

HENRY LE CHATELIER, 1850—1936.

Am 17. September 1936 ist Henry Le Chatelier gestorben. Die Deutsche Chemische Gesellschaft hatte naturgemäß die Absicht, ihrem großen Ehrenmitgliede bald danach einen Nachruf zu widmen. Das ist damals aus äußeren Gründen unterblieben. Wenn dieser Nachruf jetzt zum dritten Jahrestag seines Todes geschrieben wird, so mag das etwas ungewöhnlich aussehen. Leben wir doch heute im Kriege mit seinem Vaterlande. Aber so wenig irgend jemand bei uns — und wohl auch irgend jemand jenseits des Westwalls — den Sinn dieses Krieges zwischen Frankreich und Deutschland versteht, so wenig kann uns die Tatsache desselben den Blick trüben für die hohe Bedeutung, die der Verstorbene für die Chemie der ganzen Welt besaß. So mag dieser Nachruf gerade jetzt den Fachgenossen vorgelegt werden als ein Beweis dafür, daß die Hochschätzung, die wir für den Verstorbenen hegen, durch politische Störungen nicht gemindert werden kann.

Henry Le Chatelier wurde am 8. Oktober 1850 in Paris geboren¹⁾. Beide Eltern entstammen geistig hochstehenden Familien. Der Vater, Bergingenieur, hat auf dem Gebiet der Metallurgie des Eisens und des Aluminiums wie für die Schöpfung der französischen Eisenbahnen Erhebliches geleistet. Er hat den Sohn sehr früh zu mathematischen und chemischen Studien angehalten. Darüber hat dieser bei mehrfachen Gelegenheiten berichtet, wobei auch der Einfluß, den die Mutter auf den heranwachsenden Sohn ausübte, warme Würdigung gefunden hat.

Mit neunzehn Jahren wird Henry Le Chatelier Schüler der Ecole Polytechnique, wenig später der Ecole Nationale Supérieure des Mines. Daneben besucht er das Laboratorium von Sainte-Claire-Deville an der Ecole Normale Supérieure und die Vorlesungen von Marcy und Joseph Bertrand am Collège de France. Aber neben dem Fachstudium verfolgt er literarische Interessen, ein Ausfluß oder vielleicht die Grundlage seiner Hochschätzung des humanistischen Unterrichts, dessen Bedeutung für die Schulung auch der Männer der Praxis er später immer wieder verfochten hat.

Nach Abschluß der Studien betätigt sich Le Chatelier zunächst praktisch als Bergingenieur bei einer von der Regierung organisierten Expedition nach Algier, danach zwei Jahre in Besançon. Aber bald findet er seinen wahren Beruf; er wird 1877 an die Ecole des Mines berufen als Lehrer der allgemeinen Chemie, später der industriellen Chemie, deren Vorlesungen er ständig ausbaut und bis zum Rücktritt von seinen Ämtern 1919 beibehält. Auch am Unterricht der Ecole Polytechnique ist er beteiligt, ausgiebiger am Collège de France, wo er von 1898—1907 als Nachfolger von Schutzenberger über zahlreiche Gebiete der allgemeinen Chemie und ihrer Anwendungen liest. Die letzte Tätigkeit vertauscht er 1907 mit einer analogen an der Sorbonne, wo er Nachfolger des zwei Jahre jüngeren aber früh verstorbenen Moissan wird.

Nach dem Rücktritt von seinen Lehrämtern 1919 hat Le Chatelier natürlich nicht aufgehört, wissenschaftlich und organisatorisch zu arbeiten, im Laboratorium, in unzähligen Kommissionen, an der Abfassung einiger

¹⁾ Die biographischen Daten sind einem Sonderheft der Revue de Métallurgie (Januar 1937) entnommen, das dem Andenken von Henry Le Chatelier gewidmet ist.

Bücher, vor allem aber als Herausgeber der von ihm 1904 gegründeten Revue de Métallurgie, die sich unter seiner Leitung nach den ersten Einführungsschwierigkeiten zu einem fast offiziellen Organ der französischen Metallurgie entwickelt hat.

Seine Arbeit hat bis unmittelbar zu seinem Tode gedauert. Ein gütiges Geschick hat ihm bis zuletzt die vollste geistige Frische bewahrt, wie auch seine große schlanke Gestalt unter dem weißen Haar nicht minder stattlich war als in der Jugend. Nur das Gehör hatte gelitten, doch war auch das kein ernster Mangel, wie der Schreiber dieses noch 1934 beim Kongress in Madrid und bei der Einweihung der Maison de la Chimie in Paris beobachten konnte.

