

Mikroskopische Untersuchungen an Eisenoxydfarben.

Von Prof. Dr. HANS WAGNER, Stuttgart.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Chemie der Körperfarben und Anstrichstoffe auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Frankfurt a. M. am 11. Juni 1930.

(Eingeg. 18. Juni 1930.)

Die „Mikrographie der Körperfarben“, die ich schon vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift¹⁾ vorgeschlagen habe, ist dadurch möglich geworden, daß der Fachausschuß für Anstrichtechnik beim Verein Deutscher Ingenieure und Verein deutscher Chemiker die Mittel für eine solche Arbeit zur Verfügung gestellt hat. Zweck der Arbeit ist die Feststellung aller Besonderheiten, die sich auf mikroskopischem Wege hinsichtlich der Zusammensetzung, Reinheit, Korngestalt, Korngröße, Kornverteilung, Struktur, Reaktionsfähigkeit und hinsichtlich der hieraus resultierenden anstrichtechnischen Eigenschaften an Körperfarben ermitteln lassen. Bis jetzt ist das große, interessante Gebiet der gelben und roten Eisenoxydfarben bearbeitet und so weit zusammengefaßt, daß es etwa im Herbst durch den Fachausschuß der Öffentlichkeit vorgelegt werden kann. Eine besondere Förderung und Erweiterung hat die Mikrographie dadurch erfahren, daß die genehmigten Mittel es gestatten, Farbenphotographie und Röntgenographie zu Hilfe zu nehmen.

Auf dem Gebiete der Eisenfarben hat die Mikrographie in erster Linie die Möglichkeit einer neuen Systematik gebracht, die allerdings mehr wissenschaftlicher Natur ist und sich mehr indirekt auf die Praxis anwenden läßt.

Die mikroskopische Unterscheidung der roten Eisenfarben baut sich auf das Vorhandensein zweier morphologisch ganz verschiedener Formen des Eisenoxyds auf, die ich als „hämatitisch“ und als „silicatisch“ bezeichne. Das hämatitische Eisenoxyd ist mehr oder weniger deutlich als kristallin erkennbar, sei es, daß es in den großen Nadeln des Hämatits, in den ebenfalls großen Blättchen des Eisenglimmers oder in den feinen, vielfach agglomerierten Nadelchen der natürlichen Rot-eisenerze (Spanischrot, Persischrot) und der künstlichen Eisenoxydrote vorliegt. Sehr große Stücke (Hämatit, Eisenglimmer) sind ebenso wie die feinen Nadel-

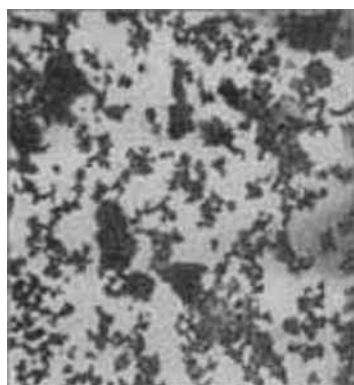


Abb. 1. Hämatitische Eisenoxydfarbe: Kaput mortuum. Feine Eisenoxydnadelchen agglomeriert, daneben Quarzkörner.

chen der Oxydrote im Mikroskop undurchsichtig, im polarisierten Licht zeigen sie schwach rötlichen Schimmer. Nur im Eisenglimmer finden sich auch einzelne durchsichtige Blättchen. In den durch reichlichen Gehalt an

Substraten gekennzeichneten eisenarmen Farben sind die hämatitischen Teilchen stets selbständig erkennbar, in der Hauptsache aber sitzen sie auf den meist durchsichtigen, polariskopisch deutlich aufleuchtenden, grobkristallinen Teilchen oder aber bilden mit feiner Tonsubstanz schwer trenn- und unterscheidbare Agglomerate. Bei grobkristallinen Teilchen kann dann der Eindruck entstehen, als ob sie durchsichtig rot wären, eine Täuschung, die im polarisierten Licht aufgeklärt wird. Außerdem gelingt es meist auch durch Schlämmen, die hämatitischen Eisenoxydteilchen von ihren Substraten loszulösen. Das ist deshalb wichtig, weil

