

„Teuschlands Wohlfahrt“

Glaubers Gedanken über die Hebung des deutschen Nationalreichtums durch die Chemie*)

Von Dr. ALFONS KOTOWSKI, Berlin, Gmelin-Redaktion

Eingeg. 11. Juni 1938

In den Jahren 1656 bis 1661 erschien in mehreren Fortsetzungen ein umfangreiches Werk *Glaubers* namens „Teuschlands Wohlfahrt“, und zwar zu Amsterdam, wo sich *Glauber* nach langen Wanderjahren, die ihn durch einen beträchtlichen Teil Europas führten, endgültig niedergelassen hatte. Der Bildungsgang *Glaubers* zeigt, daß dieser Mann wirklich die Berechtigung hatte, über die Möglichkeiten einer technischen Auswertung des chemischen Wissens seiner Zeit ein Urteil abzugeben. Er war damals etwa 50 Jahre alt und verfügte über ein so breites und wohlfundiertes chemisches Wissen, wie wohl kaum ein anderer seiner deutschen Zeitgenossen. *Glauber* ist nicht mehr handwerklicher Spezialist im engen Sinne, nicht mehr Metallurge, Pyrotechniker oder Glasmacher; sein Beruf ist der eines „angewandten Chemikers“, allen Gebieten der chemischen Praxis gehört sein tätiges Interesse¹⁾. Sein Wissen ist in steter Berührung mit dieser Praxis entstanden und fortgebildet: *Glauber* kennt von seinen Wanderjahren her die verschiedensten Gebiete der damaligen Technik aus eigener Anschauung. Zwar sei er, wie er sagt, nicht aller Orten der Welt persönlich gewesen; wo er aber gewesen sei, daselbst habe er wenig unergründet und unerforscht gelassen. An diese Reisen knüpft sich eine offenbar ziemlich umfangreiche beratende Tätigkeit, deren Spuren sich überall in *Glaubers* Büchern nachweisen lassen. Ein weiteres wesentliches Merkmal seines Wissens ist, daß es in seinem ganzen großen Umfange selbst experimentell erarbeitet ist.

„Ich gestehe dasz gern, dasz ich niemahlen auff Hohen Schulen gewesen / auch niemahlen darauff begert / wan solches geschehen / ich vielleicht zu solcher erkantnus der Natur, so ich Jetzunder (ohne Ruhm zu melden) besitze, nimmermehr kommen were: Reuhet mich also ganz nicht / dasz ich von Jugent auff die hand in die Kohlen gesteckt / und dardurch die verborgene Heimlichkeiten der Natur erfahren habe“²⁾.

Die natürliche Philosophie soll und muß allein durchs Feuer und nicht aus dem Aristoteles erlernt und studiert werden.

Was *Glauber* an Möglichkeiten sah, um durch Anwendung chemischer Kenntnisse den Wohlstand des deutschen Volkes zu heben, das ist demnach mehr als nur eine persönliche Meinung. Es ist, so unvollkommen es uns auch scheinen mag, eben das, was die Chemie damals leisten konnte und leisten sollte, denn auch das ist zu beachten, daß der Chemie damals im Rahmen der Gesamtwirtschaft weniger bedeutende Aufgaben gestellt waren als heute. „Wan wir dan essen und trincken / davon wir zur Notturfft leben können / und Salpeter, darmit wir uns gegen die feinde wehren mögen / und gute Medicamenta / dardurch wir uns gesuntheit erhalten können / im vorrath haben / so mangelt uns dan weiters nichts / als auch etwas Goldt und Silber / darmit einer mit dem andern handeln / sein gewerb treiben / und das Landt von Auszländischen wahren zur Notturfft versehen wirdt“, heißt es in der Dedikation zum Gesamtwerk.