Auch in seinem Familienleben ist Henry Le Chatelier in hohem Maße vom Schicksal gesegnet worden: drei Monate vor seinem Tode konnte er, ein wahrer Patriarch, mit seiner Gattin das Fest der diamantenen Hochzeit feiern, umgeben von 42 Kindern, Enkeln und Urenkeln, unter denen nur eine früher verstorbene Tochter fehlte. Am 17. September 1936 ist er dann nach kurzer Krankheit entschlafen. —

Le Chatelier muß ein ausgezeichneter Lehrer gewesen sein, er muß große Freude an seinen Vorlesungen gehabt haben, und er muß die Fähigkeit besessen haben, diese Freude an ihnen auf seine Zuhörer zu übertragen. Das geht aus zahlreichen Äußerungen seiner Schüler hervor, in denen immer wieder der Reiz und der Erfolg seiner Lehrtätigkeit gefeiert wird. Einzelne dieser Vorlesungen sind in extenso publiziert worden, eine, die zuerst an der Sorbonne gehalten, auch in deutscher Übersetzung: „Vom Kohlenstoff“ (Knapp, Halle a. S. 1913). Es ist die chemische Einführungsvorlesung oder richtiger ihre ersten Abschnitte, — aber so ganz anders, als wir sie gewohnt sind. Sie bringt nicht die übliche einigermaßen systematische Beschreibung der wichtigsten Elemente und Verbindungen, in welche die Besprechung der allgemeinen Gesetze und der praktischen Anwendungen der chemischen Reaktionen als zusätzlicher Lehrstoff eingefügt ist. Sie geht vielmehr von der Bedeutung der „chemischen Mechanik“ aus, der Anwendung der Thermodynamik auf die Chemie, des Hauptgebiets unserer heutigen physikalischen Chemie, und beschreibt im wesentlichen an dem einen Element, dem Kohlenstoff, und seinen Verbindungen ihre Eigenschaften und ihre technischen Anwendungen unter besonderer Betonung der Verwendung ihrer Lehrsätze.

Man mag im Zweifel sein, ob eine solche Darstellung für den Anfänger geeigneter ist als die mehr beschreibende unserer üblichen Anfängervorlesungen — und der Autor sagt selbst in der Vorrede, er hätte die Publikation eigentlich noch nicht vornehmen wollen, um zunächst den Erfolg dieser Lehrmethode abzuwarten. Sicher ist, daß vielfach Dinge vorausgesetzt werden, die der junge Student schwerlich wissen kann, aber ebenso sicher ist, daß die Darstellung ungemein anregend ist, und leicht vorstellbar ist es, daß sie, vorgetragen von einer so faszinierenden Persönlichkeit, wie Le Chatelier sie bis zum höchsten Alter war, die Hörer in ihren Bann gezwungen hat.

Le Chateliers Wirken als Lehrer, mit dem ein lebhaftes und systematisches Wirken für die Verbesserung des Unterrichts dauernd verbunden war, sind beides Gaben, von denen in erster Linie seine Landsleute Nutzen gehabt haben. Seine Forschertätigkeit hat der Chemie der Welt gedient. „Meine wissenschaftlichen Arbeiten“ — so schreibt er 1897 in einem Über-

blick über diese — „liegen auf zwei Gebieten, die auf den ersten Blick sehr verschieden erscheinen: auf dem der chemischen Mechanik und dem der industriellen Chemie. Tatsächlich aber haben diese beiden Zweige der Chemie zahlreiche Berührungspunkte. Die Gesetze der chemischen Mechanik beherrschen nicht minder die Vorgänge der chemischen Industrie wie die Reaktionen des wissenschaftlichen Laboratoriums“. Es ist kaum möglich, ihre Gesamtheit treffender zu bezeichnen. Die Erkenntnisse über die Gesetze der chemischen Mechanik, der Anwendungen der Thermodynamik auf die Chemie, die er um 1884 entwickelt hat, durchdringen überall seine Untersuchungen auf dem Gebiet der Nutzung der Brennstoffe, der Metallurgie und der Metallkunde, der hydraulischen Bindemittel, der Keramik, und ihre konsequente Anwendung ist, natürlich neben den ausgezeichneten Forschereigenschaften von Le Chatelier, die Grundlage der außerordentlichen Fruchtbarkeit seiner Tätigkeit.

