

## Zur Entwicklung der Korrosionsforschung.

O. Bauer zum Gedächtnis.

(Eingegr. 21. August 1936.)

Am 2. August 1936 ist *O. Bauer*, der bekannte Metallforscher und der Vizepräsident des Staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem, plötzlich verschieden.

Professor Dr.-Ing. e. h. *O. Bauer* ist am 31. Januar 1876 in Goldingen (Kurland) geboren worden. Er besuchte dort das Landesgymnasium und studierte dann, bereits in Deutschland, auf der Freiburger Bergakademie. 1902 war er Assistent bei *Ledebur* und kam 1903 als Assistent von *E. Heyn* an das Materialprüfungsamt. 1905 wurde er Mitarbeiter des Amtes und habilitierte sich im gleichen Jahre an der T. H. Charlottenburg. 1908 erhielt er den Titel eines Professors, 1910 erhielt er in der Sektion für Metallographie der Brüsseler Weltausstellung das Ehrendiplom des „Großen Preises“. 1918 wurde er Abteilungsvorsteher im Materialprüfungsamt, 1920 folgte er einem Ruf als ordentlicher Professor der Eisenhüttenkunde an die Technische Hochschule Breslau, ließ sich jedoch 1921 wieder in das Materialprüfungsamt versetzen. 1923 wurde er Ehrendoktor der T. H. Aachen; im gleichen Jahre wurde er zum stellvertretenden Direktor des dem Amt angegliederten Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung bestellt. 1924 wurde er zum Hauptabteilungsleiter und 1927 zum Direktor im Staatlichen Materialprüfungsamt ernannt. 1934 wurde er Stellvertreter des Präsidenten. Von 1929 bis 1931 war er Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde im Verein Deutscher Ingenieure.

Das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung hat unter seiner Leitung eine überaus fruchtbare Tätigkeit entfaltet. Es sind dort viele grundlegende Arbeiten auf dem Gebiete der Metallkunde ausgeführt worden.

Die eigenen Arbeiten von *O. Bauer* betrafen neben sehr vielen technischen Problemen des Metallzustandes vor allen Dingen zwei Gebiete, die klassische Konstitutionsforschung der Legierungen und die Korrosion. Auf dem letzten Gebiete berühren sie sich unmittelbar mit der Chemie, und deshalb sollen sie hier eingehender gewürdigt werden.

Mit der Frage der Korrosion haben sich die Fachkreise schon seit sehr langer Zeit abgeben müssen, besteht doch die Korrosionsgefahr überall, wo metallische Werkstoffe Verwendung finden. Diese Beschäftigung war jedoch meist roh empirisch und nicht systematisch. Jeder Fachmann weiß ja auch, wie unübersichtlich die Korrosionserscheinungen sind. Es war deshalb ein entscheidender Fortschritt auf diesem Gebiete, als *O. Bauer*, meistens in Gemeinschaft mit *E. Heyn*, als einer der ersten seit dem Jahre 1904 das systematische Studium der Korrosion in Angriff nahm. Durch einfache Experimente wurden zunächst reproduzierbare Bedingungen für die Korrosionsversuche im kleinen, in Bechergläsern, geschaffen. Es wurde der Einfluß der Temperaturänderungen, der Konvektionsströmungen, des Gehaltes der Lösung an gelöster Luft erkannt und ihre Schwankungen beseitigt. In systematischen Versuchsreihen, die in der Hauptsache am Eisen und Stahl durchgeführt wurden, sind nun die Grundlagen der Korrosion festgelegt worden. Die damals von *O. Bauer* und *E. Heyn* erhaltenen Ergebnisse haben auch heute ihre Gültigkeit behalten. Es wurde der überragende Einfluß des Sauerstoffgehaltes des Elektrolyten auf das Rosten des Eisens festgestellt. Es wurde nachgewiesen, daß die verzögernde Wirkung der in Wasser gelösten Salze in der Hauptsache auf einer Verringerung der Sauerstofflöslichkeit beruht. Außer diesen Tatsachen, die für das gesamte Gebiet der Korrosion des