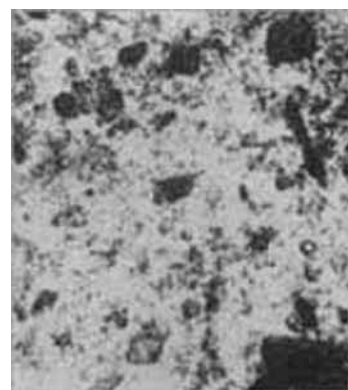


Abb. 2. Silicatische Eisenoxydfarbe: Toskanische Siena, muschlig brechend. Sämtliche Teilchen einheitlich gelb, durchsichtig bis durchscheinend.

sonst eine Verwechslung mit der zweiten, der silicatischen Form möglich ist, denn bei dieser handelt es sich um wirklich durchsichtige, einheitlich rot gefärbte Teilchen von wechselnder Größe, die sich mechanisch nicht in verschiedene Bestandteile trennen lassen.

Als einziger Bestandteil finden sich die silicatischen Oxydstücke nur in den Brennprodukten der echten toskanischen Sienen, und zwar in erheblicher Größe. In veronesischen und einheimischen gebrannten Sienen und auch in einzelnen roten Natur- oder gebrannten gelben Ockern finden sie sich zerstreut neben hämatitischem Oxyd und den aus Ton, Quarz, Calciumcarbonat usw. bestehenden Hauptbestandteilen. Diese silicatischen Stücke sind aufzufassen als sehr feindisperse Eisenoxydteilchen, die durch Kieselsäure verkittet sind. Das ist nicht nur daran nachweisbar, daß beim Auflösen in Salzsäure ein Kieselsäuregerüst zurückbleibt, sondern auch durch den röntgenographischen Befund²⁾. Im Röntgenogramm ist das Hämatitgitter zu erkennen, aber verschwommen, so daß auf sehr geringe Teilchengröße geschlossen werden muß. Auch die künstlichen Eisenoxyde, auch Mars- und Spanischrot, ergeben das Hämatitgitter, und zwar sehr deutlich. Wenn also oben hämatitische und silicatische Eisenrote einander gegenübergestellt wurden, so gilt das nur im morphologischen Sinn, im Sinne der inneren Orientierung dagegen sind die untersuchten Eisenoxyde und höchstwahrscheinlich alle als

¹⁾ H. Wagner und J. Kesselring, Ztschr. angew. Chem. 41, 833 [1928].

²⁾ Die für diese Arbeit nötigen Röntgenaufnahmen wurden von Prof. Glocker am Röntgenlaboratorium der Techn. Hochschule Stuttgart ausgeführt.

Farben dienenden Eisenoxyde hämatitisch und damit deutlich kristallin. Es ist also auch hier am Platz, mit der in der Farbliteratur immer und immer wieder auftretenden Ansicht vom amorphen Charakter der roten Naturocker, gebrannten Sienen und künstlichen Oxydrote endgültig aufzuräumen.

In anstrichtechnischer Hinsicht sind zwischen hämatitischen und silicatischen Eisenroten manche wesentliche Unterschiede erkennbar. In erster Linie beziehen sich diese auf die Konsistenz. Sowohl in Wasser wie in Öl ergeben die silicatischen Eisenfarben ausgesprochen plastische Systeme von großer Beständigkeit. Die Transparenz in Öl ist erhöht, die Trocknung verlangsamt. Eine direkte einfache Beziehung zum Ölbedarf besteht aber offenbar nicht.