Daß die Sätze der Thermodynamik auf die chemischen Vorgänge angewendet werden können, und daß diese Anwendung zu äußerst wertvollen Ergebnissen führt, das war um 1880 durchaus nicht geläufig. Freilich war die Anwendung längst geschehen: Horstmann hat 1869 und in den folgenden Jahren zunächst einen Dissoziationsvorgang thermodynamisch berechnet und dann die dabei gewonnenen Erkenntnisse verallgemeinert, aber seine in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft erschienenen Abhandlungen sind kaum verstanden worden, jedenfalls damals nirgends beachtet. Willard Gibbs hatte an wenig zugänglicher Stelle und in schwer verständlicher abstrakter Form ein volles System der Thermodynamik der chemischen Gleichgewichte gegeben; von dem wußte niemand. So gebührt Le Chatelier zweifellos das Verdienst, das er mit dem gleichzeitig in derselben Richtung arbeitenden van't Hoff teilt, gezeigt zu haben, wie weit eine chemische Reaktion Arbeit leisten kann — wie weit sie „bewegende Kraft“ besitzt, wie er im Anschluß an Sadi Carnot die freie Energie bezeichnet — und welche Forderungen sich daraus auf die Gleichgewichtsbedingungen und ihre Beeinflussung durch Wärmezufuhr oder Druckvermehrung ergeben. Das „Le Chateliersche Prinzip“, das heute jedem Naturforscher geläufig ist, verknüpft seinen Namen für alle Zeiten mit dieser Erkenntnis.

Diese theoretischen Erwägungen waren natürlich von experimentellen Messungen begleitet, die sie kontrollierten und stützten. Diese bewegten sich zunächst auf dem Gebiet der Gleichgewichte zwischen festen Salzen und ihren Lösungen und auf dem der Dissoziation des Calciumcarbonats, aber sie gingen bald von hier aus über auf die Probleme der industriellen Chemie und Metallurgie und lieferten hier gleichzeitig Belege für die Brauchbarkeit der gewonnenen Gleichungen wie Förderungen für die Technik.

Die Arbeiten im Gebiet der technischen Chemie beginnen im wesentlichen mit Untersuchungen, die er gemeinsam mit seinem älteren Kollegen Mallard im Rahmen einer Kommission zur Erforschung und Bekämpfung der Schlagwetterexplosionen ausgeführt hat. Sie stellen die Explosionsgrenzen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Verbrennung fest, wobei sie neben Methan-Luft-Gemischen auch solche von Wasserstoff und Kohlenoxyd benutzen. Das erweist sich als sehr vorteilhaft, da die Methan-Gemische Verzögerungserscheinungen zeigen, die andern nicht. Das wieder macht die überraschende Feststellung verständlicher, daß Explosivstoffe, deren Schwaden

nicht heißer als 2200° sind, Methan-Gemische noch nicht zünden (obschon ihre Zündtemperatur in heißen Kolben 650° ist), während die der beiden anderen Gase gezündet werden — übrigens eine Erscheinung, deren Grund wohl auch heute mit unseren ganz erheblich vertieften Kenntnissen der Explosionsvorgänge noch nicht völlig geklärt ist. Sie verbessern andererseits die Sicherheitslampe und ihre Verwendbarkeit als Anzeiger für Methan, das sich durch eine blaue Aureole um die Flamme bemerkbar macht.

Die bedeutsamere Folge dieser Arbeiten aber waren die Untersuchungen über die spezifischen Wärmen der Gase und über die Flammentemperaturen. Ausgehend von dem Verfahren von Bunsen, durch Messung des bei der Explosion entstehenden Drucks die Temperatur der explodierenden Gase zu ermitteln, das sie verfeinern und in ausgedehnten Meßreihen verwenden, leiten sie für die Reaktionsprodukte und für zugesetzte Gase die mittleren spezifischen Wärmen ab, stellen dabei den Grad der Unvollkommenheit der Verbrennung, den Dissoziationsgrad der Reaktionsprodukte fest, und gelangen so zur Erkenntnis, daß die spezifischen Wärmen durchgehend — Edelgase waren damals noch nicht bekannt — mit der Temperatur ansteigen, besonders stark bei Wasserdampf und Kohlensäure, ferner daß die Temperaturen der Verbrennungen ganz wesentlich niedriger liegen, als man damals, ohne sich um Bunsens Messungen zu kümmern, vielfach annahm. Ein besonderes Studium hat dabei Le Chatelier dem Acetylen gewidmet, aus dem sich in der Folge das Acetylen-Sauerstoff-Gebläse und seine Verwendung für die autogene Schweißung entwickelt hat²⁾.

