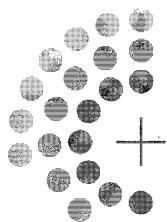


Aspekte zum Fließverhalten von Pigmentdispersionen

Some comments on the flow properties of pigment dispersions

Jörg Schröder,
Ludwigshafen/
Germany



Die Bedeutung des Fließverhaltens von Pigmentdispersionen während der verschiedenen Stadien ihrer Herstellung und Anwendung in Lacken und Druckfarben wird besprochen. Dank moderner Meßgeräte kann die Viskoelastizität von Lacken und Druckfarben untersucht werden. Kriechversuche bei kleinen Deformationen und dynamische Oszillationsmessungen sowie die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Scherimpulsen geben wertvolle Zusatzinformationen, welche die vertraute, klassische Fließkurvenmessung verfeinern und ergänzen.

The author discusses the importance of flow properties of pigment dispersions for the production and application of paints and printing inks. The viscoelasticity of these products can be investigated, using modern measuring instruments. Creep tests at small deformation and dynamic oscillation determinations, as well as the propagation rate of shear waves provide invaluable information which is a useful addition to the well known, classic flow curve determination.

1 Rheologie von Pigmentdispersionen [6]-[12]

Rheologie ist bekanntlich die Wissenschaft des Fließ- und Deformationsverhaltens [1]-[5]. Insbesondere die Fließeigenschaften sind für den Lack- bzw. Druckfarbenhersteller von unmittelbarem Interesse. Das beginnt mit dem Einpumpen fließfähiger Rohstoffe in die Lager- und Produktionsanlagen und endet mit dem Auftrag des fertigen Beschichtungs- bzw. Bedruckstoffes und seiner nachfolgenden Filmbildung. Durch Vereinfachungen und Näherungen kann man häufig das Fließverhalten von Lacken und Druckfarben mit hinreichender Sicherheit beeinflussen, steuern und vor-

hersagen. Das betrifft beispielsweise ihr Ablauf-, Verlauf- sowie ihr Auftragsverhalten. Abb. 1 gibt einen Überblick über die Spannweite der den unterschiedlichen Prozessen zuzuordnenden mechanischen Beanspruchungsprofilen, ausgedrückt durch das Schergefälle ($D = \dot{\gamma} [1/s]$).

1 Rheology of pigment dispersions [6]-[12]

Rheology is the science of flow and deformation behaviour [1]-[5]. Manufacturers of paints and printing inks are especially interested in flow properties, which affect the pumping of liquid raw materials into storage tanks and production units as well as actual application of the paint or printing ink and subsequent film formation. The flow of paints and printing inks can often be influenced, controlled and predicted by making certain simplifications. This applies, for example, to sagging, levelling and behaviour during application by spraying or brushing. Fig. 1 gives an overview of the mechanical stresses to which paints are subjected during these processes, expressed by the shear rate.

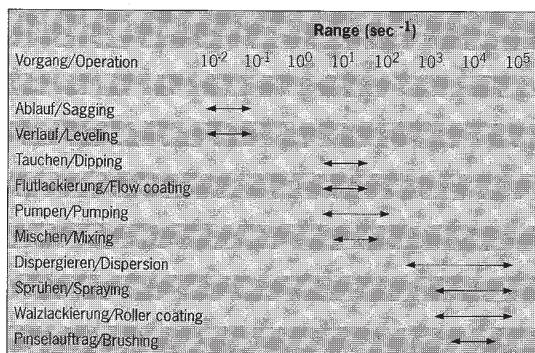


Abb. 1:

Schergefäßbereiche für
typische Verarbeitungs-
prozesse bei Anstrichmitteln

Fig. 1:

Approximate shear rate
ranges for several common
coating operations

2 Fließverhalten und Mahlgutformulierung [8]

Die optimale Mahlgutviskosität hängt bekanntlich von dem benutzten Dispergieraggregat und dem Dispergierstadium der Dispersion selbst ab. Dennoch gibt es einige Grundregeln. Wenn Pigment und Flüssigkeit anfangs vermischt werden, entsteht eine steife, bröcklige Masse. Während der nachfolgenden Benetzung bleibt die Paste steif, da die Flüssigkeit großteils noch im Innern der Pigmentagglomerate eingeschlossen ist.

