

Edwin Tafelmeier  
Laborleiter



## ZUR RHEOLOGIE VON SIEBDRUCKFARBEN

Das Wort **Rheologie** ist aus dem Griechischen "fließen" abgeleitet, und beschreibt die Fließeigenschaften einer Flüssigkeit bzw. einer fließfähigen Masse. Das allgemein bekannte Maß ist dabei Viskosität, die Zähigkeit eines Fluids, das in der Einheit mPas angegeben wird. Je höher die Viskosität, desto zäher ist eine Flüssigkeit. Diese Zähigkeit ist jedoch in den meisten Fällen nicht konstant, sondern von der Schergeschwindigkeit abhängig. Siebdruckfarben haben im Allgemeinen ein plastisches Verhalten. Die Farbe ist pastös und beginnt erst ab Überwindung einer gewissen Kräfteeinwirkung (Fließgrenze) zu fließen. Die Viskosität nimmt mit zunehmender Schergeschwindigkeit ab, und nimmt bei nachlassender Beanspruchung wieder zu. Baut sich die Struktur (Viskosität) erst nach einer Zeit wieder auf, so spricht man von Thixotropie. Ein bekanntes Beispiel für Thixotropie ist das Fließverhalten von Ketchup. Durch vorheriges Schütteln der Flasche wird die Struktur temporär teilweise zerstört, so dass eine Entnahme möglich ist. Thixotrope Fluide benötigen eine Zeitspanne, um sich zu "regenerieren".



Prüfung einer Farbe mit einem Rotationsviskosimeter (hier Kegel-Platte Geometrie)

Bei vielen anderen Druckverfahren sind plastische Fluide, Strukturviskosität oder Thixotropie eher unerwünscht, bei Siebdruckfarben für eine gute Verdrückbarkeit aber eine Voraussetzung. Beim Siebdruck tritt eine enorme Bandbreite an unterschiedlichen Geschwindigkeitsgefällen innerhalb kurzer Zeit auf. Im Stand (Stillstand) keinerlei mechanische Kräfte, so dass lediglich die Schwerkraft auf die Farbe einwirkt. In diesem Stadium soll die Farbe möglichst nicht fließen, damit die Farbe im Sieb stehen bleibt und nicht durch das Siebgewebe hindurchtropft. Beim Fluten treten höhere Schergeschwindigkeiten auf. Für ein gleichmäßiges Überziehen der Farbe wäre sowohl eine zu hohe, als auch zu geringe Zähigkeit der Farbe nachteilig. Die höchsten Schergefälle treten beim Durchdrücken der Farbe durch das Siebgewebe auf. Bei diesen Kräften muss die Druckfarbe einen möglichst niedrigviskosen Zustand einnehmen. Stillstand, Fluten und Abrakeln erfordern jeweils eine ganz andere Viskosität der Siebdruckfarbe. Scherverdünnende Eigenschaften der Farbe werden diesen Ansprüchen gerecht.

Grafisch wird die Abhängigkeit der Viskosität von der Scherbeanspruchung durch die Fließkurve bzw. Viskositätskurve (Beispiele in der Grafik) dargestellt.

Newton'sche Flüssigkeiten zeigen eine konstante Viskosität über einen Schergefällebereich hinweg. Bekannte Beispiele dazu sind Öle als niedrigviskose Flüssigkeit. Aber auch (flüssiger) Honig als zähe Masse zeigt ein Newton'sches Fließverhalten. Beides wäre für den Siebdruck ungeeignet.

Rheopexe Systeme verhalten sich spiegelbildlich zu den strukturviskosen (pseudoplastischen) Fluiden. Mit zunehmender Schergeschwindigkeit steigt die Zähigkeit an. Hochgefüllte Systeme wie Plastisole können z.B. so ein Fließverhalten aufzeigen, sind dann jedoch im Siebdruck nur relativ langsam zu verarbeiten. Bei zu hohen Geschwindigkeiten reißt der Film ab. Je nach Aufgabenstellung und Verarbeitungsparametern werden unterschiedliche Ansprüche an eine optimale Fließcharakteristik gestellt, die weitgehend mit einer guten Verdrückbarkeit korreliert. Für den Flächendruck ist neben pseudoplastischen Eigenschaften eine gewisse Thixotropie vorteilhaft, damit der Farbfilm nach dem Auftrag noch etwas verlaufen kann

und eine glatte und ebene Oberfläche bildet. Für den Rasterdruck oder für feine Linien werden hingegen hauptsächlich strukturviskose Eigenschaften verlangt. Sobald die Farbe durch das Sieb gedruckt wurde und keine Kräfte mehr auftreten, soll sich die zähflüssige bzw. feste Struktur umgehend wieder zurückbilden, damit die Punkte und Linien stehen bleiben und vor dem Trocknen bzw. Härten nicht wieder verlaufen.