Diese Feststellungen sind für die gesamte chemische und metallurgische Technik bedeutungsvoll, soweit sie mit höheren Temperaturen arbeitet. Fast noch bedeutungsvoller ist das Le Chateliersche Thermolement geworden, das Drahtpaar Platin/Platin mit 10% Rhodium, das sich seit seiner Ausarbeitung (1896) mit großer Schnelligkeit über alle Laboratorien und Fabriken verbreitet hat und heute aus unserem Rüstzeug ebenso wenig wegzudenken ist wie etwa der Bunsenbrenner. Hier hat Le Chatelier gegen die geltende Meinung der Zeitgenossen ein brauchbares Meßinstrument geschaffen, indem er die durch Umwandlungspunkte und andere Veränderlichkeiten bedingten Fehler früherer Instrumente durch systematische Studien eliminierte, aber indem er gleichzeitig darauf hinwies, daß auch dies Thermo-paar keinswegs unveränderlich ist, sondern häufiger Eichung bedarf, für die er einfache Methoden angab.

Ein optisches Pyrometer für noch höhere Temperaturen entwickelte er aus einem vorhandenen Instrument von Cornu, wobei er insbesondere auf die Notwendigkeit hinwies, das von Stoff zu Stoff wechselnde Emissionsvermögen der strahlenden Körper zu berücksichtigen. Wieder in originellerer Weise hat er ein Dilatometer konstruiert, das bis zu hohen Temperaturen genaue Messungen erlaubt, in ähnlicher Weise noch eine ganze Reihe derartiger Meßinstrumente, die für diesen und jenen Zweck geeignet sind.

²⁾ Es scheint, als ob das Bunsensche Verfahren in Perioden eine Renaissance erleben soll: 1867 Bunsen, 1879 Mallard und Le Chatelier, seit 1907 Nernst und Mitarbeiter, die das Verfahren ganz außerordentlich verfeinert und eine noch weit über Mallard und Le Chatelier hinausgehende Fülle von Ergebnissen aus dem mit ihm ausgeführten exakten Messungen gewonnen haben.

Auf eine neue Basis gestellt, ja fast neu geschaffen hat Le Chatelier die Erforschung der Legierungen. Es ist uns heute selbstverständlich, daß wir mit Thermoelement und Galvanometer eine thermische Analyse vornehmen und aus den beobachteten Haltepunkten auf Erstarrungsvorgänge oder Umwandlungen schließen. Es ist uns ebenso selbstverständlich, daß wir Proben schleifen, ätzen und unter dem Mikroskop betrachten oder die mikroskopischen Bilder photographieren, und daß wir auf diesem Wege die Gefügebestandteile ermitteln. Alle diese Operationen sind gewiß schon vor Le Chatelier in einzelnen Fällen ausgeführt worden, und sie alle sind gewiß nicht allein von ihm und seiner Schule zur heutigen Vollkommenheit entwickelt worden. Aber er ist doch derjenige gewesen, der sie in die Methodik der metallographischen Untersuchung eingeführt hat, der ihnen zuerst die nötige handliche Form gegeben hat, und in seinen Händen haben sie die ersten großen Fortschritte in der Kenntnis der Legierungen geliefert.

Bei diesen Forschungen über das Wesen der Legierungen hat er immer wieder betont, daß neben der thermischen Analyse und neben der Verwendung des Metallmikroskops auch eine Ermittlung aller erreichbaren anderen Eigenschaften nebenher gehen sollte, eine Messung der Dichte, der thermischen Ausdehnung, der mechanischen Eigenschaften, der elektrischen Leitfähigkeit, der Thermokraft und so weiter. Das ist heute wohl in manchen Fällen nicht mehr so wichtig; in der Zeit, als die Legierungskunde geschaffen wurde, war die Forderung jedenfalls berechtigt und ihre Berücksichtigung vielfach sehr aufschlußreich.

Von den Erkenntnissen, die Le Chatelier mit diesen Methoden uns vermittelt hat — ihr Umfang ist sehr erheblich und umfaßt in gleicher Weise Eisen und Nichteisenmetalle — soll nur die wichtigste genannt sein, die von der Natur der Härtung des Stahls. Sie ist charakterisiert durch die Einführung eines neuen Gedankens: diese Legierungen von Eisen und Kohlenstoff sind zum Teil als feste Lösungen zu betrachten, aus denen sich bei Temperaturerniedrigung ebenso wie aus flüssigen Lösungen Elemente oder Verbindungen ausscheiden können. Dabei sind die Geschwindigkeiten dieser Ausscheidungen wie auch ihrer Wiederauflösung beim Erwärmen wesentlich geringer, als wir das bei flüssigen Lösungen gewohnt sind, und in sehr hohem Maße von der Temperatur abhängig.

