dr. SOERGEL, Freiburg/Brsg., (vgl. TOBIEN 1955, S. 94).

²³⁾ VAN VALEN (1965, S. 388–390).

²⁴⁾ SAVAGE, RUSSEL & LOUIS (1965, S. 67–72).

Neben den bereits erwähnten Algen und Pilzen finden sich im Ölschiefer von Messel Reste höherer Pflanzen, die von ENGELHARDT (1922) beschrieben wurden. Sie stammen von Waldbäumen, Unterholz und Kletterpflanzen, Farnen und Kräutern aus den die Wasserläufe begleitenden Wäldern, von nassesuchenden Pflanzen aus der Uferregion und von Wasserpflanzen. Aus dem Hervortreten von Moraceen, Lauraceen, Apocynaceen, Sapotaceen, Myrtaceen, Celastraceen, Sapindaceen und Leguminosen schloß ENGELHARDT auf ein sehr warmes Klima mit tropisch-subtropischem Charakter, ein Klima also, wie es für die Entstehungszeit dieser Ablagerungen als typisch angesehen wird (vgl. dazu auch SCHWARZBACH 1961, S. 145–149, und BERG 1965 b).

ENGELHARDT unterschied rund 360 Arten. Einem Vertreter der Kryptogamenfamilie der Pteridophyta (*Asplenium*) stellte er Arten aus den Spermatophytenfamilien der Cycadeaceae, Gramineae, Smilacaceae, Palmae, Irideae, Zingiberaceae, Musaceae, Najadeae, Typhaceae, Cupressineae, Abietineae, Podocarpeae, Taxineae, Piperaceae, Casuarineae, Myricaceae, Cupuliferae (17 Arten), Ulmaceae, Moreae (34 Arten), Nyctagineae, Monimiaceae, Laurineae (30 Arten), Daphnoideae, Artocarpeae, Salicineae, Santalaceae, Elaeagneae, Aristolochiaceae, Proteaceae, Rubiaceae, Oleaceae, Apocynaceae (16 Arten), Verbenaceae, Convolvulaceae, Bignoniaceae, Myrsineae, Sapotaceae (16 Arten), Ebenaceae, Styraceae, Ericaceae, Araliaceae, Corneae, Hamamelideae, Saxifrageae, Myristiceae, Anonaceae, Magnoliaceae, Nymphaeaceae, Samydeae, Bombaceae, Sterculiaceae, Büttneriaceae, Tiliaceae, Malpighiaceae, Sapindaceae (13 Arten), Staphyleaceae, Celastrineae, Pittosporaeae, Rhamneae (13 Arten), Juglandaceae (10 Arten), Anacardiaceae, Zanthoxyleae, Combretaceae, Melastomaceae, Myrtaceae (14 Arten), Amygdaleae, Papilionaceae (35 Arten) und Mimoseae gegenüber. Daneben beschrieb er Blatt- und Fruchtreste unsicherer Stellung, die er in 14 Arten zusammenfaßte. Eine Durchsicht der in Darmstadt befindlichen Pflanzenreste durch Herrn Privatdozent Dr. SCHWEITZER und Herrn cand. geol. HAAS, die auch eigene Aufsammlungen heranzogen, ergab, daß nur solche Pflanzenreste aus Messel einwandfrei bestimmt werden können, die noch eine Cuticula aufweisen, da die äußere Morphologie infolge der häufigen Konvergenzen bei den eozänen Blattresten Mitteleuropas in weitaus den meisten Fällen für die Identifizierung nicht ausreicht. So fanden sie, daß die von ENGELHARDT unter der Bezeichnung *Litsea elongata* und *Daphnogene elegans* als Laurineen und *Erythrina phaseolithes* als Papilionacee beschriebenen Blätter miteinander identisch sind. Da also damit zu rechnen ist, daß die Flora von Messel wesentlich weniger Arten enthält, als ENGELHARDT sie angibt, wurde darauf verzichtet, die Artenliste wiederzugeben.

Freundlicherweise teilte mir Herr Privatdozent Dr. SCHWEITZER, Bonn, brieflich mit, daß eine Neubearbeitung der Flora in Angriff genommen sei. Bisher wurden Arten folgender Familien mit hinreichender Sicherheit nachgewiesen:

Juglandaceae

Engelhardtia

Moraceae

Ficus

Nymphaeaceae	<i>Nelumbium</i>
Magnoliaceae	<i>Laurophyllum</i> <i>Cinnamomophyllum</i>
Leguminosae	nicht näher bestimmbare Früchte
Simarubaceae	<i>Eugenia</i> bzw. <i>Myrtophyllum</i>
Apocynaceae	<i>Apocynophyllum</i> .

Die hangenden klastischen Sedimente

Diese Ablagerungen wurden praktisch im Zusammenhang mit der Erschließung der Lagerstätte vollständig abgeräumt und auf die im Nordosten an den Tagebau anschließende Halde befördert. Die hangenden Schichten schlossen überall den Ölschiefer nach oben ab, eine größere Mächtigkeit erlangten sie jedoch nur in drei Mulden am Ost- bzw. Südrand der Grube (vgl. Abschnitt 4). Hier erreichen sie eine Mächtigkeit von rund 30 m (größte erbohrte Mächtigkeit 32,65 m in Bohrung Nr. 72). Die hangenden klastischen Sedimente überlagern an den Rändern des Vorkommens z. T. die steil aufgerichteten liegenden klastischen Sedimente. Unmittelbar über dem Ölschiefer fand sich ein 0,5–5 m mächtiger schwarzer Ton (KLEMM 1910a, S. 20–21), der, wie RAUCH (1927, S. 95) wohl zu Recht vermutet, aus dem Ölschiefer durch Verwitterung hervorging. In diesem Kohlenton sind Fragmente und Nester lignitischer Braunkohlen enthalten. Braunkohlen in Wechsellagerung mit Ölschiefer und Tonen erwähnt RAUCH (1927, S. 74) aus dem Ausgehenden des Ölschieferflözes im Nordosten der Grube. Später (1931 bzw. 1936) wurde in den im Nordosten gelegenen Bohrungen Nr. 28 und 33 unter 4,70 m bzw. 1,0 m schwarzbraunem kohligem Ton eine 1,90 m mächtige Braunkohlenlage mit pyrithaltigen Toneinlagerungen erschrotet. In der Bohrung 33 wurden außerdem dünne 0,60 und 0,40 m mächtige Braunkohlenflöze als Einlagerungen in Ölschiefer angetroffen. 1,50 m Braunkohlen wurden schließlich in der am Südrand der Grube gelegenen Bohrung Nr. 92, diesmal im Liegenden des Ölschiefers, erbohrt. Sie sind durchweg als Bildungen der Uferregion bzw. des verlandenden Sees anzusehen, was die Verteilung erklärt.

Diese Kohlentone, Braunkohlenlagen und die obersten Ölschieferlagen führen reichlich Gips. Dieser ist wohl auf den Umsatz der bei der Oxidation der Eisensulfide freiwerdenden Schwefelsäure mit Calcium-haltigen Mineralen zurückzuführen.

Über diesen Schichten folgten in den genannten Mulden bis ca. 14 m gelbgraue, hellgraue, graugelbe, blau-, grünbraun- oder olivgraue Tone²⁵⁾, die von mehr oder weniger tonigen, bis zu 20,5 m mächtigen Sanden (größte Mächtigkeit Bohrung Nr. 72) überlagert waren.

²⁵⁾ Bohrungen Nr. 28, 33, 58, 61, 72, 86 und 98 (größte Mächtigkeit in Bohrung Nr. 61).

Die von MATTHES, HOFMANN & BOEHM (1964) untersuchten Tone aus dem Hangenden des Ölschiefers bestanden meist zu gleichen Teilen aus Kaolinit und Montmorillonit, gelegentlich überwog auch der Montmorillonit erheblich. Die Korngrößenbestimmungen ergaben, daß es sich um echte Tone handelt. Die Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen und der röntgenographischen Untersuchung machen es wahrscheinlich, daß die hangenden Tone anscheinend aus verwittertem und umgelagertem Ölschiefer und aus Tonen bestehen, die aus benachbarten Bildungsräumen in die Mulden geschwemmt wurden.

Die hangenden klastischen Sedimente, die von LEHMANN (1933) in das Jungtertiär (Pliozän) eingestuft wurden, gehören nach den vorliegenden Pollenuntersuchungen (PFLUG 1952, S. 120; THOMSON & PFLUG 1953; Pollenuntersuchungen von Herrn ZEUNER, wiedergegeben in MATTHES 1956, S. 14/15) zu den mitteleozänen Messeler Schichten. Die Pollenspektren entsprechen etwa dem Borkener Bild.

3. 3. 2. Die Basalte

Die nordöstlich der Grube Messel am Stücks-Bühl gelegenen kleinen Basaltvorkommen gehören zu den Limburgiten. Es sind dichte schwarze Gesteine, die aus einer glasigen Grundmasse bestehen, in die, dicht gedrängt, Augitnadelchen und Magnetitkörnchen eingebettet sind. Als Einsprenglinge treten große Olivine auf. Einschlüsse von Rotliegendensedimenten kommen vor. Sie zeigen deutlich Frittungserscheinungen (CHELIUS 1886 a, S. 39–42; KLEMM 1910 a).

3. 4. Das Pleistozän

Die Oberfläche der Messeler Schichten war gefurcht. Die Einsenkungen waren zum Teil mit pleistozänem Kies erfüllt, der stellenweise von umgelagertem, seines Bitumengehaltes beraubtem Ölschiefer bedeckt war. Die Kiese (heute im Osten der Grube aufgeschlossen) sind bis fast 3 m, meist aber 1,5 m mächtig. Stellenweise fehlen sie auch ganz. Die Gerölle entstammen vorwiegend dem Rotliegenden. Daneben fanden sich Diorit-, Granodiorit- und Amphibolitgerölle. Nach oben gehen die Kiese in gelbliche, rötliche oder braune Sande mit kleineren Geröllen über. Der überlagernde Flugsand ist durchschnittlich etwa 1 m mächtig, das gesamte Pleistozän war meist 2 m, örtlich, z. B. im NE des Vorkommens, bis 4 m mächtig. Im NE enthalten die pleistozänen Schichten Schalen von pleistozänen Schnecken (KLEMM 1910 a, S. 21/22; RAUCH 1927, S. 95; LEHMANN 1933, S. 429).

Das Gelände des heutigen Tagebaus war versumpft. Hier kam es zur Bildung von Raseneisenerz innerhalb der pleistozänen Schichten (LEHMANN 1933, S. 429), wobei sich aus den schwefelsauren Eisenlösungen, die durch Oxidation der in den Messeler Schichten auftretenden Eisensulfide entstanden sind, bei weiterer Oxidation Brauneisenstein bildete (CHELIUS 1886 a, S. 28).

4. Die tektonischen Verhältnisse

Im Bereich der Kreuzungszone der spätvariszischen, NE-SW-gerichteten Saar-Senke mit der Mittelmeer-Mjösen-Zone, die als N-S gerichtete Dislokationszone

Mitteleuropa durchzieht, traten im Miozän kleinere Krustenbewegungen auf, die von WAGNER (1938, S. 27) als Vorläufer der Bildung des Rheintalgrabens angesehen werden. Es bildeten sich kleine Grabenbrüche, in denen die Messeler Schichten zur Ablagerung kamen und vor der Abtragung bewahrt wurden. Bei den Lagerstätten Messel und Prinz von Hessen ist die Grabennatur des Vorkommens gesichert²⁶⁾, bei den übrigen Vorkommen ist sie sehr wahrscheinlich. Die späteren, größeren Dislokationen verwischten die ursprünglichen Zusammenhänge.

Im Oligozän kam es zur Absenkung des nördlichen Rheintalgrabens, dessen östliche Randverwerfung den Sprendlinger Horst begrenzt. Das Vorkommen von Stockstadt wurde von der mächtigen Folge der jüngeren Tertiärschichten, die im Rheintalgraben zur Ablagerung kamen, bedeckt. Die übrigen Vorkommen, auf der Hochscholle, dem Sprendlinger Horst, gelegen, wurden nur von pleistozänen Schichten überlagert. Der Sprendlinger Horst, der hauptsächlich von rotliegenden Gesteinen aufgebaut wird, wird im Osten von der Hanau-Seligenstädter Senke begrenzt, deren Entstehung hauptsächlich in das Miozän fällt. Der Sprendlinger Horst ist zweifellos von tektonischen Verwerfungen durchzogen, die das Gebiet in einzelne Schollen zerlegen. Neben den bereits erwähnten abgesunkenen Schollen treten auch herausgehobene Schollen auf. Sie sind besonders im Bereich der Wasserscheide am Mainzer Berg zu vermuten. Hier treten ebenso wie in der Umgebung der Grube Messel Gesteine des kristallinen Grundgebirges zu Tage. Bei dieser Erscheinung spielt zweifellos auch das wellige permische Relief eine Rolle, das von der heutigen Erdoberfläche geschnitten wird.

Die Verwerfungslinien bilden Schwächezonen, auf denen im Tertiär Magmen aufdringen. Die Zusammenhänge zwischen den vermuteten Verwerfungssystemen, den Tertiärgräben und den Eruptivgesteinsvorkommen gehen aus Abb. 6 hervor. Das Vorkommen von Messel ist ein tektonischer Graben, wie CHELIUS (1886a) erstmals er-

²⁶⁾ Die räumliche Anordnung von Gräben und vulkanischen Bildungen veranlaßte HUMMEL (1925, S. 297; 1927b, S. 1126—1127) zu der Vermutung, daß die Ölschieferlagerstätte von Messel in einem vulkanischen Explosionstrichter entstanden sei. Er stützte seine Überlegungen auch auf eine Veröffentlichung von RAUCH (1926), der angab, daß im Norden und Westen des Vorkommens keine Randstörungen und im Liegenden des Ölschiefers keine Rotliegendgesteine vorhanden seien. Dieser Umstand hätte bei der Verbreitung der Rotliegendgesteine in der Umgebung der Lagerstätte gegen eine Grabenbildung gesprochen. Wie S. 17 gezeigt wurde, sind jedoch örtlich Rotliegendgesteine im Liegenden der Messeler Schichten vorhanden. HUMMEL kennzeichnete seine Aussage deutlich als Vermutung und sah von einer näheren Begründung seiner Hypothese ab, da er noch die Ergebnisse des damals laufenden Bohrprogrammes am Süd- und Ostrand des Vorkommens abwarten wollte. Die heute vorliegenden Ergebnisse dieser Bohrungen unterstreichen aber die Grabennatur der Lagerstätte.

Das von HUMMEL herangezogene Vorkommen eines basischen Eruptivgesteins im Liegenden der Messeler Schichten bei Offenthal ist für eine sichere Aussage über einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Vulkanismus und Lagerstättenbildung ungeeignet, da die stratigraphische Stellung dieses Gesteins außerordentlich unsicher ist (vgl. S. 45).

Die räumliche Verknüpfung der Vorkommen von Messeler Schichten mit dem Auftreten vulkanischer Gesteine ist m. E. darauf zurückzuführen, daß sowohl die tektonischen Bewegungen als auch das Aufdringen der Magmen an dieselben tektonischen Störungszonen geknüpft waren.

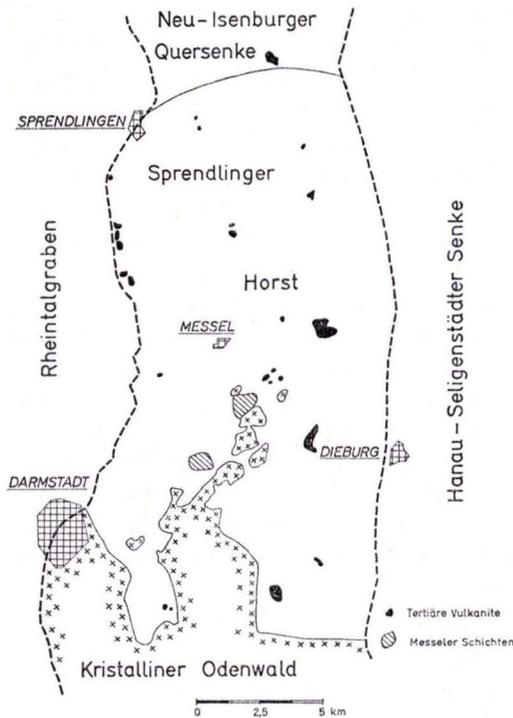


Abb. 6. Tektonische Übersicht.

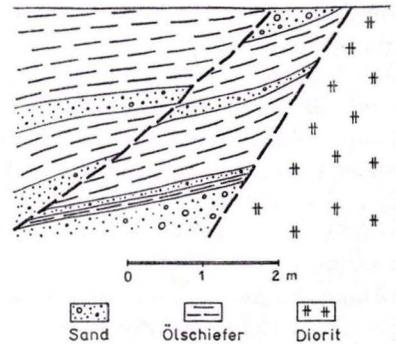


Abb. 7. Randverwerfung am Südostrand der Grube Messel.

kannte. Der Bergbau lieferte im Laufe der Zeit die verschiedensten Aufschlüsse, die zeigen, daß das Vorkommen allseitig von Randverwerfungen begrenzt ist. CHELIUS (1886 a, S. 26) beobachtete an der Böschung des zur Gewinnung des Ölschiefers von der Bahnstation Messel zum Tagebau geführten Einschnittes die Randverwerfungen, an die eine aus Ölschiefer, Ton, Sand und zersetztem Rotliegenden wirt zusammengesetzte Auffüllmasse geknüpft war. Parallel zu dieser Verwerfung waren zahlreiche Verwerfungen in den Rotliegendeschichten festzustellen. KLEMM (1910 a, S. 20) beobachtete nördlich der Klein-Zimmerer Grenzschnaise eine etwa mit 65° nach Südosten einfallende Randkluft, an der das Ölschieferlager endete. Am Südostende des 3. Abraum-Schnittes konnte auch Verfasser die Verwerfung beobachten, an die innerhalb der anschließenden Wechsellagerung zwischen Ölschiefer und sandig-tonigem Grus Schleppungen und Verwerfungen geknüpft sind (Abb. 7).

Die Lagerungsverhältnisse des tieferen Untergrundes innerhalb des 1000 m langen und maximal 700 m breiten Grabens von Messel gehen aus der Schichthöhenkarte der Liegendgrenze des Ölschiefers hervor (Abb. 8.). Sie gibt die Höhenlage der Ölschieferbasis über Normalnull durch Höhenlinien von 20 m Abstand wieder. Wenn die Liegendgrenze auch nicht mit der Tertiärbasisfläche übereinstimmt und gewisse bereits im Abschnitt 3 behandelte Unsicherheiten in der Ausdeutung der Bohrungen bestehen, so erlaubt diese Karte dennoch, interessante Einzelheiten der Grabentekto-

nik zu erkennen. Zunächst fallen die Längsachsen in Nord-Süd- und Nordnordost-Südsüdwest-Richtung auf. Diese Richtungen unterstreichen den Zusammenhang mit der Tektonik des Rheintalgrabens. Daneben sind auch Ost-West-gerichtete tektonische Linien festzustellen, deren wichtigste die Nordgrenze des Grabens bildet. Vermutlich ist der tiefere Untergrund des Grabens durch diese sich kreuzenden Linien in Schollen zerlegt. Diese sind in der Umgebung der Bohrungen Nr. 69 und 70 auf etwa 30 m unter NN abgesunken. Sehr wahrscheinlich ist dies der am tiefsten abgesenkte Teil des Messeler Grabens.

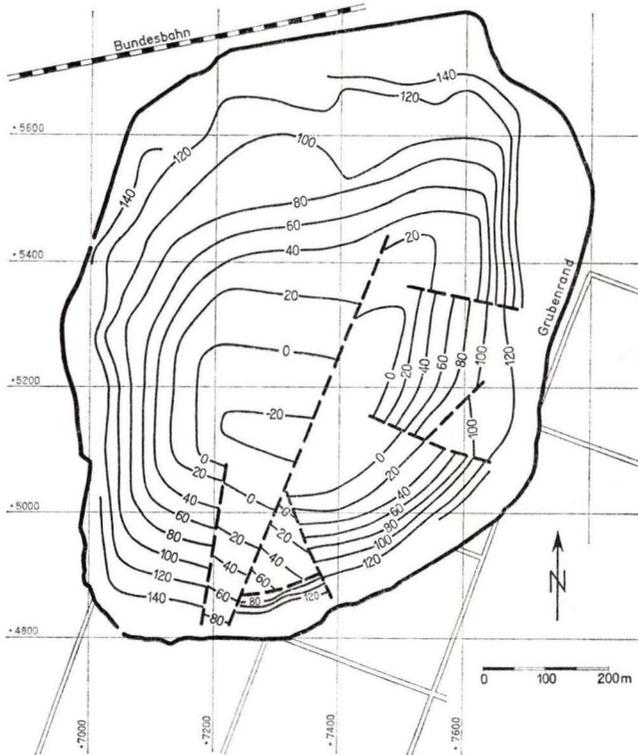


Abb. 8. Schichthöhen der Ölschieferliegendgrenze.

Die Ränder des Grabens fallen besonders im Süden und Osten steil ein, im Norden hingegen ist ein allmähliches, möglicherweise staffelförmiges Absinken zu beobachten.

Als mittleres Einfallen der Liegendgrenze des Ölschiefers bis zur 8. Sohle, die nicht mit dem Einfallen der Störungen identisch sein muß, ermittelte BRAUN (1960) im Nordwesten 26° , im Norden 27° , im Nordosten 20° , im Osten 61° und 46° , im Südosten 53° , im Süden 54° , im Südwesten 39° und im Westen 34° und 50° .

Der Verlauf der Höhenlinien läßt vermuten, daß der Graben von Messel aus zwei tektonisch vorgeprägten Senken besteht, die im Süden eng beieinander liegen —

hier hat der Graben seine kleinste Breite — und nach Norden divergieren. Die trennende keilförmige Hochzone hat eine relative Höhe von höchstens 10 m. Am Südende, im Osten und Nordosten der östlichen Teilsenke sind besonders stark abgesunkene Schollen festzustellen. Ihnen entsprechen im Hangenden des Ölschiefers drei von den hangenden klastischen Sedimenten erfüllte sogenannte Mulden. Auf Abb. 9 sind die Schichthöhen der Liegendgrenze der hangenden klastischen Sedimente nach einem Entwurf von Vermessungssteiger SZYSKA† wiedergegeben. Auf ihr sind diese Mulden zu erkennen, die im Grubenbetrieb als Süd-, Ost- und Nord-Mulde bezeichnet wurden.