Eisens gelten, wurde eine Fülle von Beobachtungen über die Ausbildungsform des Rostes gemacht, die sich später wohl ausnahmslos als zuverlässig erwiesen haben — ein Zeichen nicht nur für sorgfältiges Arbeiten, sondern auch dafür, daß die Forscher die Grundzusammenhänge richtig erkannt hatten. Schon damals wurde der typische Einfluß von passivierenden Zusätzen zu Lösungen, wie Chromate zu Salzlösungen, untersucht und die Tatsache der „Schwellenkonzentration“ festgestellt, oberhalb deren ein chemischer Angriff auf das Eisen praktisch ganz aufhört. Es gibt kaum ein Problem der Korrosion des Eisens, zu dem nicht schon *O. Bauer* und *E. Heyn* grundlegende Beiträge geliefert hätten. Besonders deutlich tritt das z. B. zutage in dem vor kurzem erschienenen Beitrag von *E. Schulz* und *Curius* über die Korrosion des Eisens im „Handbuch der Korrosion“.

Diese Gruppe der Arbeiten von *O. Bauer* hatte vorwiegend rein experimentellen Charakter; die Zeit war noch nicht gekommen, um die mit der Korrosion zusammenhängenden elektrochemischen oder kolloidchemischen Fragen im einzelnen zu erörtern. Kurz nach dem Kriege glückte es jedoch *O. Bauer*, ein Gebiet auf theoretischer Basis endgültig aufzuklären, das bis dahin nur in unklarer qualitativer Weise behandelt worden war. Es handelt sich um den Schutz eines Metalles durch Berührung mit einem unedleren, z. B. von Eisen durch Berührung mit Zink. Früher nahm man an, daß die Potentialdifferenz des Elementes Zn-Fe für den Schutz ausschlaggebend sei. *O. Bauer* zeigte durch verblüffend einfache Überlegungen und Versuche in überzeugender Weise, daß hierfür die Stromdichte in einem derartigen Element entscheidend ist, und daß der Schwellenwert dieser Stromdichte, der einen vollen Schutz gewährleistet, gerade derjenige ist, der die völlige Reduktion des gelösten und an das Eisen herangeführten Sauerstoffes gestattet, ehe das Metall selbst angegriffen wird. Damit war ein Zusammenhang mit einer Reihe von Faktoren, wie Leitfähigkeit des Elektrolyten, Konvektion, räumliche Anordnung usw., die für das praktische Verhalten solcher Metallkombinationen ausschlaggebend sind, geschaffen.

Oggleich diese Untersuchung über den Mechanismus der Korrosion nichts aussagt, wurde durch sie eine starke Anregung gegeben, den Grundvorgang der Korrosion als einen elektrochemischen aufzufassen. Diese Auffassung war bekanntlich nach manchen Vorarbeiten zuerst in systematischer Weise von *Palmer* entwickelt worden, hat sich aber erst gegen Ende der 20er Jahre dieses Jahrhunderts auf Grund der verfeinerten Auffassungen hauptsächlich von *U. Evans*, *F. Tödt* und *W. J. Müller* endgültig durchgesetzt.

Auch in späteren Jahren, bis an sein Lebensende, hat sich *Bauer* mit der Erforschung der Korrosion abgegeben, ohne wieder so umfassende Probleme, wie die geschilderten, zu behandeln.