Landwirtschaft, Landesverteidigung, Heilmittel und Edelmetalle sind also die Dinge, um die es sich hier handelt. Nun gehörte aber zweifellos schon damals verschiedenes andere aus dem Aufgabenkreis der Chemie zu den Bedürfnissen der Menschen: z. B. die unedlen Metalle Eisen, Kupfer, Blei, ferner Glas, Farben u. a. m., das hier nicht oder nur streifend behandelt wird. Es ist jedoch nicht so, daß *Glauber* diese Dinge nicht gekannt oder ihnen kein Interesse entgegengebracht hätte. Ein Studium seiner anderen Schriften oder die Durchsicht der langen Liste chemischer Versuche und Verfahren *Glaubers*, die J. F. Gmelin in seiner „Geschichte der Chemie“ oder Walden anführten, beweist das Gegenteil. *Glauber* hat also ausgesucht, und die Gesichtspunkte, nach denen diese Auswahl getroffen wurde, sind bemerkenswert. In diesem Werk werden nämlich im wesentlichen nur Verfahren behandelt, die sich entweder durch weiteste Kreise direkt anwenden lassen und zum Erwerb des Lebensunterhaltes breiterer Schichten dienen können, oder es handelt sich um Dinge wie die Landesverteidigung, die von allgemeinem nationalen Interesse sind. Was Besitz oder Kapital erfordert, tritt in den Hintergrund³⁾. Ich will mich dieser Auswahl im wesentlichen anschließen, weil es mir darauf ankommt, ein historisch getreues Bild von den Aufgaben und Möglichkeiten der Chemie in bezug auf die Hebung des nationalen Wohlstandes zu geben, so wie *Glauber* sie sah. Nicht, was ein moderner Chemiker heute auswählend als brauchbar für die damalige Zeit erkennt, sondern, was der Zeit selbst als fruchtbare Zukunftsmöglichkeit erschien, auch wenn sie geirrt hat, das soll hier behandelt werden. Manches, was sich vom Gesamtwerk *Glaubers* als gut erwiesen hat, mag daher fehlen, vieles, was geschildert wird, ist unfruchtbar gewesen.

Das Buch beginnt mit Vorschlägen, die für den Bauern bestimmt sind, und zwar zunächst für den Weinbauern, den Häcker, dessen schwere Arbeit und sorgenvolles Leben *Glauber* als gebürtiger Franke gut kennt. Mit den Worten: „Nun will ich das Frankenland vor mich nehmen / und besehen, wasz für Reicher und über Reicher Seegen Gottes darin zu finden / Und erstlich von dem Wein (als einem Stuck der Edelsten Geschöpfen Gottes) einen anfang machen“, beginnt der erste Teil⁴⁾. Nach der Schilderung *Glaubers* sind die Jahre nach dem Dreißigjährigen Krieg Zeiten des Überflusses an landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Keller und Scheunen sind voll, Korn und Wein verderben, weil sie nicht mehr gelagert werden können; ja, der Wunsch wird laut, die Ernte möge verderben. *Glauber* schlägt nun vor, Wein und Korn zu „konzentrieren“, um Lagerraum zu sparen und die Lagerfähigkeit zu steigern. Der Traubensaft soll schonend bis zur Sirupkonsistenz verdickt, dann eingelagert und zu gegebener Zeit nach Verdünnung mit Wasser zu Wein vergoren werden, was allerdings besondere Maßnahmen⁵⁾ erfordert, wenn der Geschmack nicht leiden soll. Ähnlich soll aus Gerste, Hafer, Weizen und Spelz

*) Vorgetragen in der Fachgruppe Geschichte der Chemie auf der 51. Hauptversammlung des VDC in Bayreuth am 11. Juni 1938.

¹⁾ P. Walden in G. Bugge: Das Buch der großen Chemiker, Berlin, Band I, S. 171.

²⁾ T. W. I, S. 96. Hier wie im folgenden ist „Teuschlands Wohlfahrt“ mit T. W. zitiert.

³⁾ S. beispielsweise T. W. II, S. 105; III, Vorrede; III, S. 177.

⁴⁾ T. W. I, S. 24.

⁵⁾ T. W. I, S. 162; *Glauberus concentratus* oder Kern der Glauberischen Schriften, Leipzig und Breslau 1715, S. 855ff.

Malz gemacht, der Extrakt eingedickt, aufbewahrt und später zu Bier oder Brantwein vergoren werden. Als wesentlicher Vorteil wird ferner angegeben, daß Winzer und Bauer ihre Ware unabhängig von der Marktlage stets sofort verkaufen können, da kapitalkräftige Kaufleute diese Extrakte gern billig einkaufen werden, um sie bei besserer Marktlage mit Nutzen zu verwerten. Die Extrakte sind auch, weil bequem und langfristig zu lagern, zur Verproviantierung von Festungen geeignet. Von großer Bedeutung ist die erhebliche Ersparnis an Frachtkosten. Während Wein und Bier nur über sehr kurze Entfernungen transportiert werden können, lassen sich die Konzentrate weit hin, beispielsweise vom Main in die großen Seestädte, bringen, von wo aus sie nach Übersee exportiert werden können.