## Einstellung der Rheologie durch den Farbenhersteller

Ein Farbenhersteller wird natürlich versuchen, das Fließverhalten seiner Farbe so einzustellen, dass die Verdruckbarkeit optimiert wird. Da es im Siebdruck keine allgemeinen und standardisierten Verarbeitungsbedingungen gibt, werden die Farben zunächst so eingestellt, dass sie ein möglichst großes Fenster an verschiedenen Verarbeitungsparametern abdecken. Die Auswahl an Rohstoffen ist für das Fließverhalten der Farbe von großer Bedeutung. Technische Anforderungen (wie Farbhaftung auf schwierigen Untergründen, Beständigkeiten, Verformbarkeit usw.) an die Druckfarbe bedingen jedoch oftmals eine Rohstoffauswahl, die hinsichtlich der Kriterien einer bestmöglichen Verdruckbarkeit zunächst nicht ganz optimal ist. Die unterschiedlichen Farbpigmente innerhalb einer Farbserie haben ebenso einen erheblichen Einfluss auf die Rheologie der Farbe. Hier versucht der Formulierer, durch Additive oder Stellmittel eine möglichst gute Annäherung an das gewünschte Profil zu erreichen.

## Modifikation der Rheologie durch den Drucker

Wie allgemein bekannt, ist die Viskosität auch von der Temperatur abhängig. Je wärmer die Umgebung, desto "flüssiger" wird die Farbe. Eine übliche Modifikation der Viskosität ist die Zugabe von Verdünnern. Die allgemeine Charakteristik der Viskositätskurve bleibt hier (in gewissen Grenzen und bei Zugabe bis zu den empfohlenen Höchstmengen) erhalten, die Kurve in ihrer bestehenden Form wird insgesamt nach unten verschoben. Die Viskosität im niedrigen Schergeschwindigkeitsbereich wird ebenso reduziert wie bei hohen Schergefällen. Bei hoher Rakelgeschwindigkeit bzw. Druckgeschwindigkeit kann dies Vorteile bringen, ebenso bei niedrigen Temperaturen. Die Zugabe von unserem Hilfsmittel "Verdickungspulver" bewirkt im Allgemeinen hingegen, dass die Viskositätskurve steiler wird, die Viskosität vor allem im niedrigen Schergefällebereich erhöht wird.

## KURZINFORMATIONEN

### Newton'sches Fließverhalten

Hierbei handelt es sich um eine flüssige Substanz, deren Viskosität bei unterschiedlichem Scheren immer einen gleichen Messwert darstellt.

Verdruckt man eine Newton'sche fließende Farbe oder Lack, hat man bei unterschiedlichen Rakelgeschwindigkeiten im Endeffekt immer ein Produkt mit identischer Viskosität.

### Thixotropie (strukturviskose Flüssigkeiten)

Thixotropie findet man im alltäglichen Leben bei einigen Nahrungsmitteln. Joghurt oder auch Senf sind mehr oder weniger stark thixotrope Produkte. Beim Rühren von Joghurt, der ursprünglich eine nahezu feste Konsistenz hat, stellt man schnell fest, dass dieses Produkt dünnflüssig wird. Lässt man dann den Joghurt wieder stehen, baut sich die Thixotropie auf und das Produkt wird wieder cremartig und fest.

Strukturviskose bzw. thixotropie Siebdruckfarben werden für den Druck feiner Schriften und im Rasterbereich eingesetzt.

### Rheopexes Fließverhalten (Dilatante Flüssigkeiten)

Das rheopexe Fließverhalten ist ein Phänomen, welches dem Siebdruck nicht dienlich ist. Mit zunehmender Schergeschwindigkeit - Rakelgeschwindigkeit wird das Produkt dicker. Das bedeutet, der Siebdrucker kann nur mit relativ langsamen Druckgeschwindigkeiten eine rheopexe Masse verarbeiten.

Ein Beispiel für rheopexes Fließen ist die sogenannte Viskosekraftübertragung (Kupplung) Es handelt sich hierbei um eine Kraftübertragung, bei welcher eine rheopexe Flüssigkeit das kraftübertragende Medium darstellt. Mit zunehmender Drehzahl verfestigt sich die rheopexe Masse und gibt die Kraft an den Antrieb weiter.