Im Bereich der gelben Eisenoxydfarben ist die morphologische und strukturelle Unterscheidung weit schwieriger. Grundsätzlich können wir allerdings auch hier zwei Fälle unterscheiden, die dem der hämatitischen und silicatischen Eisenrote analog sind, nämlich das Vorkommen des Eisens als selbständiges, feindisperses Hydrat oder Hydrogel und als färbendes Prinzip größerer, gelb durchsichtiger Teilchen, die neben Fe stets noch Kieselsäure enthalten. Anstrichtechnisch ergeben sich im wesentlichen dieselben Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, wie wir sie eben für die Eisenrote kennengelernt haben, insbesondere auch hinsichtlich der Konsistenz, aber die Unterschiede zwischen den einzelnen geprüften Sorten haben sich doch als weit beträchtlicher erwiesen, als das bei den Eisenroten der Fall ist. Mit anderen Worten: wenn man bei den gelben Eisenfarben in Analogie zu den Eisenroten, etwa zwischen „hydratischen“ (entsprechend den hämatitischen) und silicatischen Eisengelbarten unterscheidet, so kommt man mit dieser Systematik nicht durch. Während z. B. künstliches, auf dem Wege der Fällung und darauffolgendes Brennen gewonnenes Oxydrot und calciumsulfat- und carbonathaltiges Marsrot dasselbe Gitter, nämlich das Hämatitgitter zeigen, ergibt Marsgelb ein Gitter, das mit dem des künstlichen, gefällten Eisenoxydgelbs nicht übereinstimmt. Auffallend und interessant ist, daß die echte toskanische Siena überhaupt Gitterstruktur zeigt, also nicht amorph ist. Das für diese Farbe gefundene Gitter stimmt mit dem für Eisenoxydgelb ermittelten überein.

Dasselbe Gitter wurde für ein Eisenhydroxyd aus dem Quarzit von Eisenerz, also vermutlich durch Spateisenverwitterung entstanden, festgestellt, während ein aus Sericit entstandenes Hydrat deutliche Interferenzlinien zeigte, die höchstwahrscheinlich gar nicht dem Hydrat zukommen, sondern dem noch nicht verwitterten Glimmer. Die endgültige Auswertung der Debyeogramme und der Vergleich mit den bisher vorliegenden und in der Literatur veröffentlichten³⁾ muß einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Wichtiger für die Praxis ist die Betrachtung der „silicatischen“ gelben Eisenfarben. Genau wie im Bereich der Eisenrote finden wir die deutlichste Ausprägung des silicatischen Charakters bei den echten toskanischen, in diesem Fall natürlich noch ungebrannten Sienen. Die muschlig brechende Form dieser Sienen besteht fast nur aus großen, kristallartig aussehenden, gelben, durchsichtigen Splittern, die wir als kieselsäurehaltig feststellen können. Es handelt sich hier ebenso wie bei der gebrannten Siena um sehr feine Kriställchen, die im vorliegenden Fall aus einem deut-

