

Die Grube Messel als Mineralölwerk: Ölschieferabbau und -verarbeitung vor dem UNESCO-Welterbe-Titel

Dr. Wolfgang Scheinert, Emil-Nolde-Straße 41, 51375 Leverkusen
<wolfgang.scheinert@web.de>

Es wird an die Industriegeschichte der Grube Messel erinnert, die aufgrund der chemischen Veredlung von Ölschiefer Jahrzehnte lang eine Sonderstellung in der deutschen Mineralölindustrie einnahm. Als Beginn dieser Aktivitäten kann man den Erwerb der Grubenfelder Messel I und II durch den Bankier Cäsar Straus im Jahre 1883 ansehen. Im darauf folgenden Jahr wurde die Gewerkschaft Messel gegründet. Nach Erschließung der Grube wurden Anlagen zur Verschmelzung der Ölschiefervorkommen errichtet, der Betrieb begann 1885/6. Die besonderen Eigenschaften des Rohstoffs führten bald zur Entwicklung des sog. Messelofens, als Sonderform des Schwelofens in Abwandlung nach schottischem Vorbild entwickelt, der eine effiziente Gewinnung des Schieferöls ermöglichte. Bis zur Betriebseinstellung 1962 wurde in 76 Jahren insgesamt 1 Mio. t Rohöl erzeugt, das am Standort weiterverarbeitet wurde. Zu den Produkten dieser Verarbeitung gehörten Paraffin, Heizöl, Kraftstoffe, Ammoniumsulfat, Farbkoks sowie Elektrodenkoks. 1923 wurde die Gewerkschaft Messel dem Stinnes-Konzern einverleibt, der damals auch die Aktienmehrheit an den Riebeck'schen Montanwerken hatte. Mit der Gründung der I.G. Farbenindustrie AG (1925) gingen die im Stinnes-Besitz befindlichen Riebeck-Aktien und damit die Gewerkschaft Messel auf den Farbenkonzern über, der die Erweiterung der Anlagen und eine Modernisierung des Betriebes ermöglichte. Ab 1937 musste Messel das sog. Rohnaphtha zur Hydrierung an Leuna abliefern. Die Fabrikanlagen der Grube Messel waren Ende des Zweiten Weltkriegs schwer zerstört. Nach Wiederaufbau der Anlagen wurde mit Weitblick 1949 ein Lizenzvertrag mit der schwedischen Firma YTONG zur Herstellung von Porenbetonbaustoffen geschlossen, nachdem die Eignung der Messeler Schwelrückstände zur Herstellung eines derartigen Materials festgestellt wurde. 1959 ging die Grube Messel in den Besitz der schwedischen Firma über, die 1962 zunächst die Schwel- und Raffinationsanlagen stilllegte. Nach Aufgabe des Ölschieferabbaues (1971) rückte Messel als Fossilienfundstätte in den Vordergrund, die seit 1995 in der Welterbeliste der UNESCO verzeichnet ist.

Zur Frühgeschichte der Schwelindustrie

Die Schwelindustrie hat eine lange Geschichte, aus der hier nur die wichtigsten Personen und Entwicklungsschritte herausgegriffen seien¹: Robert Boyle (1627-1691) beschrieb 1661 die Zusammensetzung von Schwelteer, den er bei der trockenen Destillation von Holz erhalten hatte, in seinem Werk *Chemista scepticus*, wie Hermann Kopp (1817-1892) in seiner Geschichte der Chemie berichtete. Im 17. Jahrhundert bildete sich im holzreichen Skandinavien eine Schwelindustrie heraus. Gleichzeitig wurde anderen Orts die Steinkohle der Schwelung unterworfen. So wurde Johann Joachim Becher (1635-1682) am 19. August 1681 in England die Gewinnung von Pech und Teer aus Steinkohle patentiert. Martin Eele, Thomas Hancock und William Portlock erhielten 1694 das englische Patent Nr. 330 für ein Verfahren „to make pitch, tar and oyle of a kind of stone from shropshire“. 1791 verschwelte man in England Schiefer zur Gewinnung von Öl für medizinische Zwecke, vermutlich nur im kleinindustriellen Maßstab. Ein gewisser Featherstone soll in seiner Fabrik in der Nähe von Sunderland aus einem bituminösen Schiefer „Petroleum“ und Ammoniak gewonnen haben. In Deutschland ist für das 18. Jahrhundert die Steinkohlenschwelung nachweisbar, für die auch technische Anwendungen im größeren Maßstab für diese Zeit anzunehmen sind, z. B. wird das so gewonnene Öl als Ersatz für Terpentinöl oder als „Steinöl“ erwähnt. 1830 isolierte Carl Freiherr v. Reichenbach (1788–1869) „Paraffin“ aus Holzteer mit einem Schmelzpunkt von $43 \frac{3}{4} \text{ }^\circ\text{C}$ und gab diesem Produkt den heute gebräuchlichen Namen, hergeleitet aus „parum affinis“, wegen der nach damaliger Erfahrung auffallenden chemischen Indifferenz. In seinen gewissenhaft durchgeführten Untersuchungen isolierte er durch fraktionierende Destillation aus dem Paraffin eine leichtsiedende Fraktion, die wohl späteren Braunkohlenteerbenzinen entsprochen haben dürfte. Liebig (1803-1873) berichtete hierüber 1833, sein Schüler Carl Jakob Etting (1806-1856) analysierte das ebenfalls von Reichenbach hergestellte Kreosot, Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) stellte die Zusammensetzung des Paraffins mit 85,2 % C und 15,0 % H fest. Auguste Laurent (1807-1853) stellte aufgrund der Veröffentlichung dieser Arbeiten Schwelversuche mit bituminösem Schiefer aus Autun (südwestlich von Dijon) an, worauf Alexandre François Selligue (1784-1845) in die kommerzielle Verarbeitung des Schwelteeres einstieg. Die erste industrielle Herstellung des durch Schwelung gewinnbaren vollen Spektrums organischer Produkte, von leichten Ölen bis zum Paraffinwachs, wird Selligue und de la Hays zugeschrieben. Diese Produkte wurden 1839 auf der Gewerbeausstellung in Paris ausgestellt. Damit war die französische Schwelindustrie geboren. Das französische Ölschiefergebiet besaß eine Fläche von 180 km² mit einer Flözmächtigkeit von 1 bis 2,5 m. 1919 wurden 4 Anlagen betrieben. 1923 war sie in der Société Lyonnaise des Schistes bitumineux du bassin d'Autun à Autun zusammengeschlossen.

Auch die Schwelversuche mit Torf waren für die Ausprägung der Schwelindustrie bedeutsam. So hatte Ferdinand Runge (1794-1867) in Oranienburg in den 1840er Jahren aus Torfschwelteeer Paraffin gewonnen, das er zu Kerzen verarbeitete, womit er einen wesentlichen Verwendungszweck des Paraffins gefunden hatte. Sein Schwelverfahren war jedoch nicht industriell verwendbar. Im industriellen Maßstab konnte sich die Torfschwelerei in Irland auf Basis ausgedehnter Torfmoore etablieren. In Deutschland und Österreich in den 1850er Jahren errichtete Torfschwelereien mussten jedoch wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit größtenteils schließen.

Die in Europa bedeutendste Schwelindustrie entwickelte sich jedoch zunächst in Schottland. Da deren Entwicklung auch für Messel von Bedeutung ist, soll hier näher darauf eingegangen werden. Ihr „Gründungsvater“ war James Young (1811-1883).² Young war Schüler von Thomas Graham (1805-1869). Young hatte 1848 auf Veranlassung von Professor Lyon-Playfair eine Petroleumraffinerie auf Steinkohlenbasis errichtet, in der Leuchtöl, Schmieröl und in kleinen Mengen Paraffin gewonnen wurden.³ Wegen Versiegens dieser Rohstoffquelle erprobte Young zahlreiche Kohlen Englands und gründete 1851 mit dem Chemiker Edward Meldrum (1820-1875) und dem Rechtsanwalt Edward W. Binney als Partner in der Nähe von Bathgate ein Unternehmen, das die dort abgebaute „cannel coal“ aus dem Boghead-Flöz, eine bitumenreiche Steinkohle, durch Schwelung und Aufarbeitung des so gewonnenen Rohöls wirtschaftlich auswertete. Sein Verfahren zur trockenen Destillation von Steinkohle bzw. Ölschiefer bei tiefen Temperaturen wurde in England und den Vereinigten Staaten patentiert. In den nächsten 10 Jahren entstanden in nordamerikanischen Hafenorten Schwelereien und Ölraffinerien, die importierte Bogheadkohle nach dem Young-Verfahren verarbeiteten. Das Rohöl wurde mit Schwefelsäure und kaustischer Soda raffiniert. Ähnlich arbeitende Anlagen wurden auch in Kanada errichtet, wo der dort geförderte Ölschiefer (Albertit) verarbeitet wurde. Diese zunächst blühende Industrie geriet alsbald in Schwierigkeiten, nachdem 1859 in Amerika spektakuläre Erdölfunde gemacht wurden und ein dynamischer Aufschwung des darauf gründenden neuen Industriezweiges einsetzte. Wie Carl Engler (1842-1925) bemerkte, war der rasche Aufschwung der amerikanischen Erdölindustrie nur aufgrund der technologischen und unternehmerischen Vorarbeiten Youngs denkbar.^{3,4} Unter dem Schutz von in England und den USA gültigen Patenten, die auch gerichtlich gegen Verletzung verteidigt wurden, wuchs das Youngsche Unternehmen bis zum Erlöschen des Patentschutzes 1864. Nachdem man in Schottland etwa 12 Jahre lang die Boghead-Kohle verschwelt hatte, fand man dann ab Anfang der 1860er Jahre in bituminösem Schiefer einen anderen für die Schwelung geeigneten Rohstoff.⁵ Die ersten Schwelapparaturen waren den (von außen beheizten) Retorten ähnlich, wie man sie zur Gewinnung von Leuchtgas benutzte. In den

Bathgate Works wurden 1864 aus 1 Tonne der Boghead-Kohle ca. 360 Liter Leuchtöl, 45 Liter Schmieröl und 9 kg Paraffinwachs gewonnen.⁶ Der große Erfolg des Youngschen Unternehmens rief zahlreiche Konkurrenten auf den Plan („Scottish Oil Mania“). Wurde für 1861/62 im schottischen Almond Valley nur ein Unternehmen genannt, zählte man 1867/68 27 Unternehmen, von denen aber 1875/76 nur 10 überlebten.⁷ Ursache waren der Preisdruck des billigen amerikanischen Erdöls, das auch außerhalb Amerikas auf den Markt drängte, und scharfer Wettbewerb innerhalb der schottischen Schieferölerzeuger. Das anfallende Schwelwasser wurde – wie zur gleichen Zeit in der sächsisch-thüringischen (Braunkohlen-) Schwelindustrie – bis 1865 als lästiges Nebenprodukt betrachtet, das in Bäche und Flüsse eingeleitet wurde, mit der Folge von Fischsterben. Die unter der Leitung von Robert Bell stehende Schwelerei wurde in einem derartigen Fall nicht nur zum Schadenersatz verurteilt, sondern auch zur anderweitigen Beseitigung dieser Wässer gezwungen. Bell verrieselte die Wässer auf Wiesen und entdeckte über den verstärkten Graswuchs die Eignung des im Schwelwasser enthaltenen Ammoniaks als Düngemittel. Die danach einsetzenden Bemühungen zur Gewinnung von Ammoniak durch Austreiben aus dem Schwelwasser und seine Überführung in Ammoniumsulfat nach dem Vorbild der Gasanstalten machten das einst lästige Nebenprodukt zu einem wichtigen Spesenträger der schottischen Schwelindustrie und verbesserten ihre wirtschaftliche Situation wesentlich. Die Ausbeuten stiegen von 7 kg auf 16 bis 32 kg pro Tonne Schiefer.⁸ Die durch Schwelung erhaltenen flüssigen Kohlenwasserstoffe fanden Verwendung als Schmierstoffe in der Textilindustrie, als Lösemittel für die Herstellung von Lacken, als Heizöl und Leuchtöl. Nach Verbreitung von Kerzengießmaschinen in den 1860er Jahren wurde die Verarbeitung auf festes Paraffin immer wichtiger.