2 Flow characteristics and mill base formulation [8]

The optimum mill base viscosity depends on the kind of dispersing equipment used and on the state of dispersion of the mill base. There are, however, certain basic rules. When the pigment and liquid are first mixed, a stiff, crumbly mass is formed. As wetting proceeds, the paste remains stiff since most of the liquid is inside the pigment agglomerates. As dispersion continues, this liquid is set free, resulting in a drop in viscosity. By incorporating suitable dispersing agents to deflocculate the dispersion, flow becomes practically Newtonian. As dispersion continues further, and more pigment particles are released, the viscosity can, however, increase again and a yield point can be formed. If an unsuitable dispersing agent has been used, or not enough has been added, the mill base may flocculate and form a relatively high yield point so that there is no point in continuing milling. Even if the dispersing agent was suitable, and used in sufficient quantity, dis-

oft in anderen Einheiten ausgedrückt, z.B. als $g/dl = g/100 \text{ ml}$. IUPAC empfiehlt die Verwendung von g/ml .

4 Zusammenfassung

Das Fließverhalten von Suspensionen und Dispersionen wird in der Regel vom Volumenbruch der dispersen Phase, der Größe der Kräfte zwischen den Teilchen und der Struktur der gebildeten Flockulate bestimmt (vgl. Abb. 8). Mit wachsender Konzentration werden die Suspensionen zunehmend nicht-newtonisch, unabhängig vom Fließverhalten der Trägerflüssigkeit oder -Lösung. So können beispielsweise kugelförmige Feststoffteilchen in einer newtonischen Flüssigkeit dispergiert bedingt durch die Wechselwirkung zwischen den Teilchen deutliche nicht-newtonische Effekte aufweisen. Andererseits kann in einer nicht-newtonischen Polymerlösung die Gegenwart von Teilchen das nicht-newtonische Verhalten der Suspension noch weiter verstärken. Konzentrierte Suspensionen, seien sie wäßrig oder nichtwäßrig, zeigen in der Praxis stets ein kom-

In the table, c is the concentration of the disperse phase. Special attention should be paid to the units in which c is expressed. In theoretical work, c is usually a dimensionless volume fraction. In experimental work, on the other hand, c is often expressed in different units, e.g. as $g/dl = g/100 \text{ ml}$. IUPAC recommends the use of g/ml .

4 Summary

The flow characteristics of suspensions or dispersions are generally determined by the volume fraction of the disperse phase, the magnitude of the forces between the particles and the structure of the flocculates formed (see Fig. 8). As the concentration increases, the suspensions become increasingly non-Newtonian, independent of the flow behaviour of the suspending liquid or solution. For example, spherical particles dispersed in a Newtonian liquid can exhibit distinctively non-Newtonian characteristics, due to the interaction between the particles. On the other hand, the presence of particles in a non-Newtonian polymer solution

Functional form	Symbol	Common name	Namen	IUPAC name	$\lim_{c \rightarrow 0}$
—	η	Viscosity	Viskosität	—	η_0
η/η_0	η_r	Relative viscosity	relative Viskosität	Viscosity ratio	1
$\eta/\eta_0 \cdot 1$	η_{sp}	Specific viscosity	spezifische Viskosität	—	0
$(1/\eta_0 \cdot 1)/c$	η_{red}	Reduced viscosity	reduzierte Viskosität	Viscosity number	[η]
$c^1 \ln \eta/\eta_0$	η_{inh}	Inherent viscosity	inhärente Viskosität	Logarithmic viscosity	[η]
$\lim_{c \rightarrow 0} \eta_{red}$					
or	[η]	Intrinsic viscosity	intrinsische Viskosität	Limiting viscosity number	—
$\lim_{c \rightarrow 0} \eta_{inh}$					