lich kristallinen, aber bis jetzt noch nicht näher definierten Hydrat bestehen und durch Kieselsäure verkittet sind. In den veroneser und den sogenannten einheimischen Sienen finden sich derart ausgeprägte silicatische Stücke nicht, so daß sie als Charakteristikum der echten Sienen gelten können. Aber auch hier kann man zerstreut mittelgroße bis kleine, meist aber nicht splittrige, sondern rundliche Teilchen wahrnehmen, die ebenfalls gelb durchsichtig sind. Auch in verschiedenen Ockern finden sie sich, doch immer vereinzelt. Daß es sich bei diesen beiden Arten von Teilchen, obwohl sie beide Kieselsäure enthalten, doch nicht um morphologisch identische Teilchen handelt, kann durch die Adsorptionsprobe nachgewiesen werden. Ich habe auf die Bedeutung dieser Probe für die Kennzeichnung von Einzelteilchen in heteromorphen Farben, also insbesondere Erdfarben, schon an anderer Stelle hingewiesen⁴⁾. Werden die beiden Arten silicatischer Teilchen mit Brillantgrün „angefärbt“, so sieht man unter dem Mikroskop, daß die Teilchen der echten Siena intensiv dunkelgrün gefärbt werden, während die silicatischen Teilchen anderer gelber Eisenfarben sich ebenso verhalten wie das reine Hydrat, nämlich gar keinen Farbstoff aufnehmen. Wird aus Teilchen beider Art das Eisen durch Salzsäure herausgelöst und der unlösliche Rückstand wiederum mit Brillantgrün behandelt, so läßt sich das in der echten Siena zurückbleibende Kieselsäurerückgerüst in derselben Weise anfärben wie die Teilchen der Rohfarbe. Bei den anderen Erdfarben bleiben farblose, teilweise auch noch etwas gelblich gefärbte Körner zurück, die nun, sofern vom Eisen befreit, durch Brillantgrün hell durchsichtig blaugrün gefärbt werden. Während aber im ersten Fall der angefärbte Salzsäurerückstand beim Erhitzen mit Wasser keinen Farbstoff abgibt, kann im zweiten Fall der gesamte Farbstoff durch Kochen mit Wasser abgezogen werden. Damit ist gesagt, daß die silicatischen Eisenhydroxydteilchen in zweierlei Formen vorkommen. Die erste ist die der echten Siena: durch Kieselsäure verkittete sehr feine Hydratkriställchen, in denen die Kieselsäure basischen Farbstoff chemisorptiv zu binden vermag. Die zweite Form ist diejenige, die man als „kaolinig“ bezeichnen könnte, insofern sie gegenüber Brillantgrün dasselbe Verhalten zeigt wie Kaolin, wobei allerdings die auf keinen Fall chemisorptive Farbstoffaufnahme durch das Eisen ganz verhindert ist. Es ist daher wohl die Annahme berechtigt, daß es sich bei dieser Art silicatischer Teilchen um ein Aluminiumsilicat handelt, in dem ein Teil des Al_2O_3 durch Fe_2O_3 ersetzt ist.

Es ist natürlich nicht gesagt, daß sich chemisorptiv bindende Kieselsäure stets in eisenhaltigen Teilchen in der Art der Sienastücke finden muß. Neben Quarzkieselsäure kann sie auch in der veroneser und in einheimischen Sienen und Ockern durch die Adsorptionsprobe nachgewiesen werden. Allerdings ist auch hier die Kieselsäure vielfach Verkittungsmittel, jedoch von Teilchen, die mikroskopisch als selbständig erkennbar sind. Und hier handelt es sich nun nicht nur um eine rein theoretisch interessante Erscheinung, sondern um die Lösung einer praktisch wichtigen Frage, nämlich der nach dem Unterschied zwischen deutschen und französischen Ockern. Dieser Unterschied liegt nicht in verschiedener Bindung des Eisens, nicht in Gehalt an Kaolinsubstanz, Quarz, Carbonat, Sulfat, nicht in der Korngröße, sondern allein im Vorhandensein oder Fehlen chemisorptiv bindender Kieselsäure. Es ist auffallend, daß alle guten französischen Ocker ganz oder

³⁾ s. G. F. Hüttig, Ztschr. anorgan. allg. Chem. 179, 49 [1929]; daselbst Literaturangaben.

⁴⁾ H. Wagner, Körperfarben, Stuttgart 1928, S. 307 ff.

fast ganz frei sind von chemisorptiv bindender Kieselsäure, daß sie also nur geringe Mengen vom Brillantgrün aufnehmen und auf keinen Fall löseecht festzuhalten vermögen, daß man also den Farbstoff durch Kochen wieder restlos abziehen kann. Hier hat uns also die Adsorptionsprobe einen wichtigen Schritt vorwärts in der Systematik der gelben Eisenfarben gebracht.

