

Von Heraklit bis W. Scott Blair

From Heraklit to W. Scott Blair

Ludwig Wassermann
Ulm/Germany

Auch für die Rheologie gilt, was Max Planck 1909 von allen physikalischen Definitionen gesagt hat:

„Entsprechend dem Satze, daß alle unsere Erfahrungen an Empfindungen unserer Sinne anknüpfen, ist in allen physikalischen Definitionen das physiologische Element maßgebend, kurz gesagt: die ganze Physik, sowohl ihre Definitionen als auch ihre ganze Struktur, trägt ursprünglich in gewissem Sinne einen anthropomorphen Charakter.“

Die Rheologie als Wissenszweig entstand am 29. April 1929 in Columbus, Ohio, USA, als sich die Amerikanische Gesellschaft für Rheologie konstituierte. Über die Entstehung des Namens Rheologie berichtet Markus Reiner, einer der Väter der Rheologie:

„Als der Autor dieses Artikels im Jahre 1928 in Easton, Pa. ankam, sagte E.C. Bingham zu ihm: ‚Wir beide arbeiten hier zusammen an gleichen Problemen. Sie als Bauingenieur und ich als Chemiker. Auf dem Gebiet der Kolloidchemie wird es künftig immer wieder zu einer solchen Situation kommen. Wir müssen deshalb einen Zweig der Physik installieren, der sich mit solchen Problemen beschäftigt.‘ Ich antwortete: ‚Diesen Zweig der Physik gibt es bereits. Er wird Mechanik des Kontinuums genannt.‘ ‚Nein‘, entgegnete Bingham, ‚das geht nicht, eine solche Bezeichnung wird die Chemiker verscheuchen.‘“

Bingham befragte nach diesem Gespräch seinen Kollegen Crawford – einen Altphilologen –, der ihn auf den Ausspruch Heraklits (550–480 v.Chr.) „Panta rhei“ – „alles fließt“ verwies. Eugen C. Bingham (1878–1945) schlug deshalb die Bezeichnung Rheologie (Fließkunde) für jenes Gebiet der Physik vor, das die Eigenschaften der Stoffe behandelt, die „zwischen denen des vollkommen elastischen Körpers und der idealen und der zähen Flüssigkeit liegen“ (Reiner 1931) (Abb. 1).

Der Titel der Veröffentlichung, in der Reiner über das neue Teilgebiet der Physik berichtet, lautete: „Die

Max Planck's statement in 1909 concerning all physical definitions is also valid for rheology:

„According to be maxim that all our experiences are linked to sensations of the senses, the physiological element is decisive in all physical definitions, or to put it briefly: The whole of physics, both its definitions and its total structure, is, to a certain extent, of an anthropomorphous character.“

Rheology as a branch of knowledge came into being on 29th April 1929 in Columbus, Ohio, U.S.A. when the American Society for Rheology was formed. Markus Reiner, one of the fathers of rheology, tells of the origin of the name rheology:

„When the author of this article arrived in Easton, Pa. in 1928, E.C. Bingham said to him: ‚We both work together here on the same problem – you as a construction engineer and I as a chemist. In the field of colloid chemistry such a situation will occur again and again in future. We must therefore set up a branch of physics which deals with such problems.‘ I replied: ‚This branch of physics already exists. It is called the Mechanics of Continuum.‘ ‚No‘, answered Bingham, ‚that won't work, such a designation will scare off the chemists.‘“