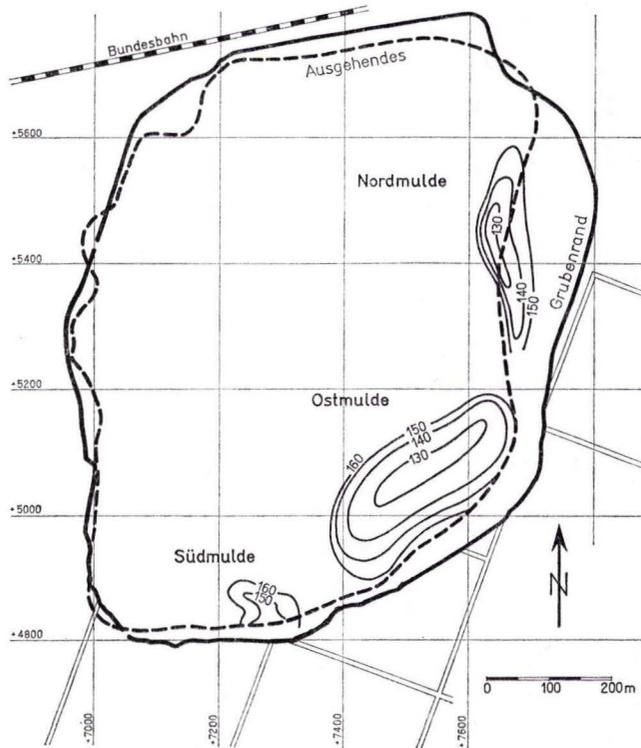


Abb. 9. Schichthöhen der Untergränze der hangenden klastischen Sedimente.

Das Vorhandensein der beiden Teilsenken wird durch die abweichende tektonische Geschichte der beiden Teile unterstrichen:

1. Der westliche und mittlere Teil des Vorkommens ist charakterisiert durch eine ungestörte, auf das Beckeninnere einfallende Lagerung des Ölschiefers. Das Einfallen ist an den Rändern steiler und verflacht sich zur Mitte hin. In der Beckenmitte liegen die Schichten etwa horizontal. Im Hangenden des Ölschiefers finden sich nur insgesamt drei Meter Pleistozän, das die Schichten diskordant überlagert.
2. Der östliche Teil des Vorkommens ist durch die bis 30 m mächtigen mitteleozänen Tone gekennzeichnet, die im Hangenden in den drei genannten Mulden vorhanden

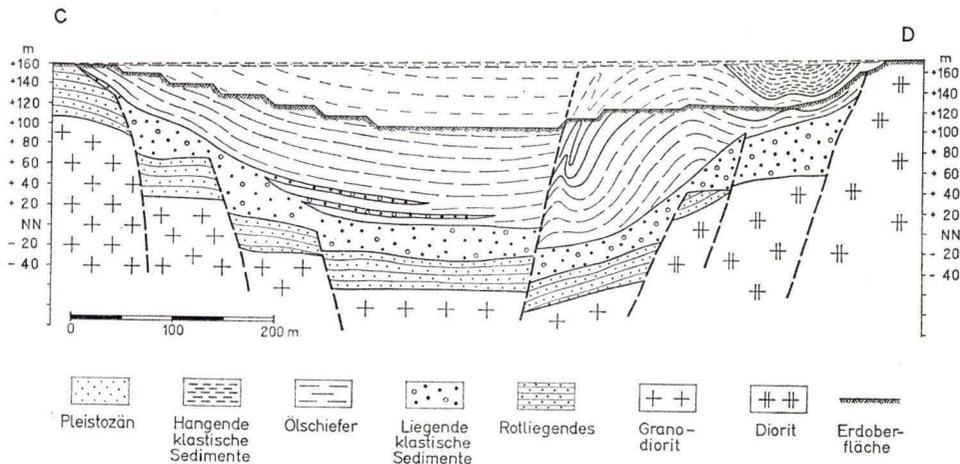


Abb. 10. Geologischer Schnitt durch die Grube Messel.

waren. Die Anordnung dieser Mulden läßt einen Zusammenhang mit der bereits erwähnten östlichen Teilsenke vermuten. Schließlich wird die Eigenständigkeit der östlichen Teilsenke durch Faltenbilder unterstrichen, die im Bereich der Ost- und Nordmulde beobachtet wurden. Verf. konnte in den vergangenen Jahren feststellen, daß diese Falten von den pleistozänen Schichten diskordant überlagert wurden (vgl. Abb. 10).

Der Ölschiefer wird von WNW- und NNE-gerichteten Spalten durchzogen, wie CHELIUS (1886a, S. 27) und WITTICH (1898) beobachten konnten. Möglicherweise ist die von KLEMM (1910a, S. 19–20) festgestellte Störungszone, die von der Klein-Zimmerer Grenzschnelle nach dem Ostrand des Vorkommens verlief, mit dem östlichen Teilgraben in Verbindung zu bringen, da westlich dieser Störungszone die Schichten nach Westen bzw. nach NW, östlich davon aber nach SE einfielen, während sie in der Störungszone selbst seiger standen.

Auch die Mitteilungen von LEHMANN (1933, S. 428) über gestörte Lagerungsverhältnisse am östlichen Lagerstättenrand, wo die Schichten, besonders in einer im NE des Tagebaus aufgeschlossenen Zone sehr stark gestaucht, von Verwerfungen betroffen, stellenweise senkrecht stehend bzw. überkippt waren, müssen in diesem Zusammenhang gesehen werden. 1956 war eine N 20–25° E streichende Störungszone westlich der drei Mulden aufgeschlossen (MATTHESS 1956, S. 16).

Abweichend von LEHMANN (1933, S. 429), der nach der Ölschieferbildung jedoch vor und nach der Ablagerung der hangenden klastischen Sedimente tektonische Bewegungen annahm, ist folgender Bewegungsablauf zu rekonstruieren:

Im Miozän sank im Gebiet von Messel ein in sich geteiltes Krustenstück ab. Während die Senkungsbeziehung im westlichen Teil relativ schneller vonstatten ging und nach Erreichen der heutigen Höhenlage aufhörte, erfolgte sie im östlichen Teil-

graben langsamer, hielt aber länger an, so daß es dort zur Ablagerung der hangenden Tone und Sande kam. Vor Ablagerung der pleistozänen Schichten traten im östlichen Teilgraben kleine Bewegungen auf, die die Faltenbilder verursachten. Als Ursache kommen Gleitfaltungen als Folge des anhaltenden Absinkens des östlichen Teilgrabens in Frage.

Neben diesen echten tektonischen Bewegungen sind im Tagebau immer wieder die Folgen von pseudotektonischen Bewegungen festzustellen. Durch ausgedehnte Gleit-Kriech-Rutschungen wurden hochwertige Ölschiefervorräte überdeckt, die Abbauflächen auf den unteren Sohlen eingeengt und in der Muldenmitte Aufpressungen der liegenden Partien verursacht. Bei der hohen Grubenfeuchte dürften nach den Untersuchungen von BRAUN schon mit einer Belastung von weniger als 10 kg/cm^2 die Setzungsgrenze erreicht und die Plastizität der liegenden Partien beträchtlich erhöht werden. Diese Belastung entspricht einer auflastenden Ölschiefermächtigkeit von weniger als 75 m, wird also etwa im Niveau der 7. Sohle erreicht. Durch Rutschungen, die häufig auf den glatten Schichtflächen erfolgen, entstanden z. B. Liegendaufpressungen im Nordfeld der 5. Sohle, die innerhalb weniger Monate Scheitelhöhen von mehreren Metern erreichten. Ähnliche Beobachtungen machte BRAUN am Oststoß der 5. Sohle, wo auf einer Ost-West-Erstreckung von etwa 30 m eine rund 10 m Scheitelhöhe erreichende Auffaltung der Ölschieferschichten stattfand.

5. Die hydrogeologischen Verhältnisse der Grube

Die unverritzte Oberfläche des heutigen Tagebaues fiel von rd. 170 m über NN im SE nach NW auf rd. 158 m über NN langsam ab. Rund 1 km entfernt verläuft im Osten die Wasserscheide zwischen dem Main-Gebiet (Gersprenz) und dem Rhein-Gebiet (Schwarzbach). Die Umgebung der Grube wird durch die Silz entwässert, ein kleiner Bach, der am 227 m hohen Mainzer Berg entspringt und zum Schwarzbach-System gehört.

Das Niederschlagsgebiet der Grube ist rd. $1,9 \text{ km}^2$ groß. Um den in diesem Gebiet anfallenden oberirdischen Abfluß möglichst aus der Grube fernzuhalten, wurden der „Hildegard-Stollen“, der die Abraumhalde an der Ostseite der Grube durchfährt, und ein anschließender Graben, der am Nordrand der Grube entlangführt, angelegt. Dadurch verringerte sich das Niederschlagsgebiet der Grube auf rd. $0,9 \text{ km}^2$. Die mittlere Jahressumme der Niederschläge (1891–1955) beträgt ca. 680 mm (HAUSCHULZ 1959, Kte. 2). Der Abfluß errechnet sich daraus durch Abzug der mittleren Jahresverdunstung von ca. 480 mm (1891–1955; HAUSCHULZ 1959, Kte. 6) auf ca. 200 mm. Für die Grube errechnet sich damit ein mittlerer Wasserzufluß von $20,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Bei der Wasserhaltung müssen abweichend davon durchschnittlich rd. $50 \text{ m}^3/\text{h}$ Grund- und Niederschlagswasser gehoben werden. Die Abweichungen erklären sich teils aus den Unsicherheiten bei den Niederschlags- und Verdunstungswerten, teils auch durch Grundwasserzuflüsse, die als Folge der tiefgelegten Vorflut von allen Seiten her erfolgen. (Der Ölschieferabbau geht heute auf der 6. Sohle [ca. 100 m über NN] um.)

Schließlich ist damit zu rechnen, daß aus dem oben beschriebenen Grabensystem Wasser in die Grube verlorengeht.

Folgende Grundwasseraustritte sind im Tagebau bekannt:

1. Abraumquelle Ost, Schüttung ca. 8 m³/h.
2. Stillgelegter Bandstollen auf der Westseite, Schüttung 7 m³/h.
3. Entwässerungsstrecke (angelegt in 140 m über NN) am westlichen Grubenrand, unterhalb der Schwelerei, Schüttung 0,3 m³/h.

Die hydrogeologischen Verhältnisse der Lagerstätte sind charakterisiert durch die Wasserwegsamkeit der anstehenden Gesteine.

Die kristallinen Gesteine sind Klufftgrundwasserleiter von schlechter Wasserwegsamkeit. Eine geringe Wasserbewegung erfolgt in der grusigen Verwitterungszone, an deren Basis sich etwas Grundwasser sammeln und in die Klüfte übertreten kann. Eine bessere Wasserwegsamkeit besitzt das Rotliegende, aus dem auch die erwähnte Abraumquelle Ost austritt. Die im Liegenden des Ölschiefers auftretenden lockeren umgelagerten Grusmassen können, wenn sie in nicht zu großem Maße vertont sind, als Grundwasserleiter dienen. Das gleiche gilt für die erwähnten sandig-kiesigen Partien, die zum Teil auch im Innern des Ölschieferflözes vorkommen. Im tieferen Teil des Ölschieferflözes dürften wegen seiner bereits S.40 erwähnten Plastizität offene Hohlräume kaum vorhanden sein. Im oberen Teil jedoch, wo eine entsprechende Auflast fehlt und u. U. auch eine Auflockerung erfolgte, ist eine Wasserzirkulation, besonders auf tektonischen Störungen möglich. So erwähnt CHELIUS (1886a, S. 27), daß im höheren Teil des Ölschieferflözes aus mehreren Längsspalten ein konstanter Wasserstrom entquoll.

Die im Hangenden des Ölschiefers auftretenden Tone sind Grundwassernichtleiter. Auf ihnen sammelten sich in den überlagernden pleistozänen Kiesen und Sanden Wässer, die zur Versumpfung des Geländes und zur Ausbildung der Raseneisenerzlager führten.

Für das Verständnis der Wasseranalysen ist es wichtig, daß kaum verunreinigtes, aber stark erwärmtes Kühlwasser (etwa 20 bis 50 m³/h) in die 5. Sohle der Grube zurückgeleitet wurde, um eine möglichst billige Abkühlung zu erreichen. Dort vermischte es sich mit dem Gruben- und Oberflächenwasser und wurde erneut in den Betrieb gepumpt. Das erwärmte Kühlwasser floß z. T. durch eine Rohrleitung, z. T. in einem nicht abgedichteten Gerinne in die Grube, so daß es Gelegenheit hatte, in den überflossenen Ölschiefer einzudringen. Die stark mit organischen Stoffen beladenen Schwel- und Raffinationswässer wurden auf die Schlackenhalde gepumpt und durchsickerten dort die Schlacken, zunächst auf der Westseite der Halde, wobei sie bereits eine beträchtliche Reinigung erfuhren. Das Wasser wurde zum zweiten Male auf die Schlackenhalde gepumpt und lief nach Osten hin ab, wobei eine weitere Reinigung erfolgte. Dieses Wasser, rd. 21 m³/h, floß teilweise in einer Rohrleitung, teilweise in zwei offenen Gerinnen gleichfalls auf die 5. Sohle der Grube.

In der folgenden Tabelle 8 sind Wasseranalysen aus Messel zusammengestellt.

Tabelle 8: Wasseranalysen aus der Grube Messel

	I		II		III			IV	
	27. 11. 1962	8. 3. 1954	22. 9. 1954	11. 1. 1956	24. 7. 1956	15. 9. 1959	19. 10. 1961	26. 1. 1953	29. 1. 1953
pH-Wert	6,5	6,5	6,7	6,8	6,8	7,1	6,8	6,5	6,5
p-Wert	mval/l 0	—	—	—	—	—	—	—	—
m-Wert	mval/l 1,64	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesamthärte	°dH 70,0	46	46	56	46	67	81	44,8	44,2
Karbonathärte	°dH 4,59	7,0	7,3	8,4	8,9	9,8	5,3	18,5	17,4
Nichtkarbonath.	°dH 65,41	39,0	38,7	47,6	37,1	57,2	75,7	26,3	26,8
Abdampfrückst.	mg/l 2268	—	—	—	—	—	—	—	—
Kaliumpermanganat- verbrauch	mg/l 29,57	—	—	—	—	—	—	53,0	49,0
K ⁺	mg/l 7,30	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ⁺	mg/l 110,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Ca ⁺⁺	mg/l 298,6	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg ⁺⁺	mg/l 122,82	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe (gesamt) ⁺⁺⁽⁺⁾	mg/l 2,8	3	3,5	3	3	3	4	13,0	23,0
Mn ⁺⁺	mg/l 2,6	3	2,5	3	Sp.	5	8	—	—
Cl ⁻	mg/l 101,0	—	—	—	—	—	—	—	—
SO ₄ ²⁻	mg/l 1320,1	—	—	—	—	—	—	—	—
NO ₃ ⁻	mg/l 28,38	—	—	—	—	—	—	—	—
PO ₄ ³⁻	mg/l 160,6	—	—	—	—	—	—	—	—
HCO ₃ ⁻	mg/l 100,04	—	—	—	—	—	—	—	—
Geb. CO ₂	mg/l	55	57	70	70	77	42	—	136
Ges. freie CO ₂	mg/l 27,3	44	15	49	66	61	40	—	84
Zugeh. freie CO ₂	mg/l	15	7	23	30	31	10	—	74
Aggress. CO ₂	mg/l	29	8	26	36	30	30	—	10

- I. Grubenwasser entnommen am Pumpenauslauf gegenüber Grubenbüro. Analytiker: Diplom-Chemiker G. THIELICKE (Hess. L.-Amt Bodenforsch.)
- II. Reines Grubenwasser. Analytiker: Dr. MITIUS u. LAUMANN, Grube Messel.
- III. Grubenwasser aus der Zeit, in der Abwässer in die Grube geleitet wurden. Analytiker: Dr. MITIUS u. LAUMANN, Grube Messel.
- IV. Quelle 2. Schnitt E (Abraumquelle Ost). Analytiker: Dr. MITIUS u. LAUMANN, Grube Messel.

Die Wasser sind alle sehr hart, in erster Linie durch Nichtkarbonathärte verursacht, wobei das Grubenwasser eine Aufhärtung als Folge der Zuleitung von Kühl- und Fabrikationswasser erkennen läßt. Diese haben einerseits Gelegenheit, ihren Lösungsinhalt durch Verdunstung anzureichern und andererseits bei der Durchsickerung der Schlackenhalde Härtebildner aufzunehmen. Die hohen Sulfatgehalte stammen aus der Oxidation von Sulfiden. Die auffallend hohen Phosphatgehalte sind vom Messelitgehalt des Ölschiefers herzuleiten. Der erhöhte KMnO₄-Verbrauch ist auf die Abwässer zurückzuführen. Beim Wasser der Abraumquelle Ost kann der hohe KMnO₄-Verbrauch wahrscheinlich durch organische Substanzen in der Abraumhalde erklärt werden.

6. Die übrigen Vorkommen von Messeler Schichten

Im Gebiet des Sprendlinger Horstes sind weitere Vorkommen von Messeler Schichten bei Darmstadt, Offenthal, Urberach und Gundershausen vorhanden. Außerdem wurden Messeler Schichten im Rheintalgraben bei Stockstadt/Rhein erbohrt. Diese Vorkommen werden hier kurz beschrieben, da sie für die paläogeographische Betrachtung von Bedeutung sind.

„Prinz von Hessen“ bei Darmstadt

Das im Stadtbezirk Darmstadt an der Landstraße Darmstadt-Dieburg gelegene Vorkommen wurde 1908 entdeckt und am 14. 8. 1909 an die Gewerkschaft Messel als Feld „Prinz von Hessen“ verliehen. Die dortige Kohle eignete sich jedoch nicht zur chemischen Verarbeitung, wohl aber als Rohbraunkohle zu Feuerungszwecken. Daher wurde 1916 die Gewerkschaft „Prinz von Hessen“ mit dem Zwecke der Braunkohlenförderung gegründet. Im ersten Weltkrieg, besonders aber in der Nachkriegszeit von 1919–1924, ging hier ein Tagebaubetrieb um, der die nähere Umgebung von Darmstadt mit Brennmaterial versorgte.

Mit der Lagerstätte „Prinz von Hessen“ befaßten sich KLEMM (1912, S. 75–76), HAUPT (1925, 1938), SCHEERER (1914, S. 359–360), RAUCH (1927) und MÜLLER-STOLL (1935).

Die sehr aschenarme ($\sim 0,2\%$), tiefschwarze, feste, in der Luft in dünne Blättchen zerfallende Kohle enthielt nur $0,75\%$ Bitumen. Besonders im oberen Teil des Flözes fand sich eine großstückige Lignitkohle. Die Braunkohle, die einen Heizwert von 2500 kcal je kg (auf wasser- und aschefreie Substanz berechnet 6378 kcal) aufwies, war für Brikettierung und Verschmelzung ungeeignet.

Das Vorkommen ist in einem kleinen tektonischen Graben im Rotliegenden erhalten (KLEMM 1912, S. 75–76).

Im 18 m tiefen Tagebau (HAUPT, 1938, S. 75–80) folgten über stark gebleichten und kaolinisierten, weißlichen, groben Sandsteinen und Konglomeraten des Rotliegenden (Tholeyer Schichten) im östlichen Teil 5–7 m Ölschiefer in Messeler Fazies. In der übrigen Grube war dieser durch einen bituminösen schwarzen Ton wechselnder Mächtigkeit (meist nicht über 2 m) vertreten. Darüber folgten 11–12 m unreine Weichbraunkohle in Wechsellagerung mit Lagen von bituminösem schwarzem Kohlenton. In der erdigen Braunkohle fanden sich stellenweise Nester von Bastkohle und Lignit sowie in den oberen Lagen sehr blattreiche Schichten von Laubhölzern. Außerdem waren im ganzen Flöz Lagen brotlaibartiger Quarzit- und Toneisensteinknollen eingeschaltet, in denen sich Reste von Krokodilen, Ganoidfischen und Schildkröten fanden.

Im obersten Teil des Kohlenlagers waren im Abstand von 2 m zwei mehr oder minder durchgehende, durchschnittlich 12 cm mächtige Quarzitbänke mit Resten von Nadelhölzern und Fiederpalmen eingeschaltet. Es handelte sich um Kohlenmasse, die von Kieselsäure durchdrungen war. Die oberste Quarzitlage wurde wieder von unreiner Kohle mit mehreren Lagen von Toneisenstein überlagert, die Blattabdrücke

von Laubhölzern und Pflanzenhäckseln enthielten. Die wellenförmige Oberfläche war regellos überstreut mit verkieselten Stammstücken von Coniferen²⁷⁾.

Das Hangende bildeten 2 m Flugsand, dessen Steinsohle aus meist windgeschliffenen, oft kopfgroßen Geröllen des Rotliegenden bestand.

Die Lagerung des Flözes war in der Mitte annähernd söhlig, nach dem Ost- und Westrand zu zeigten sich kräftige Falten. Die Quarzitbänke waren in einzelne Stücke zerbrochen; die Toneisensteinlagen waren dagegen meist bruchlos mitgefaltet. Die Erklärung der Faltungerscheinungen kann man mit HAUPT in der Einengung des plastischen Flözes zwischen rotliegenden Gesteinen beim Absenkungsvorgang sehen.

Im Einschnitt der Grubenbahn zeigten die Kohlenbänke eine deutliche Schlepplung an der Grenzfläche gegen das Rotliegende.

In der Grube „Prinz von Hessen“ wurden folgende Fossilien gefunden:

a) Tiere:

Amia kehleri ANDREAE

Lepisosteus strausi (ANDREAE)

Thaumaturus intermedius WEITZEL

Diplocynodon darwini (LUDWIG)

Trionyx messelianus v. REINACH

Trionyx (Amyda) messelianus var. *lepsiusi* HARRASSOWITZ²⁸⁾

Propalaeotherium messelense (HAUPT)

b) Pflanzen:

Palmoxylon baccillare (BRONGN.) JURASKY

Coniferenhölzer (*Sequoia* o. *Taxodium*? noch ungeklärt)

Blattreste von Laubhölzern

Die Fossilfunde, insbesondere das Vorkommen von *Propalaeotherium messelense* (HAUPT), zeigen, daß diese Ablagerungen zu den Messeler Schichten gehören.