Noch auffallendere Unterschiede, als sie der Vergleich der Adsorptionszahlen bringt, ergeben sich bei Betrachtung der Farbtöne der durch die Brillantgrünadsorption gewonnenen „Fixierfarben“, in frischem Zustand sowohl als nach erfolgter Belichtung. Hier wird der Unterschied zwischen reiner Adsorption und chemisorptiver Bindung noch viel deutlicher. Rein adsorptiv gebundene Brillantgrünmengen ergeben olivbraune bis olivgrüne Farbtöne. Beim Belichten verschwindet die Grünfärbung innerhalb kürzester Zeit, so daß der ursprüngliche Branton zurückkehrt. Beim Vorwiegen chemisorptiver Bindung treten rein- bis tief blaugrüne Töne auf, die weit beständiger gegen Licht sind und im Leimaufstrich innerhalb 30 Tagen nur heller und milchiger werden, aber immer noch grün bleiben. Fast ganz unverändert sind selbst nach 40stündiger Uviolbelichtung die aus echten Toskaner Sienen erhaltenen Fixierfarben, bei denen mit rein chemisorptiver Bindung zu rechnen ist. Das sei durch folgende Aufstellung erläutert:

Name	Farbstoffadsorption in %	Durch Wasser beim Kochen abziehbar	Farbton der Fixierfarbe vor der Belichtung	Farbton der Fixierfarbe 30 Tage belichtet
Französ. Ocker	0,4	alles	olivbraun	braun
Französ. Ocker	0,5	alles	olivgrün	braun
Minette	1,2	alles	dunkelgrün	braun
Ocker a. d. Rhld.	2,8	ziemlich	grün	olivgrün
Ocker a. d. Rhld.	4,0	ziemlich	dunkelgrün	olivgrün
Verones. Siena	11,5	etwas	dunkelgrün	trübgrün
Ocker a. d. Rhld.	7,2	wenig	reinblau-grün	trübbau-grün
Toskan. Siena	1,75	fast nichts	tiefblau-grün	fast unverändert

Nach obigen Feststellungen werden zweifellos durch die Gegenwart von adsorbierenden und insbesondere chemisorptiv bindenden Substanzen Farbton und Transparenz der Eisenfarben wesentlich beeinflusst. Besonders ins Auge fällt aber der Einfluß auf die Konsistenz. Um diese in einer, zwar nicht alle wichtigen Momente erfassenden, aber im Fabriklaboratorium einfach und rasch ausführbaren Methode ausdrücken und vergleichend darstellen zu können, bediene ich mich einer modifizierten Ablaufprobe, deren nähere Beschreibung und Begründung in den Heften des Fachausschusses erfolgen wird. Hier sei nur noch angeführt, daß zur Formulierung der Konsistenz ausgesprochen fließende, viscose Systeme mit V, ausgesprochen plastische Systeme mit P, Zwischensysteme mit PV bezeichnet werden, und daß Ablaufzeit und Ablauflänge während der Beobachtungszeit zugefügt werden. Beispielsweise wurden für die streichfertig angeriebenen Systeme folgende Konsistenzwerte ermittelt:

	Konsistenz	
	in Wasser	in Leinöl
a) Nicht chemisorptiv bindende Ocker:		
Französischer Ocker	V 6,2 cm/40 s	V 6,2 cm/75 s
Französischer Ocker	V 6,2 cm/25 s	V 6,2 cm/30 s
Französischer Ocker	V 6,2 cm/ 1 s	PV 5,0 cm/ 6 min
Mn-haltig. Ocker a. d. Rhld.	V 6,2 cm/ 1 s	V 6,2 cm/25 s

Konsistenz
in Wasser in Leinöl

b) Teilweise chemisorptiv bindende Ocker:

Ocker, deutsch, unbekannter Herkunft	PV 1,2 cm/1 min	PV 6,0 cm/ 4 min
Oxydocker, Rheinland . . .	PV 2,4 cm/2 min	V 6,2 cm/30 s
geschl. Ocker, Rheinland P	0,3 cm/3 min	PV 1,5 cm/10 min
Oberfränkischer Ocker . . .	P 0,2 cm/2 min	PV 3,3 cm/ 3 min

c) Ausgesprochene Chemosorptionsocker:

Ockerton, Rheinland	P 0,2 cm/3 min	PV 3,0 cm/ 4 min
Ockerton, Rheinland	P 0,2 cm/3 min	PV 2,5 cm/ 3 min
Russischer Ocker	P —	P —
Toskaner Siena	P —	P —

Man ersieht aus dieser Tabelle den überragenden Einfluß der chemisorptiven Bestandteile auf die Konsistenz, die sich darin äußert, daß das Fehlen dieser Bestandteile ausgesprochene Fließkonsistenz in Wasser und auch in Öl ergibt. Mit dem Auftreten chemisorptiver Substanz nimmt die Beweglichkeit ab. Es entstehen zunächst Systeme, die um den Fließpunkt plastisch, bei dessen Überschreitung aber beweglich werden, und die man daher als pseudoplastisch bezeichnen kann. Ihre Beweglichkeit nimmt mit Zunahme des Kieselsäure-

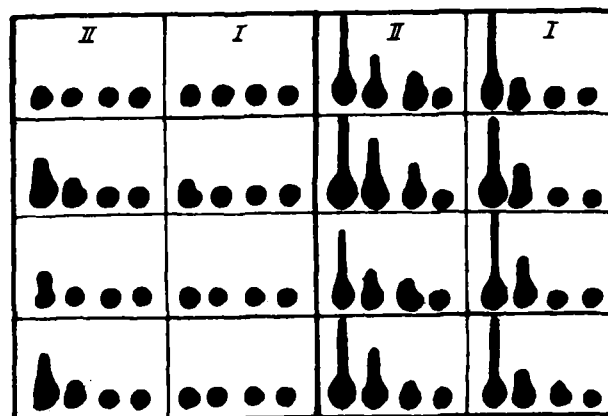


Abb. 3. Vergleich der Konsistenz streichfertig angeriebener Ockerfarben durch die Ablaufprobe.

Linke Hälfte: französische Ocker („Nichtchemosorbenten“).
Rechte Hälfte: deutsche Chemosorptionsocker.
I in Wasser, II in Öl.

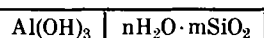
gehalts in Wasser sehr rasch, in Öl wesentlich langsamer ab. Gegenwart sonstiger, die Konsistenz beeinflussender Bestandteile, vor allem Calciumsulfat, wirkt in Wasser nicht sehr stark, tut sich aber doch als beweglichkeits-hemmend kund. In Öl dagegen übt Calciumsulfat gerade die gegenteilige Wirkung aus, es erhöht die Beweglichkeit des Systems, eine Tatsache, die an anderer Stelle von mir näher besprochen wurde⁵⁾. Hierdurch erklären sich die oben mitgeteilten Werte für deutschen Ocker unbekannter Herkunft und rheinischen Oxydocker. Mit Zunahme des Gehalts an chemisorptiv bindender Substanz nimmt die Plastizität zu. Schließlich entstehen, wie der russische Ocker und die Toskaner Siena zeigt, sowohl in Wasser als in Öl rein plastische Systeme, die keinen wirklichen Fließpunkt mehr besitzen, sondern bei dessen Überschreitung Synärese zeigen, d. h. Öl abscheiden.

Selbstverständlich sind mit der Konsistenz auch andere anstrichtechnisch wichtige Eigenschaften von Art und Grad der Adsorption abhängig, sofern diese Eigenschaften eben auch Funktionen der Konsistenz sind. Erwähnt soll nur werden, daß die hochplastischen Ocker schlechte Trockner sind und daß sie, soweit bisher fest-

⁵⁾ H. Wagner und J. Kesselring, Heft 4 des Fachausschusses für Anstrichtechnik, 1930.

gestellt, sich durch Wasser und durch Öl schwerer als die übrigen benetzen lassen. Diese letztgenannte Tatsache spricht für die von Solman, Jolly, Green, Hallet vertretene Ansicht, daß schwer benetzbare Pigmente ausgeflockte, also plastische Systeme ergeben, während McMillen, de Waele, Lewis, Haller gegenteiliger Ansicht sind.