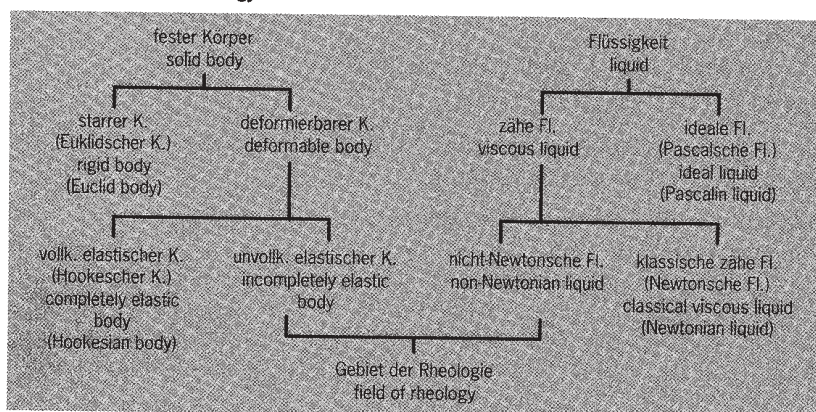
After this conversation Bingham asked his colleague Crawford, a classicist, a few questions. The latter referred to the pronouncement of *Heraclitus* (550–480 B.C.) „Panta rhei“ – „Everything flows“. Eugen C. Bingham (1878–1945) therefore suggested the designation rheology (knowledge about flows) for that branch of physics which deals with the properties of substances which „lie between those of the completely elastic body and the ideal and the viscous liquid“ (Reiner 1931) (Fig. 1).

The title of the publication in which Reiner reports about the new sub-division of physics was called: „The Hydrodynamics of Disperse Systems (Rheology)“*. But it took many years before the designation rheology became common in writing. The first published book on rheology was Scott Blair's „Introduction into Industrial Rheology“ (1938); the German title was „Einführung in die technische Fließkunde“ (1940). A decade and a half later when Scott Blair edited a book on rheological problems of foodstuffs the „stupid prejudice against the designation rheology“ still existed, preventing it from being used in the title (Scott Blair: „Foodstuffs – their Plasticity, Fluidity and Consistency“, 1953).

* M. Reiner, Natural Sciences 19 (1932), p. 878

Abb. 1:
Das Gebiet der Rheologie

Fig. 1:
The field of rheology



- (1) σ : Scherdeformation;
S: Scherspannung;
t: Zeit; $d\sigma/dt$: Schergefälle σ
- (2) Ausgezogene Kurven markieren die unter Spannung eintretenden Deformationen
- (3) Gestrichelte Kurven markieren das Materialverhalten nach Wegfall der Spannungen

- (4) Zwei oder mehr Kurven in einem Diagramm sind ein Hinweis auf Alternativen im Materialverhalten
- (5) In den mit * markierten Fällen ist entweder die σ/t - oder die $(d\sigma/dt)/S$ -Kurve geradlinig, beide zugleich können es aber nicht sein, weil dann sich das Material entweder als Bingham- oder als Newtonsche Substanz verhielte, wofür eigene Kategorien existieren

- (6) In der oberen Diagramm-Serie, mit der Scherdeformation als Zeitfunktion, ist konstante Scherspannung angenommen, die untere Serie hingegen, mit den Darstellungen von $d\sigma/dt$ in Abhängigkeit von der Scherspannung, beruht auf Annahme willkürlicher Zeiten

einem Vortrag auf dieser Tagung bereits zehn Variable auf, die die Viskosität kolloider Lösungen beeinflussen, gegenüber nur zwei Variablen bei gewöhnlichen Lösungen (Konzentration und Temperatur).

In den zwei Jahrzehnten vor Gründung der Amerikanischen Gesellschaft für Rheologie wurden vor allem Viskositätsanomalien bei kolloidalen Lösungen untersucht. Hatte man zunächst den Viskositätskoeffizienten aus der Poiseuilleschen Formel berechnet und als Stoffkonstante angesehen, so erkannte man bei vielen kolloidalen Lösungen, daß diese Größe keine Konstante ist, sondern bei Messungen der Viskosität mit einem Kapillarviskosimeter vom Druck und auch von der Dimension der Kapillare abhängt. Daraus ergab sich, daß solche Stoffe keine Newtonschen Flüssigkeiten waren.