Tabelle 1: Symbole, Namen und Grenzwerte einiger Viskositätsbegriffe [5]

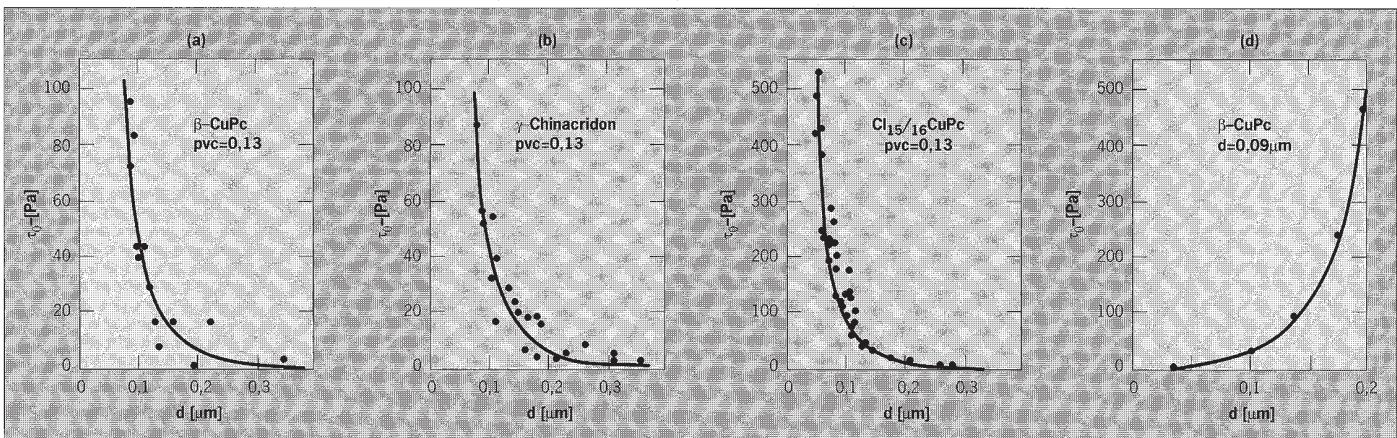
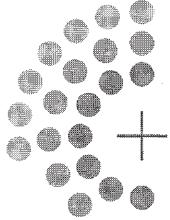


Abb. 9: Abhängigkeit der Fließgrenzwerte nach Casson von der Pigmentteilchengröße (d) bei konstantem Volumenbruch ($PVC = f$) und vice versa im Teilbild d

Fig. 9: Dependence of yield point according to Casson on pigment particle size (d) at constant volume fraction ($p.v.c. = f$) and vice versa in subsidiary diagram d

This is an extract of the complete reprint-pdf, available at the Applied Rheology website <http://www.appliedrheology.org> Rheology 92 March/März 1992



Kennziffern-Service
Reader-Service



plexes Fließverhalten, das sich aus einfachem viskosem, plastischem, elastischem oder eben einem viskoelastischen Verhalten zusammensetzt. Oberhalb einer kritischen Volumenkonzentration tritt bei manchen Dispersionen scherverdickendes Verhalten auf, das mit dem Schergefälle und dem Volumenbruch ansteigt. Andere Systeme zeigen je nach Art der ausgebildeten Struktur ein plastisches oder elastisches Verhalten. In den erstgenannten Fällen fließt die Suspension erst, wenn die Schubspannung einen bestimmten Wert (Fließgrenze) übersteigt (vgl. Abb. 9). Im elastischen Fall wird im System während der Deformation Energie reversibel gespeichert. Je nach den Versuchsbedingungen können beide Phänomene in ein und demselben System auftreten.

■ Rh

can further increase the non-Newtonian behaviour of the suspension.