Damit wurden alle Erscheinungen beim Abschrecken und Anlassen verständlich, und es ist nicht zuviel gesagt, wenn Bakhuis Roozeboom die 1897 erschienene Abhandlung von Le Chatelier „L'état actuel des théories de la trempe de l'acier“ meisterhaft nennt und von ihr sagt, daß sie mehr gab, als der Titel versprach. Sie ist die Grundlage geworden für das Verständnis der Härteeigenschaften des Stahls und gibt, natürlich in Einzelheiten weiter entwickelt, noch heute den Stand unserer Kenntnisse wieder.

Es liegt nahe, daß sich Le Chatelier nicht nur mit den Eigenschaften der fertigen Metalle und ihren Umwandlungen beschäftigt hat, sondern auch mit den Vorgängen ihrer Herstellung. Von diesen Arbeiten sollen nur zwei erwähnt sein, die beide nicht unter seinem Namen in die Literatur eingegangen sind, sondern unter denen der Schüler, die sie ausgeführt haben. Die sonderbare Ausscheidung von Kohlenstoff in den kälteren Teilen des Hochofens, die Lothian Bell bereits auf die Spaltung des Kohlenoxyds in Kohlendioxyd

und Kohlenstoff zurückgeführt hatte, ist von Boudouard genauer verfolgt worden. Er konnte zeigen, daß ihre Gleichgewichte genau nach den Gesetzen der chemischen Mechanik durch ein für jede Temperatur konstantes Verhältnis von $[\text{CO}]^2 : [\text{CO}_2]$ charakterisiert sind, und daß sich dies Verhältnis im zahlenmäßigen Einklang mit der Wärmetönung der Reaktion mit steigender Temperatur zugunsten des Kohlenoxyds verschiebt. Die Messungen von Boudouard sind in der Folge mehrfach von anderen Seiten wiederholt worden, ihre Genauigkeit ist nicht übertroffen worden.

In analoger Weise hat Chaudron die Gleichgewichte, d. h. die Verhältnisse $[\text{CO}] : [\text{CO}_2]$ gemessen, die sich über den verschiedenen Oxyden des Eisens bei der Reduktion einstellen. Auch dies war damals Neuland, und dafür genügte es, die Zusammensetzung der festen Phasen Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO und Fe als konstant anzusetzen. Heute wissen wir, daß durch die Bildung fester Lösungen in ihnen diese Unveränderlichkeit nicht voll erfüllt ist, und so sind auch die Ergebnisse von Chaudron in der Folge modifiziert worden — was ihren Wert als Pionierarbeit keineswegs einschränkt.

Es wären noch manche Arbeiten von Le Chatelier zu nennen, z. B. eine Theorie für das Erhärten des Gipses als Modell für das des Zements, dessen Konstitution und Eigenschaften er ausgiebige Untersuchungen gewidmet hat; Studien über die Vorgänge beim Formen und beim Brennen der keramischen Objekte, insbesondere über die dabei auftretenden Umwandlungen der Kieselsäure und manches andere. Es wäre weiter zu berichten über Gedanken, die Le Chatelier über Fabrikorganisation ausgesprochen hat, bei der er immer wieder die Forderung erhoben hat, daß die Arbeit der Industrie zu ihrer Befruchtung durchdrungen werden muß vom Geist der Wissenschaft, bei denen er aber in den letzten Jahren seines Lebens nach gewonnener Kenntnis der Ideen von Taylor über die möglichst richtige Ausnützung der menschlichen Arbeit auch diese „menschliche“ Seite der Fabrikorganisation in klarer und soziologisch richtiger Weise erörtert hat. Aber eine nähere Besprechung auch dieser Veröffentlichungen würde zu weit führen. Nur sei erwähnt, daß die letzten beiden Schriften, die diese Gegenstände behandeln, 1934 und 1936 erschienen, ein Zeichen, wie er bis zuletzt frisch und arbeitsfähig geblieben ist.

So hat Henry Le Chatelier in sechzigjähriger intensiver Arbeit gewaltige Werte geschaffen an wissenschaftlicher Arbeit, an Hilfsmitteln zu ihrer Durchführung, an organisatorischen Leistungen für die Industrie und für den Unterricht, und wenn sicher einzelne von ihnen in erster Linie seinem eigenen Vaterland zugute gekommen sind, ihre Summe ist Allgemeingut der Kulturwelt geworden, die des Schöpfers derselben dankbar gedenkt.

Hoffen wir, daß das bald wieder in Gemeinsamkeit geschehen kann!

Berlin, den 17. September 1939.

Max Bodenstein.