Ein Gegenstand, mit dem sich *Glauber* immer wieder beschäftigt hat, ist der Salpeter, seine Gewinnung, seine Eigenschaften und seine Verwendung. Dem Salpeter ist nichts in der Welt an Stärke, Macht und Herrlichkeit zu vergleichen. Überall kommt er vor: in Pflanzen, Tieren, in der Luft, im Wasser der Meere, im Mineralreich. *Glauber* will dem Salpeter einen Triumphwagen machen, um ihn als allergrößten Monarchen der Welt daraufzusetzen. Er ist der beste Dünger, unentbehrlich für die Landesverteidigung, notwendig zur Bereitung der Medikamente und zur Gewinnung des Goldes und Silbers aus den Erzen, wie *Glauber* sie lehrt. Man kann niemals zuviel davon haben, und das ist auch notwendig, denn die neuen Quellen zur Gewinnung von Salpeter, die *Glauber*, allerdings irrtümlich, eröffnet zu haben meint, werden seiner Meinung nach eine ungeheuer große Produktion an Salpeter zur Folge haben. Der Salpeter kann, wie schon lange vor *Glauber* bekannt, aus der Erde in der Nähe von Viehställen und Misthaufen ausgelaugt werden. Ertragreicher sind, wie gleichfalls schon vorher bekannt war, eigens für diesen Zweck erstellte Salpeterplantagen. *Glauber* beschreibt eine derartige Anlage in allen Einzelheiten⁶⁾. Die große Steigerung der Salpetererzeugung erwartet *Glauber* jedoch von der Ausnützung anderer, unerschöpflicher Rohstoffquellen, nämlich einmal dem Holz, Laub und Gras, zweitens dem Kochsalz und drittens dem salpeterhaltigen Gestein, das seiner Behauptung nach an vielen Stellen Deutschlands gefunden wird. Diese beiden letzten Vorschläge sind allerdings neu, wie *Glauber* betont, aber auch falsch. Der Gedanke, Laub, Gras und ähnliches zu verwenden, ist dagegen nicht ganz neu. Ungewöhnlich ist jedoch das Ausmaß, in dem dieser Vorschlag zur Ausführung gebracht werden soll. Die großen Wildnisse des Spessarts, Steigerwalds, Odenwalds, Thüringens und des Harzes⁷⁾, in denen diese Stoffe in ungeheuren Massen ungenutzt verkommen, sollen so der Salpetergewinnung dienstbar gemacht werden. Ungewöhnlich ist ferner die Methode. *Glauber* spricht in diesem Zusammenhange von einer Konzentrierung des Holzes in Analogie zu der Konzentrierung des Traubensaftes und des Korns sowie von einer Holzsaftpresse. Wie wir in der *Continuatio miraculi mundi*, Kap. I, erfahren, ist diese Presse ein Ofen, in dem die vegetabilischen Stoffe unter beschränktem Luftzutritt verkohlt und destilliert werden. Das Kondensat soll mit Holz- asche zu einem guten Düngesalz umgesetzt werden, das natürlich kein Salpeter ist, aber an der Luft, besonders wenn man Urin zusetzt, allmählich dazu wird. Erwähnenswert ist vielleicht die Angabe, daß das bei der Verbrennung entstehende braune Öl, der Holzteer, mit gebranntem Kalk oder Asche behandelt, damit bespritzte Bäume und Weinstöcke „fruchtbar“ macht, wohl ein als Düngerwirkung mißverständener Fall von Schädlingsvernichtung. Späterhin⁸⁾, bei der Beschreibung der Einzelheiten der Salpetergewinnung, ist von dem „Holzsaft“ nicht mehr die Rede. Vielmehr sollen Blätter mit einer Lauge von Holz- asche,

die mit Kalk behandelt wurde, durchfeuchtet und von Zeit zu Zeit belüftet werden, vorzugsweise unter Zusatz von Mist, bis Salpeter entstanden ist. Man hat den Eindruck, als ob *Glauber* selbst von seinen Methoden, das „Holz zu konzentrieren“, nicht befriedigt gewesen ist, ohne es direkt zugeben zu wollen.