Auch in der Folgezeit kam es zu wichtigen technischen Innovationen in der schottischen Schieferölindustrie, die mit den Namen Alexander Kirk, Norman Henderson, George Beilby und James Bryson verbunden sind.⁹ Die Bestrebungen zielten auf Maximierung der Schwelausbeute durch thermisch schonende Verfahrensbedingungen, Nutzung von Skaleneffekten (Ofenabmessungen, Zusammenfassung der Retorten in Ofenbatterien) und die Steigerung der Ammoniakausbeute durch Wasserdampfzusatz beim Schwelprozess. Um 1895 hatten sich in Schottland mit Schwelgas beheizte, stehende Schwelofensysteme mit diesen technischen Merkmalen vollständig durchgesetzt.¹⁰ In ihrer Blütezeit vor dem Ersten Weltkrieg waren in der schottischen Schieferölindustrie um die 10.000 Personen beschäftigt.¹¹ 1919 schlossen sich die überlebenden Gesellschaften in der Scottish Oils Limited zusammen und wurden zu einer Beteiligung der Anglo-Persian Oil Company, einer Vorläuferin der heutigen BP plc.¹²

Die in Deutschland angestellten Versuche, die weit verbreiteten Ölschiefervorkommen durch Schwelung wirtschaftlich zu nutzen, haben aber – mit Ausnahme von Messel – lediglich lokal oder zeitlich begrenzt zur Entstehung von Betrieben geführt, so z. B. in den 1850er Jahren in Württemberg auf Basis eines bituminösen Gesteinsvorkommens zwischen Donaueschingen und Aalen. Auch die Rütgerswerke betrieben nur kurzzeitig eine Schwelerei bei Schandelah in der Nähe von Braunschweig. Bemerkenswerterweise erwähnt Waldemar Scheithauer 1922 als älteste Anlage zur Verschwelung von Ölschiefer einen seit dem 15. Jahrhundert in der Nähe von Seefeld/Tirol bestehenden Betrieb, dessen Schieferöl seit jeher als Heilmittel verwendet wurde. Seit 1890 wurde es in Hamburg auf Ichthyolpräparate verarbeitet. 1913 betrug die Erzeugung an Schieferöl 100 t.¹³

Vorgeschichte des Bergbaus in Messel

Die Grube Messel liegt im Mittelpunkt des Dreiecks Darmstadt, Langen und Dieburg an der Bahnlinie Darmstadt – Aschaffenburg auf dem Sprendlinger Horst, der nördlichen Fortsetzung des Odenwaldes etwa 160 m über dem Meeresspiegel.^{14,15}

Die Tiefe des Tagebaues, in dem der Ölschiefer-Abbau von 1885/6 bis 1971 betrieben wurde, beträgt ca. 60 m, die Ausdehnung in NO/SW-Richtung ca. 1100 m, in NW/SO-Richtung ca. 650 m. Bei dem von den Bergleuten so genannten Messeler „Ölschiefer“ handelt es sich um fossilführende, bituminöse Tonsteine (Schwarzpelite).¹⁴

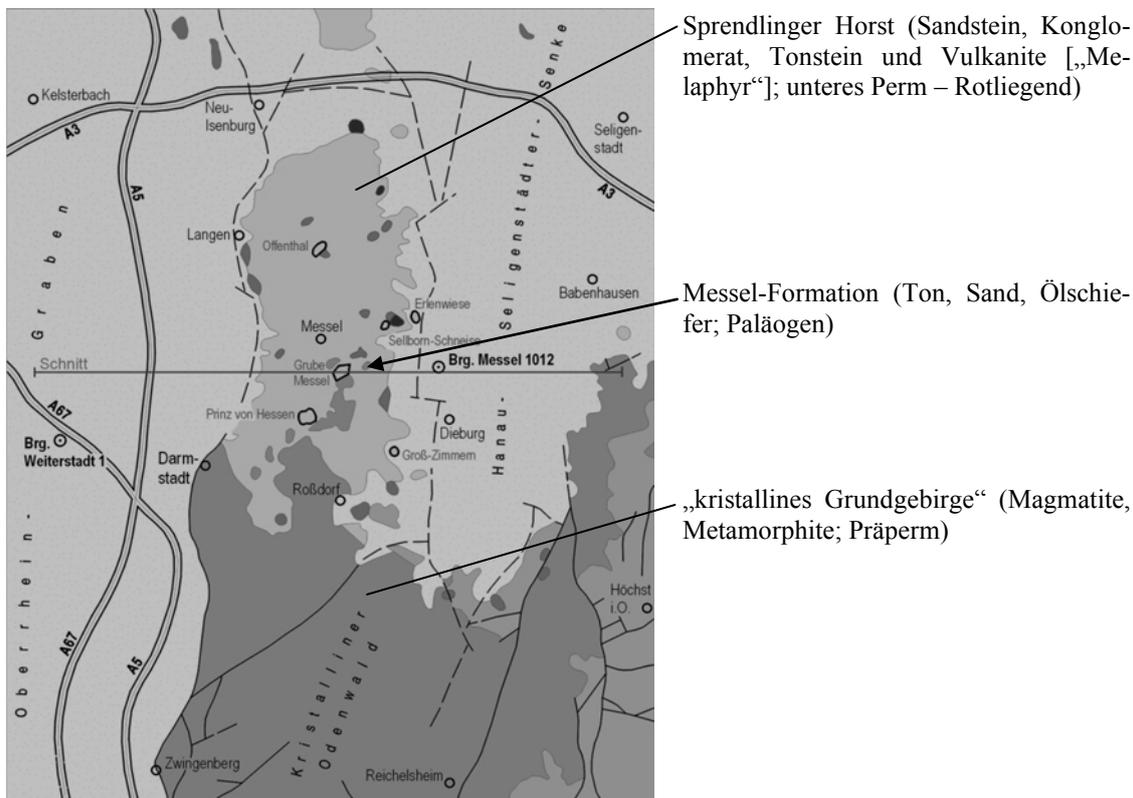


Abb. 1: Lageskizze der Grube Messel (aus: Bunes, wie Anm. 15, S. 7).

Schon 1911 waren die Ablagerungen des Messel-Sees durch Oscar Haupt mit säugetierstratigraphischen Methoden als Mittleres Eozän, Lutetium (45-50 Millionen Jahre) datiert worden.¹⁴ Diese Datierung wurde an einem Basalt-Stück aus 268 m Tiefe, das bei der Forschungsbohrung von 2001 gewonnen wurde, mit Hilfe der $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -Methode auf $47,8 \pm 0,2$ Millionen Jahre präzisiert.^{16,17} Nach Hermann Bunes et al. ist folgender erdgeschichtliche Verlauf am heutigen Ort der Grube Messel als wahrscheinlich anzusehen: Geschmolzenes Gestein (1.200 °C) stieg durch die an dieser Stelle gestörte geologische Formation durch die damaligen Grundwasser führenden Erdschichten und verursachte eine Wasserdampfexplosion. Nach dem Ausbruch füllte Grundwasser den Krater, für den ein ursprünglicher Durchmesser von 1,5 km und eine Tiefe von 300 m angenommen werden.¹⁵ Die Ölschieferschicht ist ca. 100 m dick und enthält durchschnittlich etwa 40 % Wasser, 35 % Tonmineralien und 25 % organische Substanz.^{17,18}

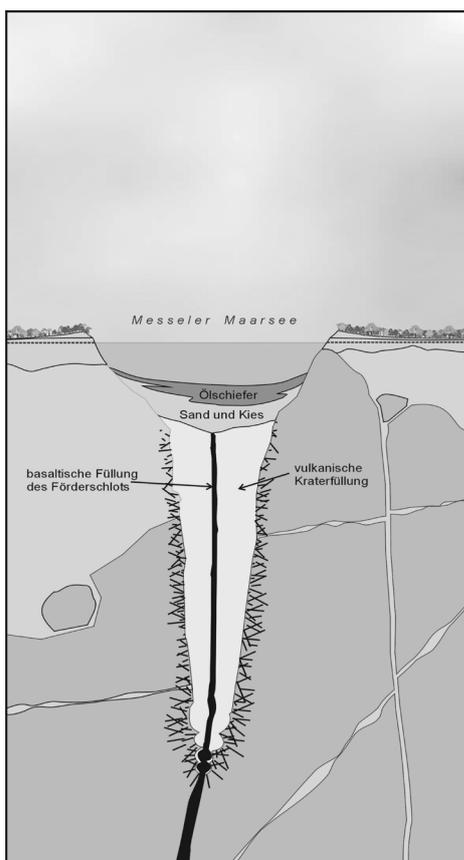


Abb. 2: Vulkankrater und Messeler Maarsee (aus: Buness, wie Anm. 15, S. 9 rechts).

Die organische Materie besteht aus einer als „Kerogen“ bezeichneten bituminösen Vorform des flüssigen Erdöls, die vermutlich folgendermaßen entstanden ist: Pflanzenreste, Pollen, tote Algen und Tierkadaver sind, soweit sie nicht durch Mikroorganismen etc. abgebaut wurden, nach teilweisem Abbau und weitgehender Zerstörung ihrer Struktur (ausgenommen die erhaltenen Fossilien) zusammen mit mineralischen Sedimenten, die aus der Umgebung in den See gerieten und unter Überlagerung durch saisonale Schwankungen (erklärt den Schichtaufbau) kompaktiert und bildeten im Laufe der Zeit den Boden des Maarsee. 80 % des Messeler Kerogens wurden aus Algen, speziell von den Zellwänden der Grünalgenart *Tetraedron minimum* gebildet.¹⁵ Nach Ablagerung von Schlamm bildete sich die Deckschicht, und der See verschwand. Auf Basis von sedimentologischen Kriterien und Zeitreihenanalysen wird die Dauer der Sedimentation im Messel-See auf ca. 1 Million Jahre geschätzt.¹⁷ Mineralischer Hauptbestandteil des Messeler Ölschiefers sind Smectite, Tonmineralien mit hoher Wasseraufnahmekapazität, die wahrscheinlich aus Verwitterungsprozessen des Vulkangesteins stammen.