Die Forschungen von *O. Bauer* auf dem Gebiete der Korrosion, wie auch auf anderen Gebieten, erfüllen alle Voraussetzungen von klassischen Arbeiten, und zwar vorwiegend durch zwei Momente: Die unbedingt zuverlässige, sorgfältige Beobachtung und die gediegene Vorsicht der theoretischen Deutung, die gewagte Hypothesen meidet. Seit *Bauers* grundlegenden Arbeiten hat die Korrosionsforschung sich mächtig weiterentwickelt, insbesondere sind

unsere theoretischen Vorstellungen weitgehend ausgebaut worden. Die Fachwelt muß sich aber immer dankbar bewußt bleiben, daß sie zu einem sehr erheblichen Teil auf den Grundlagen von *O. Bauer* und *E. Heyn* weiterbaut, und daß viele Erkenntnisse, die heute zur Selbstverständlichkeit geworden sind, diesen Forschern zu verdanken sind.

*O. Bauer* war eine Persönlichkeit von seltener Lauterkeit des Charakters, ohne Falsch und Hehl, der jeder krumme Weg verhaßt, ja jeder Gedanke an ihn völlig fremd war.

Das Niedrige, Schlechte prallte an ihm ab, es wagte sich in seiner Gegenwart gar nicht vor. Liebenswürdig, von gewinnenden Verkehrsformen, immer hilfsbereit, ein schlichter Mann der „stolzen Bescheidenheit“, war er überall beliebt und geschätzt. In jedem Kreise, in dem er tätig war, konnte man seinen moralisch klaren, veredelnden Einfluß spüren. Unser dankbares, ehrendes Andenken gehört dem Menschen *Bauer* nicht weniger als dem Forscher.

[A. 105.]

G. Masing.

## Grundsätzliche Richtlinien zur Prüfung und Bewertung von Schmiermitteln für Kraftfahrzeuge.

Von Reg.-Rat Dr.-Ing. HAGEMANN, Heereswaffenamt, Berlin.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie auf der 49. Hauptversammlung des V.D.Ch. in München am 9. Juli 1936.

(Eingeg. 20. Juli 1936.)

Die für die Technik wichtigen Schmiermittel werden bekanntlich zurzeit zu einem erheblichen Teil vom Auslande eingeführt. Für die nächsten Jahre wird man mit einer steigenden einheimischen Produktion rechnen können; doch wird man gezwungen sein, auf die verschiedensten Rohstoffe bei der Herstellung zurückzugreifen. Andererseits stellt die Entwicklung der Industrie ständig neuartige und meist höhere Anforderungen an die Schmiermittel. Bei der vielseitigen Verwendung der Schmiermittel ist es nahezu unmöglich, im Zuge der industriellen Entwicklungsarbeiten auf dem Erzeugungs- und auf dem Verwendungsgebiet mit den verschiedensten Versuchsstoffen kostspielige und zeitraubende praktische Erprobungen vorzunehmen. Wirklich brauchbare Prüfmethoden, die eine einwandfreie Beurteilung der Eignung und Brauchbarkeit der verschiedenen Schmiermittel zulassen, stehen der Industrie aber nicht zur Verfügung, ein Mangel, der die industriellen Entwicklungsarbeiten außerordentlich erschwert.

Die heute in Deutschland angewandten Prüf- und Bewertungsverfahren entsprechen keineswegs den Anforderungen. Man hat vielmehr den Eindruck, daß der Chemiker ohne Zusammenhang mit der Praxis, auf Grund einzelner bestimmter, bewährter Schmiermittel, die verschiedenen chemischen und physikalischen Daten ermittelt hat, und daß er ohne Rücksicht darauf, ob diese Daten für die praktische Bewährung eine Aussage zu machen vermögen, Grenzwerte für diese chemischen und physikalischen Daten festgelegt hat. Eine solche Art der Bewertung engt die erzeugende Industrie ein und hilft mit, daß mit wertvollsten Rohstoffen Vergeudung getrieben wird und finanzielle und technische unnütze Aufwendungen bei der Herstellung gemacht werden, die die an sich schon begrenzte Wirtschaftlichkeit der einheimischen Erzeugung völlig in Frage stellen kann.