Concentrated suspensions, whether aqueous or non-aqueous, always exhibit complex flow characteristics which are composed of viscous, plastic, elastic or viscoelastic behaviour. Above a critical volume concentration, certain dispersions exhibit shear thickening, which increases with shear rate and volume fraction. Other systems show plastic or elastic behaviour, depending on their structure. In the first named case, the suspension will flow only when the shear stress exceeds a certain value, known as the yield point (see Fig. 9). In the case of elastic behaviour, energy is reversibly stored in the system during deformation. Both phenomena may occur in the same system, depending on experimental conditions.

■ Rh

For Viscosity

quality control and research applications.

The Brookfield DV III stand-alone programmable rheometer

- Stand-alone capability (the computer's built in).
- Optional software allows control by PC.
- Stores up to 10 measurement programs.
- 2500 discrete speeds allow generation of flow curves.
- Test, display, print and store data without operator attention.
- Available with Brookfield spindles, Coaxial Cylinder (DIN 53-019) and Cone/Plate geometries.
- Temperature vs. Viscosity measurements.
- "Budget-friendly" price.

Send for brochure

BROOKFIELD

BROOKFIELD ENGINEERING LABS., INC.

DEPT. FV-33, 240 Cushing Street, Stoughton, MA 02072, 617-344-4310;
Telex: 924-497; Fax: 617-344-7141, 800-628-8139 (US ex MA)

- [1] F.R. Erich (Ed.): „Rheology, Theory and Application“, Vol. 4, Academic Press, New York (1967)
- [2] G. Astarita, G. Marrucci, L. Nicolais (Eds.): „Rheology“, Plenum Press, New York (1981)
- [3] A.A. Collyer, D.W. Clegg (Eds.): „Rheological Measurement“ Elsevier Appl. Sci., London (1988)
- [4] H.-J. Henzler, Chem.-Ing.-Techn. 60 (1988), No. 1, p. 1-8
- [5] P.C. Hiemenz: „Principles of Colloid and Surface Chemistry“ Marcel Dekker Inc., New York (1977)
- [6] J.C. Patton: „Paint Flow and Pigment Dispersion“, 2nd ed. (1979), Wiley-Intersc. Publ.
- [7] J.W. Goodwin (Ed.): „Colloidal Dispersions“ Spec. Publ. Nr. 43, The Royal Soc. of Chem., London (1982)
- [8] Th.F. Tadros (Ed.): „Solid/Liquid Dispersions“ Academic Press (1987)
- [9] S.W.P. Wyszkowski, Am. Ink Maker, Nov. 1984, p. 15-42
- [10] R. Laraignou, Am. Ink Maker, May 1984, p. 14-52
- [11] S. Saarnak, JOCCA, 62 (1979), p. 455-460
- [12] R. Lapasin, G. Torriano, 18th Fatipac-Congr. (1986), Vol. 4, p. 1-27
- [13] J. Mewis, A.J.B. Spaul, Adv. Coll. Interf. Sci. 6 (1976), p. 173-200
- [14] R. Buscall et al., J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1, 78 (1982), p. 2873 ff.
- [15] T. Dabak, O. Yucel, Powder Technology, 52 (1987), p. 193-206
- [16] W.B. Russel, Powder Technology, 51 (1987), p. 15-25
- [17] W.J. Frith, Powder Technology, 51 (1987), p. 27-34
- [18] W.B. Russel, „The Dynamics of Colloidal Systems“ The University of Wisconsin Press (1987)
- [19] G. Schramm, Rheology 91, 1 (1991), No. 1, p. 24
- [20] A. Zosel, Fatipac-Congr. 1978
- [21] Parfitt, Fatipac-Congr. 1978
- [22] Molenaar, Hoeflaak, Fatipac-Congr. 1990, p. 161

This is an extract of the complete reprint-pdf, available at the Applied Rheology website
<http://www.appliedrheology.org>

This is an extract of the complete reprint-pdf, available at the Applied Rheology website
<http://www.appliedrheology.org>