Geradezu irrtümlich ist der Gedanke, aus Kochsalz Salpeter gewinnen zu wollen, wenn auch der Irrtum bei einer Vertiefung in die theoretischen Anschauungen verständlich wird. In der praktischen Vorschrift wird empfohlen, eine gebrannte Mischung von Kalk und Kochsalz mit Urin oder Regenwasser häufig zu begießen, wobei sich, allerdings sehr langsam, Salpeter bildet bzw. bilden soll⁹⁾.

Zu dem groben Irrtum, daß in Deutschland große Mengen salpeterhaltiger Steine anstehen — genannt werden z. B. ein Berg bei Kitzingen, auf dem das Schloß Kossel steht, und andere Orte am Main —, ist *Glauber* durch seine Theorie von der Allgegenwart des Salpeters verführt worden. Das Auftreten von Mineralquellen an diesem Orte, deren Heilwirkung auf einen Salpetergehalt zurückgeführt wird, genügt dann zur Bestätigung¹⁰⁾.

Glauber hat von seinen Versuchen über Minereraldüngung offenbar viel erwartet. Sein großes Interesse an praktisch landwirtschaftlichen Dingen zeigt sich beispielsweise darin, daß er sich in den Niederlanden ein langfristiges Privileg¹¹⁾ gewähren ließ, daß niemand ohne seine Genehmigung auf die von ihm erfundene Weise¹²⁾ auf mageren, ungedüngten Sand Korn säen dürfe. Seine Vorstellung von der Natur der Minereraldüngung ist natürlich noch sehr roh. Alles, was düngend wirkt, ist Salpeter oder enthält fertigen oder unfertigen Salpeter, auch der Kalk und die Holz- asche. Die Mineraldünger *Glaubers* sind sämtlich aus organischer Materie gewonnen. An eine Vermehrung der im natürlichen Kreislauf umlaufenden Pflanzennährstoffe war damals selbstverständlich noch nicht zu denken. Die Gewinnung von Salpeter aus der Vegetation der nicht angebauten Gebiete hätte allerdings, wenn sie durchführbar gewesen wäre, eine Bereicherung der angebauten Gebiete an Pflanzennährstoffen bewirkt.

Von den Metallen sind es die edlen, Silber und Gold, denen *Glauber* besondere Beachtung schenkt, daneben noch das Kupfer. Immer wieder verweist er auf die geringhaltigen Erze, Rückstände und ähnliches, die ausgebeutet werden sollen. Die Leute, die die reichen Erze abbauen, die Erzschnmelzer, wollen meist gar keinen Rat annehmen; sie verstehen zwar wenig, bilden sich aber ein, alles Notwendige bereits zu wissen. Zudem kann man reiche Erze natürlich auch nach den alten Verfahren (starkes Feuer, Schmelzen mit Blei und Abtreiben, auch Ausziehen mit Quecksilber) verarbeiten, während für die armen Ausgangsmaterialien nur *Glaubers* neue Methoden anwendbar sind. Grundlage fast aller dieser Verfahren ist der Salpeter, der entweder als solcher (trockenes Verfahren) oder als Salpetersäure oder Königswasser angewendet wird (nasse Verfahren). Etliche haben schon vor *Glauber* den Salpeter zu ähnlichen Verfahren anzuwenden gewußt¹³⁾.

Ganz kurz will ich mich fassen bei dem trocknen Verfahren, bei dem das feingepulverte sulfidische oder arsenidische Erz mit Salpeter gemischt verpufft, mit Blei geschmolzen und abgetrieben wird. Das Verfahren arbeitet viel schneller als das alte Verfahren mit dem Holzfeuer allein, ist aber teuer und scheint aus diesen Gründen hauptsächlich für die Probenahme der Erze bestimmt gewesen zu sein¹⁴⁾. Es sind auf diese schnelle und sichere

⁹⁾ T. W. V, Appendix, S. 16.

¹⁰⁾ T. W. III, S. 24.

¹¹⁾ T. W. IV, S. 52.

¹²⁾ Es handelt sich dabei um eine Behandlung des Samens vor der Aussaat, wohl um „Samendüngung“.

¹³⁾ T. W. II, S. 38.

¹⁴⁾ T. W. II, S. 20; vgl. auch *Glauberus Concentratus* oder Kern der *Glauberischen* Schrifften, Leipzig und Breslau 1715, S. 343.

⁶⁾ T. W. III, S. 5.

⁷⁾ T. W. I, S. 89.

⁸⁾ T. W. III, S. 1.