Offenthal

Diese Lagerstätte, in den sumpfigen Wiesen an der Straße nach Dietzenbach an der Haltestelle Offenthal gelegen, ist das am frühesten bekannt gewordene Vorkommen von Ölschiefen des Messeler Typs. 1836 bewarb sich eine Gesellschaft bei der Fürstlich Isenburgischen Rentkammer zu Birstein um eine Konzession zur Erschürfung von Kohlen in den Gemarkungen Offenthal, Arheilgen und Urberach. 1842 fand dann Revierförster SCHUCHHARDT bei Offenthal ein Kohlenlager von rd. 13 m (42 Fuß) Mächtigkeit (CHELIUS 1886a, S. 25). Die Fürstlich Isenburgische Rentkammer zu

²⁷⁾ RAUCH (1927, S. 114) erwähnt hangende Ölschieferpartien als Ausfüllung von Mulden des Braunkohlenflözes. Die Mächtigkeit dieses Ölschiefers soll am Rande 1–2 m, in der Mitte 35 m betragen haben. Diese Angaben weichen gegenüber der detaillierten Beschreibung des Tagebaues von HAUPT ab. Vielleicht stützen sie sich auf Kenntnisse von inzwischen verlorengegangenen Bohrungen.

²⁸⁾ Vgl. Fundpunkts-Berichtigung zu HUMMEL (1927a): *Trionyx (Amyda) messelianus lepsi*. — Senckenbergiana, 34, S. 104, 1954.

Birstein ersuchte am 12. November 1849 um einen Mutschein und eine Belehnung in Offenthal. TASCHE besichtigte daraufhin das Vorkommen am 7. Juli 1850. Bis Mitte der siebziger Jahre wurden noch mehrfach Schürf- und Mutscheine für die Gemarkung Offenthal erteilt, zu einer Belehnung kam es aber, meist aus formellen Gründen, nicht. Erst am 24. 1. 1882 wurde das Feld „Marie“ an W. WILDENHAYN in Gießen auf Braunkohle verliehen. Diese wurde vorübergehend im Tagebau gewonnen. Das Grubenfeld „Marie“ ging am 5. Dezember 1884 in den Besitz der Gewerkschaft Messel über, die das Vorkommen jedoch nicht technisch auswertete.

Obwohl das Vorkommen von mehreren Autoren (BECKER & LUDWIG 1861; CHELIUS 1886a, S. 25; KLEMM 1910a, S. 24; RAUCH 1927; SCHEERER 1914, WITTICH 1898, S. 97–99) beschrieben wurde, sind doch nur wenige präzise Unterlagen vorhanden, da die bei WITTICH (1898) angeführten 7 Bohrprofile der Gewerkschaft Messel und die 3 Profile, die TASCHE bei der obenerwähnten Besichtigung im Jahre 1850 aufnahm, ohne genaue Ortsangaben sind. Lediglich in der 1. Auflage der Geologischen Karte von Hessen 1:25000 Blatt Messel ist nördlich von Offenthal bei r 34 81 75, h 55 38 55 ein Vorkommen eingetragen, auf das sich wahrscheinlich die Beschreibung eines Aufschlusses in den Erläuterungen (CHELIUS 1886a, S. 25) bezieht. Dieser rührte von einem Schürfversuch her, der unter 5–6 m Flugsand und 0,1–0,2 m grauen sandigen Tonen eine hellbraune, tonige, schiefrige „Kohle“ erschloß. BECKER & LUDWIG (1861), die diesen Aufschluß wohl in frischerem Zustand besichtigten, erwähnten, daß unter dem 7,5 m mächtigen, Pyrit und Gips enthaltenden Braunkohlenlager, das nach unten sandiger wird, eine geringmächtige Sandschicht und dann Melaphyr folgt. Daneben ist nur noch der Aufschluß ca. 100 m östlich davon in seiner Lage gesichert (r 34 81 84–90, h 55 38 58–50). In dem dortigen Bahneinschnitt waren während des Bahnbaues dunkelgraue, stark aufgeblätterte Tone aufgeschlossen, die den durch Verwitterung ihres Bitumengehaltes beraubten Messeler Ölschiefern glichen (KLEMM 1910a, S. 24). Wenn auch die genaue Lage der Bohrungen unbekannt ist — KLEMM (1910a) hat auf der 2. Auflage der Geologischen Karte von Hessen, Blatt Messel, wohl zwei Schächte eingetragen (r 34 81 73, h 55 38 37; r 34 81 87, h 55 38 47) ohne ihr Profil anzugeben — so ist ihnen doch zu entnehmen, daß die Hangendschichten zwischen 3 und 6 m mächtig sind und die Mächtigkeit der Braunkohle zwischen 4 m und 14 m (in der Mitte des Vorkommens) beträgt. CHELIUS (1886a) vermutet im Liegenden der tertiären Schichten eine SW-NE-streichende Verwerfungslinie (von r 34 81 54, h 55 38 34 nach r 34 83 25, 55 39 00). Südlich dieser Linie liegen die Messeler Schichten auf Kies, wahrscheinlich zersetztem Rotliegenden, nördlich davon auf einem basischen Eruptivgestein, das bei SCHEERER (1914) nach TASCHE und von WITTICH (1898, S. 98) als Basalt, von CHELIUS (1886a) als „Melaphyr“ (Basalt) und von BECKER & LUDWIG (1861) als Melaphyr bezeichnet wurde.

Die Frage, ob es sich um Melaphyr oder um Basalt handelte, ist ohne neue Aufschlüsse nicht zu entscheiden. Für letzteren spricht das Vorkommen von Basalt in unmittelbarer Nähe der Lagerstätte. Dieser ist dann entweder als Intrusion eines jungtertiären Basaltes oder als Effusion eines alttertiären Basaltes anzusehen. Derartiger präemittologozäner Basalt wurde zum Beispiel am Hillesheimer Horst in Rheinhessen nachgewiesen (FALKE 1960, S. 17).

BECKER & LUDWIG fanden im Material der Halde des oben erwähnten Schurfes Früchte von *Hippophaë dispersa* LUDW. s. *Folliculites kaltennordheimensis* ZENKER, Blättchen von *Aspidium meyeri* HEER und Reste eines Blattes von *Juglans*. Sie stufte danach diese Schichten in das Oberoligozän (Cyrenenmergel) ein (vgl. auch LEPSIUS 1883, S. 86). Den Fossilbestimmungen muß man nach WITTICH (1898, S. 97) mit Vorsicht gegenüberstehen. Er stellte durch Vergleich eines in der Sammlung der Geologischen Landesanstalt in Darmstadt liegenden Stückes der Offenthaler „Braunkohle“ eine große Ähnlichkeit mit dem Messeler Ölschiefer fest und sieht sie als gleichaltrige Bildungen an. Durch mehrere eingelagerte Tonstreifen ist das Offenthaler Material noch dünnschichtiger und leichter spaltbar und hat infolgedessen große Ähnlichkeit mit Dysodil. Auf der einen Seite des Belegstückes waren kleine Messelitaggregate auskristallisiert. Die mikrochemische Prüfung ließ einen beträchtlichen Gehalt an Phosphorsäure erkennen.

Urberach

Das in den Gemarkungen Eppertshausen, Ober-Roden und Urberach gelegene Grubenfeld „Eugen“ wurde am 21. 5. 1894 an die Gewerkschaft Messel verliehen. Am 28. 5. 1894 folgte das in den Gemarkungen Eppertshausen und Ober-Roden gelegene Grubenfeld „Max“. Nördlich der Thomashütte wurden zwei Bohrlöcher niedergebracht (r 34 86 43, h 55 34 96; r 34 86 50, h 55 34 83), von denen WITTICH (1898, S. 99) folgendes Profil wiedergibt:

- 0,0– 2,00 m grauer Sand (Flugsand)
- 10,00 m tonige Ölschiefer und Holz, etwas lignitisch
- 12,00 m grauer Ton
- 30,00 m Ölschiefer von wechselnder Qualität
- 31,00 m stark tonige Ölschiefer
- 34,00 m brauner Ton mit Ölschiefer

Gundernhausen

Am 21. 5. 1894 wurde der Gewerkschaft Messel auch das in den Gemarkungen Groß-Zimmern und Gundernhausen liegende Grubenfeld „Zimmern“ verliehen. In diesem Gebiet sind ihrer Lage nach nur 2 Aufschlüsse von Messeler Schichten bekannt KLEMM (1912, S. 76; 1938, S. 76):

1. eine Bohrung der Gewerkschaft Messel nördlich der Heiligen Wiese (r 34 84 94, h 55 27 31), die in 4–37 m Teufe Ölschiefer erbohrte,
2. eine Bohrung der Geologischen Landesanstalt an der Kreisabdeckerei südwestlich von Dieburg (r 34 86 56, h 55 27 52), die Ölschiefer in 23,5 m Tiefe erschrotete, ohne das Liegende zu erreichen.

Die Lage des von WITTICH (1898, S. 99) erwähnten „Schachtes“ in den Heiligenwiesen, der in 4–18 m Teufe Ölschiefer, mit einer Tonlage in 10–11 m Teufe, antraf, ist nicht bekannt. Wahrscheinlich handelt es sich nicht um einen Schacht, sondern um eine Bohrung.

Stockstadt/Rhein

Bei der Erschließung des Erdölfeldes „Stockstadt“, etwa 13 km südöstlich Messel wurde von der Bohrung 5 unter den Feinsandsteinen der Pechelbronner Schichten und über dem Rotliegenden eine Schichtenfolge angetroffen, die neben anderen Gesteinen bituminöse Tonsteine vom Typ der mitteleozänen Ölschiefer enthielt. In der Teufe zwischen 1709 und 1773 m wurden von oben nach unten folgende Schichten festgestellt, die durch Übergänge miteinander verbunden sind (STRAUB 1955 a):

- a) 14 m Gytija
(1709–1723 m Teufe) Schwarzbraune, bituminöse Tonsteine, gelegentlich mit Pyrit und Markasit in bis hühnereigroßen Konkretionen, dünnen Schmitzen und gelegentlich auch Fucoiden. Das Gestein ist glatt, milde, wenig fest, etwas spröde, spaltet sehr gut an meist ebenen Ablösungsflächen auf. Geringmächtige Schlufflagen, stark tonige wulstig-knollige Staubsandflaser und bis zu 20 cm mächtige tonige Staubsandsteinbänkchen sind eingeschaltet. Im unteren Viertel von oben nach unten zunehmend kalkhaltig, die untersten 2 m von zahlreichen dünnen Kalklamellen durchzogen.
- Das geringe spezifische Gewicht des Gesteins (2 Proben: 1,28 und 1,62 g/cm³) wird durch den hohen Anteil an organischer Substanz verursacht: Die leichtere Probe besteht zu etwa 90 % aus organischer Substanz.
- Im oberen Drittel finden sich sehr selten Fischschuppen; im oberen Teil des kalkigen unteren Viertels treten in einer 2 m mächtigen Partie häufig dünnchalige, schlecht erhaltene, daher unbestimmbare glatte Ostracoden auf, die gelegentlich pflasterartig angereichert sind. Selten sind Koprolithen, Grabgänge und pyritisierte Pflanzenstengel.
- b) 27 m
(1723–1750 m Teufe) Wechsellagerung von Schluffmergelsteinen und Kalksandsteinen. Im oberen Viertel ein meist rhythmischer Wechsel von bituminösen Schluffmergelsteinen mit Pyritnestern, Fucoiden und einem brekzienartigen Trümmergestein aus Tonmergelstein- und Staubsandsteinbröckchen in einer Grundmasse aus Schluffmergelstein. Die einzelnen Zyklen sind 4–10 cm mächtig, wobei auf das Trümmergestein ein Drittel bis ein Viertel dieser Mächtigkeit entfällt. Gelegentlich schließen mm-dicke Gytija-Lagen den Zyklus nach oben ab. Diese Folge wird stellenweise unterbrochen durch bis 15 cm mächtige Kalksandsteine.
- Nach unten wird die Wechsellagerung unregelmäßiger, die Korngröße des Trümmergesteins und ebenso der Anteil an Kalksandstein nehmen zu. In den letzten Metern geht der Kalkgehalt stark zurück, dafür stellen sich gelegentlich graue, sehr harte, bis 10 cm mächtige Dolomitlagen ein.
- c) 23 m
(1750–1773 m Teufe) Wechsellagerung von Tonsteinen, Sandsteinen, Konglomeraten und Brekzien aus Rotliegendmaterial und Augitporphyrituff mit tonigem Bindemittel. Kalkgehalt ist nur noch sehr selten, häufiger eine lagenhafte Dolomitisierung. Kohlige Holzreste und Pflanzenreste sind selten.

Das Einfallen der Schichten ist verhältnismäßig flach. In der oberen Hälfte 5–15°, in der unteren Hälfte 10–20°.

Von 1719–1730 m finden sich zweifelsohne autochthone Ölzeichen:

1. Flüssige Ölsuren auf Ablösungsflächen, auf den Kalklamellen der Gytja und auf Ablösungsflächen der Schluffmergelsteine.
2. Eine schwache Ölimprägung in einem Teil der Kalksandsteine dieses Bereiches.
3. Häufige bis mm-dicke Asphaltbestege und -schmitzen, die auch in den Kalksandsteinen auftreten.

Eine braune bis orangegelbe fleckige Eigenlumineszenz des Sapropelits und der Schluffmergelsteine ist ebenfalls vorwiegend auf diesen Bereich beschränkt. Darüber tritt sie auch wesentlich schwächer und mit dunkleren Farbtönen in Erscheinung; tiefer wurde sie nicht mehr beobachtet. Bei den Bohrkernen handelt es sich um echten Ölschiefer. Die wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Ölschiefer von Messel sind die durch den starken Gebirgsdruck bedingte bedeutend größere Härte und Festigkeit und der viel niedrigere Wassergehalt.

Der Vergleich der von Dr. MAATSCH, Grube Messel, ausgeführten Schwelanalysen von Stockstädter Ölschiefer mit Werten von Messeler Trockenschiefer gleichen Ölgehaltes (Tabelle 9) zeigt, daß dieser bei gleicher Ölausbeute erheblich mehr Zersetzungswasser und Gas und weniger Rückstand ergibt als der Stockstädter Ölschiefer. Daraus schließt MAATSCH auf eine stärkere Inkohlung und einen geringeren Sauerstoffgehalt der Stockstädter Schiefer. Der Erscheinung, daß bei der Schwelung des Stockstädter Ölschiefers im Vergleich zum Messeler Ölschiefer sehr viel Schwefelwasserstoff auftrat, legt Verfasser im Gegensatz zu MAATSCH keine allzugroße Bedeutung bei. Örtliche Anreicherungen von Eisensulfiden treten auch im Messeler Ölschiefer auf.

Tabelle 9: Ergebnisse von Schwelanalysen der Trockenschiefer nach FISCHER

	Stockstadt 5 1711,6–1714	Stockstadt 5 1714–1719	Stockstadt 5 1719–1723	Ölschiefer Messel	Ölschiefer Messel Durchschn.
Öl %	3,35	15,6	7,35	15,6	13,9
Zersetzungswasser %	3,55	4,7	1,95	8,6	8,0
Rückstand %	86,75	72,8	82,8	65,9	69,2
Gas und Verlust %	4,35	6,9	7,9	9,9	8,9
% Öl bez. auf Rohschiefer	5,1	15,0	7,2	9,4	8,3
Öl bei 40 % H ₂ O % z. Vergl. m. Mes- seler Ölschiefer	3,2	9,4	4,4	9,4	8,3
Aschegehalt bez. auf Trockensch. %	76,6	54,1	64,6	—	55,0
Aschegehalt bez. auf Rohschiefer %	72,8	51,9	63,3	—	33,0
Farbe d. Asche	hellrot- braun	teils hell- rotbraun, teils weiß- lich	über- wiegend graublau	—	graubraun, rötlich- braun, bläu- lichgrau- braun

Die Daten der Rohöle aus dem Stockstädter und dem Messeler Ölschiefer sind sich sehr ähnlich (Tabelle 10). Entsprechend dem geringeren Sauerstoffgehalt der Bitumina des Stockstädter Ölschiefers ist der Kreosotgehalt etwas geringer. Der Paraffin- und Asphaltgehalt ist höher als im Messeler Rohöl.

Tabelle 10: Vergleich der bei der Schwelanalyse angefallenen Rohöle (STRAUB 1955 a)

	Rohöl aus den Proben von Stockstadt 5	Rohöl aus den Ölschiefern von Messel
d_{35}	0,901	0,903
Ep (rot. Therm.)	+31,5°	+30,0°
Kreosot % (mit NaOH 15° Be)	10,0	12,5
Asphalt %	2,7	1,3
Paraffin %	12,6	10,2
Ep des Paraffins	53,0°	53,5°

Die Gesteinsbeschaffenheit der Gyttya von Stockstadt gleicht so weitgehend dem Ölschiefer von Messel, daß es sich wahrscheinlich um gleichaltrige Schichten handelt. Dafür spricht auch die Überlagerung durch die unteroligozänen Pechelbronner Schichten.

Die Abteilungen b) und c) sind durch lückenlose Übergänge mit der Gyttya verbunden und lassen auf eine kontinuierliche Sedimentationsabfolge schließen, so daß sie ebenfalls etwa gleichaltrig sind.

Im Ölschiefer von Stockstadt wurden in tausendstel % gefunden: CuO 4, As₂O₅ 5, V₂O₃ 45, Cr₂O₃ 60, Mo O₃ + WO₃ 6, NiO 65 (KREJCI-GRAF 1959, S. 811; KREJCI-GRAF & WICKMANN 1960, S. 268). Die Gehalte an V₂O₃, Cr₂O₃ und NiO liegen im Streubereich der Gehalte dieser Spurenelemente im Ölschiefer von Messel.

Das im Feld Stockstadt beobachtete Verschwinden der 64 m mächtigen Schichtfolge auf eine Entfernung von weniger als 450 m spricht nicht für ein primäres Auskeilen. Es ist eher anzunehmen, daß die mitteleozänen Schichten der Bohrung Stockstadt 5 durch präoligozäne Tektonik der Abtragung entzogen wurden.

7. Erdgeschichtliche Deutung und Zusammenfassung

Im Mitteleozän wurde im Gebiet von Messel das Oberflächenrelief von Rotliegenden und von dem örtlich darunter hervortretenden kristallinen Grundgebirge gebildet. Buntsandstein und Muschelkalk, die sicher in diesem Gebiet zur Ablagerung gekommen sind (W. WAGNER 1953), waren bereits völlig erodiert. Selbst das Rotliegende war — wie bereits erwähnt — stellenweise gänzlich abgetragen. In dieser Landschaft befand sich ein ausgedehntes Gewässernetz, in dem Flußläufe eine Kette von Süßwasserseen verbanden (HAUPT 1922; TOBIEN 1955 S. 88–89, STRAUB 1955 a; u. a.). In diesem Biotop fanden, wie die häufigen Funde zeigen, die großen räuberischen Ganoid-Fische der Gattungen *Amia* und *Lepisosteus* und die verschiedenen Krokodilarten ein weiträumiges Jagdgebiet. Die Flußläufe waren von Wäldern begleitet, in denen eine artenreiche Fauna lebte.

Tektonische Bewegungen ließen örtliche Grabeneinbrüche entstehen, die Seenbecken bildeten. Der größte Graben ist das Vorkommen von Messel. Hier sind zwei Teilsenken zu unterscheiden. Die Senkungsbewegung in der östlichen Teilsenke war langsamer und setzte sich länger fort als in der westlichen.

In dem Seebecken von Messel, das wahrscheinlich als Altwasser dem erwähnten Gewässernetz angehörte, herrschte nur eine geringe Strömung, die fast ausschließlich feinkörniges Detritusmaterial mitbrachte. Die Ablagerung biologischen Materials gewann an Bedeutung. Eine große Rolle spielten dabei fetthaltige Algen, die, wie rezente Beispiele (KLEBAHN 1896; STADNIKOFF 1930, S. 197–198) zeigen, in der warmen Jahreszeit sich mancherorts massenhaft vermehren und eine zusammenhängende Schicht an der Wasseroberfläche bilden, welche nach Absterben der Algen auf den Boden sinkt und mit dem Sediment vermischt wird. Der Zerfall dieser Organismen, der schon im sauerstoffreichen Wasser beginnt, führte zu Sauerstoffzehrung, dem Auftreten von Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid und von Methan. Diese lebensfeindlichen Verhältnisse herrschten nur im tieferen Bereich der Seebecken, während die oberflächennahen Wasserschichten für das Leben von Fischen und Wasserpflanzen günstig waren, wie uns auch die im Seichtwasserbereich lebenden Schnecken und Süßwasserschwämme zeigen. Unter diesen Verhältnissen bildete sich eine Gytjtja. Die leichter zerstörbaren Anteile der organischen Substanz wurden zerstört und nur eine resistenterere Auswahl gelangte in die Schwefelwasserstoff-führende dunkelfarbige Schutzzone. Gegenüber den Sapropelen fehlen hier insbesondere die leicht zerstörbaren Eiweißstoffe. Dies geht aus dem Verhältnis C:N hervor. In typischen fossilen Gytjtjen liegen die Werte meist zwischen 70 und 350 (Messel 38), in fossilen Sapropeliten meist um 20–30, in Kohlen um 50–100. Dieser Verlust eines größeren Teils der stickstoffhaltigen Komponenten scheint die Fähigkeit zur Erdölbildung schwinden zu lassen (KREJCI-GRAF 1960b, S. 160–161; 1962, S. 7–9)²⁹⁾.

²⁹⁾ Die interessante Frage, ob die Ölschiefer der Messeler Schichten als Erdölmuttergesteine angesehen werden können, drängt sich besonders im Hinblick auf die erwähnten Ölspuren in den Ölschiefen von Stockstadt auf.

Im allgemeinen sind die Erdöle marinen oder brackischen Ursprungs; Erdölbildungen in Süßwasserablagerungen sind selten (KREJCI-GRAF, KRÖMMELBEIN & SCHEMITSCH 1962; KREJCI-GRAF 1962, S. 9), auch wenn die nicht-marinen, bituminösen Abfolgen im Durchschnitt höhere Konzentrationen von bituminöser Substanz enthalten (BITTERLI 1963b). Die bakteriellen Umbildungen und die Disproportionierungen, die vermutlich durch die Ton-Komponente im Muttergestein katalysiert werden, betreffen in erster Linie sapropelische Bitumina (KREJCI-GRAF 1960b, S. 172/173). Die in den Ölschiefen von Stockstadt/Rhein beobachteten Ölspuren könnten auf den Druck der dortigen mächtigen Deckschichten zurückgeführt werden (vgl. dazu KREJCI-GRAF 1960b, S. 155). Dieser Annahme steht entgegen, daß Gytjtjen-Ölschiefer selbst unter starken tektonischen Drucken, denen zum Beispiel die tertiären Ölschiefer von Häring in Tirol und die oligozänen Fischechiefer der Karpaten ausgesetzt waren, keine Öltröpfchen abgeben. Im Gegensatz hierzu treten im tektonisch beanspruchten sapropelischen Ölschiefer von Seefeld flüssige Bitumina und Asphalt auf Schichtflächen, Klüften und Fugen auf (BITTERLI 1962a, S. 410). Bei der Ölbildung in den Messeler Schichten von Stockstadt/Rhein müssen also sonstige Vorgänge unbekannter Natur, etwa bakterielle Umsetzungen, mitgewirkt haben.