Fragen wir schließlich noch nach der Natur der die Chemosorption bedingenden Stoffe, so werden wir, da ja Chemosorption und Plastizität Hand in Hand gehen, auf die bei den Tonen gemachten Beobachtungen verwiesen, deren Bildsamkeit den sogenannten Allophanoiden, d. h. Tonerde-Kieselsäurehydrogelen zugeschrieben wird. In der Toskaner Terra di Siena freilich findet man nur Kieselsäurehydrogel, in den durchweg aluminiumhaltigen Ockern und nichttoskanischen Sienen dürfen wir dagegen ein Tonerde-Kieselsäurehydrogel vermuten, wie es durch Enk⁹⁾ bei der Kaolinentstehung nachgewiesen und mit dem Formelbild



⁹⁾ E. Enk, Kolloid-Ztschr. 51, 356 [1930].

belegt wurde. Wo dieses Hydrogel vorhanden ist, ergibt die Brillantgrünprobe starke Adsorption mit lösechter Bindung und guter Lichtechtheit des Fixierprodukts und ergibt sich in Wasser und Öl plastische Konsistenz mit den besprochenen Folgeerscheinungen. Wo dieses Hydrogel durch Altern in kristallinen Kaolinit der Formel $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ übergegangen ist, ergibt sich nur noch schwache Adsorption mit nicht lösechter Bindung, und in Wasser und Öl ausgesprochene Fließkonsistenz. Zwischenstufen zwischen diesen beiden Grenzfällen werden sich entsprechend äußern. Es darf daher mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß die anstrichtechnischen Unterschiede zwischen den Ockern, und speziell zwischen den deutschen und französischen Ockern, im wesentlichen auf den Zustand des Systems Tonerde-Kieselsäure-Wasser zurückzuführen sind, wobei das eben genannte Hydrogel und der Kaolinit die Grenzfälle bilden. Woher es nun kommt, daß gerade in den deutschen Ockern die Hydrogele, in den französischen aber die kristallinen Phasen vorherrschen, das ist eine Frage, deren Entscheidung dem Geologen zusteht.

[A. 88.]

Goethe und die Chemie.

Von P. WALDEN, Rostock.

(Vorgetragen in der Allgemeinen Sitzung der Hauptversammlung des V. d. Ch. in Frankfurt a. M. am 12. Juni 1930.)

(Eingeg. 16. Juli 1930.)

(Fortsetzung aus Heft 38, S. 850.)

C. Wie wirkte Goethe auf die Chemie?

I. Anregung zu chemischen Synthesen.

Überschaut man noch einmal diese chemische Bücherei mit ihren vielen Autoren, die durch das gedruckte Wort dem Altmeister Goethe dauernd Rat erteilten, und hält man sich gegenwärtig den ununterbrochenen Umgang Goethes mit den zeitgenössischen lebenden Chemikern in Jena und Weimar, so ist man geneigt, an den Spruch Goethes zu denken: „Sage mir, mit wem du umgehst, und ich will dir sagen, wer du bist“, und man ist versucht, diesen Spruch auf ihn selbst anzuwenden und ihn zu einem Chemiker zu stempeln²⁹⁾. Allerdings dürfen wir hierbei nicht die

