

Die Geschichte der Benzinsynthese in den Leunawerken und ihre ökologischen Folgeerscheinungen am Anfang des 20. Jhdts

Frank Baumann, Universität Leipzig, Karl-Sudhoff-Institut für Geschichte der Medizin und Naturwissenschaft, Augustusplatz 10-11, 04109 Leipzig

1. Einführung

Im Rahmen eines DFG-Forschungsprojektes wird am Karl-Sudhoff-Institut Leipzig die Industrie- und Umweltgeschichte Mitteldeutschlands untersucht. Einige Ergebnisse der Studien sollen anhand der Entwicklung der Benzinsynthese in den Leuna-Werken im Zeitraum von 1917 bis 1945 vorgestellt werden.

Die Leuna-Werke befinden sich in dem Raum Merseburg/Halle/Leipzig. Die BASF erbaute 1916 dieses Ammoniakwerk, das im Volksmund als die Leuna-Werke bezeichnet wurde (1,2,3). In den 20er Jahren wurde hier die erste Hydrierungsanlage auf Kohlebasis in Deutschland errichtet.

Obwohl nach dem heutigen Standpunkt die Gesichtspunkte einer wirtschaftlichen Arbeitsweise bzw. die Vermeidung ökologischer Folgeerscheinungen in der Entstehungsphase der Kohlehydrierung weitgehend ignoriert wurden, so war diese Synthese aufgrund des damaligen wissenschaftlich-technischen Entwicklungsstandes und der konkreten wirtschaftspolitischen Situation objektiv ein Ausdruck des Fortschritts.

2. Die wissenschaftlich-technische Entwicklung der Treibstoffsynthese

2.1. Notwendigkeit der Treibstoffsynthese

Mit der Entwicklung der Automobilindustrie stieg der Kraftwagenbestand in Deutschland an. Die Leistungsfähigkeit des Motors war u.a. von der Qualität des Kraftstoffes abhängig, die durch die Verdampfungs- und Brenngeschwindigkeit, die Zündfähigkeit, die Klopfestigkeit und den Heizwert bestimmt wurde. Für die Gewährleistung dieser Eigenschaften sollte das Benzin elementar aus 85 Gewichtsprozent Kohlenstoff und etwa 15 Gewichtsprozent Wasserstoff bestehen (4). Aufgrund dieser Zusammensetzung eignete sich Erdöl sehr gut für die Herstellung von Benzin. Allerdings betrug die Erdölförderung in Deutschland 1929 lediglich 0,05% der Weltproduktion (5). Die Importe an Erdölen wurden zum einen durch die wirtschaftliche Situation Deutschlands in den 20er

Jahren ständig in Frage gestellt und zum anderen prognostizierten geologische Gutachten, daß die Weltvorräte an Erdöl nur eine kurze Zeit ausreichen würden (6). Da der Bedarf an Kraftstoffen ständig anstieg, begann eine systematische Forschung nach äquivalenten Rohstoffen für die Herstellung von Benzin.

Seit 1923 wandte Carl Bosch, der zu diesem Zeitpunkt Vorstandsvorsitzender der BASF war, seine Aufmerksamkeit der Benzinherstellung auf Kohlebasis zu (7). Die Kohlevorkommen in Deutschland waren ausreichend. Im Gegensatz zum Erdöl hatte Braunkohle nur einen Wasserstoffgehalt von 6%. Um Benzin aus Braunkohle herzustellen, mußten folgende Aufgaben gelöst werden: (a) die Wasserstoffanlagerung an Kohle - die Hydrierung - (b) und die Entfernung aller störenden Elemente, wie z.B. Schwefel, Stickstoff u.a..

2.2. Die wissenschaftlichen Quellen der Kohlehydrierung

Die als IG-Hydrierverfahren (8) bezeichnete Benzinsynthese basierte auf grundlegenden wissenschaftlichen Arbeiten:

1. die Wasserstoffanlagerung an Kohle, 2. die Hochdrucksynthese und 3. der katalytische Prozeß.