Außerdem wird der Messeler Ölschiefer von charakteristisch gelb gefärbten, teilweise nur wenige Zehntel Millimeter bis zu mehreren mm dicken Schichten durchzogen, die hauptsächlich aus Siderit (Eisencarbonat) bestehen, daneben aber auch Phosphatmineralien enthalten, wie den Messelit und Montgomeryit.^{15,19} „Messel“ lag im Eozän aufgrund der Kontinentaldrift etwa auf der Höhe von Neapel.²⁰

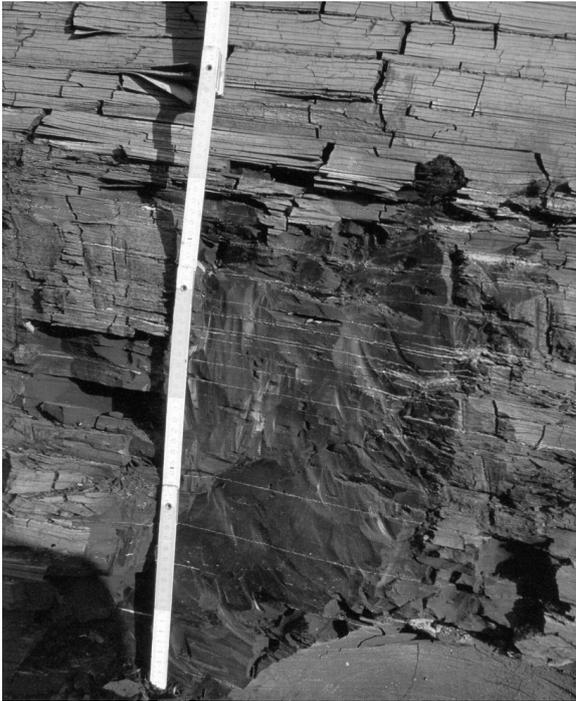


Abb. 3: Ölschiefer in der Grube Messel (aus: Schaal, Schneider, wie Anm. 20, S. 202).



Abb.4: Werksanlage Messel, Gesamtbild (um 1930) (aus: Riebeck'sche Montanwerke, wie Anm. 21, S. 419).

Erschließung der Grube Messel und Betrieb bis 1914

In der Mitte des 19. Jahrhunderts fand man auf dem Gelände der späteren Grube Messel Raseneisenerz.^{22,23} Bruno Wüstenfeld wurde aufgrund dieses Fundes am 04.02.1859 das Grubenfeld „Messel I“ auf Eisenstein verliehen, das kurze Zeit danach in den Besitz der Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb Rhein, Main und Lahn zu Darmstadt überging, der 1862 das Grubenfeld „Messel II“, ebenfalls auf Eisenstein, verliehen wurde. 1873 erwarb die Aktiengesellschaft Eisenhüttenwerk Michelstadt im Odenwald beide Felder. Nach Entdeckung von Schieferkohle unter dem Raseneisenerz wurde die Verleihung auf Braunkohle ausgeweitet.

1883 erwarb der Frankfurter Bankier Cäsar Straus die Felder, auf dessen Betreiben am 24.07.1884 es zur Gründung der Gewerkschaft Messel, einer 1000-teiligen Gewerkschaft hessischen Rechts, kam. Zweck war der Bergbau mit Schwelerei und zugehöriger Mineralöl- und Paraffinfabrik, zweifellos eine mutige unternehmerische Entscheidung angesichts gescheiterter Unternehmen zur Ölgewinnung aus Ölschieferlagern im schwäbischen und fränkischen Albvorland seit Mitte des 19. Jahrhunderts.²⁴ Ursache dieses Scheiterns war der bereits erwähnte Preisdruck, der von dem seinerzeit nach Europa gelangten billigen amerikanischen Erdöl ausging, und der die Ölgewinnung durch Verschmelzung auf lange Sicht beeinträchtigen sollte. Folgende Tabelle verdeutlicht die Marktsituation um 1884:

Erdöl, Ölschiefer und Braunkohle um 1884

[nach G. Beeger (Anm. 18), S. 59]

		Erdöl			Ölschiefer		Braunkohle
		Welt	Europa	Deutschland	Schottland	Riebeck	
			1884		1883	1887	1883/84
Förderung	10 ³ t	-	-	-	860	1.900	1.420
Öl/Teer	10 ³ t	4.930	1.573	6,6	116	211	24
Ammoniumsulfat	10 ³ t	-	-	-	4,8	18,75	

Vorsitzender des Messeler Verwaltungsrates war der Bankier Eduard Flersheim zu Frankfurt a. M., zum Repräsentanten hatte man den aus Michelstadt stammenden Dr. Adolf Spiegel gewählt. Straus übereignete im Dezember 1885 beide Grubenfelder an die Gewerkschaft Messel. Das gesamte Kuxenkapital betrug 1.350.000 Mark. Schon 1884 hatte Straus gemeinsam mit Spiegel eine Reise nach Mitteldeutschland durchgeführt, um die dort eingeführten Verfahren der Schwelindustrie zu erkunden. 1885 begann man in Messel mit dem Aufbau der Anlagen zur Gewinnung und Verarbeitung des Ölschiefers, die Inbetriebnahme

erfolgte im Frühjahr 1886. Im ersten Betriebsjahr gab es Rückschläge durch Förderung geringwertigen Ölschiefers, Versagen der Schwelöfen sowie durch einen Grubenbrand, was Straus dazu veranlasste, zur Deckung der Verluste 100 Kuxe aus eigenem Besitz der Gewerkschaft zur Verfügung zu stellen.²⁵ 1887 trat Dr. Eugen Lucius in den Verwaltungsrat ein, wo er nach dem Tod von Flersheim interimistisch den Vorsitz übernahm. Danach übernahm Heinrich Hauck bis 1904 den Verwaltungsratsvorsitz.

Für 1888 sind die ersten Produktionszahlen verfügbar:²⁶ Aus einer Förderung von 34.500 t Ölschiefer wurden 802 t Rohöl gewonnen, ein Jahr später waren es bereits 1.567 t Rohöl aus 51.200 t Ölschiefer. Auch in seinen ausführlichen Beschreibungen der Messeler Schieferölindustrie in den 1911 und 1922 erschienenen Auflagen des Buches von W. Scheithauer: „Die Schwelteere“ liefert Spiegel nur wenige Hinweise auf die in Messel in den ersten Betriebsjahren ausgeübte Schweltechnik.²⁷ An anderem Ort berichtet er, dass in den ersten Jahren „... in Messel liegende und stehende Eisenretorten, der Thüringer Schwelzylinder und auch „kaltgehend“ genannte Generatoren zur Erprobung gekommen [waren], auch waren Drehrohre für die Trocknung und die Verfeuerung gewisser Anteile des Fördergutes zur Verwendung gelangt.“²⁸ Vom 19. September 1886 datiert eine Zeichnung der Firma Schulze & Comp., Eisenberg, die einen „Schweelzylinder zur Schweelereianlage auf Grube, Gewerkschaft Messel“ zeigt. Ob er gebaut wurde, ist nicht bekannt. Ebenso ist eine Zeichnung der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenfabrik vom 6. Januar 1887 überliefert, die eine liegende, von der Unterseite beheizte Retorte mit Kondensationseinrichtung zeigt und für Messel bestimmt war (Abb. 5).

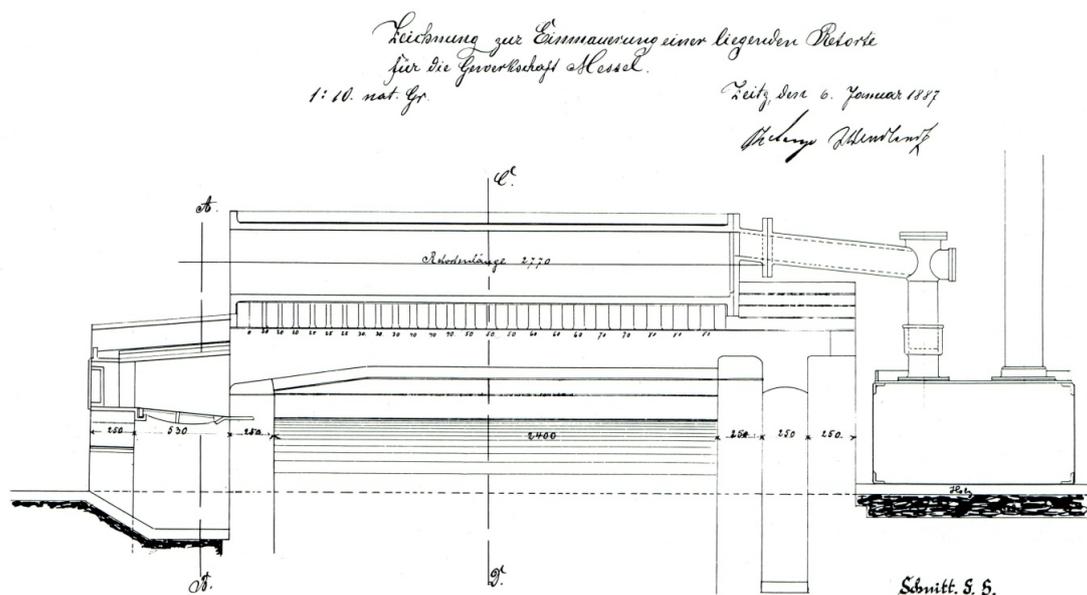
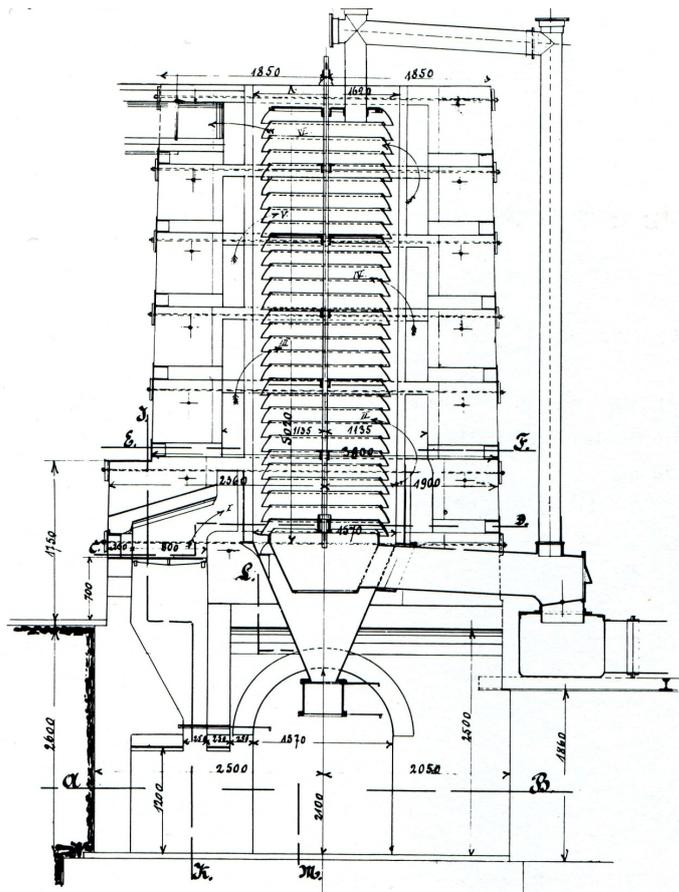


Abb. 5: Liegende Retorte für die Grube Messel (1887) (aus Beeger, wie Anm. 18, S. 71).