Weise schon manche guten Gold- und Silbervorkommen festgestellt worden.

Den größeren Wert legt *Glauber* selbst auf die nassen Aufschlußverfahren, die in mannigfachen Ausführungsformen beschrieben werden. Diese nassen Verfahren eignen sich vor allem für oxydische Erze, goldhaltige Quarze, Sand und dergl. Alle Erze müssen zuerst geglüht, mit kaltem Wasser gelöscht und dann, wenn sie mürbe sind, fein zerkleinert werden¹⁵). Nun läßt man die Säure einwirken. Enthält das Erz Gold, Silber und Kupfer, so behandelt man zunächst mit Salpetersäure, dann mit Königswasser. Handelt es sich nur um das Ausziehen von Kupfer, so wird man billigere Agenzien anwenden, etwa siedende konzentrierte Kochsalzlösung¹⁶), oder das saure, mit Kochsalz versetzte Wasser, das nach der Destillation des Branntweins von der Weinhefe übrigbleibt, ein Verfahren, das für die armen Kupfervorkommen in Franken besonders geeignet ist; auch Holzessig ist anwendbar¹⁷). Durch Schmelzen mit Kochsalz und Auslaugen des Schmelzgutes lassen sich auch stark eisenhaltige Kupfererze verarbeiten, die bisher unverwendbar waren, weil Eisen das Kupfer ungeschmeidig macht. Man hatte eine magnetische Scheidung versucht, aber als zu schwierig befunden¹⁸). Es kommt alles darauf an, das Verfahren so zu gestalten, daß nur wenig von den immerhin teuren Säuren verbraucht wird, daß die Säure nach dem Gebrauch verwendbar bleibt oder leicht regeneriert werden kann und schließlich darauf, die gelösten Metalle zu trennen¹⁹). *Glauber* versichert, alle diese Schwierigkeiten überwunden zu haben, wenn er auch nicht alles mitteilen will. Gold und Silber werden beispielsweise durch Zusammengießen der durch Einwirkung von Salpetersäure und Königswasser erhaltenen Lösungen gemeinsam gefällt; der Niederschlag kann nach verschiedenen Methoden in die reinen Metalle übergeführt werden. Kupfer wird nachher aus der Lösung durch metallisches Eisen gefällt²⁰). *Glauber* hatte eine durchaus richtige Vorstellung von der Abscheidungsfolge der meisten damals bekannten Metalle²¹).

Geeignete Erze oder Erden sind nach *Glaubers* Überzeugung so häufig anzutreffen, daß eine Nennung besonderer Fundorte eigentlich überflüssig erscheint; trotzdem werden einige Vorkommen namhaft gemacht, und zwar zunächst das Fichtelgebirge. Das Vorkommen von Edelmetallen in diesem Gebiet sei seit altersher bekannt. Welsche und Italiener kommen alljährlich dahin; sie kennen die Stellen, wo viel Gold ist, wissen dieses auszuziehen und tragen es weg. Zu *Glauber* selbst sind oft mit goldhaltigen Proben Leute gekommen, die den Fremden beim Goldsuchen geholfen haben, jedoch selbst die Ausziehung des Goldes nicht verstanden²²). Auch nach Nürnberg wird von den Bauern solches Gestein gefahren, wo daraus Gold geschmolzen wird; der Markgraf von Ansbach und Bayreuth hat jetzt allerdings verboten, derartige Erden aus dem Lande zu tragen. Ferner werden den Main entlang einige weitere geringe Edelmetall- und auch Kupfervorkommen angegeben. Ebenso ist *Glauber* aus Kärnten und der Steiermark Eisenerz zum Probieren geschickt worden, das er goldhaltig befunden hat²³).

Glaubers Stellung zu den alchimistischen Fragen des Steins der Weisen und der Universalinktur ist schwankend und bei aller grundsätzlichen Bejahung der Möglichkeit ihrer Herstellung praktisch meist ablehnend. Er hat meines Wissens nie behauptet, diese Probleme gelöst zu haben; das gelobte Land hat er nur von fern gesehen²⁴). Andererseits war *Glauber* fest davon überzeugt, selbst partikuläre Umwandlungen, z. B. von Blei und Silber in