Friedrich Bergius (1884-1949) führte seit 1910 Experimente zur Druckhydrierung durch. Sein beruflicher Lebenslauf wurde durch die wissenschaftlichen Schulen der physikalischen Chemie (W. Ostwald - Leipzig; W. Nernst - Berlin) und der chemischen Hochdrucktechnik (F. Haber - Karlsruhe) geprägt (9,10,11). 1913 bewies er in seinen Autoklavenversuchen, daß unter Hochdruck natürliche höhermolekulare Kohlenstoffverbindungen aus Rohölen oder Kohlen unter Molekülsplattung in niedere Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden können. Bereits 1869 erkannte Marcelin Pierre Eugene Berthelot (1827-1907) die Hydrierung der Kohle mit Jodwasserstoff (12,13).

Die Durchführung des Bergius-Verfahrens war unter Hochdruckbedingung eine wesentliche Reaktionsvoraussetzung (14). Mit der technischen Realisierung der Ammoniaksynthese begründeten Carl Bosch (15) und Fritz Haber (16) die Hochdruckchemie im großtechnischen Maßstab. Die notwendigen Parameter zur technischen Verwirklichung chemischer Gleichgewichtsreaktionen, wie die exakte Wärmeleitung, die hohen Betriebsdrücke und die Verwendung von Katalysatoren, erforderten eine neue Qualität der Konstruktion der Anlagen, der Zusammensetzung der Werkstoffe und der Bauweise von Reaktionsapparaten (17). In einer hervorragenden Weise bewältigte Carl Bosch aufgrund seiner Kenntnisse auf den Gebieten der Chemie und der Hüttenkunde die neuen Herausforderungen des chemischen Apparatebaus.

Im Unterschied zu Bergius bezogen die Industriechemiker der BASF umfangreiche Katalysatorforschungen in die Verfahrensentwicklung ein. Dabei stützten sie sich auf

die Arbeiten von Paul Sabatier (1854-1941), ein Schüler von Berthelot. Sabatier hatte die Hydrierung organischer Substanzen mit Hilfe von fein verteilten Metallen als Katalysatoren nachgewiesen (18,19).

Die Erforschung der stoffspezifischen katalytischen Wirkung als Reaktionsbeschleunigung erfolgte zu diesem Zeitraum experimentell-empirisch. Die Entwicklungsarbeiten der BASF zur Katalyse bezogen sich auf die theoretischen Arbeiten des Leipziger Physikochemikers Wilhelm Ostwald (1853-1932). Seine Erkenntnisse beruhten auf der thermodynamischen Gleichgewichtslehre und der reaktionskinetischen Theorie (20). Als Mitarbeiter der BASF seit 1904 und Schüler von Wilhelm Ostwald erbrachte Alwin Mittasch (1869-1953) große Leistungen auf dem Gebiet der industriell-heterogenen Katalyse. Bei seinen zahlreichen chemisch-katalytischen Studien zur Ammoniak-synthese in Ludwigshafen gelangte er zu der Erkenntnis, daß schwer reagierende Stoffe der Stickstoffchemie durch Zusätze bzw. Hilfsmittel zu dem bereits eingesetzten Katalysator zur Reaktion gebracht worden sind (21). Alwin Mittasch gilt als Entdecker der Mehrstoffkatalysatoren.

2.3. Die Entwicklung der Treibstoffsynthese als IG-Verfahren

2.3.1 Zeitliche Einteilung in Entwicklungsphasen

Im Ergebnis bisheriger wissenschaftshistorischer Untersuchungen zur Entwicklung der katalytischen Druckhydrierung können diese in die vier folgenden Phasen unterteilt werden:

In der 1. Phase (1924-27) erarbeiteten die Industriechemiker der BASF die chemisch-technologischen Grundlagen der Kohlehydrierung.

Im Zeitraum von 1927-29 erprobten die Ingenieure den physikalisch-chemischen Prozeß der Kohlehydrierung in einer großtechnischen Apparatur in den Leuna-Werken. Dies stellt die 2. Phase dieser Einteilung dar.

Die chemisch-technische Optimierung des Verfahrens, die von 1929-32 stattfand, wird als die 3. Phase der wissenschaftlich-technischen Entwicklung der Kohlehydrierung in Deutschland bezeichnet. Nach 1933 (4.Phase) wurden die Kapazitäten der Hydrierungsanlagen in Leuna wesentlich ausgebaut und erweitert.