Die wahrscheinlich ursprünglich kaolinitische Substanz wandelte sich in dem Faulschlamm in Montmorillonit um, wobei das für diese Bildungen typische basische Milieu (SZÁDECZKY-KARDOSS 1952, S. 170–173; MILLOT 1964, S. 384–386) und die auf biochemischem Wege in den Algen erfolgte Anreicherung von Magnesium (RANKAMA & SAHAMA 1960, S. 452–453) die Montmorillonitbildung begünstigten. Die sehr sauerstoffreichen Kerogene lagerten sich in das Schichtgitter dieses Tonminerals ein.

Im Gegensatz hierzu finden sich in den Messeler Schichten im Liegenden des Ölschiefers vorwiegend kaolinitische Tonminerale. Sie sind teils auf die Kaolinitbildung aus den detritischen Feldspäten und den Mineralen der zutage anstehenden Kristalline Gesteine, teils auf die Rotliegendensedimente zurückzuführen. Diese enthielten in größeren Mengen authigenen Kaolinit.

Das heutige Vorkommen in Messel fällt nicht mit der Begrenzung des Sedimentationsraumes zusammen, sondern ist tektonisch begrenzt. Trotzdem gibt es Hinweise, die auf die Nähe des Seeufers hindeuten: die sandigen Zwischenmittel, die im Norden, Nordosten und Südosten zungenförmig in das Becken hineinragen. Diese Sandlagen von eigentümlicher petrographischer Beschaffenheit sind anscheinend nachträglich kaolinisierter Granodiorit- und Dioritgrus, der durch Hochwasser und Regengüsse in den See geschwemmt wurde. Auch die Häufung der Kieselschwamm-Nadeln im Südosten der Grube läßt hier die Nähe des Seeufers vermuten (HEIL 1964, S. 66). Die Sedimentation der Gytjtja endete mit dem Aufhören des Senkungsvorganges. Der See verlandete, wobei es zur Braunkohlenbildung kam.

In der östlichen Teilsenke wurden als jüngstes Glied der Messeler Schichten die hangenden klastischen Sedimente abgelagert. Bei diesen handelt es sich zum Teil um kaolinitisches Abtragungsmaterial der benachbarten rotliegenden und kristallinen Gesteine, zum Teil um verwitterten und umgelagerten Ölschiefer aus dem stehengebliebenen westlichen Teilgraben, dessen Montmorillonit sich mit dem Kaolinit vermischte. Vor Ablagerung der pleistozänen Sedimente wurden diese Schichten gefaltet. Ursache hierfür war wahrscheinlich das anhaltende Absinken der östlichen Teilsenke.

Bei Stockstadt/Rhein, Offenthal, Urberach, Gundernhausen und in der Grube „Prinz von Hessen“ treten gleichaltrige Ölschiefer gleicher Fazies auf. Sie sind in der Grube Messel, in der Lagerstätte „Prinz von Hessen“ und im Felde Stockstadt mit präoligozänen Grabenbildungen verknüpft. Dies deutet auf eine tektonische Unruhe hin, die der Bildung des nördlichen Teiles des Rheintalgrabens im Oligozän voranging.

8. Schriftenverzeichnis

- ANDREAE, A.: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Fische des Mainzer Beckens. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **18**, S. 351–364, 1 Taf., Frankfurt/Main 1894.
- Vorläufige Mittheilung über die Ganoiden (*Lepidosteus* und *Amia*) des Mainzer Beckens. — Verh. naturhist.-med. Ver., N. F., **5**, S. 7–15, 2 Abb., Heidelberg 1897.
- BACKHAUS, E.: Die randliche „Rotliegend“-Fazies und die Paläogeographie des Zechsteins im Bereich des nördlichen Odenwaldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 112–140, 7 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1965.
- BECKER, F. & LUDWIG, R.: Geol. Spec. Kte. Grhzgt. Hessen 1:50 000, Section Dieburg (Darmstadt), 80 S., Darmstadt (Jonghaus) 1861.
- BEEGER, G. & CHLOSTA, J.: Ölschiefer und Schieferöl. — 27 S., Messel b. Darmstadt (Paraffin- und Mineralölwerk G. m. b. H.) 1956.
- BERG, D.: Die Krokodile aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. Ein Beitrag zur Revision tertiärer Krokodilarten. — 156 S., 6 Abb., 31 Taf.-Fig., Diss., Freiburg i. Br. 1964
- Nachweis des Riesenlaufvogels *Diatryma* im Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **93**, S. 68–72, 1 Abb., 1 Taf., Wiesbaden 1965 [1965a].
- Krokodile als Klimazeugen. — Geol. Rdschau, **54**, 1, S. 328–333, Stuttgart 1965 [1965b].
- BEYSLAG, R.: Die Entwicklung der Schwelindustrie zur Gewinnung von Teer und Öl aus bituminösen Schiefen und Braunkohlen. — Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, **67**, S. 185–256, 44 Abb., Berlin 1919.
- BITTERLI, P.: Studien an bituminösen Gesteinen aus Österreich und benachbarten Gebieten. — Erdöl-Z., **7**, S. 405–416, Wien 1962 [1962a].
- Untersuchung bituminöser Gesteine von Westeuropa. — Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, **15**, S. 2–6, 8 Abb., Hamburg 1962 [1962b].
- Classification of bituminous rocks of western Europe. — Proceed. Sixth World Petrol. Congr., Sect. I, Pap. 30, 11 S., 4 Abb. 1963 [1963a].
- Aspects of the genesis of bituminous rock sequences. — Geol. en Mijnbouw, **42**, S. 183–201, 9 Abb., 1963 [1963b].
- BRAUN, E.: Bergtechnische Ausarbeitung zur großen Staatsprüfung. — Unveröff., 84 S. + 58 S. Anh. (Maschinenschr.), Wiesbaden 1960.
- CARLÉ, W.: Geotektonische Übersichtskarte der Südwestdeutschen Großscholle, Kte. 1:1 000 000, Erl., 31 S., Stuttgart 1950.
- Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. — Beih. Geol. Jb., **16**, 272 S., 4 Taf., 45 Abb., Hannover 1955.
- CHELIUS, C.: Erl. geol. Kte. Grhzgt. Hessen 1:25 000, Bl. Messel, 67 S., Darmstadt 1886 [1886a].
- Erl. geol. Kte. Grhzgt. Hessen 1:25 000, Bl. Rossdorf, 103 S., Darmstadt 1886 [1886b].
- DAVID, T. W. E. & BROWNE, W. R.: The Geology of the commonwealth of Australia. — **II**, 618 S., 372 Abb., 34 Tab., 84 Taf., London 1950.

- DEBATIN, O.: Öl aus Schiefer. — Braunkohle, **16**, S. 97–98, Halle a. d. S. 1917.
- DE KUN, N.: The mineral resources of Africa. — 740 S., 136 Abb., 172 Tab., Amsterdam 1965.
- DELKESKAMP, R.: Das Braunkohlenvorkommen am Südabhang des Taunus und im unteren Maintale. — Braunkohle, **7**, S. 381–384, 541–546, 561–567, 581–587, 685–690, 717–722, 3 Tab., 1 Kte., Halle a. S. 1909.
- DÖRTELMANN, E.: Gliederungsversuch des Messeler Ölschiefers an Hand gewisser durch ihr Aussehen auffallender Leithorizonte. — Unveröff. Meldearbeit a. d. Bergakademie Clausthal, 32 S., 5 Taf., 5 Abb., 1 Tab., (Maschinenschr.), Grube Messel bei Darmstadt 1950.
- EMERICK, G. VON: Der Ölschiefer und seine Verwertung. — Glückauf, **59**, S. 113–120, Essen 1923.
- ENGELHARDT, H.: Die alttertiäre Flora von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., **7**, S. 17–128, 40 Taf., Darmstadt 1922.
- FALKE, H.: Rheinhessen und die Umgebung von Mainz. — Samml. geol. Führer, **38**, 156 S., 13 Ktn., 2 Tab., Berlin-Nikolassee (Borntraeger) 1960.
- FLORIN, R.: Die frühere Verbreitung der Koniferengattung *Athrotaxis* D. DON.-Senck. leth., **41**, S. 129–207, Frankfurt a. M. 1960.
- FRIEDMANN, W.: Zur Lage der europäischen Schieferölindustrie mit besonderer Berücksichtigung Luxemburgs. — Petroleum, **11**, S. 1308–1315, Berlin 1916.
- GOLDSCHMIDT, V. M., KREJCI-GRAF, K. & WITTE, H.: Spurenelemente in Sedimenten. — Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, math. phys. Kl., S. 35–52, 1948.
- HARRASSOWITZ, H.: Eocäne Schildkröten von Messel bei Darmstadt. — Cbl. Min. Geol. Paläont., S. 147–154, Stuttgart 1919.
- Die Schildkrötengattung *Anosteira* von Messel bei Darmstadt und ihre stammesgeschichtliche Bedeutung. — Abh. hess. geol. L.-A., **6**, S. 135–238, 6 Taf., Darmstadt 1922 [1922a].
- Die Schildkrötengattung *Anosteira* von Messel bei Darmstadt und die Abstammung der Trionychiden. — Paläont. Z., **4** S. 93–97, Berlin 1922 [1922b].
- HAUPT, O.: *Propalaeotherium* cf. *Rollinoti*, Stehlin aus der Braunkohle von Messel. — Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. geol. L.-A., (IV) **32**, S. 59–70, 1 Taf., Darmstadt 1911.
- Mitteilungen über wichtige, neuere Funde aus dem Oberrheingebiet. — Jber. u. Mitteil. oberrhein. geol. Ver., N. F., **2**, S. 17–18, Stuttgart 1912.
- Die eocänen Süßwasserablagerungen (Messeler Braunkohlenformation) in der Umgebung von Darmstadt und ihr paläontologischer Inhalt. — Z. deutsch. geol. Ges., **73**, Monatsber., S. 175–178, Berlin 1922.
- Die Palaeohippiden der eocänen Süßwasserablagerungen von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., **6**, **4**, 159 S., 29 Taf., Darmstadt 1925.
- Das Mitteleocän (e m). Messeler Ölschiefer und Braunkohlen. — Erl. Bl. Roßdorf der geol. Spez.-Kte. von Hessen 1:25 000, 3. Aufl., S. 75–80, 1 Taf., Darmstadt 1938.
- HAUSCHULZ, J.: Gewässerkundliches Kartenwerk Hessen, Teil 1, Wiesbaden 1959.
- HELL, R.: Kieselschwamm-Nadeln im Ölschiefer der Grube Messel bei Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**, S. 60–67, 3 Abb., Wiesbaden 1964.
- HENGLEIN, M.: Die deutschen Ölschiefervorkommen. — Glückauf, **57**, S. 73–78, Essen 1921.

- HUMMEL, K.: Vulkanisch bedingte Braunkohlenbildung. — Braunkohle, **23**, 17, S. 293–298, 2 Abb., Halle a. d. S. 1925 [Fußnote S. 297].
- Die Schildkrötengattung *Trionyx* im Eozän von Messel bei Darmstadt und im aquitanischen Blättersandstein von Münzenberg in der Wetterau. — Abh. hess. geol. L.-A., **8**, 2, 96 S., 11 Taf., Darmstadt 1927 [1927a].
- Hessische Ölschieferlagerstätten. — Petroleum, **23**, S. 1125–1131, Berlin 1927 [1927b].
- IMMEL, W.: Eintausch von Na-Ionen in Ca- und Ba-Bentonite, Deutung der viskosen Eigenschaften von Benton suspensionen, Montmorillonit im Messeler Ölschiefer. — 102 + 4 S., (Maschinenschr.), Diss., Darmstadt 1960.
- KINKELIN, F.: Über Fossilien aus Braunkohlen der Umgebung von Frankfurt a. M. — Ber. senckenb. naturf. Ges., S. 164–182, 1 Taf., 12 Abb., Frankfurt a. M. 1884.
- Die nutzbaren Gesteine und Mineralien zwischen Taunus und Spessart. — Ber. senckenb. naturf. Ges., S. 135–180, Frankfurt a. M. 1888.
- KIOUSSIS, D.: Zusammensetzung und Eigenschaften des Messeler Ölschiefer unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeit einer Gewinnung wachsartiger Stoffe durch Druckextraktion. — 101 S., Diss., Karlsruhe 1961.
- KLEBAHN, H.: Über Wasserblüte bildende Algen, insbesondere des Plöner Seegebietes und über das Vorkommen von Gasvacuolen bei den Phycocromaceen. — Forschber. biol. Stat. z. Plön, **4**, S. 189–206, Berlin 1896.
- KLEMM, G.: Bericht über die Exkursionen nach Messel und Aschaffenburg. — Ber. Ver. samml. oberrhein. geol. Ver., 37. Versamml., S. 16–23, 2 Abb., Stuttgart 1904.
- Erl. geol. Kte. Grhzgt. Hessen 1:25 000, Bl. Messel, 2. Aufl., 46 S., Darmstadt 1910 [1910a].
- Führer zu den Exkursionen in den kristallinen Odenwald und in die Umgebung von Darmstadt.-Notizbl. Ver. Erdk. u. großh. hess. geol. L.-A., (IV) **31**, S. 17–33, Darmstadt 1910 [1910b].
- Führer bei geologischen Exkursionen im Odenwald. — Samml. geol. Führer, **15**, 248 S., 40 Abb., Berlin 1910 [1910c].
- Erl. geol. Kte. Grhzgt. Hessen 1:25 000, Bl. Roßdorf, 2. Aufl., 111 S., Darmstadt 1912.
- Erl. geol. Kte. Hessen 1:25 000, Bl. Roßdorf, 3. Aufl., 114 S., 1 Taf., Darmstadt 1938.
- KÖBRICH, C.: Der Bergbau des Großherzogstums Hessen. — 101 S., Darmstadt 1914.
- Rückblick auf die Entwicklung des hessischen Bergbaus sowie auf die Betriebsleiterkonferenzen in Hessen. — 48 S., Darmstadt 1928.
- Allgemeine Landeskunde und geologische Übersicht. — Handb. hess. Bodenschätze, **1**, 88 S., 11 Taf., Darmstadt 1932.
- Chronik des hessischen Berg-, Hütten- und Salzwesens. — Handb. hess. Bodenschätze, **7**, 56 S., Darmstadt 1937.
- KREJCI-GRAF, K.: Diagnostik der Herkunft des Erdöls. — Erdöl u. Kohle, **12**, S. 706–712, 3 Tab.; S. 805–815, 10 Tab., Hamburg 1959.
- Moderne Anschauungen über die Entstehung des Erdöls. — Erdöl u. Kohle, **13**, S. 836–845, 2 Abb., Hamburg 1960 [1960a].
- Mikronaphta und die Entstehung des Erdöls. — Mitteil. geol. Ges. Wien, **53**, S. 133–176, 13 Tab., Wien 1960 [1960b].
- Über Bituminierung und Erdölentstehung. — Freib. Forsch.-H., C **123**, S. 5–34, 4 Tab., 1962.

- KREJCI-GRAF, K., KRÖMMELBEIN, K. & SCHEMITSCH, E.: Zur Natur der Öllagerstätten des Recôncavo Bahiano (Brasilien). — Erdöl-Z., S. 329–338, 2 Abb., 6 Tab., Wien 1962.
- & WICKMAN, F. E.: Ein geochemisches Profil durch den Lias alpha (zur Frage der Entstehung des Erdöls). — Geochim. et Cosmochim. Acta, **18**, S. 259–272, 10 Tab., 1960.
- LEHMANN, R.: Die geologischen Verhältnisse des Ölschiefervorkommens von Messel. — In: A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 427–429, 1 Abb., 1 Taf., München (Bruckmann) 1933.
- LEPSIUS, G. R.: Das Mainzer Becken. — 181 S., 1 Kte., Darmstadt 1883.
- LUDWIG, R.: Erl. Geol. Spec. Kte. Großh. Hessen 1:50 000 Section Darmstadt, 58 S., Darmstadt 1864.
- Geologische Skizze des Großherzogthums Hessen. — 24 S., 1 Kte., Darmstadt (Jonghaus) 1867.
- Braunkohle bei Messel. — Notizbl. Ver. Erdk. u. mittelh. geol. Ver., (III) **15**, S. 1, Darmstadt 1876.
- Fossile Crocodiliden aus der Tertiärformation des Mainzer Beckens. — Palaeontogr., Suppl. **3**, Lief. 4–5, 52 S., 16 Taf., Cassel 1877 (1877 a).
- Fossile Crocodiliden aus dem Oligocän des Mainzer Tertiärbeckens. — N. Jb. Min. Geol. Paleont., S. 74–77, Stuttgart 1877 (1877 b).
- LYDEKKER, R.: Catalogue of the fossil reptilia and amphibia in the British Museum (Natural History), **1**, 309 S., London 1888.
- MÄHNER, K.: Über die Aufarbeitung von Messeler Schieferöl unter besonderer Berücksichtigung der Paraffin- und Schmierölgewinnung. — 80 S., Diss., Karlsruhe 1961.
- MATTHES, G.: Ein Beitrag zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **38**, S. 11–21, 5 Abb., Stuttgart 1956.
- Zur Vergrusung der magmatischen Tiefengesteine des Odenwaldes. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**, S. 160–178, 1 Abb., Wiesbaden 1964.
- Zur Tektonik des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, S. 454–456, Hannover 1966.
- MATTHES, G., HOFMANN, U. & BOEHM, H. P.: Zur Verteilung der Tonminerale in den mitteleozänen Schichten der Grube Messel bei Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **92**, S. 202–211, 3 Abb., 3 Tab., Wiesbaden 1964.
- METZGER, J.: Die chemische Veredlung der Braunkohle bei der Gewerkschaft Messel bei Darmstadt. — In: A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 345–348, München (Bruckmann) 1933.
- MEUNIER, F.: Die Insektenreste aus dem Lutetien von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., **7**, 3, 16 S., 4 Taf., Darmstadt 1921.
- MILLOT, G.: Géologie des argiles. — 499 S., 75 Abb., 12 Taf., 15 Tab., Paris (Masson et Cie.) 1964.
- MÜLLER-STOLL, W. R.: Palmenreste aus dem Eozän des Oberrheingebietes und ihre Erhaltung. — Palaeont. Z., **17**, S. 55–73, 3 Abb., 2 Taf., Berlin 1935.
- MUTHMANN, W.: Messelit, ein neues Mineral. — Z. Krystallogr. u. Mineral., **17**, S. 93–94, Leipzig 1890.
- NÖRING, F.: Die Fortsetzung der Saar-Senke in Hessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., (VI) **2**, S. 22–40, 1 Taf., Wiesbaden 1951.

- NÖRING, F.: Offene stratigraphische Fragen des Rotliegenden von Südwesthessen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 157–166, Wiesbaden 1955
- PFLUG, H.: Palynologie und Stratigraphie der eozänen Braunkohlen von Helmstedt. — Paleont. Z., **26**, S. 112–137, 8 Abb., 3 Taf., Stuttgart 1952.
- RANKAMA, K. & SAHAMA, TH. G.: Geochemistry. — 4. Aufl., 912 S., Chicago 1960.
- RAUCH, P.: Das Ölschiefervorkommen der Grube Messel bei Darmstadt. — Glückauf, **62**, S. 953–961, 6 Abb., Essen 1926.
- Das Ölschiefervorkommen zu Grube Messel bei Darmstadt. — Berg-Technik, **20**, S. 57–60, 73–75, 94–97, 114–118, Halle a. d. S. 1927.
- REINACH, A. VON: Schildkrötenreste im Mainzer Becken und in benachbarten, ungefähr gleichalterigen Ablagerungen. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **28**, 135 S., 44 Taf., Frankfurt a. M. 1900.
- REVILLIOD, P.: Fledermäuse aus der Braunkohle von Messel bei Darmstadt. — Abh. hess. geol. L.-A., **7**, S. 159–201, 18 Abb., 1 Taf., Darmstadt 1917.
- SAUER, A., GRUBE, G., BURCHARD, E. & VON DER SCHMIDT, O.: Die Verwertung des Ölschiefers. — 31 S., Stuttgart 1920.
- SAVAGE, D. E., RUSSELL D. E. & LOUIS, P.: European eocene equidae (Perissodactyla). — Univ. California Publ. geol. Sci., **56**, 94 S., 42 Abb., 1 Taf., Berkeley–Los Angeles 1965.
- SCHEEERER: Die Braunkohlenvorkommen des Großherzogtums Hessen. — Braunkohle, **11**, S. 437–443, 453–462, 469–474, 489–497, 505–507, 2 Abb., 1912
- — — Braunkohle, **13**, S. 345–350, 357–360, 369–371, 381–383, 393–395, 4 Abb., 1914.
- SCHETHAUER, W.: Die Schwelteere. Ihre Gewinnung und Verarbeitung. — 192 S., 70 Abb., Leipzig (Spamer) 1911.
- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. — 2. Aufl., 275 S., 134 Abb., Stuttgart (Enke) 1961.
- SIEGMUND, G.: Untersuchungen zur Aufbereitung des Messeler Ölschiefer-Schwelkokses zum Zwecke der Baustoff-Herstellung. — Diss., naturwiss. Fak., Frankfurt a. M. 1962.
- STADNIKOFF, G.: Die Entstehung von Kohle und Erdöl. — Brennstoff-Geologie, **5/6**, 254 S., Stuttgart (Enke) 1930.
- STAESCHE, K.: Sumpfschildkröten aus hessischen Tertiärablagerungen. — Abh. hess. geol. L.-A., **8**, 4, 72 S., 9 Taf., 1 Abb., Darmstadt 1928.
- STEHLIN, H. G.: Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. — Abh. schweiz. paläont. Ges., **41**, S. 1297–1552, 2 Taf., 82 Abb., Zürich 1916 [Fußnote S. 1424].
- STEUER, A.: Die Braunkohlenbildungen im Großherzogtum Hessen und benachbarten Gebieten. — Handb. deutsch. Braunkohlenbergbau, S. 113–122, Halle a. d. S. 1915.
- STRAUB, E. W.: Über einen Fund von fraglichem Mitteleozän im Erdölfeld Stockstadt bei Darmstadt. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **83**, S. 220–227, 2 Abb., 2 Tab., Wiesbaden 1955 [1955a].
- Erdöl und Erdgas im Rheintalgraben. — Aufschluß, **2**. Sh., S. 105–113, 3 Abb., Roßdorf bei Darmstadt 1955 [1955b].
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Szénközettan [Kohlenpetrographie]. — 315 S., 39 Abb., 63 Tab., 35 Taf., 7 farb. Taf., Budapest 1952.
- SZYSZKA, P.: Das Ölschiefervorkommen von Messel. — Aufschluß, **2**. Sh., S. 102–104, 2 Abb., Roßdorf bei Darmstadt 1955.