Vom Aufbau und der Betriebsweise her gleicht sie den für die Braunkohlenschwelung beschriebenen Retorten, wie sie z. B. 1895 bei W. Scheithauer beschrieben wurden.²⁹ Die Retorte war 2,77 m lang, 73 cm breit und 36 cm hoch. Die Retorten wurden üblicherweise in einer 10 cm starken Schicht mit 200 Liter Ölschiefer beschickt und durch Verfeuern von festem Brennmaterial auf einem Planrost beheizt. Die Schwelddämpfe wurden in einer Vorlage kondensiert. Der nicht kondensierbare Teil zog über eine Leitung ab. Mehrere dieser Einheiten waren zu einer Batterie vereinigt. Der Schwelvorgang dauerte 8 Stunden. Die Retorten wurden danach ausgekratzt und für die nächste Partie neu befüllt. Durch Spiegel klar belegt ist die Errichtung eines Rolleofens in Messel, wie er in einer Zeichnung der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenfabrik vom 12. Januar 1887 veranschaulicht ist (Abb. 6). Der damit durchgeführte Versuchsbetrieb führte zu der Erkenntnis, dass zum vorteilhaften Betrieb dieser in Mitteldeutschland bereits sehr verbreiteten Ofenbauart die Vortrocknung der Schieferkohle und ihre Überführung in Stückform erforderlich war, um eine thermisch schonende Schwelung im Wasserdampfstrom zu ermöglichen. Der daraufhin entwickelte Trockenofen wurde unter der DRP-Nummer 48.413 vom 31. Juli 1888 patentiert. Typischerweise konnten bei kontinuierlichem Betrieb mit den damals 6-7 m hohen Rolle-Öfen mit 1,5-1,6 m Durchmesser 4 bis 6 m³ Rohbraunkohle pro Tag mit einem Wassergehalt von 50 % verschwelt werden. Lt. Spiegel führte der Versuchsbetrieb mit dem Rolleofen zu der Erkenntnis, dass „diese Öfen nur nach weitgehender Zerkleinerung der Kohle und Übernahme der damit verbundenen Kosten verwendbar sein würden.“³⁰



Rolleofen der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenfabrik,
12. Januar 1887.

Abb. 6: Rolleofen für die Gewerkschaft Messel (1887) (aus
Beeger, wie Anm. 18, S. 71).

geförderte Ölschiefer wurde in einer Aufbereitungsanlage klassiert. Der feinkörnige Ölschiefergrieß wanderte auf Halde, während der grobstückige Ölschiefer nach Trocknung auf 6 % Wassergehalt ab 1889 in zwei neu errichteten Ofenbatterien mit insgesamt 32 stehend angeordneten Retorten in Anlehnung an schottische Vorbilder geschwelt wurde (Abb. 7).³²

Nach den oben erwähnten wirtschaftlichen Startproblemen, die auch in der hier geschilderten Suche nach der optimalen Technologie zum Ausdruck kommen, war der Verwaltungsrat zu weiteren Investitionen erst nach Einschaltung von Prof. Hans Bunte (1848-1925) (München) als Gutachter bereit, der die Fortführung des Betriebes nach Erweiterung der Anlagen empfahl.³¹ Durch Begebung einer 5%igen Obligation von 1.000.000 Mark konnten 1888/89 wichtige Betriebs-erweiterungen und Modernisierungen durchgeführt werden. So wurde die Förderung des im Tagebau gewonnenen Ölschiefers von Pferdegespannen auf mechanische Kettenbahnförderung umgestellt und eine dampfbetriebene Wasserhaltung eingerichtet. Der

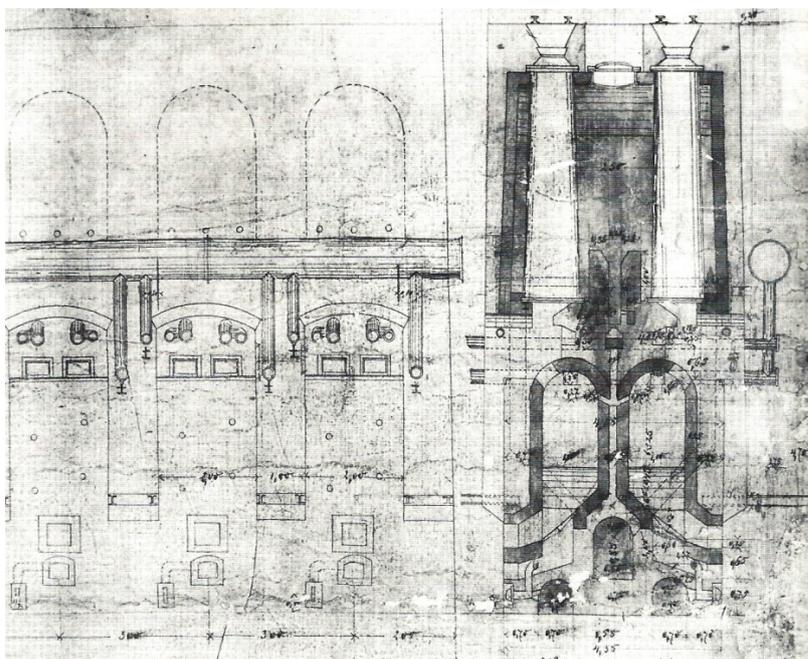


Abb. 7: „Schottisches“ Ofensystem (Prototyp des Messelofens, 1889) (aus Beeger, wie Anm. 18, S. 72).

Neuanlagen und Versuche, die zu ihrer Konzipierung durchgeführt werden mussten, machte eine „Zubüße“ von 150 Mark pro Kux erforderlich. Nachdem die neuen Anlagen ihre Bewährungsprobe bestanden hatten, konnten eine Obligation des Jahres 1887 und Bankkredite durch eine neue hypothekarisch besicherte Schuldverschreibung in Höhe von 2.000.000 Mark mit 4 ½ %iger Verzinsung abgelöst werden. Ein bescheidener Gewinn konnte erstmals für das Geschäftsjahr 1891/92 ausgeschüttet werden. Fallende Preise bei Ölen und Paraffinen veranlasste die Führung der Grube Messel zum Bau einer Anlage zur Gewinnung von Ammoniumsulfat aus den Schwelgasen, dessen Absatz als Düngemittel zur Kompensation des Gewinnrückganges aus dem Ölabsatz beitrug.

Am 15. Juni 1890 wurde der Gewerkschaft Messel das Reichspatent Nr. 56.401 erteilt, unter dem die Herstellung von sog. „Tumenolsäure und –sulfon“ durch Sulfonierung schwefelarmer Mineralöle und –wachse mit rauchender Schwefelsäure geschützt wird. Der Eigenname ist vom Bitumen des Ölschiefers abgeleitet. Die Herstellung ähnlicher Produkte aus schwefelreichen Ausgangsölen war damals bereits bekannt, so z. B. das aus dem Seefelder „Stinkstein“ gewonnene, auf „Ichthyol“ verarbeitete Öl aus dem oben erwähnten ältesten Ölschieferschwelbetrieb.¹³ 1896 wurde der Vertrieb der aus dem Tumenol hergestellten Heilpräparate an Meister, Lucius und Brüning vertraglich übertragen, der der Gewerkschaft Messel eine Beteiligung am Ertrag aus dem Tumenolbetrieb der Farbwerke si-

Erweitert wurden ebenfalls die Anlagen zur Destillation, Raffination und die Paraffinfabrik.³³ Wesentliche Verkaufsprodukte waren Paraffin und Gasöl. Außerdem setzte man einen Teil des Schwelrückstandes mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 15 % zur Herstellung von Schwarzfarben ab.

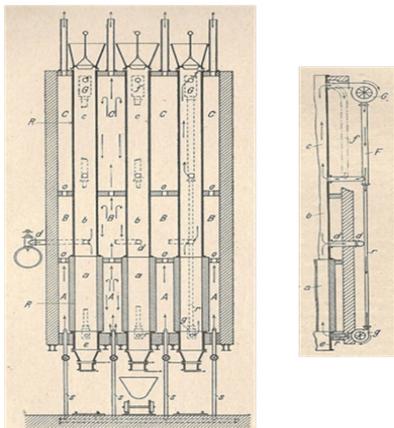
Die finanzielle Anspannung der Gewerkschaft durch die

cherte. Die Lieferbeziehung bestand – modifiziert – noch Jahrzehnte lang weiter.³⁴

Zur Gewinnung von Ammoniak (durch Bindung mit Schwefelsäure als Ammoniumsulfat) aus den Schwelgasen, wie dies in der schottischen Ölschieferindustrie seit Jahrzehnten üblich war (s. o.), griff man auf Verfahrensentwicklungen zurück, die 1878 bis 1881 dem mit der Verwertung von Torf befassten Hubert Grouven patentiert wurden (DRP 2.709, 13.718, 17.002 und 18.051), nach denen sich bei Vergasung von stickstoffhaltigem Koks zu Wassergas bei großem Wasserdampfüberschuss der Stickstoff in Ammoniak verwandeln ließ. In Messel war das Grouvensche Verfahren besonders vorteilhaft anwendbar, da der hohe Feuchtigkeitsgehalt des Schiefers den erforderlichen Wasserdampf beim Schwelprozess lieferte.³⁵

Obwohl das Schwelverfahren mit dem schottischen Ofensystem (Abb. 7) gegenüber dem Betrieb mit den liegenden Retorten bereits sehr fortschrittlich war, litt es unter zahlreichen Störungen, die von übermäßiger Schlackenbildung durch den zu großen Ofenquerschnitt über Belästigung durch austretende Schweldämpfe bis hin zu gefährlichen Explosionen reichten. Besonders schwer wogen die teure Vortrocknung des Ölschiefers in separater Anlage mit Kesseldampf und die fehlende Nutzung der Abwärme aus der Vergasung des Schwelrückstandes.³⁶

1897/98 wurde deshalb nach Plänen Dr. Spiegels ein erster Versuchsofen gebaut, um zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit Trocknung, Schwelung und Gaserzeugung in einem Ofen zusammenzulegen und den bei der Trocknung freiwerdenden Wasserdampf zur Entgasung des Schwelrückstandes zu nutzen. Das Verfahren wurde am 23. Mai 1906 der Gewerkschaft Messel unter der DRP-Nummer 200.602 geschützt (Abb. 8). Bereits der Titel der Patentschrift: „Verfahren zur Wassergaserzeugung in ununterbrochenem Betrieb aus entgasten Brennstoffen im unteren Teil von außen beheizter Retorten oder Schächte, deren mittlerer Teil dem Entgasen (bzw. Abschwelen) der Brennstoffe dienen kann“ veranschaulicht das Prinzip weitgehend. Dieser Ofen ist der Vorläufer der ab 1900 gebauten, konstruktiv völlig eigenständigen Rundofensysteme mit je 24 kreisförmig angeordneten Retorten, von denen insgesamt 32 Exemplare realisiert wurden („Messelöfen“). Das endgültige Verfahren wurde erst ab 21. Mai 1921 unter der DRP-Nummer 372.349 patentrechtlich geschützt.³⁶ Die ersten zehn Öfen wurden von 1900 bis 1906 gebaut, eine weitere Ofenreihe mit zehn Öfen war bis 1910 fertig gestellt. 1912 kamen zwei und 1914/16 nochmals zwei weitere Öfen hinzu.³⁷



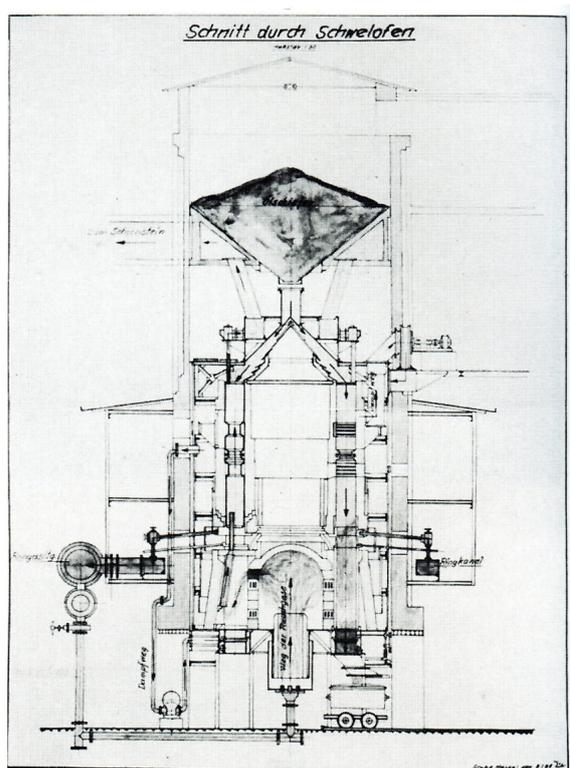
Messelofen nach DRP 200.602 (23.05.1906):

Obere Zone C: Trockenzone (100-200 °C)
 Mittlere Zone B: Schwelzone (500-600 °C)
 Untere Zone A: Vergasungszone (900-950 °C)

Hauptanspruch:

„Verfahren zur Wassergaserzeugung in ununterbrochenem Betrieb aus entgasten Brennstoffen im unteren Teil von außen beheizter stehender Retorten oder Schächte, deren mittlerer Teil dem Entgasen (bzw. Abschwelen) der Brennstoffe dienen kann, dadurch gekennzeichnet, daß der aufzuwendende Wasserdampf durch Verdampfung von Wasser im obersten Teil der Retorten durch die Abhitze der Heizgase gewonnen wird, die vorher die Wassergasgewinnung oder nach letzterer die Verkokung der Brennstoffe zu bewirken hatten.“

Abb. 8: Zum Funktionsprinzip des Messelofens (aus DRP 200.602).