2.3.2. Matthias Pier und die Entwicklung der Kohlehydrierung

In der ersten Phase wurde die Benzinsynthese in ihrer chemischen und technischen Grundzügen erarbeitet, so daß Carl Bosch im Juni 1926 beschloß, eine Großanlage in den Leuna-Werken zu errichten. Einen wesentlichen Anteil an dem Forschungsprojekt

der synthetischen Treibstoffherstellung besaß Matthias Pier (1882-1965). An seinem wissenschaftlichen Werdegang ist interessant, daß er sich mit Sachfragen der physikalischen Chemie in Verbindung mit Problemen der Technologie auseinandersetzte. Seine Tätigkeit bei Walter Nernst in Berlin beeinflusste seine Denk- und Arbeitsweise im Bereich der physikalischen Chemie. Die im Nernstschen Institut begonnenen Betrachtungen über katalytische Druckhydrierung konnte er in der BASF fortsetzen. Unter der Leitung von Alwin Mittasch gewann er Einsichten in die Versuchsarbeiten der katalytischen Ammoniaksynthese unter Hochdruckbedingungen. 1923 verwirklichte er großtechnisch seine Experimente zur Herstellung organischer Verbindungen aus Wassergas in Form der Methanolsynthese (22,23,24).

2.3.3. Wissenschaftlich-technische Entwicklung der Kohlehydrierung 1924-1927

In dem Zeitraum von 1924-27 setzten sich die Forscher und Ingenieure der BASF mit der Gestaltung der Reaktionsbedingungen in Verbindung mit dem Chemismus der Kohlehydrierung auseinander.

Vom Standpunkt der Wissenschafts- und Technikgeschichte ist die Entwicklung von Katalysatoren für die hydrierende Spaltung durch die BASF Ludwigshafen und das Ammoniakwerk Merseburg zu würdigen. Die Techniker orientierten sich bei der Katalysatorforschung nach den erforderlichen Wirkungsweisen der Kontakte, d.h. die Spaltung der Kohle, die Entfernung störender Elemente und die Wasserstoffanlagerung.

Nach Auffindung des Katalysators war es möglich, Braunkohle bei relativ geringem Durchsatz und sehr niedrigem Produktpartialdruck in einem Arbeitsgang fast vollständig in Benzin zu überführen (25,26). Bei höheren Durchsätzen ließ allerdings die Katalysatoraktivität aufgrund von Nebenreaktionen nach. Aus wirtschaftlichen Erwägungen war die Aufteilung der Kohlehydrierung in mehrere Prozesse die Schlußfolgerung. Diese Verfahrensweise gilt als eine grundlegende Erkenntnis der BASF. Diese bestand darin, die mit Öl aufbereitete Kohle in Gegenwart von feinverteiltem Katalysator in Mittel- und Schweröle umzuwandeln, die dann - in der sogenannten Gasphase - in Dampfform über fest angeordnete Katalysatoren zu Benzin (27) reagieren.

2.3.4. Wissenschaftlich-technische Entwicklung der Kohlehydrierung 1927-1929

Mit der Entwicklung der Katalysatoren und der stufenweisen Hydrierung waren die Reaktionsbedingungen so gestaltet, daß diese auch großtechnisch umgesetzt werden konnten (28,29). Bei der Übertragung von dem halbertechnischen Maßstab in die Großtechnologie traten solche Schwierigkeiten auf, wie die Undichtheit der Anlage, der Wasserstoff- und Schwefelangriff an Kontakten und Material sowie Probleme in der Temperatur- und Wärmeleitung im technischen Prozeß (30,31,32).

2.3.5. Umwelthistorische Betrachtung der Kohlehydrierung

Mit der steigenden Produktion wirkten sich die aus dem Produktionsprozeß entfernten Verbindungen, wie Phenole und Schwefelverbindungen, auf die Umwelt gefährdend aus. Die Umweltbelastung der Leunawerke auf die Umgebung äußerte sich in den 20er Jahren auf verschiedene Art und Weise. Dabei sind vier Gruppen zu klassifizieren:

1. Die Umweltmedien wurden erheblich verschmutzt. Dieses machte sich bemerkbar, indem der anliegende Fluß - die Saale - stark verunreinigt wurde bzw. (33,34) die Einwohner über den Zustand (35) der Luft klagten.