- TASCHE, H.: Kurzer Überblick über das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Grossherzogthum Hessen. — 92 S., Darmstadt (Jonghaus) 1858.
- TECKLENBURG, TH.: Übersicht der geologischen Verhältnisse der Provinz Starkenburg. — 30 S., Darmstadt 1879.
- THOMSON, P. W. & PFLUG, H.: Pollen und Sporen des Mitteleuropäischen Tertiärs. — *Palaeontogr.*, **94**, B, 138 S., Stuttgart 1953 [Fußnote S. 48].
- THÜMEN, K.-H. VON: Die deutsche Mineralölwirtschaft. — 2. Aufl., 704 S., 17 Abb., 80 Tab., Hamburg 1956.
- TOBIEN, H.: Nagerreste aus dem Mitteleozän von Messel bei Darmstadt. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **82**, S. 13–29, 2 Abb., 2 Taf., Wiesbaden 1954.
- Die mitteleozäne Fossilfundstätte Messel bei Darmstadt. — *Aufschluß*, **2**, Sh., S. 87–101, 14 Abb., Roßdorf bei Darmstadt 1955.
- Zur Paläontologie des mitteleozänen Ölschiefer-Vorkommens von Messel bei Darmstadt. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **109**, (1957), 2, S. 665–666, Hannover 1958.
- Insectivoren (Mamm.) aus dem Mitteleozän (Lutetium) von Messel bei Darmstadt. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **90**, S. 7–47, 1 Abb., 3 Taf., Wiesbaden 1962.
- VAN VALEN, L.: *Paroxyclaenidae*, an extinct family of eurasian mammals. — *J. Mammalogy*, **46**, 3, S. 388–397, 4 Abb., 1 Tab., 1965.
- WALTHER, J.: Geologische Probleme der Braunkohlenlager. — *Braunkohle*, **16**, S. 85–86, 101–102, 111–112, 117–118, 125–126, 149–150, 173–174, 189–190, 2 Abb., Halle a. d. S. 1918.
- WAGNER, W.: Das Mainzer Becken. — *Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, **27**, S. 25–62, 3 Taf., Stuttgart 1938.
- Das Erdöl im Rheintalgraben mit besonderer Berücksichtigung der Neubohrungen im Untermiozän Hessens. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **100**, S. 518–520, Hannover 1950.
- Das Gebiet des Rheintalgrabens während des Mesozoikums und zu Beginn seiner tertiären Ablagerungen. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **81**, S. 164–194, Wiesbaden 1953.
- WEILER, W.: Die Fischfauna des Tertiärs im oberrheinischen Graben, des Mainzer Beckens, des unteren Maintals und der Wetterau, unter besonderer Berücksichtigung des Untermiozäns. — *Abh. senckenberg. naturforsch. Ges.*, **504**, S. 1–75, 2 Taf., 258 Abb., 1 Kte., Frankfurt a. M. 1963.
- WEITZEL, K.: *Cryptopithecus macrognathus* WITTICH ist kein Primate, sondern ein Creodontier. — *Cbl. Min., Geol. u. Paläontol.*, B, S. 617–618, Stuttgart 1932.
- *Amphiperca multiformis* n. g. n. sp. und *Thaumaturus intermedius* n. sp., Knochenfische aus dem Mitteleozän von Messel. — *Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A.*, (V) **14**, S. 89–97, 1 Taf., Darmstadt 1933 [1933a].
- *Kopidodon macrognathus* WITTICH, ein Raubtier aus dem Mitteleozän von Messel. — *Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A.*, (V) **14**, S. 81–88, 1 Taf., Darmstadt 1933 [1933b].
- *Hassiacosuchus haupti* n. g. n. sp., ein durophages Krokodil aus dem Mitteleozän von Messel. — *Notizbl. Ver. Erdk. u. hess. geol. L.-A.*, (V) **16**, S. 40–49, 2 Taf., Darmstadt 1935.
- *Pristichampsus rollinatti* (GRAY) aus dem Mitteleozän von Messel. — *Notizbl. hess. geol. L.-A.*, (V) **19**, S. 47–48, 1 Taf., Darmstadt 1938 [1938a].

- *Propelodytes wagneri* n. g. n. sp., ein Frosch aus dem Miozän von Messel. — Notizbl. hess. geol. L.-A., (V) **19**, S. 42–46, 1 Taf., Darmstadt 1938 [1938b].
- Ein Messeler Frosch und sein Einbettungsmaterial. — Volk u. Scholle, S. 81–82, Darmstadt 1938 [1938c].
- Neue Wirbeltiere (Rodentia, Insektivora, Testudinata) aus dem Miozän von Messel bei Darmstadt. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **480**, 24 S., 5 Taf., Frankfurt a. M. 1949.
- WINCHESTER, D. E.: Oil shale of the Rocky Mountain region. — US geol. Surv., Bull. **729**, 204 S., 4 Abb., 10 Taf., Washington 1923.
- WITTICH, E.: Beiträge zur Kenntnis der Messeler Braunkohle und ihrer Fauna. — Abh. hess. geol. L.-A., **3**, 4, S. 79–147, 2 Taf., Darmstadt 1898.
- *Cryptopithecus macrognathus* n. spec., ein neuer Primate aus den Braunkohlen von Messel. — Cbl. Min. Geol. Palaeont., S. 289–294, 3 Abb., Stuttgart 1902.
- WIRTH, E.: Grundlagen und Aussichten der Erdölsuche im Rheintalgraben. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, (1953), S. 32–46, 5 Abb., 1 Taf., Hannover 1955.
- ZITTEL, K. A.: Handbuch der Palaeontologie, I. Palaeozoologie, **3**, 900 S., 719 Abb., München–Leipzig 1887–1890 [Hinsichtlich *Diplocynodon* S. 681].
- Die Gewerkschaft Messel zu Grube Messel bei Darmstadt. — In: A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 413–424, 9 Abb., München (Bruckmann) 1933.

9. Schichtenverzeichnisse

Die Ortslagen der Bohrungen finden sich auf Abb. 11. Die Bohrungen sind im folgenden und auf der Abbildung fortlaufend numeriert. Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen wurden meist vom Bohrmeister oder von den aufsichtführenden

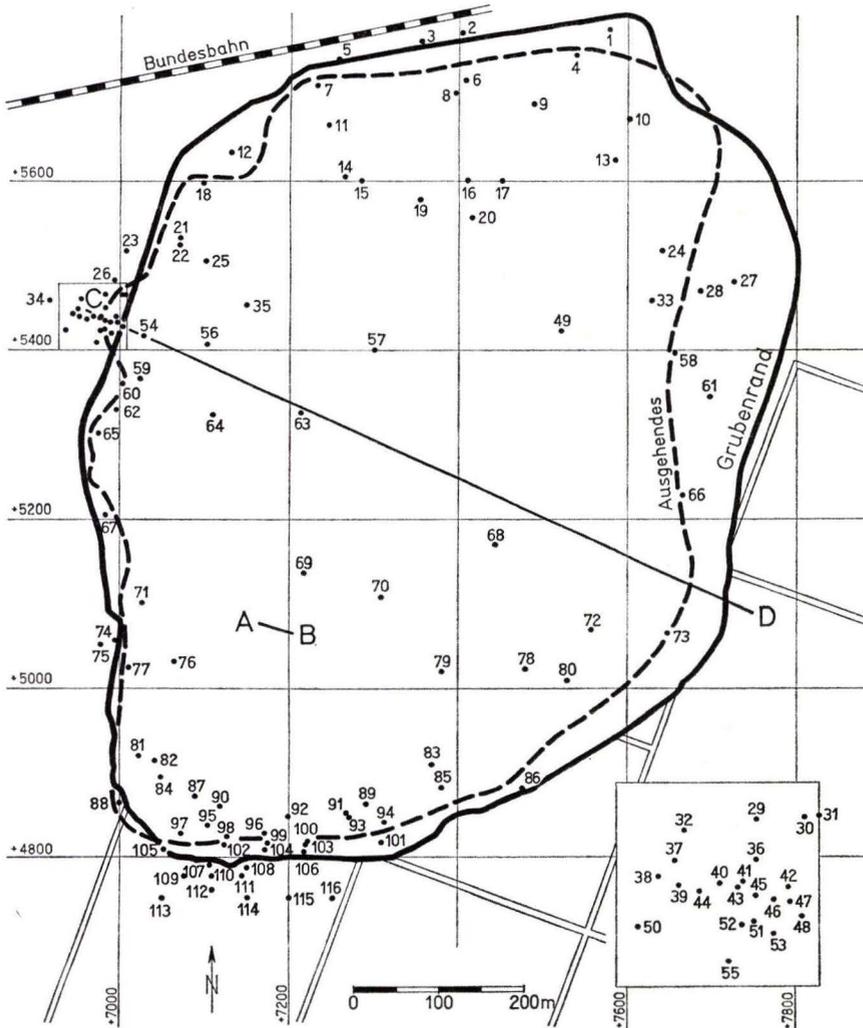


Abb. 11. Lage der Bohrungen. Das verwendete alte hessische Netz bezieht sich auf die Stadtkirche Darmstadt. Es handelt sich um ebene rechtwinklige Koordinaten (Soldnersche Koordinaten).

Steigern aufgestellt. Im Jahre 1932 wurde vom damaligen Direktor Dr. WEBER ein Teil der Bohrungen offensichtlich anhand der Bohrproben überarbeitet. Einige Proben wurden von Herrn Professor Dr. HANS HENTSCHEL, Wiesbaden, petrographisch untersucht.

1. Bohransatzpunkt NN + 161,22 m
 - 0,0– 1,40 m Sand, gelb, 0,5 mm \varnothing
 - 2,80 m Detritustonsteine
 - 3,60 m Arkose
 - 5,00 m Arkose, grau, z. T. rötlich
 - 5,30 m Detritustonsteine
 - 6,00 m Arkose, verwittert, fest, z. T. rötlich
 - 0,0– 1,40 m Quartär; 1,40–6,00 m Rotliegendes.

2.
 - 0,0– 1,20 m Lehm, rotbraun, sandig
 - 4,80 m Arkose, hellgrau
 - 5,60 m Arkose mit Brocken von Detritustonsteinen
 - 0,0– 1,20 m Quartär; 1,20–5,60 m Rotliegendes.

3. Bohransatzpunkt NN + 159,50 m
 - 0,0– 0,70 m Sand und Ton
 - 1,60 m Arkose, stark verwittert
 - 6,90 m Arkose, hellgrau mit Geröllen bis 10 cm \varnothing
 - 9,20 m Arkose, fester werdend
 - 9,40 m rotbrauner Detritustonstein
 - 10,00 m Grus, hellgrau
 - 11,00 m Granodiorit, fest, hellgrau, rötlich und grünlich
 - 0,0– 0,70 m Quartär; 0,70–9,40 m Rotliegendes; 9,40–11,00 m anstehender Granodiorit

4. Bohransatzpunkt NN + 160,5 m
 - 0,0– 0,70 m graubrauner toniger Sand
 - 4,20 m grüngelber Ton
 - 8,00 m blaugrüner Ton
 - 9,20 m brauner Kohlenton
 - 10,20 m Ölschiefer
 - 15,60 m gelbbrauner toniger Grus
 - 17,00 m buntes toniges Rotliegendekonglomerat
 - 23,20 m gelbbrauner toniger Grus
 - 0,0– 0,70 m Quartär; 0,70–9,20 m hangende klastische Sedimente; 9,20–10,20 m Ölschiefer; 10,20–15,60 m liegende klastische Sedimente, z. T. möglicherweise Rotliegendes; 15,60–17,00 m Rotliegendes, ab 17,00 m möglicherweise vergrustes und vertontes Kristallin.

5. Bohransatzpunkt NN + 159,00 m
 - 0,0– 1,40 m pleistozäner Sand und Ton
 - 5,00 m Grus, grau
 - 10,50 m Grus, hellgrau, mit Geröllen bis 1,5 cm \varnothing
 - 12,00 m Granodiorit, fest, grau, grün und rötlich
 - 0,0– 1,40 m Quartär; 1,40–10,50 m wahrscheinlich Rotliegendes; 10,50–12,00 m anstehender Granodiorit.

6. Bohransatzpunkt NN + 159,50 m
 0,0–16,90 m Hangende Schichten und Ölschiefer
 –17,50 m hellgrauer mittelkörniger Sand
 –25,20 m Sand, Kies, Geröll
 0,0–25,20 m Quartär, Messeler Schichten.
7. Bohransatzpunkt NN + 159,14 m
 0,0–33,50 m Hangende Schichten und Ölschiefer
 –40,10 m Sand, Gerölle und Felsen (bei 33,5 m graugrüner kaolinisierter Grus, 33,90–40,10 m große Aplittstücke und zersetzte Dioritbruchstücke)
 0,0–33,50 m Quartär, Messeler Schichten.
8. Bohransatzpunkt NN + 152,12 m
 0,0– 8,70 m Ölschiefer
 –16,20 m Ton und Sand, graugrün
 –18,00 m Granodiorit, verwittert
 0,0–16,20 m Messeler Schichten; 16,20–18,00 m anstehender Granodiorit, möglicherweise auch verwitterte Arkose.
9. Bohransatzpunkt NN + 157,32 m
 0,0–12,50 m Ölschiefer
 –18,20 m Ton und Sand, graugrün
 0,0–18,20 m Messeler Schichten.
10. Bohransatzpunkt NN + 160,98 m (WEBER, 24. 11. 1932)
 0,0–47,75 m Hangendes und Ölschiefer (23,80–26,30 m graugrüner Gesteinsgrus mit Dioritgeröllen)
 –51,10 m graugrüner sandiger Kies aus Quarz- und Dioritgeröllen
 –59,90 m splittrige Gesteinsstücke eines graugrünen zersetzten Gesteins (schalsteinartig)
 –70,60 m grünlich gelbbraune Gesteinsplitter eines zersetzten Gesteins (Diorit ?)
 0,0–51,10 m Quartär, Messeler Schichten; 51,10–70,60 m anstehendes Kristallin, im oberen Teil möglicherweise auch Rotliegendes.
11. Bohransatzpunkt NN + 158,36 m
 0,0–37,50 m Hangendes und Ölschiefer
 –52,50 m graugrüner, glimmeriger Gesteinsgrus
 –53,10 m Gesteinsplitter aus festem Diorit (Granodiorit ?)
 0,0–37,50 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 37,50–52,50 m liegende klastische Sedimente, zum Teil möglicherweise Rotliegendes und in situ vergruster Diorit; 52,50–53,10 m anstehender Diorit (Granodiorit ?)
12. 0,0–20,00 m Granodioritgrus, nach unten fester werdend
 0,0–20,00 m anstehender Granodiorit.
13. Bohransatzpunkt NN + 161,15 m
 0,0–50,20 m Hangendes und Ölschiefer
 –63,00 m graugrüner zersetzter Grus, darunter dunkelgrüner sandiger Grus aus Quarzen und vorwiegend zersetztem Diorit bestehend
 –63,10 m Ton

- 85,00 m Sand, Gerölle, Felsen
 0,0-50,20 m Quartär; hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 50,20-85,00 m liegende klastische Sedimente, im unteren Teil möglicherweise Rotliegendes.
14. Bohransatzpunkt NN + 156,93 m
 0,0-54,20 m Ölschiefer
 -71,00 m Sand, Gerölle, Kies (Milchquarz, Diorit, Amphibolit)
 0,0-71,00 m Messeler Schichten.
15. Bohransatzpunkt NN + 140,76 m
 0,0-38,90 m Ölschiefer
 -40,80 m Ton, stark zersetztes granodioritisches Material, reichlich Pyritbröckchen (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 -41,00 m Ölschiefer
 -43,00 m Granodioritgrus mit Quarz, sehr wenig Pyrit, dazu Bröckchen eines hellen hornfelsartigen Gesteins (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 0,0-43,00 m Messeler Schichten.
16. Bohransatzpunkt NN + 157,73 m
 0,0-56,30 m Ölschiefer
 -65,30 m grauer milder Fels, mürbe Sandsteine mit Geröllen, stark kalkhaltig (Quarzgerölle in grünlichgrauer Grundmasse)
 0,0-56,30 m Messeler Schichten; 56,30-65,30 m wahrscheinlich Rotliegendes, möglicherweise aber auch liegende klastische Sedimente.
17. Bohransatzpunkt NN + 157,20 m
 0,0-55,80 m Ölschiefer
 -56,50 m Geröll, \varnothing 20 cm
 -56,70 m festes Gestein
 0,0-56,50 m Messeler Schichten; 56,50-56,70 m Liegendes ohne nähere Ansprache.
18. Bohransatzpunkt NN + 154,31 m
 0,0-10,00 m Ölschiefer
 -12,00 m granodioritisches Material (verwittert), reichlich Pyrit, der vermutlich den verwitterten Granodiorit imprägniert hat (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 0,0-12,00 m Messeler Schichten.
19. Bohransatzpunkt NN + 140,21 m
 0,0-42,50 m Ölschiefer
 -45,00 m Quarz, granodioritischer Grus und pyritisches Material (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 0,0-45,00 m Messeler Schichten.
20. Bohransatzpunkt NN + 140,20 m
 0,0-25,00 m Ölschiefer
 -27,00 m Ton, Granodioritgrus, Quarz und Hornfelsmaterial (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 0,0-27,00 m Messeler Schichten.

21. Bohransatzpunkt NN + 159,77 m
 0,0–20,50 m schlechte Kohle und Abraum
 –27,75 m Sande, Gerölle
 –29,25 m Felsen (Pegmatit, Granodiorit- und Dioritbruchstücke)
 0,0–20,50 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 20,50–27,75 m liegende klastische Sedimente; 27,75–29,25 m geröllführende liegende klastische Sedimente, weniger wahrscheinlich kristallines Grundgebirge.
22. Bohransatzpunkt NN + 156,93 m
 0,0–12,60 m Ölschiefer
 –13,20 m graugrüner Ton mit Ölschiefer und Schwefelkies durchsetzt
 –15,00 m graugrüner Grus mit Porphyngeröllen bis 15 cm \varnothing
 –15,90 m hellgrauer Verwitterungsgrus
 0,0–13,20 m Messeler Schichten; 13,20–15,00 m wahrscheinlich Rotliegendes (Porphyngerölle kommen im Rotliegenden auf Blatt Messel und Darmstadt-Ost (KLEMM 1910 a, S. 13/14; 1938, S. 62) vor; 15,00–15,90 m Rotliegendes oder anstehender Granodiorit.
23. Bohransatzpunkt NN + 160,50 m
 0,0– 3,00 m Pleistozän
 – 3,50 m Detritustonstein, rot, schiefrig
 –14,00 m Grus, hell- bis apfelgrün, feinkörnig
 –15,50 m Granodiorit, zersetzt; Feldspäte z. T. noch rötlich
 0,0– 3,00 m Pleistozän; 3,00–14,00 m Rotliegendes; 14,00–15,50 m wahrscheinlich anstehender Granodiorit.
24. Bohransatzpunkt NN + 161,60 m oder 162,60 m (?)
 0,0– 95,80 m Ölschiefer
 –106,60 m graugrün sandiger Grus mit Geröllen
 –106,70 m Fels
 0,0–95,80 m Ölschiefer; 95,80–106,60 m liegende klastische Sedimente, z. T. möglicherweise Rotliegendes; 106,60–106,70 m wahrscheinlich kristallines Grundgebirge.
25. Bohransatzpunkt NN + 159,85 m
 0,0–44,50 m Hangendes und Ölschiefer
 –67,20 m Sand, Kies, Gerölle (Quarz, Granodiorit, Diorit und Hornfels)
 0,0–67,20 m Quartär, Messeler Schichten.
26. Bohransatzpunkt NN + 161,05 m
 0,0– 1,30 m aufgefüllter Boden
 – 1,90 m Sand, hellgrau, lehmig, eisenschüssig
 – 3,80 m Grus, hellgrau, stark vertont, erdig
 – 4,10 m Grus, gelb, tonig, sandig
 – 7,30 m Grus, gelb, verwittert, mit Geröllen
 – 8,20 m Kaolin, hellgrau, sandig
 –11,20 m Granodioritgrus, hellgrau, stark kaolinisiert
 –12,20 m Granodiorit, grobkörnig, kaolinisiert, Biotite z. T. noch erhalten
 0,0– 1,30 m Holozän; 1,30–1,90 m Pleistozän; wahrscheinlich 1,90–11,20 m Rotliegendes, ab 11,20 m möglicherweise anstehender Granodiorit.