Silber bzw. Gold experimentell beobachtet zu haben. Er teilt eine Reihe solcher Prozesse mit²⁵). Die Beschreibung ist durchaus nicht dunkel. Man könnte sie heute ohne weiteres nacharbeiten. Nur wenn man bedenkt, daß die zeitgenössische Auffassung vom Wesen der Materie das Denken mit Notwendigkeit in diese Richtung drängte, kann man begreifen, wie solche Irrtümer möglich gewesen sind; denn nur um Irrtümer, nicht um Betrug handelt es sich. *Glauber* ist ein durchaus ehrlicher Mann gewesen. Wie große Hoffnungen er auf derartige Prozesse gesetzt hat, zeigen folgende Aussprüche:

„Esz kan garnicht fehlen, esz wird die Nutzbringende Alchymia in kurtzen durch gantz Europa also florieren, dasz auch viel Handwercksleuthe ihre Handwercken und Bauren ihre Pflüge stehen lassen und durch Hülffe meiner Schrifften aus Unachtsamen Sand und Steinen eine leichtere Nahrung suchen werden, dardurch dan unfehlbar an allen Orten, da itzunder nichts als Armuth ist, wiederumb Gold und Silber wird gesehen werden“²⁶). Vielleicht kann man in kurzer Zeit von den Häuptern des Vaterlandes auch sagen, was vom König Salomo geschrieben steht: Er machte des Silbers soviel als Steine auf der Straße²⁷).

Kurz darf ich mich fassen hinsichtlich der Beschreibung der neuen Medikamente. Dieses Thema tritt in „Teutschlands Wohlfahrt“ zurück; es ist von *Glauber* in der „Pharmacopoea Spagyrica“ eingehend behandelt worden. Hinzu kommt noch, daß auch *Glauber* einem in dieser Zeit sehr verbreiteten Irrtum erlegen ist, die aus Mineralien und Metallen bereiteten Medikamente seien denjenigen vegetabilischen und animalischen Ursprungs durchweg weit überlegen. Wenn auch einzelne Arzneimittel, wie man hervorheben muß, gut und zweckentsprechend sind, so ist doch sicherlich der weitaus größte Teil wertlos, wenn nicht gefährlich.

Der Landesverteidigung hat *Glauber* mit seinen neuen Methoden der Salpeterbereitung dienen wollen. Außerdem hat er Waffen und Kampfstoffe für den chemischen Krieg beschrieben, über die an anderer Stelle berichtet worden ist²⁸).

Zum Schluß ist noch darauf hinzuweisen, daß *Glauber* sein Wissen nicht immer vollständig der Öffentlichkeit preisgibt; er erbietet sich jedoch, jedem nach vorhergehender schriftlicher Anmeldung persönliche Auskunft zu geben, sofern der Fragende seine Vertrauenswürdigkeit nachweisen kann. Dieses Verfahren ist ihm durch vielfachen Mißbrauch seiner früheren Vertrauensseligkeit aufgezwungen worden.

Für *Glauber* ist die Beschäftigung mit der Chemie, der Kunst, die aus Unbeachtetem Wertvolles schafft, das Mittel geworden, sich ein Leben in Freiheit und Unabhängigkeit zu sichern. Diese Unabhängigkeit, das Gefühl, keines andern Sklave sein zu müssen, wie *Glauber* sich ausdrückt, muß für ihn eine ganz hohe persönliche Bedeutung gehabt haben, denn immer wieder kommt er darauf zurück²⁹). Das Gefühl vom Wert dieser Freiheit gibt auch seinen Gedanken über „Teutschlands Wohlfahrt“ eine charakteristische Färbung. Dem einzelnen chemische Kenntnisse zu vermitteln, seine und seiner Familie Existenzgrundlage zu sichern und zu verbreitern, das ist der Weg, auf dem *Glauber* sein Ziel zu erreichen versucht. Es fehlt jedoch nicht gänzlich an Bemühungen, auch die Regierenden für einzelne der Pläne zu gewinnen, wenn diese Bemühungen auch im Rahmen des Ganzen zurücktreten. Vollständig fehlt dagegen der Gedanke einer zentralen Lenkung, obwohl

²⁵) T. W. III, S. 136; IV, S. 78/82; VI, S. 32; Annotationes zu: Continuatio miraculi mundi, S. 31.

²⁶) T. W. V, Appendix, S. 31.

²⁷) T. W. V, S. 9.

²⁸) W. Brieger, Z. ges. Schieß- u. Sprengstoffwes. 12, 305 [1917]; A. Kotowski, diese Ztschr. 51, 212 [1938].