2. Bei den dort Lebenden und im Werk Arbeitenden traten gesundheitliche Beeinträchtigungen auf. Durch das Ausströmen von Schwefelwasserstoff aus undichten Rohrleitungen traten vermehrt Augenleiden und Magenkrankheiten bei den Arbeitenden auf (36).

3. Gewerbebetriebe anderer wirtschaftlicher Zweige wurden durch die Umweltbelastung beträchtlich gestört.

(a) Die hohe Fischtoxizität der Phenole (0,1 mg/l) (37) verursachte Ende der 20er Jahren ein Fischsterben in der Saale, so daß die anliegenden Fischereien um ihre Existenz (38) fürchten mußten.

(b) In der Landwirtschaft führten die Einwirkungen von schwefelsauren Abgasen zu relativ hohen Ernteverlusten (39,40,41).

4. Aus umwelthistorischer Sicht ist die Tatsache interessant, daß die durch die Industrie hervorgerufenen Umweltbelastungen in der Umgebung des Werkes auch die eigenen Produktionslinien erheblich störten. Dieses äußerte sich darin, daß die Katalysatoren in ihren Wirkungsweisen geschädigt wurden, Korrosionserscheinungen an Apparaturen und Baumaterialien auftraten und die Qualität des hergestellten Produktes (42) vermindert wurde. Diese Erscheinungen veranlaßten die Chemiker der BASF, sogenannte giftfeste Katalysatoren bzw. hochlegiertes Material als Schutz gegen die chemischen Angriffe des Schwefels (43,44) zu entwickeln. Die bisherigen umwelthistorischen Betrachtungen ergaben, daß bei der Lösung von umweltrelevanten Problemen die Erforschung der Schutzwirkung gegenüber toxischen Stoffen Priorität im Vergleich zu der Vermeidung umweltgefährdender Abfallstoffe hatte.

Aufgrund der Interaktion von Behörden und Anwohnern sahen sich die Direktoren der Leuna-Werke veranlaßt, die Entwicklung von Entphenolungs- und Entschwefelungstechnologien zu fördern.

Aus den phenolhaltigen Abwässern wurden mit Hilfe von Extraktionsverfahren (Tricresylphosphatverfahren (45), Phenosolvan, Natronlaugeverfahren oder Mittelölverfahren) Phenole (46,47) zurückgewonnen. Diese Technologien nahmen an Bedeutung

zu, weil Phenol ein wichtiges Ausgangsprodukt für andere Verfahren (Kunststoff) wurde. Die Abwässer mit weniger Phenolkonzentration wurden mit Hilfe von Adsorptionsverfahren (Winklerasche, Aktivkohle) aufbereitet (48), um den hygienischen Anforderungen an der Saale zu genügen.

Gleichfalls entwickelten die Chemiker von Leuna Entschwefelungstechnologien. So wurde Schwefelwasserstoff durch das Alkacidverfahren bzw. das IG-Clausovenverfahren zu Schwefel bzw. Schwefelsäure verarbeitet (49).

Ende der 20er Jahre bildete sich in den Leuna-Werken ein analytisches Überwachungssystem (50) heraus, wobei die Betriebschemiker die Konzentrationen der besonders toxisch wirkenden Stoffe ermittelten.

2.3.6. Technische Optimierung der Kohlehydrierung

Obwohl Fortschritte in den Entwicklungsarbeiten zu Fragen der Katalysatoren, Materialien, Rückstandsverarbeitung und Gestaltung der Großapparatur erreicht worden sind, waren die noch zu lösenden Probleme vielschichtig und kostenintensiv. Die angespannte wirtschaftliche Situation in Deutschland zwang Bosch in der Arbeitssitzung am 21. Juni 1929 (51), drastische Sparmaßnahmen einzuführen. Für die Kohlehydrierung bedeutete dies, daß nur kleintechnische Versuche durchgeführt werden konnten bzw. anstatt Braunkohle wurde nur Teer bzw. Erdöl hydriert. In diesem Zeitraum erzielten die Ingenieure bei der Optimierung der technischen Gestaltung wesentliche Fortschritte, z.B. die Aufteilung der Gasphase in Vorhydrierung und Benzinierung. In der Vorhydrierung wurden sulfidische Katalysatoren (Kontakt 5058) verwendet. Diese zeichneten sich durch gute Hydrier-, Spalt- und Isomerisierungseigenschaften aus. Die Erhöhung der Klopfestigkeit wurde durch oxidische Katalysatoren (Kontakt 6434) in der Benzinierungsphase erzielt (52).