Forderungen und Maßstäbe der Gegenwart anlegen. Es kann doch sehr wohl auch große Chemiker geben, die nicht experimentelle Dauerwerte in der Chemie geschaffen haben. Leben nicht in der Geschichte der Chemie auch Namen fort, deren Träger einst durch ihre Anregungen und ihr Gesamtwissen die Chemie gefördert und zu Ansehen gebracht haben (vergl. z. B. die Autoren der obenerwähnten alchemistischen Werke), und die zu ihrer Zeit vielgerühmt waren? Hat nicht Goethe durch das Mithineinverweben der Chemie in seine Dichtungen mehr Ansehen und größere Dauerwerte für die Chemie geschaffen, als z. B. die Chemiker Kastner, Winterl usw., die seine berühmten Zeitgenossen waren? Und weiter: Aus seiner Wesensart, aus dem inneren Drang und Zwang nach Anschauung und nach gegenständlichem Denken folgt zwangsläufig seine besondere Fürsorge um die Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an der Jenaer Universität. Für dieses Ziel hat er seine ganze Autorität jahrzehntelang eingesetzt. So entstanden: vorbildliche Sammlungen für Mineralogie, ein botanisches Museum, eine muster-gültige Pflegestätte der Chemie. Insbesondere die Chemie: sie wird mit einer immer wachsenden Zahl von (oft kostspieligen) Apparaten und Geräten ausgestattet, sie erhält eine reiche Sammlung von Präparaten und Demonstrationsobjekte. „Worauf ich mich besonders freue, ist eine chemische Präparatensammlung“, schreibt Goethe an den Physiker Seebeck³⁰⁾. Die Vorlesungen über Chemie werden wirkliche Experimentalvorlesungen, und ein Chemisches Institut soll — als Krönung des Chemieunterrichts — der Lehre und der Forschung zugänglich gemacht werden (Döbereiner konnte 1833 sein neues Institut beziehen). Was dies alles für jene Zeit vor 100 Jahren

²⁹⁾ Goethe als Naturforscher ist vielfach umstritten. Aus der neueren Zeit seien (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) nur die folgenden Beiträge zur Orientierung angeführt: Zur Mineralogie und Geognosie vgl. G. Linck, Jenaer Rede 1906; s. a. R. Zaunick, Sitzungsber. u. Abh. d. Ges. Isis, Dresden, 1923 (Festschr. f. R. Baldauf). Ferner: Frédéric Soret, Zehn Jahre bei Goethe, Übers. v. H. H. Houben, Leipzig, 1929. — Zur Physik: W. Wien, Goethe und die Physik, Leipzig, 1923; dagegen W. Troll, Die Tat, 18, 693 [1926]; Goethe, Beiträge zur Optik, von J. Schuster, Berlin, 1928. — Zur Naturforschung überhaupt: W. Jablonski, Vom Sinn der Goetheschen Naturforschung, Berlin, 1927. Ferner: H. Wohlbold, Führer durch Goethes Sammlung optischer Apparate, Weimar. Rud. Steiners zahlreiche Beiträge werden als bekannt vorausgesetzt. Es mag daran erinnert werden, daß ein Alex. v. Humboldt nur die naturwissenschaftlichen Schriften von Goethe studierte, sowie daß ein Berzelius von dem „berühmten Dichter und Naturforscher Baron von Goethe“ spricht (anlässlich der Zusammenkunft in Eger 1822). Objektiv betrachtet, erscheint das Diktum Emil Du Bois-Reymonds („Goethe und kein Ende“) nicht vorurteilsfrei, insofern er meint, daß Goethe besser getan hätte, sich von der Naturwissenschaft ferne zu halten. Man könnte vielleicht umgekehrt das Bedauern aussprechen, daß Goethe nicht noch viel mehr der Naturwissenschaft sich hat widmen können! Denn die Selbständigkeit seines Denkens, die Eigenart seiner Naturanschauung und Naturbefragung sowie des Aufspürens und Verbindens von Tatsachen sichern ihm auch selbständige Erkenntnisse. „Trennen

und Zählen lag nicht in meiner Natur“, sagte er allerdings von sich selber; aber gibt es denn nur den mechanisch-atomistischen Weg zur Naturerkenntnis?

³⁰⁾ Döbling, S. 68.