Schnitt durch den Schwelofen.

Abb. 9: Messelofen (1905) (aus Beeger, wie Anm. 18, S. 96).

Georg Beeger beschreibt die Arbeitsweise des Messelofens (Abb. 8 und 9) folgendermaßen.³⁷ Über dem Ofen ist ein Bunker für eine Tagesproduktion angeordnet, aus dem die 24 Retorten beschickt werden. Jeder Schacht besteht aus drei Teilen, nämlich zwei mit Jalousien versehenen gusseisernen Retorten für Trocknung und Schwelung des Schiefers und der unteren Schamotte-Retorte für die Entgasung des Schwelrückstandes. Der in der oberen Trockenzone frei werdende Wasserdampf wird mittels Ventilatoren abgesaugt und in den Ringraum zwischen innerem und äußerem Ofenmantel gedrückt. Dadurch wurde eine ziemlich gleichmäßige Temperierung der Trockenzone auf 120 – 140 °C erreicht. Im mittleren Teil des Schwelofens, der eigentlichen Schwelzone, werden bei 500 – 600 °C Öl und Schwelgas freige-

setzt. Ein Teil des Wasserdampfes aus der Trockenzone wird in den sog. Krätzerraum unterhalb der Vergasungszone gedrückt, wo bei 950 – 1000 °C ein Teil des Kohlenstoffes des ausgeschwelten Schiefers in Wassergas umgewandelt wird. Bei diesem Vorgang bildet der Wasserdampf mit stickstoffhaltigen Verbindungen des Schwelrückstandes Ammoniak.

Öldämpfe, Schwelgas, Wassergas und überschüssiger Wasserdampf werden gemeinsam aus dem Raum zwischen Schwelretorte und Schamotte-Retorte abgeführt, in einer Ringleitung gesammelt und der Aufarbeitung zugeleitet. Die Retorten eines Ofens wurden von einem gemeinsamen Brenner aus über ein Feuergewölbe von den Seiten her beheizt. Als Heizgas diente das von Öl, Benzin, Ammoniak und Wasser befreite Schwelgas-Wassergasgemisch. Der Schwelrückstand wird über den als Schleuse fungierenden Krätzerraum periodisch in auf Schienen laufende Mulden entleert. Der Tagesdurchsatz eines Messelofens (24 Retorten) betrug ca. 26 t Ölschiefer, derjenige eines Rolleofens (1 Retorte) 5 – 6 t Braunkohle. Parallel zum Neubau der Öfen wurden die Anlagen zur Gewinnung von Ammoniak aus den Schwelgasen, zur Kondensation der Öldämpfe und zur Gewinnung des Leichtöles neu gebaut.

Originell wirkt auch die Steuerungs- und Bedienungseinrichtung: Von den Öfen führten Kabel und Druckröhrchen zum sog. Observatorium (d. h. Mess- und Leitwarte), wo die entsprechenden Messwerte fortlaufend handschriftlich protokolliert wurden. Vom Observatorium führten dünne Drahtseile über Rollen zu den Öfen zurück, mit denen die Klappen in der Heizgasleitung und in der Schwelgas-Abgangsleitung betätigt wurden. Diese sinnreiche Fernsteuerung, die eine bemerkenswert genaue Steuerung von Temperaturen und Drücken ermöglichte, wurde von Schwelerei-Obermeister Friedrich Galonske vorgeschlagen.

Beeger liefert folgende Beschreibung für die Aufarbeitung der Schwelgase.³⁸ Die nach Verlassen der Öfen knapp über 100 °C aufweisenden Schweldämpfe und -gase werden mit Hilfe von Exhaustoren durch die Kondensation gesaugt. Zunächst passieren sie sog. Nebelschleudern oder Gasesintegratoren, die vom Oberingenieur der Grube Messel, Paul Meltzer, konstruiert und 1908 erstmals eingebaut wurden. Damit wird die Hauptmenge des gebildeten Öls ausgeschieden. Der Gasstrom gelangt dann in die Glovertürme der Ammoniumsulfatfabrik, wo er durch Schwefelsäure unter Gewinnung von Ammoniumsulfat vom Ammoniak befreit wird (Näheres s. u.). In der wassergekühlten Kondensationsanlage werden Öl und Schwelwasser nach Phasentrennung abgeschieden. Schwelwasser wurde zum Betrieb der Kondensationseinrichtungen benutzt und in Holztürmen rückgekühlt. Die im Gas verbliebenen Kohlenwasserstoffe werden schließlich in einer mehrstufigen Anlage analog der Benzolgewinnung aus Koksofengasen nach dem Brunckschen Verfahren als „Rohnaphtha“ mit Waschöl herausgewaschen,

aus dem sie dann in einer Abtreibeanlage isoliert wurden. In der komplizierten Anlage gewann man somit drei Fraktionen, nämlich außer der erwähnten „Rohnaphtha“ das schwersiedende paraffinhaltige „Rohöl“ und das paraffinfreie „Kondensat“. Dr. Spiegel führte diese Leichtölwäsche bereits vor der Jahrhundertwende in der alten Schwelerei ein und eilte damit seiner Zeit voraus – in der Betriebsstatistik der Riebeckischen Montanwerke erschien „Leichtöl“ erstmals im Geschäftsbericht 1924/25.

Das von Kohlenwasserstoffen, Ammoniak und Schwelteer befreite Schwelgas wurde zum größten Teil zur Unterfeuerung der Schwelöfen verbraucht, ein anderer Teil wurde in Gasmotoren zur Energieerzeugung auf der Grube verwendet. Hauptbestandteile waren Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid, die insgesamt ca. 80 bis 90 Vol.-% ausmachten, der untere Heizwert lag um 2600 kcal/Nm³. Der Schwelrückstand, der die Schwelöfen mit 200 bis 300 °C verließ, wurde in Kipploren auf dem Grubengelände auf Halde gebracht. Dort brannte der abgekippte Rückstand aus. 1909 hatte die Halde bereits einen Umfang von ca. 800.000 t angenommen.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Verlegung der Ammoniakgewinnung unmittelbar hinter die Gasdesintegratoren eine eigenständige Verfahrensentwicklung ohne fremde Vorbilder darstellte, da a) die Ammoniakgewinnung aus der Steinkohlenverkokung wegen des geringen Wassergehalts am Ende der Aufarbeitungskette lag und b) bei der Braunkohlenschwelung wegen des geringen Stickstoffgehaltes die Ammoniakgewinnung nicht lohnte. Zu den Merkmalen der Messeler Ammoniakgewinnung gehörte, dass die Absorptionstürme bei Unterdruck arbeiteten und zur Vermeidung von Säureteer lediglich ein geringer Schwefelsäure-Überschuss zur Absorption des Ammoniaks in der umgewälzten, konzentrierten Ammoniumsulfatlösung eingesetzt wurde.

Das Messeler Rohöl war ein Gemisch aus gesättigten und ungesättigten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie Verbindungen mit Heteroatomen, die als Kreosote, Asphalte, als Pyridinbasen und Thiophene und in anderer Form vorlagen und die durch die Raffination möglichst schonend zu entfernen waren.³⁹

Die Aufarbeitung bestand im Wesentlichen aus folgenden Schritten:

- a) Destillation und Redestillation zur Trennung der leichten, paraffinfreien von den schweren, paraffinhaltigen Fraktionen bei gleichzeitiger Abscheidung von Koks.
- b) Raffination der einzelnen Fraktionen durch Behandlung mit Schwefelsäure und Natronlauge zur Entfernung unerwünschter, weil qualitätsbeeinträchtigender Verbindungen.
- c) Kristallisation der raffinierten, paraffinhaltigen Fraktion zwecks Gewinnung eines Rohparaffins und einer schweren Gasölfraktion.
- d) Überführung des Rohparaffins durch Schwitzen oder Pressen mit Benzin sowie die Behandlung mit Entfärbungspulver in Tafel-Paraffin.

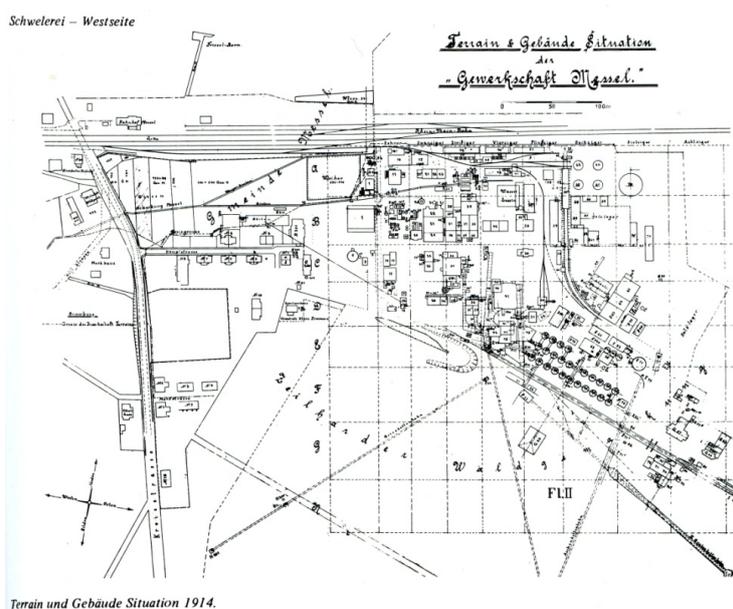


Abb. 10: Lageplan der Schwel- und Raffinationsanlagen der Grube Messel 1914 (aus Beeger, wie Anm. 18, S. 95).

für von Erdölprodukten nach Deutschland in Höhe von 1,44 Mio t zu sehen, darunter allein 955.000 t Leuchtöl (Zahlen für 1911).⁴¹

1913 hatte man in Messel 12.850 t Rohöl aus 249.000 t Ölschiefer erzeugt, entsprechend einer Ausbeute von 5,2 %.