2.3.7. Wirtschaftshistorische Einschätzung der Kohlehydrierung

Die Auseinandersetzung über die Frage der Weiterführung des Projektes erreichte 1932 ihren Höhepunkt. Dies war darauf zurückzuführen, daß der Preis für einen Liter Benzin von 18 Pfennig auf 4 Pfennig fiel (53).

Gutachten über den Stand und die Aussichten der Hydrierung ergaben, daß aus volkswirtschaftlicher Sicht "kein Anreiz für die Fortführung der Benzinfabrikation besteht" (54). Trotz dieser Einschätzung entschieden sich die Vorstandsmitglieder gegen eine Stilllegung und für die Umstellung der Kohlehydrierung auf Braunkohlebasis. Es ist zu vermuten, daß Carl Bosch einen großen Einfluß auf diese Entscheidung hatte. Er war deutlicher an der Weiterentwicklung der Hochdrucktechnologie als an den Kostenfra-

gen interessiert, denn er erhielt 1931 gemeinsam mit Friedrich Bergius den Nobelpreis für Chemie für die Entwicklung der Hochdruckchemie. In seinem Nobelvortrag ging er auf diese Frage indirekt ein, indem er hervorhob, daß Entwicklungsarbeiten eine gewisse Zeit brauchten, um zur Rentabilität zu gelangen (55).

Die erfolgreiche Realisierung der Kohlehydrierung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit konnte nur durch staatliche Eingriffe gewährleistet werden. Die von der Regierung Brüning (1930-32) veranlaßte Zollerhöhung für Benzin gewährleistete neben sicheren Staatseinnahmen eine rentable Vermarktung in Deutschland (56). Der im Dezember 1933 abgeschlossene Benzinvertrag (57,58) zwischen der Reichsregierung und der I.G. Farbenindustrie AG sicherte die Durchführung der Synthese, indem die nationalsozialistische Regierung Preis- und Absatzgarantien übernahm. Die I.G. Farbenindustrie AG hatte für den Ausbau der Kapazitäten der Hydrierungsanlagen zu sorgen. In dieser vierten Phase herrschte das Primat der Politik bei der Realisierung der Großsynthese (59). Die Wirkung von politischen Faktoren auf den weiteren Werdegang der Treibstoffsynthese, wie die Entwicklung von Flugbenzin, verstärkte sich durch die Zwänge der Kriegswirtschaft.

3. Zusammenfassung

1. Für die Herausbildung der chemischen Großindustrie gegen Ende des 19. Jahrhunderts/ Anfang des 20. Jahrhunderts war entscheidend, daß der Ausbau der technischen Anlagen auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen beruhte (60,61).

Die industrielle Forschung ist stets produktspezifisch ausgerichtet (62), d.h. sie orientiert sich auf die in der gesellschaftlichen Sphäre entstandenen Problemstellungen - z.B. die Bedarfsdeckung bestimmter Produkte. Demzufolge muß ihre Zielsetzung u.a. darin bestehen, dazu beizutragen, daß qualitätsgerechte Produkte in hoher Quantität effektiv hergestellt werden kann .

2. Die Treibstoffsynthese auf Basis der Kohlehydrierung ist ein Beispiel für die qualitative neue Entwicklungsphase der industriellen Chemie Anfang des 20. Jahrhunderts. Auf Grundlage neuer Erkenntnisse der organischen sowie physikalischen Chemie konnten chemische Großtechnologien realisiert werden. Hieraus ergaben sich neue Anforderungen an die theoretische und experimentelle Erforschung der naturwissenschaftlichen Grundvorgänge bei den Technologien, den Eigenschaften der Werkstoffe sowie der Wechselwirkung zwischen dem Apparaturmaterial und den zu verarbeitenden Stoffen.