E.C. Bingham (1916) versuchte die Konsistenz von Tonsuspensionen, Ölfarben und ähnlichen Stoffen zu bestimmen. Dabei fand er, daß von zwei Ölfarben, die im Viskosimeter dieselbe Viskosität zeigten, die eine an einer senkrechten Wand haften blieb, während die andere herabfloß. Es sah so aus, als hätte die eine Farbe eine gewisse Festigkeit, die andere dagegen nicht. Bingham kam so zu der Vorstellung, daß diese Stoffe gar keine Flüssigkeiten sind, sondern plastische Stoffe von so geringer Festigkeit, daß sie unter der Einwirkung der eigenen Schwere fließen und daher als Flüssigkeit erscheinen. Bingham führte daraufhin den Begriff der Fließgrenze (yield value) für plastische Stoffe ein.

Wolfgang Ostwald schuf die Bezeichnung Strukturviskosität für solche Flüssigkeiten, die variable Viskosität zeigten, weil er meinte, daß bei höherer Scherbeanspruchung die Struktur der Flüssigkeit zerstört wurde. M. Reiner schuf dafür den Begriff der Nicht-Newtonschen Flüssigkeit (Reiner 1932).

Die bis dahin vorliegenden Ergebnisse rheologischer Untersuchungen veranlaßten 1942 den British Rheologist's Club, eine Klassifikation aller möglichen rheologischen Eigenschaften zu schaffen, die auch heute noch brauchbar ist (Abb. 3).

Die Messung rheologischer Eigenschaften (Rheometrie) begann schon früh. So wurden in der Stoffdruckfarben- und Ölindustrie schon am Beginn des 19. Jahrhunderts, also Jahrzehnte vor Engler, Ausflußviskosimeter benutzt. Über Jahrzehnte diente das von Wilhelm Ostwald 1891 entwickelte Kapillarviskosimeter Praktikern und Wissenschaftlern als Meßinstrument. Das von Couette (1890) entwickelte Gerät, bei dem die Strömung der Flüssigkeit zwischen einem ruhenden und einem konzentrisch rotierenden

Poiseuilleian formula had been calculated and had been regarded as material constants, it was recognized in the case of many colloidal solutions that this quantity was not a constant but that it depended on the pressure and also on the dimension of the capillaries in the case of measurements of viscosity with a capillary viscosimeter. The consequence of this was that such materials were not Newtonian liquids.

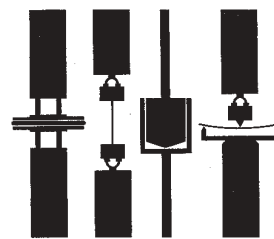
E.C. Bingham (1916) attempted to determine the consistency of clay suspensions, oil paints and similar substances. In these experiments he discovered that of two oil paints, which showed the same viscosity in the viscosimeter, one remained sticking to a vertical wall while the other ran down the wall. It seemed as if one paint had a certain strength but not the other. Thus Bingham hit upon the idea that these substances were not liquids at all but plastic substances of such low strength that they flow under the effect of their own gravity and therefore seem to be liquids. Bingham subsequently introduced the concept of yield value for plastic substances.

Wolfgang Ostwald coined the term structural viscosity for those liquids which showed variable viscosity because he thought that in the case of high shear stress the structure of the liquid would be destroyed. M. Reiner coined the term non-Newtonian liquid for this (Reiner 1932).

The results of rheological tests in existence up to that point prompted the British Rheologist's Club to draw up in 1942 a classification of all possible rheological properties. This can still be used today (Fig. 3).

The measurement of rheological properties (rheometry) began quite early. Thus efflux viscosimeters were used in the textile printing ink and oil industry as early as the beginning of the 19th century, i.e. decades before Engler. For decades the capillary viscosimeter developed in 1891 by Wilhelm Ostwald served practitioners and scientists as a measuring instrument. The device developed by Couette (1890) in which the flow of the liquid between a static and a concentrically rotating cylinder is used for viscosity measurements, only found practical application when Hatschek (1913) improved the device considerably. For a long time the falling sphere viscosimeter (Höppler 1933) based on Stoke's Law was used for practical viscosity

Rheologische Meßgeräte



Rheometrics®

– der Gerätehersteller
mit 20 Jahren
Applikationserfahrung
in Rheologie.