Zur Einordnung der Messeler Erzeugung sei erwähnt, dass aus der Braunkohlenschwelung als vergleichbarer Quelle in Mitteldeutschland 70.000 t Schwelteeer erzeugt wurden, davon stammten 40.000 t aus dem Riebeck-Konzern.⁴⁰

Diese Produktionszahlen sind allerdings vor dem Hintergrund einer weit-

aus höheren Gesamtein-

Die Grube Messel von 1914 bis 1945

Im Ersten Weltkrieg litten die empfindlichen Schwelöfen unter teilweise unsachgemäßer Bedienung durch ungeschultes Personal, darunter auch Kriegsgefangene. Ein 1918 ausgebrochener Grubenbrand konnte erst 1925 durch teilweise Abförderung und systematische Berieselung eingedämmt werden. Die 1918 eingeführten Arbeitszeitverkürzungen führten schließlich zur drastischen Aufstockung der Arbeiterzahl von 440 auf 830 Mann.⁴²

In den Jahren nach Ende des Ersten Weltkrieges verschlechterte sich die wirtschaftliche Lage der Grube Messel. Man suchte den Anschluss an einen größeren Ölkonzern. Dem kamen die Expansionspläne von Hugo Stinnes (1870-1924) entgegen, der bereits 1918 ein größeres Aktienpaket der A. Riebeck'schen Montanwerke Aktiengesellschaft, des führenden mitteldeutschen Braunkohlenunternehmens, erworben hatte und in den Aufsichtsrat dieses Unternehmens eingetreten war. Stinnes verfolgte die Absicht, die Riebeck'schen Montanwerke, das größte mitteldeutsche Braunkohlenunternehmen, zur Basis eines großen Mineralölunternehmens auszubauen. Im Juni 1923 wurde der Riebeck-Konzern umbenannt in „Hugo Stinnes-Riebeck Montan- und Ölwerke AG“. In kritischer finanzieller Situation trat man deshalb im Oktober 1923 die Kuxenmehrheit der Gewerkschaft Messel an dieses Unternehmen ab.^{43,44} Stinnes traf bei einem Besuch der Gewerkschaft Messel im Spätherbst des Jahres 1923 mit Adolf Spiegel zusammen, der damals nach Niederlegung seines Amtes als Repräsentant der Gewerkschaft Messel am 1. April 1921 dem Verwaltungsrat angehörte. Spiegel erkannte, dass er seinen Einfluss auf die Geschicke der Grube Messel verloren hatte. Er soll danach das Werk bis zu seinem Tode nie wieder betreten haben.⁴⁵ Die länger als 35 Jahre bestehende und überwiegend erfolgreiche Grube Messel kann mit Fug und Recht als Lebenswerk Adolf Spiegels bezeichnet werden.

Im Zuge der Liquidation des Stinnes-Konzerns verkaufte im August 1925 die Familie Stinnes die Riebeck-Aktien an die BASF. Das Riebeck-Konglomerat nahm wieder den alten Firmennamen A. Riebeck'sche Montanwerke AG an. Den Vorstandsvorsitz und damit die Leitung sämtlicher I.G. Bergwerke übernahm (ab 1927) Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Otto Scharf, der am 11. Oktober 1929 auch Vorsitzender des Verwaltungsrates der Gewerkschaft Messel wurde.⁴⁶ Der Nachfolger Spiegels, Dipl.-Ing. K. Weißkopf, wurde am 11. Oktober 1929 von Bergwerksdirektor Dr. Walter Rasche als Repräsentant der Gewerkschaft Messel abgelöst. Rasche wurde nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges nicht wieder in sein Amt eingesetzt.⁴⁷

1924 errichtete man in Messel eine Koksdestillationsanlage, die die Aufarbeitung des koksartigen Rückstands aus der Rohöldestillation, der bis dahin nur als Heizmaterial verwendbar war, zu Elektrodenkoks ermöglichte. Die nach mitteldeutschem Vorbild (Webau) errichtete Anlage besaß zunächst 8 Destillationsblasen à 2,5 m³ und wurde später auf 12 Blasen erweitert. Der Elektrodenkoks wurde in speziellen Einsätzen mittels Kranzug aus den Blasen herausgehoben, die vor dem Destillationsvorgang leer in die Behälter abgelassen wurden. Dennoch war das gefährliche Besteigen der Blasen zur Entfernung der letzten Koksreste unumgänglich.⁴⁸

In der I.G. Farben-Zeit wurde eine Reihe von Rationalisierungs- und Erweiterungsinvestitionen durchgeführt, die in den wirtschaftlich schwierigen Jahren zum großen Teil liegen geblieben waren. Eine Ausnahme bildet der Bergbaubetrieb der Grube, der schon 1923 beim Anschluss an den Riebeck-Konzern den Handbetrieb in „Rollöchern“ und in der Abraumbewegung aufgegeben hatte und vollständig zum elektrischen Löffelbagger- und Kettenbahnbetrieb übergegangen war. Er wurde – vor allem in den 1930er Jahren unter Rückgriff auf Riebeck-Technologien – weiter modernisiert.⁴⁹

In diese Zeit fällt auch eine Reihe von Erweiterungs- und Rationalisierungsmaßnahmen im Schwel- und Raffinationsbetrieb:⁵⁰ 1934 bis 1937 wurden die vorhandenen 24 Schwelöfen durch 5 neue Öfen ergänzt. Durch weitere verfahrenstechnische Verbesserungen konnte die Rohölproduktion, die zwischen 1924 und 1933 im Durchschnitt bei 16.400 t/a lag, um 33 % auf einen Maximalwert von 21.899 t/a (1941) gesteigert werden, um dann aber kriegsbedingt zu sinken. 1935 wurde die noch aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg stammende Leichtölgewinnungsanlage durch eine Neuanlage ersetzt. Während in der alten Anlage zum Abtreiben des Leichtöls aus dem Waschöl überhitztes Wasser benutzt wurde, das mit einer Gasflamme in geschlossenem Röhren erhitzt wurde, kam in der Neuanlage überhitzter Wasserdampf aus einem neuen Kesselhaus (s. u.) zur Anwendung.

Während der Zwischenkriegszeit modernisierte man auch die Aufarbeitung des Farbkokes, d. h. des Schwelrückstandes, durch Umstellung der Abkühlung des heißen Produktes durch manuelles Umschaukeln auf einen turmartigen Farbkoksapparat, in dem die Abkühlung durch schwerkraftgetriebene Bewegung des Farbkokes bis zur Abfüllung in Säcken geschieht. Dadurch konnte der Absatz dieses Produktes deutlich gesteigert werden.

Weitere Modernisierungen betrafen die Paraffinkristallisation, bei der die alten, in Messel entwickelten Apparaturen durch die aus der Erdölindustrie bekannten sog. Porges-Neumann-Kühler ersetzt wurden, wie sie schon seit 1913 bei den Riebeck'schen Mineralölfabriken eingesetzt wurden.

1932 löste in Messel die sog. Paraffinwäsche mit Lösemitteln das bis dahin ausgeübte Schwitzverfahren mit der Paraffinpresserei ab. Das neue Verfahren wurde 1926 als Eigenentwicklung in der Mineralölfabrik Gerstewitz der Riebeck'schen Montanwerke erstmals eingeführt. Es beruhte auf der Zerstäubung vorgeschwitzten Paraffins mittels eines rotierenden Tellers in einem speziell konstruierten Apparat. Das an einer Kühlfläche niedergeschlagene Paraffinpulver wurde mit Benzin aus eigener Erzeugung gewaschen.

Die Ammoniakherzeugung hatte nach Einführung der Ammoniaksynthese (vor allem nach Haber-Bosch) und dem Ausbau der Kokereien in der Zwischenkriegszeit ihre Rolle als wichtiger Spesenträger zur Ergebnisverbesserung der Grube Messel verloren und war zum Verlustbringer geworden, dem man mit verfahrenstechnischen Verbesserungen, die auch den Eisengehalt des Ammoniumsulfats wesentlich senkten, begegnete.⁵¹

Während der Verkauf der Messeler Mineralölprodukte in den ersten vier Jahrzehnten der selbstständigen Gewerkschaft Messel in den Händen eines kaufmännischen Leiters und Prokuristen gelegen hatte, wurde der Vertrieb ab 1929 an die zum I.G.-Konzern gehörende Deutsche Gasolin AG abgegeben, die aus der Hugo Stinnes-Riebeck Öl AG hervorgegangen war.⁵²

Auch der Verbesserung der Energiewirtschaft nahm man sich in der I.G. Farbenzeit entschlossen an: Als 1923 die Grube Messel an Riebeck überging, war die Energiewirtschaft sehr verbesserungsbedürftig. Heizmaterial, Dampf und Strom konnten zwar aus eigener Produktion gedeckt werden, die Kraftstationen waren jedoch in kleinen, personalintensiven Einheiten über das ganze Werk verteilt (8 Dampfkessel, 15 Gasmotoren, 1 Dieselmotor). 1926/27 wurde deshalb die Energiewirtschaft der Grube durch Errichtung eines neuen Kesselhauses mit zwei Hanomag-Steilrohrkesseln für 35 atü Betriebsdruck umgestellt. Brennstoff war erstmalig Ölschiefergrieß, der zu etwa 20 % anfallende Rückstand aus der Schwelung (Heizwert knapp über 1.500 kcal/kg). Damit war dieses Verwertungsproblem, an dem man schon 1891 arbeitete, einer Lösung zugeführt. Ein weiterer Schritt war 1929/31 die Installation zweier Gegendruckdampfturbinen mit einer Maximalleistung von 1540 kW, die den Abdampf mit 2,5 atü in das Werksnetz einspeisten (Kraft-Wärme-Kopplung).⁵³



Abb. 11: Werksanlage Messel, Teilansicht (um 1930) (aus Riebeck'sche Montanwerke, wie Anm. 21, S. 420).

Die Bedeutung der Messeler Rohölerzeugung innerhalb der deutschen Schwelindustrie nahm im Laufe der Jahrzehnte ab:⁵⁴ 1913 lag der Anteil des Messeler Rohöls mit 12.850 t noch bei 16 % der gesamten Teererzeugung von 78.700 t aller Braunkohlen-, Schiefer- und Torfschwelereien (die auch das Messeler Rohöl beinhaltete). 1934 trug die Messeler Rohölerzeugung mit 16.600 t nur noch zu 7,5 % zur Teererzeugung von 221.000 t bei, 1938 fiel der Anteil der Messeler Erzeugung mit 21.800 t an der Schwelteerproduktion weiter auf ca. 3 % zurück, die im Rahmen des angelaufenen rüstungsgetriebenen Treibstoffprogramms auf 696.000 t gestiegen war. Diese Steigerung beruhte im Wesentlichen auf der Einführung der leistungsfähigen Lurgi-Spülgas-Schwelöfen ab 1936, die 1943/44 einen Anteil von knapp 80 % an der Teer- und Leichtölerzeugung der deutschen Braunkohlen-Schwelanlagen in Höhe von 1,62 Mio t. erreichten hatten.⁵⁵

Auch Messel wurde durch Ablieferung der Rohnaphtha zur Hydrierung an die Leuna-Werke in die Rüstungsproduktion einbezogen. Am 24./25. März 1945 wurde das Mineralölwerk Messel durch Fliegerangriffe weitgehend zerstört.⁵⁶

System		Messel- ofen	Rolle (alt)	Rolle (neu)	Kosag- Geissen	Lurgi Spülgasofen
Entwicklungsstand		(1914)	(1914/27)	1926	1923	1936
Wärmeübertragung		indir./dir.	indirekt	indirekt	indirekt	direkt
Schwelgut		Ölschiefer	Roh-BrK	BrK- Briketts	Trocken- BrK	BrK-Briketts
Teergehalt	%	25	8	12-16	12-20	12-20
Wassergehalt	%	40	(50)	15	15	10
Durchsatz normal	t/d	20	4,70	10	65	350
Durchsatz maximal	t/d	26	-	20	80	500
Teer-/Leichtöl- Ausbeute bez. auf Schwelanalyse nach Fischer	%	90-95	60	70-80	87-97	83-93
Teer-/Leichtöl- Erzeugung	t/d	5-6	0,225	1-2	9-11	45-65
Quelle		[a]	[b]	[c]	[c]	[c]

Kennwerte für Schwelöfen (Braunkohle bzw. Ölschiefer), nach: [a] Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 97; [b] Adolf Thau, Die Schwelung von Braun- und Steinkohle (1927), Beispiel auf S. 124/125; [c] Winnacker-Weingärtner, Chemische Technologie, Organische Technologie I (1952), S. 193.

Entwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg bis zur Einstellung des Bergbau-, Schwel- und Raffinationsbetriebes

Nach Beginn der Aufräumungsarbeiten im April wurde das Werk im Mai 1945 der Aufsicht der Militärregierung für den Landkreis Dieburg unterstellt. Nach Wiederaufnahme der Ölschieferförderung und Wiederanfahren des ersten Schwelofens wurde das Werk am 5. Juli 1945 durch die Militärregierung beschlagnahmt. Dies änderte nichts an der Wiederaufnahme des Raffineriebetriebes wenige Tage später. Am 1. Januar 1948 wurde das Werk durch das I.G. Farben Control Office übernommen. Zukunftsweisend war der am 1. November 1949 geschlossene Vertrag mit der International YTONG Co. A.B., Stockholm, der

Messel gegen Zahlung von Lizenzgebühren das Recht zur Verwertung der in dem schwedischen Konzern langjährig entwickelten Methoden zur Herstellung von Porenbetonbaustoffen überließ. 10 Jahre später ging Messel im YTONG-Konzern auf. Erwähnt sei, dass bereits Spiegel vor 1900 mit der Herstellung von Bausteinen aus gesinterter Schlacke begonnen hatte, allerdings ohne nachhaltigen Erfolg – die Produktion musste im Ersten Weltkrieg eingestellt werden und wurde unter Riebeck'scher Verwaltung nicht wieder aufgenommen. 1952 wurden die ersten YTONG-Steine ausgeliefert. Am 1. Januar 1954 endete die Aufsicht des I.G. Farben Control Office. In den 1950er Jahren wurden nochmals Rohölproduktionszahlen von über 21.000 t/a erreicht, bevor 1962 der Raffineriebetrieb eingestellt wurde. Im gleichen Jahr stellte man die Rohstoffbasis der YTONG-Fabrik von Ölschieferrückstand auf Sand um, die Schwelerei wurde stillgelegt.⁵⁷ Zu dieser Entwicklung hatte sicher auch beigetragen, dass man in Messel zur Gewinnung ausreichend ölhaltigen Schiefers in immer größere Tiefen vordringen musste, was die Förderung verteuerte. Ölschiefer wurde seitdem bis zur endgültigen Einstellung des Tagebergbaues in der Grube (18.12.1971) nur noch zum Beheizen der Dampfkesselanlage der YTONG-Fabrik eingesetzt.⁵⁸

Bei Beginn der Förderung im 19. Jahrhundert hatte die Messeler Lagerstätte einen Vorrat von 50 Mio t Ölschiefer, von dem bis zum 1. Januar 1965 19,2 Mio t abgebaut waren.⁵⁹ Insgesamt wurden daraus von 1888 bis 1962 1.028.000 t Rohöl gewonnen⁶⁰, s. Abb. 12.

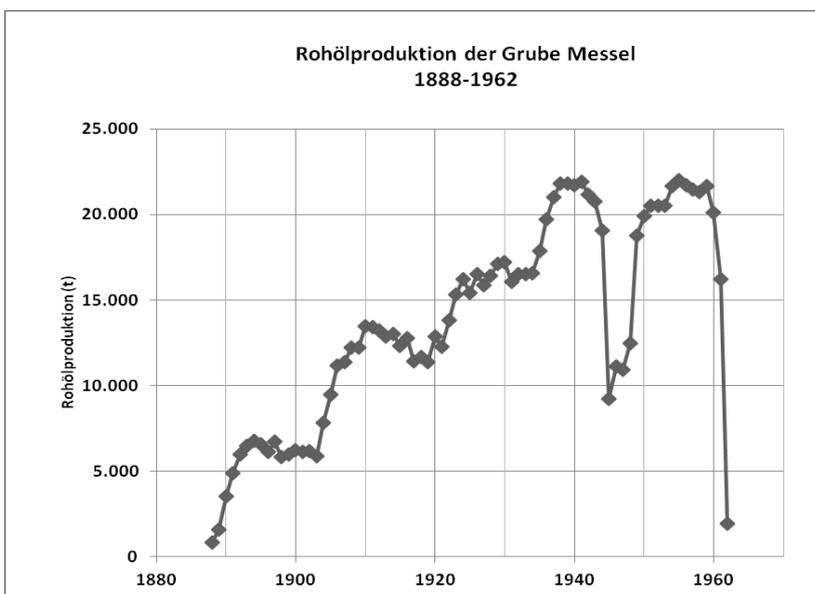


Abb. 12: Rohölproduktion der Grube Messel 1888-1962 (aus Bee-ger, wie Anm. 18, S. 188 f).

Auf dem Weg zum UNESCO-Welterbe

Aus einem Schreiben des Landrats des damaligen Kreises Dieburg, Heinrich Klein, an die Regionale Planungsgemeinschaft Starkenburg geht hervor, dass im August 1971 erste Gespräche über eine zukünftige Nutzung der Grube Messel geführt werden sollten. Der Kreisausschuss lehnte Pläne ab, die Grube zur Mülldeponie zu machen.⁶¹ In die sich bis 1995 hinziehenden Auseinandersetzungen schaltete sich der damalige Direktor des Senckenbergmuseums, Prof. Dr. Wilhelm Schäfer, mit einem Brief vom 23.11.1973 an den Hessischen Minister für Landwirtschaft und Umwelt mit dem Hinweis auf die einzigartigen Fossilienfunde der Grube Messel ein. Nach vorangegangenen, mehr oder weniger geduldeten Grabungen von Privatpersonen setzten 1975 regelmäßige, autorisierte Grabungen ein.⁶² Nach langen juristischen Auseinandersetzungen, die stets starke öffentliche Beachtung fanden und auch mit politischen Verwerfungen verbunden waren, wurde die Grube Messel am 9. Dezember 1995 in die UNESCO-Welterbe-Liste aufgenommen.⁶³

Epilog

Ölschiefer und vor allem Ölsande bilden zweifellos weltweit große Vorräte an organischem Kohlenstoff, die neben den ausgewiesenen Vorräten an Erdöl und Erdgas von der Öffentlichkeit meist kaum wahrgenommen werden. Nach einer – sicher diskutierbaren – 1989 veröffentlichten Schätzung enthalten Ölsande und Ölschiefer rund 90 % aller auf der Erde vorkommenden organischen Materie, etwa 15×10^{15} t Kohlenstoff. Davon sollen ca. 95 % als Kerogen vorliegen.⁶⁴ Die weltgrößten Ölschiefer-Vorkommen sind in der eozänen Green River Formation (USA) zu finden, mit geschätzten 213 Mrd tons Ölinhalt.⁶⁵ Die seit Jahrzehnten in großem Stil ausgeübte Erdölgewinnung aus den kanadischen Athabasca-Ölsanden mag als Beispiel für die anhaltend große wirtschaftliche und politische Bedeutung dieser Art der Erdölgewinnung dienen. Unbestreitbar ist aber, dass die Gewinnung von Erdölprodukten aus Ölsanden und Ölschiefern mit relativ hohen Kohlenstoffverlusten, d.h.CO₂-Emissionen in die Atmosphäre, verbunden und erst ab einer (situationsabhängigen) Ölpreis-Untergrenze wirtschaftlich ist. Hat man noch vor einigen Jahrzehnten in den großen Ölvorräten, die weltweit in Ölsanden und –schiefern gebunden sind, Reserven gesehen, die auch in ferner Zukunft wirtschaftlich genutzt werden können, so wird nach den klimapolitischen Debatten der letzten 20 Jahre abzuwarten sein, wie sich die Klimapolitik auf die Erdölgewinnung aus Ölsanden und –schiefern auswirken wird.

Exkurs: Zur Biographie von Adolf Spiegel⁶⁶

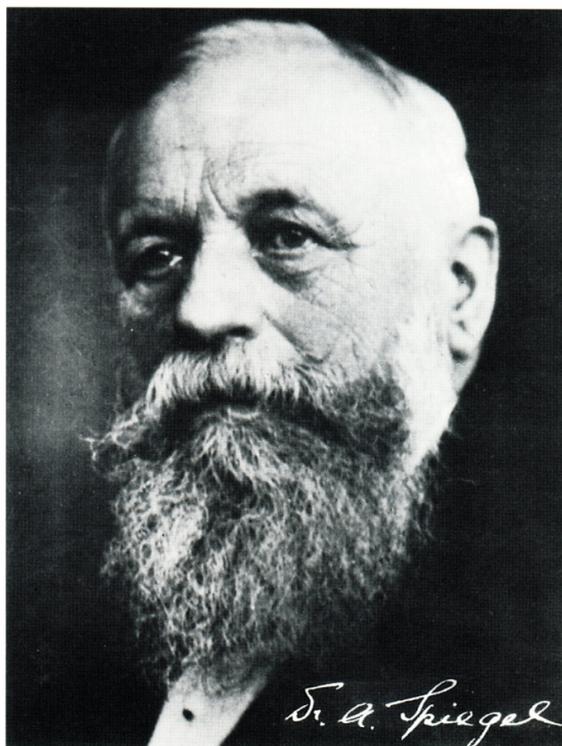


Abb. 13: Adolf Spiegel (1856-1938) (aus Beeger, wie Anm. 18, S. 54).

„evening student“ Vorlesungen am Owens College, der heutigen Victoria-University, und in Manchester Vorlesungen bei Henry Roscoe und Carl Schorlemmer (dem Pionier der Aliphatenchemie). 1878/79 war er Assistent bei Schorlemmer. An der Münchener Universität beendete er seine Studien. In Prof. Adolf (von) Baeyer (1835-1917) fand er seinen Mentor, mit dem er bis zu dessen Tod (1917) freundschaftlich verbunden bleiben sollte. Baeyer betraute ihn mit einer Arbeit zur Erforschung der Vulpinsäure als Dissertationsthema. Spiegel bestand seine Doktorprüfung am 12. März 1881 „summa cum laude“. Für ein Jahr wurde er Privatassistent von Baeyers. 1882 bis 1884 war Spiegel bei Meister, Lucius & Brüning in Höchst tätig. Dort entwickelte er ein Verfahren, Azofarbstoffe mittels Natriumbisulfit löslich und damit zum Färben tauglich zu machen mit anschließender Rückspaltung des Addukts auf der Faser (DRP 29.067, 30.598 und 30.080). Dr. Lucius schlug 1884 Dr. Spiegel zum Repräsentanten der Gewerkschaft Messel vor. Spiegels Gründlichkeit und Beharrungsvermögen waren eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung der Gewerkschaft Messel. Ihm sind vor allem eigenständige Problemlösungen zu verdanken. 1921, im Jahr seines Wechsels in den Ruhestand, erschien von ihm in der Zeitschrift für

Geboren wurde Adolf Spiegel am 26. Februar 1856 in Michelstadt als zweitletztes, zehntes Kind des Gastwirts Johann Friedrich Spiegel und der Katharina, geb. Rexroth. Spiegel besuchte die Volksschule, anschließend die Realschule, und begann 1871 eine Lehrzeit in der Drogerie J. B. Lindt in Frankfurt a. M. Er entdeckte die Vorlesungen des Physikalischen Vereins. Im Wintersemester 1873/74 begann er mit dem Chemiestudium am Polytechnikum in Darmstadt. Wirtschaftliche Nöte der Eltern zwangen ihn zur Aufgabe des Studiums. 1874 nahm er eine Assistentenstelle in Huddersfield bei George Jarman an, wo er sich in die Analysenverfahren seiner Zeit einarbeiten konnte. Danach wurde er Chemiker der Carbon Fertilizer Comp. in Oldham und besuchte nebenher als

Angewandte Chemie eine technologische Betrachtung „Über Schieferöle“ (Nr. 53, S. 321). Er beobachtete die zahlreichen, beim Ölschieferabbau anfallenden Fossilien, die er sammeln ließ und dem Landesmuseum in Darmstadt übereignete. Außerdem verfasste er eine Schrift über Gebirgsbildung und Vulkanismus. Mit der Messeler Pfarrerstochter Marie Henkelmann, die er 1888 heiratete, hatte er zwei Söhne und eine Tochter. Er starb am 4. November 1938.