Auch für den Verbraucher ist die sichere Beurteilung der Eignung eines Schmiermittels von erheblichem Wert, da der Verbraucher in die Lage kommt, ohne Rücksicht auf Herkunft und chemische Zusammensetzung, lediglich nach technischen Gesichtspunkten, das geeignete Schmiermittel selbst auszuwählen.

Die Schaffung von brauchbaren Prüfmethoden ist also ein dringendes Bedürfnis. Es ist aber notwendig, daß grundsätzlich andere Wege als bisher bei der Prüfung der Schmiermittel beschritten werden. In Zusammenarbeit mit dem Ingenieur und ausgehend von den praktischen Erfahrungen muß man zuerst die Anforderungen feststellen, die bei den verschiedenen Verwendungen an die Schmiermittel gestellt werden. Mit der Erkenntnis, welche Eigenschaften von wesentlicher und welche von untergeordneter Bedeutung sind, ergibt sich zwangsläufig die Zielsetzung für die Arbeit des Chemikers.

Im folgenden werde ich auf die Schmiermittel, die für Kraftfahrzeuge verwendet werden, näher eingehen und an Hand von praktischen Erfahrungen darlegen, welche Eigenschaften für die Beurteilung von Schmiermitteln ausschlaggebend sind.

Die an Kraftfahrzeugen verwendeten Schmiermittel lassen sich nach ihrer Verwendung in 2 Gruppen einteilen:

1. Schmiermittel für Lager — unterschieden nach Schmiermitteln für hochbelastete Lager, wie Getriebe, Differential- und Schneckenantriebe usw., und nach Schmiermitteln für geringbelastete Lager, wie Radnabe, Wasserpumpe, Federaufhängung, Blattfedern usw.
2. Schmiermittel für den Motor.

Bei meinen Ausführungen gehe ich davon aus, daß, zumindest für die militärischen Kraftfahrzeuge, die Vereinheitlichung der Schmiermittel ein erstrebenswertes Ziel ist und die Schmiermittel — unabhängig von Fahrzeug und von der Jahreszeit — auf höchstens 3 Typen beschränkt sein sollten. Die Bestrebungen des Heereswaffenamtes auf Schaffung von Einheits-Schmiermitteln haben im besonderen Maße zur Voraussetzung, daß die Anforderungen an die Schmiermittel restlos erkannt und festgelegt werden.

### I.

In den letzten Jahren liegt die Entwicklung des Kraftfahrzeugbaues in der Richtung, bei gesteigerten Anforderungen die **Antriebsorgane** am Kraftfahrzeug so leicht und klein wie möglich zu bauen. So sind Getriebe, Differential- und Schneckenantrieb in einer Weise konstruiert worden, daß ständig erhöhte Anforderungen an den Werkstoff und an die Schmiermittel gestellt werden müssen. Mit steigenden Flächendrücken sind die Anforderungen an die Schmiermittel hinsichtlich Schmierfähigkeit bei dem teils rollenden, teils gleitenden ineinandergreifen der Zahnräder erheblich gewachsen. Die Verwendung von Fett schied damit wegen der mangelnden Tragfähigkeit des Films aus.

Wenn für das Rollen und Gleiten der Zahnräder das Schmiermittel zur Verhütung von Abrieb von Bedeutung ist, so scheint dagegen die sogenannte Pittings-Bildung eine reine Werkstoff-Frage zu sein. M. E. ist bei den starken Druckwechseln die Elastizitätsgrenze des Metalles überschritten, so daß ganze Metallstückchen aus den Zahnflanken herausbrechen; sie dürfte deshalb im wesentlichen den Konstrukteur interessieren.

Die modernen hochbelasteten Kraftübertragungsorgane mit ihren stark wechselnden Drehgeschwindigkeiten erfordern Öle, die eine besonders hohe **Schmierfähigkeit** aufweisen und deren Zusammensetzung erst nach langwierigen praktischen Erprobungen endgültig festgelegt worden ist. Diese Öle, mit ihrer hohen Schmierfähigkeit,