3. Mit der technischen Realisierung der Kohlehydrierung konnten neue Forschungsgebiete wie die heterogene Katalyse, Entwicklung neuer Synthesen, aber auch Fragen der Materialprüfung und der Korrosionsproblematik erschlossen werden. Die Optimierung der Kohlehydrierung als Verfahren wurde nicht nur als eine empirisch-experimentelle

Industrieraufgabe gelöst, sondern auftretende Probleme wurden zum Gegenstand wissenschaftlicher Auseinandersetzungen.

4. Bereits in der Anfangsphase der technischen Ausbildung der Kohlehydrierung traten vielfältige ökologische Probleme auf. Die Erforschung von Schutzmechanismen gegenüber toxisch wirkenden Stoffen hatte Priorität bei der Lösung umweltrelevanter Probleme. Die praktische Handhabung ökologischer Folgeerscheinungen wurde in einer möglichst wirtschaftlichen Wiederverwertung der auftretenden Abfallstoffe auf industrieller Basis gesehen.

- ¹ Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH, Zahlen und Fakten zur Betriebsgeschichte, Heft 19.
- ² Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte A 1302.
- ³ Landeshauptarchiv Magdeburg, Akte Rep. C 48 Nr.1094 II.
- ⁴ Das Wichtigste über Leuna-Benzin (Leuna 1936).
- ⁵ Albrecht Schmidt, *Die industrielle Chemie in ihrer Bedeutung im Weltbild* (Berlin/Leipzig 1934), S.446.
- ⁶ Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte 2553.
- ⁷ Karl Holdermann, *Im Banne der Chemie. Carl Bosch. Leben und Werk* (Düsseldorf 1953), S.222-224.
- ⁸ Ernst Galle, *Hydrierung der Kohlen, Teere und Mineralöle: Technische Fortschrittsberichte der chemischen Technologie in Einzeldarstellungen*, hrsg. von B. Rasow, (Dresden/Leipzig 1932).
- ⁹ Klaus Krug, Klaus-Peter Meinicke, *Friedrich Bergius: Biographien bedeutender Unternehmer*, hrsg. von Gisela Buchheim, Wolf D. Hartmann, (Berlin 1991), S.166-173.
- ¹⁰ Manfred Rasch, *Technische und chemische Probleme aus den ersten Dezennium des Berginverfahrens zur Hydrierung von Kohlen, Teeren und Mineralölen*", *Technikgeschichte* 53 (1986), S. 81-115.
- ¹¹ Harald Beck, *"Friedrich Bergius, ein Erfinderschicksal"*, *Abhandlung und Berichte des Deutschen Museums* 50 (1982), S. 5-37.
- ¹² Walter Krönig, *Die katalytische Druckhydrierung von Kohlen, Teeren und Mineralölen* (Berlin/ Göttingen/ Heidelberg 1950), S.13-17.
- ¹³ Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 3003.
- ¹⁴ Walter Witschakowski, *"Hochdrucktechnik"*, *Schriftenreihe des Unternehmensarchivs der BASF AG. Ludwigshafen* 12 (1974), S. 50-51.