²⁹) T. W. I, S. 96; II, S. 67; *Glauberus Concentratus* oder Kern der *Glauberischen* Schrifften, Leipzig und Breslau 1715, S. 354.

¹⁵) T. W. V, Appendix, S. 10.

¹⁶) T. W. II, S. 65.

¹⁷) T. W. V, Appendix, S. 33.

¹⁸) T. W. II, S. 61/62.

¹⁹) T. W. II, S. 102.

²⁰) T. W. V, Appendix, S. 58.

²¹) T. W. II, S. 129.

²²) T. W. III, S. 189/191.

²³) T. W. III, S. 229.

²⁴) T. W. VI, S. 41.

Pläne von diesem Ausmaß ohne eine solche kaum durchführbar sind; Deutschland ist noch kein einheitliches Wirtschaftsgebiet, in dem auf diese Weise Ziele verwirklicht werden könnten. Noch ist aber auch die Chemie nicht soweit, zum Wohle der breiten Masse des deutschen Volkes Entscheidendes zu tun, soviel Nützliches *Glaubers* Programm im einzelnen auch enthält. Er sieht zwar die Zeit kommen, da Bauern und Handwerker ihre Arbeit liegen lassen werden, um mit Hilfe seiner Anweisungen ihr Brot zu verdienen, aber man darf es wohl als charakteristisch bezeichnen, daß gerade diese Voraussage an die vermeintliche Möglichkeit der Umwandlung der unedlen Metalle in Silber und Gold

anknüpft, und nicht an die nach unserem Urteil wertvollen Gedanken des Werkes.

Das Programm *Glaubers* ist ein tastender Versuch aus den Zeiten des Beginns der wissenschaftlichen Chemie. Man ahnt schon die großen Möglichkeiten, aber der Versuch ihrer Verwirklichung leidet noch unter der Herrschaft alchimistischer Ideen und einer mangelnden Reife der theoretischen Erkenntnisse. Namentlich erweist sich das Fehlen einer richtigen Vorstellung vom Wesen des chemischen Elements als ein Hemmnis, das der Deutung und Ordnung der Fülle der damals schon bekannten Tatsachen und damit auch ihrer technischen Auswertung im Wege steht.

[A. 112.]

Diffusionsverhalten und Porenstruktur des Eisenoxys

Von Dr. G. GRAUE und Dr. N. RIEHL

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, und dem wissenschaftlichen Laboratorium der Auergesellschaft, Berlin

Eingeg. 29. Dezember 1938

Eisenoxyd in reinem und gemischtem Zustand ist ein wichtiger und leistungsfähiger Katalysator, dessen Wirksamkeit wesentlich von der Art seiner Herstellung abhängt. Worin die Gründe für diese oft sehr verschiedene Wirksamkeit liegen, konnte bisher nicht eindeutig geklärt werden.

Es liegt nahe, sie mit der Größe der Oberfläche in Verbindung zu setzen, denn die Oberfläche ist der auch energetisch ausgezeichnete Ort, der die Beziehungen zur Umwelt regelt. Untersuchungen in dieser Richtung wurden von verschiedenen Autoren¹⁾ durchgeführt. Sie ergaben, daß meist eine sehr große Oberfläche vorliegt, doch konnte keine klare Beziehung zwischen ihrer Größe und ihrer Wirksamkeit festgestellt werden.

Als sicherste Methode zur Bestimmung der Größe sehr kleiner Teilchen, wie sie bei den Oxyden vorliegen, und ihrer Oberfläche gilt die röntgenographische Vermessung. *Fricke* und *Mumbrauer*²⁾ wiesen aber bereits vor einiger Zeit darauf hin, daß die röntgenographisch ausmeßbare Oberfläche oft mit der wirklich zugänglichen nicht identisch ist. Die Kristallite müssen also in diesem Falle eine „Sekundärstruktur“ haben, die dazu führt, daß neben der röntgenographisch erfaßbaren auch noch eine „innere“ Oberfläche auftreten kann. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob beim aktiven Eisenoxyd eine solche Sekundärstruktur vorliegt und welcher Art diese ist.

Im Zusammenhang mit Überlegungen über die Aktivierung der Phosphore³⁾ haben wir vor einiger Zeit Untersuchungen am Zinksulfid⁴⁾ durchgeführt. Diese ergaben, daß die Diffusion von Gas- und Metall-Atomen im kristallinen Zinksulfid dadurch erfolgen kann, daß innerhalb des „intakten“ Gitters bestimmte Stellen unbesetzt bleiben, die aneinander grenzen. In den so vorgezeichneten „atomaren Kanälen“ sind bei relativ niedrigen Temperaturen schnell verlaufende Diffusionsvorgänge möglich.