27. Bohransatzpunkt NN + 163,30 m
 0,0– 0,70 m grauer Sand
 – 25,70 m toniger Grus, grau-graugrün, z. T. mit Geröllen von Quarz und Aplit;
 17,00–20,20 m z. T. glimmerhaltig
 0,0– 0,70 m Pleistozän; 0,70–25,70 m wahrscheinlich Rotliegendes.
28. Bohransatzpunkt NN + 163,45 m
 0,0– 0,70 m brauner Sand
 – 4,20 m gelblicher fetter Ton
 – 9,30 m blaugrauer fetter Ton
 – 14,00 m schwarzbrauner Ton (kohlig)
 – 15,90 m Braunkohle mit eingelagertem von Schwefelkies durchsetztem
 Tonstein
 – 19,30 m dunkelgrauer toniger Grus
 – 22,40 m grauer, toniger Grus
 – 30,00 m dunkelgrauer toniger Grus mit Geröllen
 0,0– 0,70 m Pleistozän; 0,70–15,90 m Messeler Schichten; 15,90–30,00 m Messeler
 Schichten, im unteren Teil möglicherweise auch Rotliegendes.
29. Bohransatzpunkt NN + 160,25 m
 0,0– 0,20 m aufgefüllter Boden
 – 1,20 m Sand, rotbraun, eisenschüssig, lehmig
 – 2,30 m Arkose, rötlich, eisenschüssig
 – 2,90 m Arkose, gelb, eisenschüssig, erdig
 – 4,80 m Arkose, hellgrau, kaolinisiert, mit groben Quarzgeröllen
 – 7,80 m Arkose, hellgrau, erdig, sandig, kaolinisiert
 – 8,40 m Detritustonstein, sandig-tonig
 – 9,40 m Grus, grau, Feldspäte zersetzt, Biotit noch erhalten
 0,0– 0,20 m Holozän; 0,20–1,20 m Pleistozän; 1,20–8,40 m Rotliegendes; 8,40–
 9,40 m Rotliegendes oder anstehender Granodiorit.
30. Bohransatzpunkt NN + 161,00 m
 0,0– 1,60 m brauner Sand
 – 2,40 m brauner sandiger Ton
 – 5,10 m Ölschiefer
 – 7,30 m Grus
 – 8,40 m Grus mit Geröllen bis 5 cm \varnothing
 – 10,00 m Grus
 0,0– 1,60 m Pleistozän; 1,60–5,10 m Messeler Schichten; 5,10–10,00 Rotliegendes
 oder liegende Messeler Schichten.
31. Bohransatzpunkt NN + 161,51 m
 0,0– 1,30 m Sand, rot
 – 3,10 m Ton, gelb
 – 4,90 m Ton, dunkelgrau, mit Spuren von Ölschiefer
 – 6,85 m Granodioritgrus mit Steinen
 0,0– 1,30 m Pleistozän; 1,30–4,90 m Messeler Schichten; 4,90–6,85 m Rotliegen-
 des oder liegende Messeler Schichten.
32. Bohransatzpunkt NN + 160,17 m
 0,0– 0,50 m Sand, rot
 – 0,90 m Sand, graugrün

- 1,40 m Sand, gelb
 - 1,80 m Detritustonstein
 - 2,30 m Arkose
 - 2,80 m Detritustonstein
 - 4,20 m Arkose
 - 4,80 m Detritustonstein
 - 6,90 m Arkose
 - 7,60 m Sandstein, rot
 - 8,20 m Sandstein, grün, mit Detritustonstein
 - 15,30 m Granodiorit, verwittert, darunter fester Fels
 - 0,0- 1,40 m Pleistozän; 1,40-8,20 m Rotliegendes; 8,20-15,30 m wahrscheinlich anstehender Granodiorit, darunter wurde das anstehende Gestein erbohrt.
33. Bohransatzpunkt NN + 158,05 m
- 0,0- 0,30 m rotbrauner, toniger Sand
 - 3,10 m grauer Sand, schwach tonig, 0,5 mm \varnothing
 - 6,00 m graugelber, sandiger Ton
 - 7,20 m gelber Sand, 0,3-3,0 mm \varnothing
 - 9,40 m graugrüner, fetter Ton
 - 11,80 m graublauer, fetter Ton
 - 17,80 m graugrüner, fetter Ton
 - 18,80 m dunkelbrauner, fetter Ton
 - 19,80 m graugrüner, fetter Ton
 - 20,80 m schwarzer Kohlenton, stark kohlig
 - 22,70 m Braunkohle, tonig
 - 23,10 m Verwitterungsgrus, graugrün
 - 80,20 m Ölschiefer, durchsetzt von Lagen graugrünen Gruses, 66,00-66,60 m und 70,20-70,60 m Braunkohle
 - 82,10 m hellgrauer Verwitterungsgrus mit Geröllen von Gneis (wahrscheinlich ein heller Metamorphit oder ein fluidalstruierter Quarzporphyr) und Hornstein, gemeißelt
 - 0,0-3,10 m Pleistozän; 3,10-23,10 m hangende klastische Sedimente, 23,10-80,20 m Ölschiefer, 80,20-82,10 m liegende klastische Sedimente, möglicherweise aber auch Rotliegendes.
34. Bohransatzpunkt NN + 160,15 m (WEBER, 10. 11. 1932)
- 0,0- 1,25 m gelblich brauner Sand
 - 2,50 m rotbrauner, eisenschüssiger Sand
 - 4,55 m grünlichgrauer, stark kaolinisierter Gesteinsgrus (vorwiegend Milchquarz in kaolinisierter weißer Grundmasse)
 - 4,70 m rotbrauner, sehr feinkörniger Sand bzw. Sandstein
 - 10,10 m roter, weißgebänderter mittelkörniger, stark kaolinisierter Sandstein (Arkosesandstein)
 - 0,0- 2,50 m Pleistozän; 2,50-10,10 m Rotliegendes.
35. Bohransatzpunkt NN + 149,66 m
- 0,0-61,00 m Ölschiefer
 - 73,80 m feiner grauer Sand, Kies, Geröll (Quarz, Diorit, Hornfels)
 - 0,0-61,00 m Ölschiefer; 61,00-73,80 m liegende klastische Sedimente, z. T. möglicherweise Rotliegendes.

36. Bohransatzpunkt NN + 160,16 m
 0,0– 0,30 m Sand, rotbraun
 –31,00 m Granodiorit, verwittert
 0,0– 0,30 m Pleistozän; 0,30–31,00 m im oberen Teil wahrscheinlich Rotliegendes, darunter anstehender Granodiorit.
37. Bohransatzpunkt NN + 160,25 m (WEBER, 10. 11. 1932)
 0,0– 1,35 m Sand
 – 2,45 m schmutziggrauer, stark kaolinisierter Gesteinsgrus (Quarzgeröll und kaolinisierte Grundmasse)
 – 2,75 m Kernstücke von
 1. rotbraunem, feinkörnigem, glimmerigem Quarzgestein,
 2. größerer hellgrauer bis rotbrauner glimmerhaltiger Quarzsandstein
 – 4,50 m stark kaolinisierter hellgrauer Gesteinsgrus (vorwiegend Quarzgerölle in einer kaolinisierten glimmerhaltigen Grundmasse)
 0,0– 1,35 m Pleistozän; 1,35–4,50 m Rotliegendes.
38.
 0,0– 0,50 m grauer Rotliegendgrus (umgelagert ?)
 – 1,40 m karminrote, feste, glimmerreiche Sandsteinschiefer
 – 2,05 m hellgrauer, stark kaolinisierter Detritustonstein, Glimmer unzersetzt
 0,0– 2,05 m Rotliegendes.
39.
 0,0– 1,60 m grauer, schwach kaolinisierter, glimmerhaltiger Rotliegendgrus (aufgefüllt ?)
 – 4,00 m hellgrauer, stark kaolinisierter schiefriger Sandstein, Glimmer unzersetzt
 0,0– 4,00 m Rotliegendes.
40. Bohransatzpunkt NN + 160,06 m
 0,0– 1,10 m aufgeschütteter Boden
 – 1,70 m gelblich-grauer, lehmiger Sand
 – 2,20 m rotbraun geflammter glimmeriger Sandstein
 – 3,85 m hellgraue kaolinisierte Arkose
 – 4,10 m rotbrauner glimmeriger fester Sandstein
 – 5,85 m weiße kaolinisierte Arkose
 – 6,80 m rotbrauner glimmeriger Sandstein
 – 9,90 m hellgraue kaolinisierte Arkose mit rotbraunen Sandsteineinlagerungen
 –19,70 m grünlichgrauer kaolinisierter Grus mit viel Glimmer und Chlorit-schüppchen und z. T. festen Granodioritbrocken, die trübe, kaolinisierte Feldspäte führen
 –24,10 m graugrüner kaolinisierter Grus, stark chloritführend. Eine Schlammprobe aus 24 m Tiefe ergab vorwiegend unregelmäßige, nicht abgerollte Quarzkörner, daneben einen schweren Gemengteil und einzelne Glimmerschüppchen
 –25,05 m dunkelgraugrüner, vertonter Grus, stark glimmer- und chlorithaltig
 0,0– 1,10 m Holozän; 1,10–1,70 m Pleistozän; 1,70–9,90 m Rotliegendes; 9,90–25,05 m wahrscheinlich anstehender zersetzter Granodiorit.

41. Bohransatzpunkt NN + 159,85 m (WEBER, 10. 11. 1932)
- 0,0– 0,70 m Aufschüttung
 - 2,35 m eisenschüssiger gelber Sand
 - 5,50 m grünlichgraue, stark kaolinisierte Arkose
 - 5,55 m rotgeflamnte, grünlichgraue, stark kaolinisierte Arkose
 - 8,05 m grünlichgraue, stark kaolinisierte Arkose
 - 8,75 m 1. 1 cm langes Kernstück von rotbraunem, feinkörnigem, feingeschichtetem, glimmerigem tonigem Sandstein,
 - 16,50 m 2. rot- und weißgebänderter toniger, stark kaolinisierter Sandstein grünlichgraues, stark kaolinisiertes Gestein (vorwiegend milchige Quarze mit kaolinisierten Feldspäten und grünlichen Chloriten)
 - 0,0– 0,70 m Holozän; 0,70–2,35 m Pleistozän; 2,35–8,75 m Rotliegendes; 8,75–16,50 m wahrscheinlich anstehender Granodiorit.
42. Bohransatzpunkt NN + 160,13 m
- 0,0– 5,50 m Hangendes
 - 9,10 m Ölschiefer
 - 11,70 m toniger Granodioritgrus mit größeren Quarzgeröllen.
 - 0,0– 9,10 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 9,10–11,70 m liegende klastische Sedimente, teilweise möglicherweise auch Rotliegendes
43. Bohransatzpunkt NN + 160,15 m
- 0,0– 1,00 m Rückstand
 - 1,50 m Lehm, gelb, sandig
 - 2,60 m Arkose mit noch erhaltenen Biotiten
 - 5,65 m Sandsteinschiefer, grau, glimmerreich
 - 6,40 m Arkose, graugrün
 - 6,70 m Sandstein, rötlich
 - 10,00 m Arkose mit Gneisbrocken (siehe Bohrung Nr. 33)
 - 0,0– 1,00 m Holozän; 1,00–1,50 m Pleistozän; 1,50–10,00 m Rotliegendes.
- 44.
- 0,0– 0,50 m aufgefüllter Boden
 - 1,15 m rotbrauner Sand
 - 1,60 m schwach zersetzte, graue Arkose
 - 2,10 m graugelbe, zersetzte Arkose
 - 3,95 m hellgrauer, stark kaolinisierter Detritustonstein, Glimmer unzersetzt
 - 0,0– 0,50 m Holozän; 0,50–1,15 m Pleistozän; 1,15–3,95 m Rotliegendes.
45. Bohransatzpunkt NN + 159,98 m
- 0,0– 1,70 m Lehm, sandig, eisenschüssig
 - 2,00 m Ölschiefer, unrein
 - 2,60 m Granodioritgrus, hellgrau
 - 3,40 m Ölschiefer
 - 10,00 m Grus, hellgrau mit abgerundeten Quarzgeröllen von 80 mm \varnothing
 - 0,0– 1,70 m Pleistozän; 1,70–3,50 m Ölschiefer; 3,50–10,00 m liegende klastische Sedimente, im unteren Teil möglicherweise Rotliegendes.

46. Bohransatzpunkt NN + 161,31 m
- 0,0– 7,00 m Hangendes und Ölschiefer
 - 8,00 m Ton mit Granodiorit
 - 11,50 m Granodiorit, verwittert
 - 12,00 m Granodiorit, verwittert, mit Ölschieferspuren
 - 17,80 m Granodiorit, grün, verwittert
 - 18,00 m Granodiorit, hellgrau
 - 20,00 m Granodiorit, graugrün
 - 26,00 m Granodiorit, graugrün, schwach zersetzt, verwittert
- 0,0– 7,00 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 7,00–12,00 m liegende klastische Sedimente; 12,00–26,00 m möglicherweise z. T. Rotliegendes, darunter anstehender Granodiorit.
47. Bohransatzpunkt NN + 161,35 m
- 0,0– 2,10 m aufgefüllt
 - 2,30 m Sand, rot
 - 4,00 m Ton, graugrün, mit Ölschiefer
 - 7,00 m Ölschiefer
 - 10,00 m Ölschiefer
 - 12,30 m Ölschiefer, unrein
 - 13,30 m Granodiorit und Tone
 - 14,70 m Granodiorit, verwittert
 - 15,70 m Ölschiefer, unrein
 - 17,70 m Granodiorit, verwittert
- 0,0– 2,10 m Holozän; 2,10–2,30 m Pleistozän; 2,30–15,70 m hangende klastische Sedimente, Ölschiefer, 15,70–17,70 m liegende klastische Sedimente oder Rotliegendes oder anstehender Granodiorit.
48. Bohransatzpunkt NN + 161,75 m
- 0,0– 1,85 m Sand, rot
 - 2,40 m Sand, gelb
 - 4,80 m Ton, dunkelgrau mit Ölschiefer
 - 16,10 m Ölschiefer
 - 17,25 m Granodiorit, verwittert
- 0,0– 1,85 m Pleistozän; 1,85–4,80 m hangende klastische Sedimente, 4,80–16,10 m Ölschiefer; 16,10–17,25 m liegende klastische Sedimente oder Rotliegendes oder anstehender Granodiorit.
49. Bohransatzpunkt NN + 131,90 m
- 0,0–104,00 m Ölschiefer
 - 107,00 m sandiger feiner Quarzkies bis 5 mm Korngröße
 - 122,05 m Ölschiefer
 - 124,90 m sandiger feiner Kies bis 5 mm Korngröße, Milchquarzgeröll und zersetztes dunkelgrün-schwarzes Gestein
 - 125,00 m dunkelgrün-schwarzer Gesteinsgrus, bestehend vorwiegend aus hellen Feldspatleistchen und kleinen Hornblenden, daneben Quarz und Schwefelkies (zersetzter Diorit ?)
- 0,0–125,00 m Messeler Schichten.

50. Bohransatzpunkt NN + 160,42 m
 0,0– 1,30 m aufgefüllt
 – 1,50 m Detritustonstein
 – 2,80 m Sandstein, gelb
 – 3,30 m Detritustonstein
 – 3,60 m Arkose, verwittert
 – 3,80 m Detritustonstein
 – 6,50 m Arkose, verwittert
 – 6,60 m Detritustonstein
 –11,00 m Arkose verwittert
 –12,50 m Arkose, grün
 –13,10 m Detritustonstein
 –13,30 m Arkose, verwittert
 –13,50 m Detritustonstein
 –22,00 m Granodiorit, hart, grün, verwittert
 0,0– 1,30 m Holozän; 1,30–13,50 m Rotliegendes; 13,50–22,00 wahrscheinlich anstehender Granodiorit.
51. Bohransatzpunkt NN + 161,79 m
 0,0– 5,80 m Hangendes und Ölschiefer
 –10,00 m Granodiorit, verwittert
 0,0– 5,80 m Quartär, Messeler Schichten; 5,80–10,00 m wahrscheinlich Rotliegendes, im unteren Teil möglicherweise anstehender Granodiorit.
52. Bohransatzpunkt NN + 161,66 m
 0,0– 1,70 m Sand, gelb
 – 2,00 m Sand, rotbraun, eisenschüssig
 – 2,50 m Lehm, graugelb, sandig
 – 4,10 m Granodioritgrus, gelb, eisenschüssig
 –13,50 m Granodioritgrus, hellgrau, mit Quarzgeröllen
 0,0– 2,50 m Pleistozän; 2,50–13,50 m wahrscheinlich Rotliegendes.
53. Bohransatzpunkt NN + 161,62 m
 0,0– 1,50 m Sand, rot
 – 3,50 m Ton mit Ölschiefer durchzogen
 – 9,00 m Ölschiefer
 –12,30 m Granodiorit, verwittert
 0,0– 1,50 m Pleistozän; 1,50–9,00 m hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 9,00–12,30 m liegende klastische Sedimente, möglicherweise auch Rotliegendes, im unteren Teil auch anstehender Granodiorit.
54. Bohransatzpunkt NN + 161,80 m
 0,0– 3,90 m Abraum
 –39,85 m Ölschiefer
 –45,10 m Gesteinsgrus, grünlichgrau, kaolinisiert
 –45,40 m 2 cm langes Kernstück, 3 cm \varnothing , von hellgrauem, festem, schwach kaolinisiertem Granodiorit
 0,0–39,85 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 39,85–45,10 m liegende klastische Sedimente, im unteren Teil möglicherweise in Rotliegendes und schließlich in anstehenden Granodiorit übergehend.

55. Bohransatzpunkt NN + 162,41 m
 0,0– 1,00 m Schutt
 – 5,50 m Granodioritgrus, graugelb
 –10,00 m Granodioritgrus, hellgrau, Biotite erhalten
 0,0– 1,00 m Holozän; 1,00–10,00 m anstehender Granodiorit, im oberen Teil möglicherweise Rotliegendes.
56. Bohransatzpunkt NN + 139,40 m
 0,0–48,00 m Ölschiefer
 –51,00 m Granodioritgrus mit Quarz und Pyrit-imprägniertem Granodiorit (HENTSCHEL, 18. 5. 1957)
 0,0–51,00 m Messeler Schichten.
57. Bohransatzpunkt NN + 111,80 m
 0,0–80,00 m Ölschiefer
 –81,00 m Ton, weiß, fettig
 –82,00 m Granodiorit, verwittert { vorwiegend granodioritisches Material mit
 weißtrüben Feldspäten (HENTSCHEL,
 18. 5. 1957)
 0,0–81,00 m Messeler Schichten; 81,00–82,00 m möglicherweise anstehender Granodiorit.
58. Bohransatzpunkt NN + 157,10 m
 0,0– 0,90 m rotbrauner, sandiger Lehm
 – 3,20 m grauer, toniger Sand
 – 4,40 m graugrüner, sandiger Ton
 – 5,50 m grauer, sandiger Ton
 – 5,70 m graugelber, sandiger Ton
 – 6,00 m grauer, sandiger Ton
 – 7,10 m rotbrauner, steiniger Lehm
 – 8,40 m graugelber, sandiger Ton
 –17,10 m graublauer, fetter Ton mit häufigen Spuren von Eisenoxid
 –18,20 m graublauer, fetter Ton
 –18,60 m Kohlenton, schwarz, stark kohlig
 –19,30 m dunkelgrauer, fetter Ton
 –20,60 m graublauer, fetter Ton
 –23,50 m brauner, fetter Ton mit Braunkohle durchsetzt
 –25,50 m Kohlenton, schwarz, stark kohlig
 –60,60 m graugrüner Verwitterungsgrus
 0,0– 3,20 m Pleistozän; 3,20–25,50 m hangende klastische Sedimente, 25,50 m bis 60,00 m z. T. liegende klastische Sedimente, im unteren Teil möglicherweise Rotliegendes.
59. Bohransatzpunkt NN + 158,74 m
 0,0–38,40 m Ölschiefer
 –38,90 m Grus, grau bis hellgrau
 –39,00 m Grus, grau bis hellgrau, mit Schwefelkies
 –42,90 m Grus, hellgrau, fest
 0,0–38,40 m Ölschiefer; 38,40–42,90 m liegende klastische Sedimente, im unteren Teil möglicherweise Rotliegendes oder kristallines Grundgebirge.

- 60.
- 0,0– 2,10 m Rückstand
 - 4,20 m schwarzer Schlamm
 - 5,20 m brauner Lehm
 - 14,80 m Grus
 - 0,0– 4,20 m Holozän; 4,20–5,20 m Pleistozän; 5,20–14,80 m im oberen Teil möglicherweise Rotliegendes, darunter wahrscheinlich anstehender Granodiorit.
61. Bohransatzpunkt NN + 163,55 m
- 0,0– 1,10 m gelblicher Ton
 - 2,00 m rotbrauner toniger Sand
 - 3,20 m gelblicher Ton
 - 3,60 m brauner Ton
 - 5,90 m gelblicher Ton
 - 7,10 m graubrauner Ton
 - 8,50 m graublauer Ton
 - 9,20 m schwarzbrauner Ton
 - 11,40 m graublauer Ton
 - 15,30 m graubrauner Ton
 - 16,10 m dunkelgrauer toniger Sand
 - 16,40 m graubrauner Ton mit Ölschiefer
 - 18,20 m graugrüner sandiger Ton
 - 24,00 m graubrauner sandiger Ton
 - 26,10 m graublauer sandiger Ton
 - 34,00 m graubrauner sandiger Ton mit Amphibolitgeröll
 - 35,20 m grauer tonig-kiesiger Grus
 - 0,0–34,00 m Messeler Schichten; 34,00–35,20 m möglicherweise anstehender Granodiorit oder Rotliegendes.
62. Bohransatzpunkt NN + 157,90 m
- 0,0–23,20 m Ölschiefer
 - 26,10 m Granodioritgrus, grau, mit eckigen Brocken festen Granodiorits
 - 0,0–23,20 m Messeler Schichten; 23,20–26,10 m wahrscheinlich anstehender Granodiorit, möglicherweise auch Rotliegendes.
63. Bohransatzpunkt NN + 129,44 m
- 0,0–89,60 m Ölschiefer
 - 90,70 m grauer, sandiger Ton
 - 91,60 m Grus, grau
 - 94,10 m grauer, sandiger, kalkhaltiger Ton
 - 94,70 m Ölschiefer, unrein
 - 97,20 m graubrauner, mürber Mergelschiefer
 - 102,20 m Ölschiefer
 - 105,60 m Ölschiefer, unrein
 - 107,10 m Grus, grau bis hellgrau
 - 116,20 m Ölschiefer
 - 117,50 m Ölschiefer, mit Grus durchzogen
 - 120,60 m grauer Verwitterungsgrus
 - 121,80 m hellgrauer, fester Grus
 - 0,0–121,80 m Messeler Schichten, ab 120,60 m möglicherweise auch anstehender Granodiorit.