Veröffentlichungen Adolf Spiegels 1881-1882 (zitiert in: Adolf von Baeyer's gesammelte Werke, Band 1 (1905), S. CVII):

[a] A. Spiegel, „Über Vulpinsäure“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 13 (1880) 1629, 2219; *ibid.* 14 (1881) 873, 1686; *ibid.* 15 (1882) 1546; *Liebigs Ann.* 219 (1883) 1.

[b] A. Spiegel, „Synthese der Tropasäure aus Acetophenon“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 14 (1881), S. 235.

[c] A. Spiegel, „Synthese der Atrolactinsäure aus Acetophenon“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 14 (1881), S. 1352.

[d] A. Spiegel, „Über die Euxanthinsäure“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 15 (1882), S. 1964.



Abb. 14: Messel heute (aus *Buness*, wie *Anm. 15*, S. 6).

Summary: The Messel pit as petroleum facility: Oil shale mining before the UNESCO title of World Heritage

This article reflects the industrial history of the Messel pit. The history of Messel as a mine started with the financier Cäsar Straus who bought the mining fields Messel I and II in 1883. The operation of the pit started in 1885/6 with mining of oil shale followed by its chemical finishing. The special characteristics of the oil shale led to the development of a special furnace, the “Messelofen”, under the auspices of the chemist Adolf Spiegel, who was director of the Messel pit from 1884 to 1921. Until the end of business operation in 1962, a total of 1 million tons of crude oil was produced at the pit. After closing of the pit Messel remains important as a fossil site and was included into the UNESCO World Heritage List in 1995.

Dieser Beitrag ist die erweiterte Fassung eines Vortrages, den der Autor in der Tagung der GDCh-Fachgruppe „Geschichte der Chemie“ am 22. März 2013 in Heidelberg gehalten hatte. Den „roten Faden“ für die Ausarbeitung lieferte die im Auftrag der Fa. Ytong AG von Dr. Georg Beeger verfasste, 1970 erschienene „Chronik der Grube Messel 1884-1964“, die auf Beegers Erfahrungen und solchen seiner Mitarbeiter ab etwa Mitte der 1920er Jahre auf der Grube Messel beruht. Hier flossen auch aus der Erinnerung zwischen 1948 und 1950 niedergeschriebene Aufzeichnungen des langjährigen Oberingenieurs der Grube, Paul Meltzer, ein, die in die Zeit um 1900 zurückreichen (18, S. 11). Beeger wurde nach dem Ende der Aufsicht durch das I.G. Farben Control-Office (1. Januar 1954) gemeinsam mit Joachim von Bonin zum Geschäftsführer der am 24. Juni 1954 neu gegründeten Paraffin- und Mineralölwerk Messel GmbH bestellt (18, S. 156f.). Die Beegersche „Chronik“ wurde in unveränderter Gestalt Bestandteil der 1995 von Stephan Schaal und Ulrich Schneider herausgegebenen „Chronik der Grube Messel“, die von diesen Autoren um einen zweiten Teil „Chronik der Grube Messel 1965-1995“ ergänzt wurde.

Der Autor dankt dem Forschungsinstitut Senckenberg, insbesondere sowie Herrn Dr. Stephan Schaal für die Überlassung von Bildmaterial und die Genehmigung zur Wiedergabe (Bilder 1, 2, 3 und 14) sowie Frau Dr. Sonja Wedmann für die Durchsicht des Kapitels 3. Ebenso geht Dank an Fa. Xella Deutschland GmbH als Rechtsnachfolgerin der Fa. Ytong Rhein-Main GmbH für die Freigabe der Verwendung von Bildmaterial aus der „Chronik der Grube Messel“ (1995) (Bilder 5, 6, 7, 8, 10 und 13).

- ¹ Waldemar Scheithauer, Die Schwelteere. Ihre Gewinnung und Verarbeitung, 2. Aufl. (Leipzig 1922), S. 1ff.
- ² John H. McKay, Scotland's First Oil Boom. The Scottish Shale Oil Industry, 1851-1914 (Edinburgh 2012), S. 1.
- ³ Scheithauer, Die Schwelteere, S. 4, 5.
- ⁴ McKay, Scotland's First Oil Boom, S. 5-9.
- ⁵ Scheithauer, Die Schwelteere, S. 6.

- ⁶ McKay, Scotland's First Oil Boom, S. 7.
- ⁷ MacKay, Scotland's First Oil Boom, S. 8.
- ⁸ Scheithauer, Die Schwelteere, S. 5, 6, 84.
- ⁹ McKay, Scotland's First Oil Boom, S. 184.
- ¹⁰ W. Scheithauer, Fabrikation der Mineralöle und des Paraffins aus Schweelkohle, Schiefer etc. sowie die Herstellung der Kerzen und des Oelgases (Braunschweig 1895), S. 73-78.
- ¹¹ McKay, Scotland's First Oil Boom, S. 1.
- ¹² McKay, Scotland's First Oil Boom, S. 223.
- ¹³ Scheithauer, Die Schwelteere, S. 10f.
- ¹⁴ Gabriele Gruber, Das Messel-Maar, hrsg. von Gabriele Gruber, Norbert Micklich, 3. Aufl., Messel. Schätze der Urzeit, (Darmstadt 2011), S. 23-28.
- ¹⁵ Hermann Buness, Marita Felder, Gerald Gabriel, Franz-Jürgen Harms, „Explosives Tropenparadies – Geologie und Geophysik im Zeitraffer“, Vernissage, Reihe UNESCO-Welterbe 21/05, 13, 151 (2005), S. 6-11.
- ¹⁶ Dieter F. Mertz, Paul R. Renne, A numerical age for the Messel fossil deposit (UNESCO World Heritage Site) derived from ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating on a basaltic rock fragment. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 255 (2005), S. 67-75.
- ¹⁷ Dieter F. Mertz, Determining the Time. Den Zeitpunkt bestimmen. Zusammenhänge der Messeldatierung, Vernissage, Reihe UNESCO-Welterbe 21/05, 13, 151 (2005), S. 12f.
- ¹⁸ Georg Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, hrsg. von Stephan Schaal, Ulrich Schneider, Chronik der Grube Messel (Gladenbach 1995), S. 28.
- ¹⁹ Georg Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 29ff.
- ²⁰ Stephan Schaal, Ulrich Schneider, Chronik der Grube Messel 1965-1995, hrsg. von Stephan Schaal, Ulrich Schneider, Chronik der Grube Messel (Gladenbach 1995), S. 203.
- ²¹ Gustav Aubin, A. Riebeck'sche Montanwerke. Die Geschichte einer mitteldeutschen Bergwerksgesellschaft (München 1933).
- ²² Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 15.
- ²³ Zum Folgenden s. auch A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 413ff.
- ²⁴ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 58.
- ²⁵ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 60.
- ²⁶ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 70f.
- ²⁷ Scheithauer, Die Schwelteere. – In der zweiten Auflage des findet man die expliziten Beschreibungen der Messeler Industrie auf den Seiten 50-55, 80, 83, 125, 141, 164-165 und 182.
- ²⁸ Adolf Spiegel, „Über Schieferöle“, Angewandte Chemie (1921), S. 321ff.
- ²⁹ Scheithauer, Fabrikation der Mineralöle und des Paraffins, S. 35f.
- ³⁰ Scheithauer, Die Schwelteere, S. 50.

- ³¹ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 60f.
- ³² Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 72.
- ³³ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 61.
- ³⁴ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 79.
- ³⁵ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 76. – Scheithauer weist in seinem Buch „Die Schwelteere“ von 1922 (S. 51) besonders auf die Verdienste Grouvens für diese Verfahrensentwicklung hin. Zur Gewinnung von Ammoniak aus Torf und Schiefen s. auch: Georg Lunge, Hippolyt Köhler, Die Industrie des Steinkohlentheers und Ammoniaks, 4. Aufl. (1900), Bd. 2, S. 37-69, speziell zu Grouven: S. 38, 63f.
- ³⁶ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 74.
- ³⁷ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 96f.
- ³⁸ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 97ff.
- ³⁹ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 102ff.
- ⁴⁰ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 102.
- ⁴¹ Richard Kissling, Chemische Technologie des Erdöls und der ihm nahestehenden Naturerzeugnisse (Braunschweig 1915), S. 158.
- ⁴² A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 419f.
- ⁴³ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 112ff.
- ⁴⁴ A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 420f.
- ⁴⁵ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 111.
- ⁴⁶ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 113, 187.
- ⁴⁷ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 114f.
- ⁴⁸ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 123, 169.
- ⁴⁹ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 117ff.
Die Umstellung begann ab 1913/14, s. A. Riebeck'sche Montanwerke, S. 418.
- ⁵⁰ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 122ff.
- ⁵¹ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 127f.
- ⁵² Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 115f.
- ⁵³ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 128ff.
- ⁵⁴ Zahlenwerte aus: Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 188f. und Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich (verschiedene Jahrgänge). – Eine statistische „Momentaufnahme“ der deutschen Schwelindustrie für 1934/35, die auch die Messeler Produktion berücksichtigt, findet sich in: 50 Jahre Mitteldeutscher Braunkohlen-Bergbau, Festschrift zum 50 jährigen Bestehen des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins e. V. Halle (Saale) 1885-1935, S. 148f.
- ⁵⁵ Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl. (1958), Bd. 10, S. 215.
- ⁵⁶ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 133ff.

- ⁵⁷ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 144, 187, 189.
- ⁵⁸ Schaal, Schneider, Chronik der Grube Messel 1965-1995, S. 214.
- ⁵⁹ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 43.
- ⁶⁰ Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 188/89.
- ⁶¹ Schaal, Schneider, Chronik der Grube Messel 1965-1995, S. 214.
- ⁶² Schaal, Schneider, Chronik der Grube Messel 1965-1995, S. 220.
- ⁶³ Gruber, Das Messel-Maar, S. 149f.
- ⁶⁴ R. A. Berner, *Palaeogeograph. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 73 (1989), S. 97-122; zitiert in: Stefan Porath, *Erzeugung von Chemierohstoffen aus Kukersit durch Pyrolyse*, Diss. Univ. Hamburg (1999). Hier findet sich auf S. 6 ein Strukturmodell des Green River Kerogens.
- ⁶⁵ USGS Scientific Investigations Report 2005-5294, *Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits* (2005), S. 37.
- ⁶⁶ Hans Heil, in: Beeger, Chronik der Grube Messel 1884-1964, S. 54-57.