Rheometrics Europe
Hahnstraße 70
D-6000 Frankfurt/Main 71
Tel. (069) 6 66 68 36

Rheometrics UK
62 St. Judes Road
Englefield Green
Surrey TW20 0BU
U. K.
Tel. (0784) 43 96 95

Rheometrics France
24, avenue de l'Escouvrier
F-95200 Sarcelles
Tel. (1) 39 92 04 13

Zylinder für Viskositätsmessungen benutzt wird, fand praktische Anwendung erst, als Hatschek (1913) den Apparat wesentlich verbesserte. Lange Zeit wurde das auf dem Stokesschen Gesetz beruhende Kugelfallviskosimeter (Höppler 1933) für praktische Viskositätsmessungen verwendet. Die meisten rheologischen Messungen dienen und dienen der Stoffcharakterisierung (Phänomenologische Rheologie). Die sogenannte Strukturrheologie benutzt rheologische Messungen, um Auskünfte über die Struktur der untersuchten Stoffe zu erhalten. Die Kenntnis der makromolekularen Stoffe wurde wesentlich durch rheologische Messungen vorangetrieben*.

Die Entwicklung der Rheologie als eigenes Fachgebiet verdankt die Wissenschaft einigen wenigen Forschern, die sich über ihr enges Fachgebiet, das meist die Rheologie bestimmter Stoffe betraf, hinaus als Buchautoren betätigt haben. Neben dem Kolloidchemiker Bingham und dem Bauingenieur Markus Reiner (Rheologie in elementarer Darstellung, Leipzig 1968, Advanced Rheology London 1971) ist vor allem George William Scott Blair (1902–1987) zu erwähnen, der auf vielen Gebieten der Rheologie wissenschaftlich tätig war und mehrere Bücher über das ganze Gebiet oder Teilgebiete der Rheologie herausgegeben oder geschrieben hat, aus denen auch die Geschichte der Rheologie abgelesen werden kann.



measurements. Most rheological measurements served and still serve to characterize substances (Phenomenological rheology). The so-called structural rheology uses rheological measurements to obtain information about the structure of the substances tested. Knowledge about macromolecular substances was advanced considerably by rheological measurements*.

Science owes the development of rheology as a subject in its own right to a few researchers who were active as authors of books beyond the realms of their own narrow field, which was mostly concerned with the rheology of certain substances. As well as the colloid chemists Bingham and the construction engineer Markus Reiner (Rheology in Elementary Form, Leipzig 1968, Advanced Rheology, London, 1971) mention must be made, above all, of George William Scott Blair (1902–1987) who carried out scientific work in many fields of rheology and edited or wrote several books on the whole subject or sub-divisions of rheology. In these books one can also read the history of rheology.



* H. Staudinger: „Organische Kolloidchemie“, 1950 Ed. Vieweg, Braunschweig

Call for papers

Wenn Sie auf dem Gebiet der Rheologie Entwicklungsarbeit geleistet, praxisbezogene Zusammenhänge untersucht, Problemlösungen gefunden haben – „Rheology 91“ ist Ihr Forum!

Wir nehmen Manuskripte gern zur Prüfung und exklusiven Veröffentlichung entgegen. Bitte fordern Sie einen Leitfaden für Autoren unter folgender Adresse an:

„Rheology 91“, z.H. Frau E. Dewald, Postf. 6247, D-3000 Hannover 1, Tel. 0511/9 90 98-33, Fax: 0511/9 90 98-99

Call for papers

If you have done pioneering work in the field of rheology, if you have examined practice-oriented interrelations and have found solutions to problems – „Rheology 91“ is your forum!

We gladly accept manuscripts for examination and exclusive publication. Please write to the following address for a guide for authors:

„Rheology 91“ – Redaktion –, z.H. Frau E. Dewald, Postf. 62 47, D-3000 Hannover 1, Tel. 0511/9 90 98-33, Fax 0511/9 90 98-99