- 15 Carl Bosch, "Über die Entwicklung der chemischen Hochdrucktechnik bei Aufbau der neuen Ammoniakindustrie, Nobelvortrag gehalten in Stockholm am 21.5.32", Chemische Fabrik 6 (1933), S. 127-142.
- 16 Dietrich Stoltzenberg, *Fritz Haber - Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude* (Weinheim, New-York, Basel, Cambridge, Tokyo 1994), S.181-186.
- 17 L.Szeszich, H.Vollbrecht, "Kontinuierliche arbeitende Laborapparaturen für Hochdruckreaktionen", Die chemische Fabrik 6 (1933), S. 469-471.
- 18 Paul Sabatier, *Die Katalyse* (Leipzig 1927).
- 19 Paul Sabatier, *Die Hydrierung durch Katalyse, Rede gehalten am 11.12.1912 in Stockholm beim Empfang des Nobelpreises für Chemie* (Leipzig 1913).
- 20 Alwin Mittasch, *Kurze Geschichte der Katalyse in Praxis und Theorie* (Berlin 1939), S.85-109.
- 21 Alwin Mittasch, *Geschichte der Ammoniaksynthese* (Weinheim 1951), S.91.
- 22 H.-C. Wille, "Matthias Pier zum 70.Geburtstag", Erdöl und Kohle 5 (1952), S. 401-403.
- 23 E. Terres, "Matthias Pier", Brennstoffchemie 33 (1952), S. 225-226.
- 24 Hans Sachsse, "Matthias Pier zum 75.Geburtstag", Zeitschrift für Elektrochemie, Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie 61 (1957), S. 857-858.
- 25 Carl Krauch, Matthias Pier, "Kohleveredelung und katalytische Druckhydrierung", Zeitschrift für angewandte Chemie, 44 (1931), S. 953-958.
- 26 Alfred Nagel, "Methanol, Treibstoffe", Schriftenreihe des Firmenarchivs der BASF Ludwigshafen 5 (1970), S. 53-59.
- 27 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 2553.
- 28 Matthias Pier, "Zur Frage der Kohlehydrierung, Ergebnisse der Steinkohlehydrierung", Die chemische Fabrik 8 (1935), S. 45-54.
- 29 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 2856.
- 30 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 2817.
- 31 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 2528.
- 32 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte F/E 2839.
- 33 Zentralbereich Umweltschutz der Leuna-Werke GmbH. Wasseruntersuchungen in Daspig 1918.
- 34 Zentralbereich Umweltschutz der Leuna-Werke GmbH. Gutachten der Saale durch die Preußische Landesanstalt für Wasser-, Luft- und Bodenhygiene 1921.
- 35 Landeshauptarchiv Magdeburg. Akte Rep. C 48 Nr.1094 II.
- 36 Landeshauptarchiv Magdeburg. Akte Rep. C 48 Nr.1094 II.

- 37 Josef Hammerstingl, *"Untersuchungen über die Giftigkeit von Phenol bei verschiedenen Karbonathärten der Versuchslösungen auf Karpfen und Schleien"* (München 1951), S.4-6.
- 38 Landeshauptarchiv Magdeburg. Akte Rep. C 48 Nr.675 V.
- 39 Landeshauptarchiv Magdeburg. Akte Rep. C 101 Nr.138.
- 40 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. 2170.
- 41 Landeshauptarchiv Magdeburg. Akte Rep. C 48 Nr.1094 III.
- 42 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 3003.
- 43 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 2553.
- 44 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 2817.
- 45 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 456.
- 46 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 2872.
- 47 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. 54.
- 48 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. F/E 275.
- 49 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte Nr. D 59.
- 50 Zentralbereich Umweltschutz der Leuna-Werke GmbH. Gutachten der Saale durch die Preußische Landesanstalt für Wasser-, Luft- und Bodenhygiene 1921.
- 51 Holdermann, *Im Banne der Chemie*. S.246.
- 52 Karl Becker, Herbert Schindler, *"Wege der technischen Katalysatoren"* (Halle 1984), S.33-36.
- 53 Holdermann, *Im Banne der Chemie*. S.263.
- 54 BASF-Unternehmensarchiv Ludwigshafen. Akte B4-225.
- 55 Carl Bosch, *"Über die Entwicklung der chemischen Hochdrucktechnik bei Aufbau der neuen Ammoniakindustrie, Nobelvortrag gehalten in Stockholm am 21.5.32"*, Chemische Fabrik 6 (1933), S. 127-142.
- 56 Gottfried Plumpe, *Die I.G. Farbenindustrie AG - Wirtschaft, Technik und Politik 1904-1945* (Berlin 1990), S.267-269.
- 57 Bogislav Graf von Schwerin, *Die Treibstoffversorgung durch Kohlehydrierung in Deutschland von 1933-45* (Köln 1991), S.97-102.
- 58 Werksarchiv LEUNA-WERKE GMBH. Akte 6173.
- 59 Plumpe, *Die I.G. Farbenindustrie AG*. S.273-279.
- 60 Walter Teltschik, *Geschichte der deutschen Großchemie* (Weinheim 1992), S.3-31.
- 61 Curt Schuster, *"Wissenschaft und Technik"*, Schriftenreihe des Unternehmensarchivs der BASF AG. Ludwigshafen 14 (1976).
- 62 Peter Lundgreen, *Staatliche Forschung in Deutschland 1870-1980* (Frankfurt 1986), S.19.