64. Bohransatzpunkt NN + 140,18 m
 0,0–78,30 m Ölschiefer
 –82,00 m graubrauner Granodioritgrus mit Geröllen aus festem Granodiorit, graublauer Ton
 0,0–82,00 m Messeler Schichten
65. Bohransatzpunkt NN + 157,84 m
 0,0–18,20 m Ölschiefer
 –19,10 m Grus, graubraun mit Granodioritgeröllen
 –21,00 m Verwitterungsgrus, hellgrau, fest
 0,0–18,20 m Ölschiefer; 18,20–21,00 m liegende klastische Sedimente, möglicherweise auch Rotliegendes, ab 19,10 m möglicherweise kristallines Grundgebirge.
66. Bohransatzpunkt NN + 165,54 m
 0,0– 5,00 m Sand und Ton
 –17,65 m Ton und Grus mit Ölschieferteilchen
 –20,15 m tonig-kiesiger Grus mit Granodiorit- und Quarzgeröllen und quarzitischem Tonschiefer
 –36,10 m toniger grobkiesiger Grus
 –36,85 m Grus
 0,0–17,65 m Quartär, Messeler Schichten; 17,65–36,10 m möglicherweise Rotliegendes; 36,10–36,85 m möglicherweise kristallines Grundgebirge.
67.
 0,0–27,40 m Schlacke
 –30,05 m unreiner Ton
 –31,55 m braungrünlicher Ton
 –37,10 m Grus, graugrün
 0,0–27,40 m Halde; 27,40–31,55 m Messeler Schichten; 31,55–37,10 m Rotliegendes oder Messeler Schichten.
68. Bohransatzpunkt NN + 138 m (WEBER, 15. 11. 1932)
 0,00–142,15 m Ölschiefer
 –152,40 m Amphibolitgerölle, durch Kalkspat verkittete Quarze, Schwefelkies
 –154,60 m Ölschiefer
 –156,80 m Ton, Quarzgerölle und großes Kalkgeröll
 0,0–156,80 m Messeler Schichten.
69. Bohransatzpunkt NN + 128,50 m (WEBER, 21. 11. 1932)
 0,0–151,10 m Ölschiefer
 –162,10 m hellgrauer, grober Sand bis 8 mm Korngröße, vorwiegend aus Quarzkörnern bestehend, ganz untergeordnet dunkle Gemengteile
 –170,00 m hellgrauer, feiner Sand bis 2 mm Korngröße, vorwiegend hellgraue Milchquarze, daneben grobe, helle Glimmerschüppchen
 –175,60 m hellgrauer, sehr feiner Quarzsand, 0,5 mm Korngröße, mit einzelnen hellen Glimmerschüppchen

0,0–175,60 m Messeler Schichten.

Die unverritzte Erdoberfläche lag etwa bei 162 m NN. Bei Berücksichtigung von etwa 3–4 m quartärer und mitteleozäner Deckschichten errechnet sich die Ölschiefermächtigkeit zu rund 181 m.

70. Bohransatzpunkt NN + 129 m
 0,0–157,70 m Ölschiefer
 –166,90 m Granodioritgrus
 –167,50 m grauer sandiger Grus, bis 5 mm Korngröße, überwiegend Quarzgerölle
 0,0–167,50 m Messeler Schichten.

Die unverritzte Erdoberfläche lag etwa bei 162 m NN. Bei Berücksichtigung von etwa 3–4 m quartärer und mitteleozäner Deckschichten errechnet sich die Ölschiefermächtigkeit zu rund 187 m.

71. Bohransatzpunkt NN + 157,78 m
 0,0–39,10 m Ölschiefer
 –42,70 m Verwitterungsgrus, hellgrau, mit Geröll: Melaphyr, Feldspat, Quarz und Granodiorit
 0,0–39,10 m Ölschiefer; 39,10–42,70 m liegende klastische Sedimente oder Rotliegendes.

72. Bohransatzpunkt NN + 167,00 m
 0,0– 0,90 m toniger Sand mit Diorit
 – 2,10 m roter sandiger Ton mit Diorit
 – 3,15 m graubrauner, sandiger Ton mit Diorit
 – 4,60 m graubrauner Sand
 – 5,70 m roter toniger Sand
 – 6,65 m Dioritgeröll
 – 7,70 m roter toniger Sand mit Diorit
 –10,15 m graubrauner Ton mit Diorit
 –11,30 m brauner Sand
 –12,85 m Diorit
 –13,70 m Granophyr
 –15,65 m toniger Sand mit Diorit
 –17,30 m graugrüner Ton, z. T. sandig, mit Diorit
 –18,80 m blaugrüner Ton mit Diorit
 –20,15 m graugrüner sandiger Ton
 –24,60 m graugrüner Ton
 –25,40 m hellgrauer reiner Ton
 –27,20 m blaugrauer reiner Ton
 –28,10 m graubrauner reiner Ton
 –29,50 m graublauer reiner Ton
 –30,10 m graubrauner reiner Ton
 –31,55 m graublauer reiner Ton
 –32,65 m brauner Ton mit Ölschiefer
 –122,90 m Ölschiefer
 –127,80 m Ölschiefer, mit geringen Verunreinigungen durch hellgrauen kaolinisierten Grus
 –127,86 m fester Granodiorit
 0,0– 0,90 m Pleistozän; 0,90–127,80 m Messeler Schichten; 127,80–127,86 m anstehender Granodiorit.

73. Bohransatzpunkt NN + 171,34 m
 0,0–20,70 m Hangende Sande und Tone
 –24,70 m Ölschiefer
 –28,90 m graugrüner sandiger Ton
 –31,80 m Dioritgrus
 –31,90 m Diorit, fest (Bohrkern)
 0,0–28,90 m Quartär, Messeler Schichten; 28,90–31,90 m anstehender Diorit.
74.
 0,0– 1,15 m aufgefülltes Material
 – 1,75 m grauer Sand
 – 2,25 m grünlichgrauer Grus
 – 3,10 m grünlichgrauer fester Sandstein
 – 7,00 m grünlichgrauer kaolinisierter, glimmeriger Gesteinsgrus mit festen Brocken von mürbem, kaolinisiertem Granodiorit
 0,0– 1,15 m Auffüllung; 1,15–1,75 m Pleistozän; 1,75–3,10 m Rotliegendes; 3,10–7,00 m anstehender Granodiorit oder Rotliegendes.
75. (nach WEBER)
 1,45– 2,30 m grauer Ton
 – 2,95 m grünlich-hellgrauer fester Sandstein
 – 9,00 m graugrüner kaolinisierter Grus
 0,0– 2,30 m Quartär; 2,30–2,95 m Rotliegendes; 2,95–9,00 m möglicherweise anstehendes Kristallin.
76. Bohransatzpunkt NN + 141,80 m
 0,0–61,30 m Ölschiefer
 –64,10 m Granodioritgrus, fest, mit Geröllen bis 3 cm \varnothing
 0,0–61,30 m Mitteleozän; 61,30–64,10 m liegende Messeler Schichten, möglicherweise auch Rotliegendes.
77. Bohransatzpunkt NN + 156,75 m
 0,0–12,40 m Grus, geröllführend, und Ölschiefer, wechsellagernd
 –25,40 m Grus, hellgrau, mit Geröllen von Granodiorit und Gneis (siehe Bohrung Nr. 33)
 0,0–12,40 m Messeler Schichten; 12,40–25,40 m liegende klastische Sedimente oder Rotliegendes.
78. Bohransatzpunkt NN + 165,90 m
 0,0–35,90 m Ton, Sand, Geröll (Diorit), Hangendes
 –133,90 m Ölschiefer
 –136,95 m sandiger Kies, Dioritgerölle, untergeordnet kalkhaltige dunkelbraune Hornsteine
 0,0–136,95 m Quartär, Messeler Schichten.
79. Bohransatzpunkt NN + 164,20 m (WEBER, 22. 11. 1932)
 0,0– 0,60 m rötlicher toniger Sand
 – 1,50 m weißer Ton
 – 2,70 m dunkelbrauner Kohlenton
 – 3,00 m bräunlicher, eisenschüssiger, leichter Ton

- 6,00 m Kohlenton
 -125,00 m Ölschiefer
 -128,70 m hellgrauer Ton
 -139,00 m Ölschiefer
 -147,40 m dünne Ölschiefer und hellgraue Tone wechsellagernd
 -162,20 m unreine Ölschiefer
 -163,20 m Gesteinsgrus von Quarzkörnern, Dioritkörnern und schwarzem Hornstein; Felsen; 2,5 cm langer Kern eines gebänderten, feinkristallinen, bräunlichschwarzen, hornsteinähnlichen, kalkhaltigen Gesteins (Amphibolit).
- 0,0- 0,60 m Quartär; 0,60-6,00 m hangende klastische Sedimente; 6,00-162,20 m Ölschiefer; 162,20-163,20 m liegende klastische Sedimente, unten möglicherweise anstehendes kristallines Grundgebirge.
80. Bohransatzpunkt NN + 169,00 m
- 0,0-83,20 m Ölschiefer
 -83,75 m Dioritgeröll
 -89,10 m Ölschiefer mit Ton wechsellagernd
 -94,70 m Ton und Sand
 -97,00 m sandiger Ton (Grus)
- 0,0-89,10 m Miozän; 89,10-97,00 m liegende klastische Sedimente.
81. Bohransatzpunkt NN + 158,80 m
- 0,0-13,50 m Ölschiefer
 -14,70 m Grus, dunkelgrau
 -19,60 m Grus, mit Granodioritgeröllen bis 4 cm \varnothing
- 0,0-13,50 m Miozän; 13,50-19,60 m Rotliegendes oder liegende klastische Sedimente.
82. Bohransatzpunkt NN + 162,30 m
- 0,0- 3,50 m Hangendes
 -34,70 m Ölschiefer
 -41,00 m graugrüner kaolinisierter Grus mit dunkelgrau gebänderten Amphibolitgeröllen
- 0,0-34,70 m Quartär, Miozän; 34,70-41,00 m Messeler Schichten oder Rotliegendes.
83. Bohransatzpunkt NN + 162,32 m
- 0,0-39,90 m Ölschiefer
 -40,30 m Grus
 -41,20 m Ölschiefer, unrein
 -44,10 m Granodioritgrus
 -45,20 m Ölschiefer, unrein
 -52,50 m Granodioritgrus
 -52,90 m Ölschiefer, unrein
 -57,90 m Granodioritgrus
 -58,10 m Granodiorit, fest
 (ab 57,50 m Meißelarbeit)
- 0,0-57,50 m Messeler Schichten; 57,50-58,10 m anstehender Granodiorit.

84. Bohransatzpunkt NN + 158,80 m
 0,0–14,00 m Ölschiefer
 –18,00 m Granodioritgrus, mit Geröllen bis 15 cm \varnothing
 0,0–18,00 m Messeler Schichten; ab 14,00 m z. T. möglicherweise Rotliegendes.
85. Bohransatzpunkt NN + 159,12 m
 0,0–12,20 m Ölschiefer
 –30,90 m Ölschiefer, unrein
 –32,80 m Granodioritgrus
 –34,90 m Ölschiefer, unrein
 –37,70 m Granodioritgrus
 –38,20 m Ölschiefer, unrein
 –40,60 m Granodioritgrus
 –41,00 m Ölschiefer, unrein
 –45,60 m Granodioritgrus
 –45,90 m Ölschiefer mit Granodioritgrus
 –48,80 m Granodioritgrus
 –50,10 m Ölschiefer mit Granodioritgrus
 –50,90 m graubrauner Grus
 –51,80 m Granodioritgrus, grau, mit Geröllen von Granodiorit, Amphibolit, Melaphyr
 Bohrung eingestellt, da auch mit Meißel kaum noch Vortrieb zu erreichen.
 0,0–51,80 m Messeler Schichten; ab 50,10 m möglicherweise auch Rotliegendes.
86. Bohransatzpunkt NN + 173,70 m
 0,0– 1,00 m toniger Sand
 – 1,70 m verwitterte Dioritbrocken
 – 5,40 m fetter Ton
 – 6,10 m Ton mit Schieferschmitzen
 – 7,10 m fetter Ton
 – 7,80 m Ton mit verwitterten Dioritbrocken
 – 9,50 m Ton, teilweise mit Einlagerungen
 – 9,70 m verwitterte Gesteinsbrocken
 – 9,90 m sandiger Ton
 –10,50 m Ton
 –11,60 m Ton, mit verwitterten Dioritbrocken
 –12,40 m fetter Ton
 –13,00 m Ton mit Schiefereinlagerungen
 0,0– 1,70 m Pleistozän; 1,70–13,00 m Messeler Schichten.
87. Bohransatzpunkt NN + 161,00 m
 0,0–29,50 m Ölschiefer, Hangendes
 –31,00 m Kies mit Geröll
 –31,15 m verwitterter Granodiorit, darunter fester Granodiorit
 0,0–31,00 m Quartär, Messeler Schichten; 31,00–31,15 m anstehender Granodiorit.
88. Bohransatzpunkt NN + 162,50 m
 0,0– 4,80 m Sand und Ton
 – 7,80 m Ölschiefer
 –15,50 m hellgrauer kaolinisierter Grus mit Geröll (nach WEBER Amphibolit)
 0,0– 7,80 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 7,80–15,50 m liegende klastische Sedimente oder Rotliegendes.

89. Bohransatzpunkt NN + 169,80 m (?)
- 0,0–13,00 m Ton und Sand
 - 101,10 m Ölschiefer
 - 101,21 m Dioritgeröll
- (Bohrung eingestellt, da kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen war)
- 0,0–101,10 m Quartär, hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 101,10–101,21 m wahrscheinlich liegende klastische Sedimente, möglicherweise auch anstehender Diorit.
90. Bohransatzpunkt NN + 164,70 m
- 0,0– 1,65 m heller, rötlicher Sand
 - 2,20 m brauner Sand, eisenschüssig
 - 3,90 m Kohlenton
 - 21,30 m Ölschiefer
 - 27,70 m grauer kaolinisierter Grus mit Geröllen (Granodiorit, Diorit, Amphibolit)
- 0,0– 2,20 m Pleistozän; 2,20–21,30 m hangende klastische Sedimente, Ölschiefer; 21,30–27,70 m Rotliegendes oder liegende klastische Sedimente.
91. Bohransatzpunkt NN + 153,80 m
- 0,0– 0,70 m Verwitterungsgrus, graugrün
 - 7,80 m Ölschiefer, unrein
 - 10,80 m Ölschiefer
 - 17,00 m Ölschiefer, unrein
 - 32,80 m Ölschiefer
 - 46,10 m Ölschiefer, unrein
 - 47,40 m Verwitterungsgrus, graugrün, mit Ölschiefer durchsetzt
 - 48,20 m Ölschiefer, unrein
 - 49,40 m Verwitterungsgrus, grau
 - 50,20 m Ölschiefer, unrein
 - 53,00 m Verwitterungsgrus mit Ölschiefer durchsetzt
 - 53,30 m Ölschiefer, unrein
 - 53,90 m Verwitterungsgrus, graugrün
 - 56,20 m Ton, hellgrau, schwach sandig
 - 58,30 m hellgrauer Verwitterungsgrus mit Dioritgeröllen
- 0,0–58,30 m Messeler Schichten; ab 56,20 m möglicherweise Rotliegendes.
92. Bohransatzpunkt NN + 151,05 m
- 0,0– 7,80 m Ölschiefer
 - 12,10 m Ölschiefer, unrein
 - 37,40 m Ölschiefer
 - 39,50 m Grus, graugrün
 - 40,10 m Grus, graugrün, mit Ölschiefer durchsetzt
 - 56,00 m Ölschiefer, unrein
 - 64,40 m Ölschiefer
 - 72,00 m Ölschiefer, unrein
 - 73,10 m Grus, grau
 - 77,90 m Ölschiefer, unrein
 - 79,40 m Braunkohlen
 - 80,10 m Ton, graubraun, mit Grus durchsetzt
 - 80,90 m Grus, grau (Meißelarbeit)
- 0,0–80,10 m Messeler Schichten; 80,10–80,90 m anstehendes Kristallin.

- 93.
- 0,0– 0,60 m Humuserde
 – 2,70 m Sand
 –14,50 m gelber Ton
 –15,50 m bunter Ton
 –18,90 m brauner Ton
 –23,00 m Konglomerate mit gelbem Ton und Geröllen, darunter geschichtetes Gestein
- 0,0– 2,70 m Quartär; 2,70–23,00 m Messeler Schichten. Die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten.
- 94.
- Bohransatzpunkt NN + 170,50 m
- 0,0–24,90 m Hangendes (Sand, Kies, Ton)
 –31,00 m Ölschiefer
 –33,50 m grünlichgrauer glimmeriger Grus
 –37,75 m Diorit (Gesteinssplitter)
- 0,0–33,50 m Quartär, Messeler Schichten; 33,50–37,75 m anstehender Diorit.
- 95.
- Bohransatzpunkt NN + 164,50 m
- 0,0– 5,00 m Sand und Ton
 –31,10 m Ölschiefer
 –32,00 m graugrüner Ton mit Geröll
 –40,00 m graugrün kaolinisierter Grus mit Amphibolit- und Hornsteingeröll
- 0,0–32,00 m Quartär, Messeler Schichten; 32,00–40,00 m möglicherweise Rotliegendes.
- 96.
- Bohransatzpunkt NN + 168,00 m
- 0,0–17,40 m Tone
 –22,90 m Ölschiefer
 –25,95 m dünne Schichten bunter Tone mit braunem Trümmergestein
 –27,45 m brauner Ton
 –28,80 m brauner Ton
 –29,10 m grauer Ton
 –29,30 m unreiner brauner Ton
 –29,80 m Sand, Kies, Gerölle (hellgraue Quarze, Diorit, Amphibolit)
 –31,20 m unreiner graubrauner Ton
 –32,05 m hellgrauer Ton
 –32,25 m graugestreifter brauner Ton
 –32,60 m grauer Ton
- 0,0–32,60 m Quartär, Messeler Schichten.
- 97.
- Bohransatzpunkt NN + 164,80 m
- 0,0–20,30 m Ölschiefer und Hangendes
 –20,95 m Kies mit Geröll
 –21,10 m verwitterter Granodiorit, darunter fester Granodiorit
- 0,0–20,95 m Quartär, Messeler Schichten; 20,95–21,10 m anstehender Granodiorit.
- 98.
- 0,0– 0,25 m Humuserde
 – 1,20 m Sand
 – 1,80 m brauner Ton
 – 6,50 m bunter Ton mit Geröllen

- 7,10 m Schiefer mit Kies
 - 8,20 m Ölschiefer
 0,0- 1,20 m Pleistozän; 1,20-8,20 m Messeler Schichten.
- 99.
- 0,0- 0,45 m Humuserde
 - 0,70 m Sand
 - 5,30 m brauner Ton
 - 6,00 m Konglomerate
 - 6,60 m brauner Ton
 -12,30 m bunter Ton mit Geröll
 -12,80 m Gerölle, darunter geschichtetes Gestein
 0,0- 0,70 m Pleistozän; 0,70-12,80 m Messeler Schichten; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten.
- 100.
- 0,0- 0,40 m Humuserde
 - 1,10 m Sand
 - 8,60 m grauer Ton
 -17,00 m bunter Ton mit Geröll, darunter geschichtetes Gestein
 0,0-1,10 m Pleistozän; 1,10-17,00 m Messeler Schichten; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten.
- 101.
- Bohransatzpunkt NN + 171,50 m (WEBER, 22. 11. 1932)
 0,0-30,05 m tonige Sande und sandige Tone
 -30,70 m rötlicher dichter Fels (Aplit oder Hornfels ?)
 -32,00 m hellgrauer Kaolinton
 -32,60 m Dioritgrus
 -35,40 m grünliche Tone mit Dioritgeröll
 -40,30 m zersetzter Dioritgrus
 0,0-35,40 m Messeler Schichten; 35,40-40,30 m wahrscheinlich anstehender Diorit.
- 102.
- 0,0- 0,30 m Humuserde
 - 1,35 m Sand
 - 1,70 m brauner Ton
 - 6,10 m bunter Ton
 - 6,60 m Konglomerate
 - 7,20 m bunter Ton
 - 7,75 m Konglomerate
 - 9,00 m bunter Ton
 - 9,40 m Konglomerate
 -10,60 m bunter Ton
 -11,00 m Konglomerate
 -12,00 m bunter Ton
 -12,40 m Konglomerate, darunter geschichtetes Gestein
 0,0- 1,35 m Pleistozän; 1,35-12,40 m Messeler Schichten; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten.
- 103.
- 0,0- 0,35 m Humuserde
 - 1,00 m Sand
 - 8,40 m grauer Ton
 -18,30 m bunter Ton mit Geröll, darunter geschichtetes Gestein
 0,0- 1,00 m Pleistozän; 1,00-18,30 m Messeler Schichten; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten.