Aus kristallographischen Untersuchungen ist bekannt, daß $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ das gleiche Gitter vom Spinelltyp besitzt wie Fe_3O_4 . Ein wesentlicher Unterschied besteht aber insofern, als ein Teil der im Fe_3O_4 -Gitter von Eisenatomen besetzten

Stellen unbesetzt bleibt. Es sind also, auch wenn das Gitter einwandfrei intakt ist, ähnliche Diffusionswege vorgezeichnet wie beim Zinksulfid. Ein „Verbauen“ dieser „atomaren Poren“ etwa durch Übergang des $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ in die rhomboedrische α -Form muß dementsprechend zu einer Verringerung der Diffusion führen.

Um diese Überlegungen auf verschiedenen Wegen zu prüfen, untersuchten wir zunächst das spezifische Gewicht beliebiger Eisenoxydpräparate.

Tabelle 1.

Spezifisches Gewicht von Eisenoxyd (Xylolmethode).

	Herstellung	Spezifisches Gewicht
1.	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ aus Oxydhydrat mit Alkohol-Ather bei 20° getrocknet ⁵⁾	2,6
2.	Oxydhydrat bei 20° getrocknet, „amorph“ ⁶⁾	4,0
3.	Dasselbe mehrere Stunden bei 250° erhitzt, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	4,3
4.	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ lange hoch erhitzt	5,3

Die Tabelle bestätigt, daß Eisenoxyd je nach der Herstellung und Vorbehandlung einen verschieden sperrigen Bau haben kann, und zeigt, daß die Poren und Hohlräume, die eine Auflockerung verursachen, verhältnismäßig eng sein müssen, da große Moleküle, wie das als Pyknometerflüssigkeit benutzte Xylol, in sie nicht einzudringen vermögen.

Zur weiteren Untersuchung wurden unsere Präparate bereits bei der Herstellung mit gewichtlosen Mengen von Radiothor in homogener Verteilung versetzt⁷⁾. Das radioaktive Element bildet beim Zerfall die gasförmige Emanation⁷⁾, die je nach der Zugänglichkeit ihres Entstehungsortes in den umgebenden Luftraum entweichen kann oder aber im Präparat steckenbleibt. Ein Teil durchdringt die Substanz durch den Rückstoß beim Zerfall, dringt aber in erheblichem Maße in benachbarte Teilchen wieder ein. Die Hauptmenge ist deshalb beim Entweichen zweifellos darauf angewiesen, daß irgendwelche Diffusions-

¹⁾ R. Fricke u. Mitarbeiter, Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. 40, 630 [1934], 41, 617 [1935], 43, 52 [1937]; Z. physik. Chem. Abt. B 87, 231 [1937]; J. Böhm, Z. anorg. allg. Chem. 149, 302 [1925]; G. F. Hüttig u. Mitarbeiter, Z. physik. Chem. Abt. A 169, 152 [1934]; Schwab, Z. Elektrochem. angew. physik. Chem. 44, 458—523 [1938].

²⁾ R. Fricke u. R. Mumbrauer, Naturwiss. 25, 89 [1937].

³⁾ N. Riehl, Ann. Physik 29, 640 [1937]; diese Ztschr. 51, 300 [1938].

⁴⁾ G. Graue u. N. Riehl, Naturwiss. 25, 423 [1937]; Z. anorg. allg. Chem. 238, 365 [1937]; sowie diese Ztschr. 51, 873 [1938].

⁵⁾ Nach Untersuchungen von Th. Schoon mit Hilfe der Elektronenbeugung liegen beim Eisenoxyd auch in Fällen, die röntgenographisch noch nicht erfaßbar sind, bereits sehr kleine Kristallite vor.

⁶⁾ O. Hahn u. G. Graue, Kolloidchem. Beih. 32, 403 [1931]; O. Hahn u. V. Senftner, Z. physik. Chem. Abt. A 170, 191 [1934]; O. Hahn u. K. Zimens, Naturwiss. 25, 429 [1937].

⁷⁾ Wesentlich an der Methode ist die Entstehung eines gasförmigen Produktes. Die radioaktive Strahlung dient zum Nachweis.