- 104.
- | | |
|-------------|---|
| 0,0– 0,25 m | Humuserde |
| – 0,50 m | Sand |
| – 9,40 m | brauner Ton |
| – 9,70 m | Konglomerate |
| –10,20 m | brauner Ton |
| –23,00 m | bunter Ton mit Geröllen, darunter geschichtetes Gestein |
| 0,0– 0,50 m | Pleistozän; 0,50–23,00 m Mitteleozän; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten. |
- 105.
- | | |
|-------------|--|
| | Bohransatzpunkt NN + 161,64 m |
| 0,0– 0,80 m | Sand, graublau, mit Ton |
| – 2,70 m | Sand, hellgrau, mit Ton |
| – 3,60 m | Sand, hellblau, mit Ton |
| – 3,70 m | Steine, blaugrau, sehr hart |
| – 5,10 m | Sand mit Ton |
| – 5,80 m | Sand, gelbbraun, mit Ton |
| –11,00 m | Ton, hellgrau |
| –13,00 m | Steine |
| –20,00 m | Granodiorit, sehr hart, verwittert |
| 0,0–13,00 m | Messeler Schichten; 13,00–20,00 m anstehender Granodiorit. |
- 106.
- | | |
|-------------|--|
| 0,0– 0,30 m | Humuserde |
| – 0,60 m | Sand |
| –10,30 m | grauer Ton |
| –15,60 m | bunter Ton mit Geröllen, darunter geschichtetes Gestein |
| 0,0– 0,60 m | Pleistozän; 0,60–12,60 m Messeler Schichten; die geschichteten Gesteine im Liegenden sind wahrscheinlich ebenfalls Messeler Schichten. |
- 107.
- | | |
|-------------|--|
| | Bohransatzpunkt NN + 165,75 m |
| 0,0– 2,30 m | Kies, graugelb, mit Steinen |
| – 3,70 m | Kies, gelbbraun |
| – 4,00 m | Kies, hellbraun, mit Ton und Spuren von Ölschiefer |
| – 5,60 m | Ton, dunkelbraun, mit etwas Ölschiefer |
| – 6,00 m | Granodiorit, verwittert |
| – 6,90 m | Ton, dunkelbraun, mit etwas Ölschiefer |
| – 7,50 m | Sand, blaugrau, mit Ton |
| – 9,00 m | Sand, hellgrau, mit Ton |
| –14,00 m | Sand, hellgrau, mit Ton |
| –18,00 m | Sand, dunkelgrau, mit Ton |
| 0,0– 3,70 m | Pleistozän; 3,70–18,00 m Messeler Schichten. |
- 108.
- | | |
|-------------|--------------------------------------|
| | Bohransatzpunkt NN + 167,66 m |
| 0,0– 0,30 m | Mutterboden |
| – 0,70 m | Ton, graugelb, mit Kies |
| – 1,50 m | Ton, graugrün, mit Kies |
| – 2,10 m | Sand, rostbraun |
| – 3,90 m | Granodiorit, verwittert |
| – 5,60 m | Steine, hart |
| – 9,00 m | Granodiorit, verwittert, mit Steinen |
| – 9,90 m | Ton, graugrün, mit Basaltsteinen |
| –11,10 m | Sand, gelb, mit Ton |

- 12,00 m Sand, graugelb, mit Ton
 -12,70 m Sand, graugrün, mit Ton
 -14,20 m Sand, dunkelgrau, mit Ton
 -15,40 m Sand, graugrün, mit Ton
 -15,90 m Sand, graugelb, mit Steinen
 -19,00 m Sand, hellgrau
 -22,00 m Sand, hellgrau, mit Steinen bei 19,70 m
 0,0– 0,30 m Quartär; 0,30–22,00 m Messeler Schichten.
109. Bohransatzpunkt NN + 162,42 m
 0,0– 2,50 m Ton, dunkelgrau
 – 2,70 m Granodiorit, verwittert
 – 2,80 m Rotliegendmaterial, umgelagert
 – 5,50 m Granodiorit, verwittert
 – 7,00 m Ton, grau, hart
 –12,50 m Ton mit grauem Sand, weich
 0,0–12,50 m Messeler Schichten.
110. Bohransatzpunkt NN + 163,13 m
 0,0– 2,00 m Ton, rot
 – 5,70 m Detritustonstein
 – 5,80 m Detritustonstein, hart
 –12,00 m Detritustonstein mit Arkosen wechsellagernd
 0,0–12,00 m Rotliegendes.
111. Bohransatzpunkt NN + 163,74 m
 0,0– 1,00 m Ton, gelb
 – 2,00 m Granodiorit, verwittert
 – 7,50 m Granodiorit, verwittert, hart
 – 9,30 m Ton, gelb
 –11,00 m Ton, grau, hell
 –12,50 m Ton mit Sand, grau
 0,0–12,50 m Messeler Schichten.
112.
 0,0– 1,00 m Ton mit Sand, gelb
 – 2,50 m Detritustonstein
 – 2,80 m Arkose, verwittert
 – 3,60 m Detritustonstein mit Arkose
 – 3,80 m Detritustonstein, grün, hell
 – 6,00 m Arkose mit Detritustonstein, verwittert
 – 6,60 m Detritustonstein, grün, mit Arkose
 – 8,50 m Arkose mit Detritustonstein, verwittert
 0,0– 1,00 m Pleistozän; 1,00–8,50 m Rotliegendes
113. Bohransatzpunkt NN + 164,21 m
 0,0– 0,50 m Mutterboden
 – 1,60 m Detritustonstein, rot
 – 1,80 m Detritustonstein
 – 2,20 m Arkose mit Detritustonstein, verwittert
 – 2,50 m Arkose
 – 2,80 m Arkose mit Detritustonstein

- 3,00 m Detritustonstein, dunkelgrau
 - 3,50 m Detritustonsteine, grau und rot
 - 3,70 m Detritustonstein, hart
 - 4,00 m Arkose mit Detritustonstein, verwittert
 - 4,25 m Detritustonstein, sehr hart
 - 4,70 m Detritustonsteine, grau und rot
 - 5,60 m Sandstein, graugrün, mit Detritustonstein
 - 6,00 m Detritustonsteine, grau und rot
 - 7,10 m Detritustonstein, graugrün
 - 8,20 m Detritustonstein, rot
 - 9,00 m Sandstein, graugrün, mit Detritustonstein
 - 9,30 m Sandstein, grau, mit rotem Detritustonstein
 - 9,70 m Detritustonstein, graugrün
 - 9,90 m Sandstein, graugrün, mit rotem Detritustonstein
 - 10,30 m Detritustonstein, gelbgrün
 - 11,70 m Sandstein, grau, mit rotem Detritustonstein
 - 11,80 m Detritustonsteine, grau und rot
 - 11,90 m Detritustonstein, sehr hart
 - 0,0-11,90 m Rotliegendes.
114. Bohransatzpunkt NN + 168,38 m
- 0,0- 0,35 m Mutterboden
 - 0,80 m Ton, braun
 - 1,30 m Ton, gelb
 - 2,20 m Ton, gelbgrau
 - 4,70 m Ton, graugrün
 - 6,00 m Granodiorit, verwittert
 - 7,30 m Sand, dunkelgrau, Ton
 - 7,80 m Sand, graugelb
 - 9,60 m Granodiorit, hart, verwittert
 - 12,10 m Granodiorit, verwittert
 - 13,30 m Steine
 - 0,0-7,80 m Messeler Schichten; 7,80-13,30 m Granodiorit.
115. Bohransatzpunkt NN + 169,97 m
- 0,0- 0,30 m Mutterboden
 - 1,90 m Sand, gelb
 - 2,60 m Sand, graugelb
 - 5,10 m Sand, graugrün
 - 5,80 m Ton, hellgrau
 - 7,10 m Ton, graugrün
 - 7,40 m Ton, dunkelgrau
 - 7,70 m Steine (gemeißelt)
 - 8,50 m Sand, dunkelgrau
 - 8,90 m Sand, graugelb, mit Steinen (gemeißelt)
 - 10,00 m Granodiorit, verwittert, hart (gemeißelt)
 - 0,0- 8,90 m Messeler Schichten; 8,90-10,00 m Granodiorit.
116. Bohransatzpunkt NN + 171,39 m
- 0,0- 0,25 m Mutterboden
 - 0,80 m Sand, graugelb
 - 2,20 m Ton, graugrün

- 3,40 m Ton, graublau, mit Steinen
 - 4,30 m Sand, gelb
 - 5,90 m Granodiorit, verwittert, mit Ton
 - 7,40 m Steine (gemeißelt)
 - 7,60 m Granodiorit, verwittert
 - 8,40 m Steine, sehr hart
 - 0,0- 0,80 m Pleistozän; 0,80-4,30 m Messeler Schichten; 4,30-8,40 m Granodiorit
117. Bohransatzpunkt NN + 166,15 m
- 0,0- 0,25 m Mutterboden
 - 0,90 m Sand, gelbrot
 - 1,60 m Sand, hellgelb, tonig
 - 2,30 m Detritustonstein
 - 2,80 m Sandstein, rotgelb
 - 3,00 m Detritustonstein, hart
 - 4,10 m Sandstein, graugrün, tonig
 - 5,20 m Detritustonstein, hart
 - 5,70 m Granodiorit, sehr hart, verwittert
 - 0,0- 1,60 m Pleistozän; 1,60-5,20 m Rotliegendes; 5,20-5,70 m möglicherweise anstehender Granodiorit.

10. Register

- Abdampfdruckstand 42
Abfluß 40
AG Eisenhüttenwerk Michelstadt 10
Amphibolit, schiefriger 14, 15, 34
Alge 5, 25, 32, 50, 51
Algengyttja, lakustrine 5, 25
Aluminium 21
Amia kehleri ANDREAE 30, 44, 49
Ammoniak 13
Ammoniumsulfat 5, 13
Anorganische Substanz im Ölschiefer 20—23
Apatit 14, 15
Aquitain 31
Arheilgen 44
A. Riebeckische Montanwerke AG
Werk Messel 10
Arkose 14, 16, 17
Arkosesandstein 16
Arsen 49
Asche 20, 21, 27, 28, 48
Aschenbestimmung 26
Asphalt 48—50
Asphaltartige Verbindungen 13
Augit 34
Augitporphyrittuff 47
- Basalt 15, 17, 34, 45
Bastkohle 43
Biotit 15
Bitumen 5, 19, 23—25, 34, 43, 45, 50
Borken 5
Borkener Bild 34
Botryococcaceae 5, 25
Brauneisenstein 34
Braunkohle 5, 10, 25, 33, 43—46, 51
Brekzie 47
Buntsandstein 49
- Calcium 21, 33, 42
C:H-Verhältnis 12, 13
Chlorid 42
Chlorit 15
Chrom 21, 49
C:N-Verhältnis 50
Conifere 44
Cyrenenmergel 46
- Darmstadt 5, 9, 43
Detritustonstein 16, 17
Dieburg 43, 46
Dieselkraftstoff 5, 13
Dietzenbach 44
Diorit 14, 15, 34, 36, 39
Dolomit 47
Dysodil 46
Eisen 21, 42, 43
Eisenspat 5, 23
Eisenstein 10
Eisensulfid 33, 34, 48
Elektrodenkoks 5, 13
Elementaranalyse des Schieferöles 13
Elementaranalyse des Kerogens 23
Erdöl 24, 50
Erdölfeld „Stockstadt“ 47
Erzeugung elektrischer Energie 5, 9, 12, 13
Eppertshausen 46
Explosionstrichter, vulkanischer 35
- Faltung 39, 40, 44
Farbkoks (Messeler Schwarz) 13, 21
Farbwerke Hoechst 13
Faulschlamm 51
Fauna der Grube Prinz von Hessen 44
Fauna von Messel 5, 28—31
Feinsandstein 47
Feldspat 14—18, 51
Fiederpalme 43
Fisch 5, 29, 30, 43, 44, 49, 50
Flora der Grube Prinz von Hessen 44
Flora von Messel 5, 25, 28, 32, 33
Flora von Offenthal 46
Flugsand 5, 34, 44—46
Frosch 29, 30
Fucoide 47
- Ganoidfisch 5, 29, 30, 43, 44, 49
Georgenhausen 9
Gersprenz 13, 40
Gesamthärte 5, 42
Gewerkschaft Messel 10, 43, 45, 46
Gewerkschaft „Prinz von Hessen“ 43
Gewinnungsfelder 10, 11
Gips 5, 23, 33, 45
Gleit-Kriech-Rutschung 40

- Glycerin-Paraffin-Präparationsmethode 29
 Graben, tektonischer 5, 9, 17, 19, 35—37, 39, 43, 50, 51
 Granodiorit 14—16, 34, 39
 Granophyr 14, 15
 Groß-Zimmern 46
 Grube Messel 5, 9, 10, 12, 14, 16, 34—36, 39, 42
 Grube „Prinz von Hessen“ 5, 9, 35, 43, 44, 51
 Grubenfelder 10, 11, 43, 45, 46
 Grundwasseraustritt 41
 Grundwasserleiter 41
 Grundwassernichtleiter 41
 Grundwasserzufluß 40
 Grus 14, 16—19, 23, 36, 51
 Gundershausen 5, 9, 43, 46, 51
 Gyttja 21, 27, 47—51

 H:C-Verhältnis 23, 24
 Hangende klastische Sedimente 18, 33, 34, 38, 39, 51
 Hanau-Seligenstädter Senke 35, 36
 Häring in Tirol 50
 Heizöl 5, 13
 Heizwert 13, 43
 Hillesheimer Horst 45
 Hornblende 14, 15
 Hugo-Stinnes-Riebeck Montan- und Ölwerke AG 10
 Huminstoffe 24, 25
 Hydrogenkarbonat 42

 IG Farbenindustrie 10
 Inkohlung 48

 Jungtertiär 34

 Kalium 21, 42
 Kaliumpermanganatverbrauch 42
 Kalkhaltige Sedimente 19, 47, 48
 Kalksandstein 47, 48
 Kaolinisierung 17
 Kaolinit 5, 17, 18, 22, 34, 51
 Karbonathärte 42
 Karpaten 50
 Kerogen 5, 23, 24, 51
 Kies 5, 18, 34, 41, 45
 Kieselsäure 21, 43
 Kieselschwamm 28, 29, 51
 Klein-Zimmern 9
 Kleinfältelung 19
 Klima 5, 32

 Kluftgrundwasserleiter 41
 Kobalt 21
 Kohäsion des Ölschiefers 20
 Kohle 24, 43—45, 50
 Kohlendioxyd 13, 42, 50
 Kohlenoxid 13
 Kohlenstoff 13, 23, 25
 Kohlenton 33, 43
 Kohlenwasserstoff 13
 Koksanteil der organischen Substanz 25
 Konglomerat 16, 17, 43, 47
 Kreosot 13, 49
 Kristallines Grundgebirge 5, 14, 15, 17, 18, 35, 41, 49
 Krokodil 5, 23, 29, 31, 43, 44, 49
 Kupfer 21, 49

 Lackfilmmethode 29
Lepisosteus strausi (ANDREAE) 29, 30, 44, 49
 Liegende klastische Sedimente 17—19, 33, 39, 51
 Lignit 43
 Limburgit 34
 Lutetium 5, 31

 Magnesium 21, 42, 51
 Magnetit 15, 34
 Main-Gebiet 40
 Malchit 14, 15
 Mangan 42
 Markasit 5, 23, 47
 Melaphyr 45
 Messeler Schwarz 13
 Messelit 5, 22, 23, 27, 46
 Methan 13, 50
 Mineralölproduktion 12
 Mitteleozän 5, 17—51
 Mittelmeer-Mjösen-Zone 34
 Miozän 35
 Molybdän 21, 49
 Montmorillonit 5, 18, 22, 25, 34, 51
 Muschelkalk 49
 m-Wert des Grubenwassers 42

 Natrium 21, 42
 Neu-Isenburger Quersenke 36
 Nichtkarbonathärte 42
 Nickel 21, 49
 Niederschläge, mittlere Jahressumme 40
 Niederschlagsgebiet der Grube Messel 40
 Nitrat 42

 O:C-Verhältnis 23, 24
 Oberoligozän 46

- Ober-Roden 46
 Offenthal 5, 9, 35, 43—46, 51
 Öl 26, 48, 50
 Ölausbeute 5, 12, 26—28, 48
 Oligozän 35, 51
 Ölschiefer 5, 9, 10, 12, 17—51
 Ölschiefer, bodenphysikalische Kennwerte 20
 Ölschiefer von Messel, technisch wichtige Daten 12
 Ölschieferförderung 12
 Olivin 34
 Organische Substanz 5, 12, 20, 23—28, 42, 47, 50
 Orthoklas 15
 Ostracode 47
- Paraffin 5, 13, 21, 26, 49
 Paraffin- und Mineralölproduktion 9, 10
 Paraffin- und Mineralölwerk Messel G.m.b.H. 10
 Paraffin- und Mineralölwerk Messel, US Administration 10
 Pech 5, 13
 Pechelbronner Schichten 47, 49
 Pflanzenreste 5, 9, 25, 28, 32, 33, 43, 44, 46, 47
 pH-Wert des Grubenwassers 42
 Phosphat 5, 21—23, 42, 46
 Phosphoranreicherung 21
 Pilz 5, 25, 32
 Plagioklas 14, 15
 Pleistozän 15, 18, 34, 35, 38—40
 Pliozän 34
 Porenvolumen des Ölschiefers 20
 Porenziffer des Ölschiefers 20
 Pollen 5, 25, 34
 Pollenspektrum 5, 34
 Präparationsmethoden für Messeler Fossilien 29
Pristichampsus rollinatus (GRAY) 29, 31
Propalaeotherium hassiacum HAUPT 5, 31
Propalaeotherium messelense (HAUPT) 5, 31, 44
 p-Wert des Grubenwassers 42
 Pyridinbasen 13
 Pyrit 5, 19, 23, 33, 45, 47
- Quarz 14—16
 Quarzit 43, 44
- Raseneisenerz 5, 10, 34, 41
 Raumbgewicht des Ölschiefers 20
 Reibungswinkel des Ölschiefers 20
- Rhein-Gebiet 40
 Rheinhessen 45
 Rheintalgraben 35—37, 43, 51
 Rohöl 13, 26, 49
 Rohölproduktion 12
 Rohphenol 5, 13
 Rotliegendes 5, 14—19, 34—36, 39, 41, 43—45, 47, 49, 51
 Rutschung 12, 19, 40
- Saar-Senke 34
 Sand 5, 18, 19, 27, 29, 33, 34, 36, 40, 41, 45, 46, 51
 Sandstein 16, 19, 43, 47
 Sapropel 50
 Sapropelit 48, 50
 Sauerstoff 13, 48, 49
 Säugetier 29, 31, 44
 Schichthöhen der Liegendgrenze des Ölschiefers 36, 37
 Schichthöhen der Hangendgrenze des Ölschiefers 38
- Schichtenverzeichnisse 59—83
 Schieferkohle 10
 Schieferöl 13
 Schildkröte 29, 30, 43, 44
 Schlange 29, 31
 Schluff 47
 Schluffmergelstein 47, 48
 Schnecke 29, 30, 34, 50
 Schwefel 12, 13, 21, 23
 Schwefelwasserstoff 48, 50
 Schwelanalyse 26, 48, 49
 Schwelgas 13, 48
 Schwelrückstand 13, 26, 48
 Schwelteer 21
 Schwelwasser 25, 26, 41, 48
 Seefeld 50
 Setzung (Ergebnis des Drucksetzungsversuches) 20
 Silz 40
 Spachbrücken 9
 Sprendlinger Horst 16, 35, 36, 43
 Spurenelement 21, 49
 Staubsand 47
 Staubsandstein 47
 Stickstoff 12, 13, 21, 23
 Stockstadt/Rhein 5, 9, 35, 43, 47—51
 Stoffgewicht 20, 47
 Sulfat 5, 42
 Süßwasserschwamm 29, 50
 Süßwassersee 9, 49

- Tholeyer Schichten 16, 43
 Thomashütte 46
 Tierreste 5, 9, 28—31, 44, 47
 Titan 21
 Ton 5, 18, 19, 27—29, 33, 34, 36, 38, 40,
 41, 43, 45, 46, 50
 Toneisenstein 43, 44
 Tonmergelstein 47
 Tonmineral 5, 17, 18, 22, 51
 Tonstein 47
 Tumamol 5, 13
- Untermiozän 31
 Uralitdiabas 15
 Uran 21
 Urberach 5, 9, 43, 44, 46, 51
- Vanadium 21, 49
 Verbrennungswärme 12
 Verdunstung 40, 42
 Vergaserkraftstoff 5, 13
 Verschmelzung 12, 13, 25, 43, 48
 Vivianit 5, 23
- Vogel 29, 31
 Vulkanismus 35
- Wasseranalysen 41, 42
 Wassergehalt 5, 20, 26, 48
 Wasserpflanze 32, 50
 Wasserscheide 14, 35, 40
 Wasserstoff 13, 23
 Wasserwegsamkeit 41
 Weichteilerhaltung 29
 Wolfram 21, 49
- Ytong 13
 Ytong AB Falköping (Schweden) 10
 Ytong G.m.b.H. 11
 Ytong Messel G.m.b.H. 10, 11
- Zechstein 16
 Zeilhard 9
 Zersetzungswasser 25, 48
 Zinn 21
 Zirkon 15

Manuskript eingegangen am 1.6.1965

Adresse des Autors:

Diplomgeologe Dr. GEORG MATTHES
 Oberregierungsgeologe im Hessischen Landesamt
 für Bodenforschung,
 62 Wiesbaden, Leberberg 9—11

Für die Redaktion verantwortlich:

Professor Dr. FRITZ KUTSCHER
 Regierungsdirektor und Abteilungsleiter beim
 Hessischen Landesamt für Bodenforschung,
 62 Wiesbaden, Leberberg 9—11

- Heft 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf. . . . 5,— DM
- Heft 18: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. Mit 6 Beiträgen von BEDERKE, BRAITSCH, GABERT, MURAWSKI, PLESSMANN. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab. 13,— DM
- Heft 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des rhenoherynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf. 8,— DM
- Heft 20: PILGER, A. & SCHMIDT, Wo.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 8 Taf. 9,80 DM
- Heft 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf. 30,— DM
- Heft 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 135 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf. 20,— DM
- Heft 23: ZÖBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb. 8,— DM
- Heft 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab. . . 14,— DM
- Heft 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf. 20,— DM
- Heft 26: SPERLING, G.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf. 10,— DM
- Heft 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf. 5,60 DM
- Heft 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf. 15,— DM
- Heft 29: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. Mit 9 Beiträgen von BAUER, FENCHEL, MÜLLER, PAHL, PAPROTH, PILGER, REICHENBACH, SCHMELCHER, WENTZLAU. 1960. 363 S., 85 Abb., 22 Taf., 10 Tab. 36,— DM
- Heft 30: BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf. 8,60 DM
- Heft 31: RÖDER, D. H.: Ulmengruppe in sandiger Fazies (Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge). 1960. 66 S., 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf. . . . 8,— DM

Heft 32: ZAKOSEK, H.: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. 1960. 63 S., 12 Abb., 2 Taf., 1 Tab.	11,— DM
Heft 33: KREBS, W.: Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzenhain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1960. 119 S., 21 Abb., 7 Tab., 11 Taf.	14,80 DM
Heft 34: STOPPEL, D.: Geologie des südlichen Kellerwaldgebirges. 1961. 114 S., 21 Abb., 2 Tab., 4 Taf.	14,— DM
Heft 35: MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. 1961. 85 S., 3 Abb., 31 Tab.	7,60 DM
Heft 36: STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus-Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). 1961. 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf.	9,— DM
Heft 37: ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. 1962. 46 S., 1 Abb., 19 Tab.	6,80 DM
Heft 38: ZIEGLER, W.: Taxionomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. 1962. 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf.	22,60 DM
Heft 39: MEISCHNER, Kl.-D.: Rhenaer Kalk und Posidonienkalk im Kulm des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges und der Kohlenkalk von Schreufa (Eder). 1962. 47 S., 15 Abb., 2 Tab., 7 Taf.	11,60 DM
Heft 40: HOLTZ, S.: Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. 1962. 46 S., 1 Abb., 6 Taf.	9,— DM
Heft 41: WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. 1964. 106 S., 10 Abb., 2 Tab., 32 Taf.	12,— DM
Heft 42: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge. Hefte 1—20, erschienen 1916—1939. 1963. 58 S., 1 Taf.	7,60 DM
Heft 43: EINSELE, G.: Über Art und Richtung der Sedimentation im klastischen rheinischen Oberdevon (Famenne). 1963. 60 S., 8 Abb., 7 Tab., 5 Taf.	7,60 DM
Heft 44: JACOBSHAGEN, E., HUCKRIEDE, R. & JACOBSHAGEN, V.: Eine Faunenfolge aus dem jungpleistozänen Löß bei Bad Wildungen. 1963. 105 S., 9 Abb., 2 Tab., 14 Taf.	12,— DM
Heft 45: KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel. (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). 1963. 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf.	9,40 DM
Heft 46: SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basalt. 1964. 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf. mit 39 Bildern	7,60 DM
Heft 47: HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. 1964. 35 S., 2 Taf.	5,60 DM