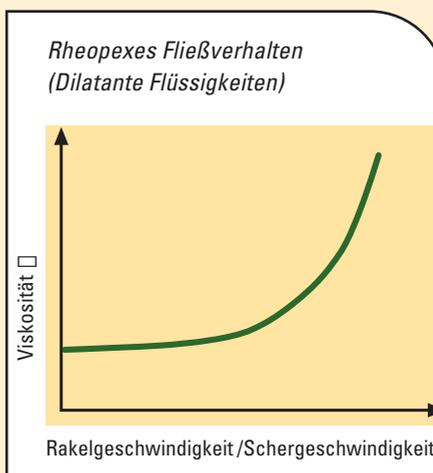
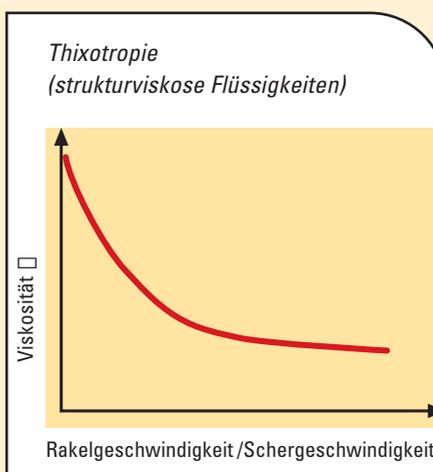
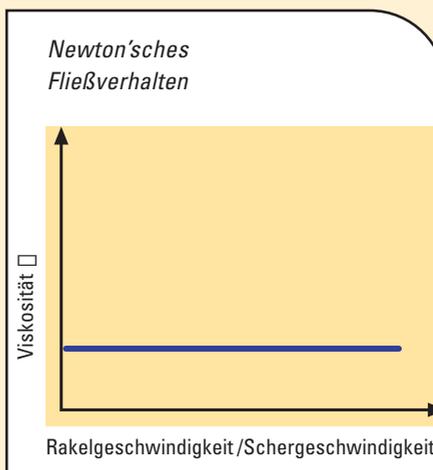
### Viskosität

Die Viskosität ist ein Maß für die innere Reibung einer Flüssigkeit bei mechanischer Beanspruchung. Die gängigen Viskositätsangaben in mPas (früher Poise) beziehen sich immer auf eine genau definierte Scherbeanspruchung bei einer bestimmten Temperatur.

Im Falle des Siebdrucks wird die Scherbeanspruchung durch die Rakelgeschwindigkeit bestimmt. Im Allgemeinen könnte man die Viskosität mit Dünn- oder Dickflüssigkeit bezeichnen.

### Fließverhalten

Flüssigkeiten können ein unterschiedliches Fließverhalten aufzeigen.



Obwohl ein maßgeblicher Faktor für die Verdruckbarkeit, ist eine Fließkurve alleine kein Kriterium zu deren Beurteilung. Elastizität der Farbe und Oberflächenspannung im Zusammenspiel mit dem Bedruckstoff spielen dafür beispielsweise eine weitere Rolle. Rheologie ist eine Wissenschaft für sich, so dass wir nur die für den Praktiker und Verarbeiter wichtigsten Punkte ansprechen, um den Rahmen nicht zu sprengen. Umgangssprachlich werden für zu niedrige Viskositäten Ausdrücke wie "zu dünn", für zu hohe Viskosität "zu dick", und für thixotrop bzw. strukturviskos der Begriff "stockig" verwendet. Mit "zu fließend" ist oft ein Newton'sches Verhalten gemeint.

Eine charakteristische Kenngröße von Siebdruckfarben ist die Viskosität  $\eta$ , die üblicherweise in der Einheit mPas (Millipascal-Sekunden) angegeben wird. Die früher gebräuchliche Einheit cP (Centipoise) kann 1:1 in mPas umgerechnet werden.

Die Angabe der Viskosität ist dabei immer im Zusammenhang des Geschwindigkeitsgefälles sowie der verwendeten Messgeometrie zu bewerten, bei der die Viskosität bestimmt wurde, da sonst Vergleiche nicht möglich sind. Das Geschwindigkeitsgefälle  $\dot{\gamma}$  hat die Dimension 1/s.

Rheologische Untersuchungsmethoden sind inzwischen ein wertvolles Hilfsmittel für den Formulierer, wenn es um die Lösung neuer, drucktechnischer Herausforderungen geht. Das Verhalten der Farbe auf einer Druckmaschine lässt sich mit Hilfe eines Fließkurvendiagramms durchaus erklären, wobei eine umfangreiche Erfahrung nach wie vor ein unverzichtbarer Bestandteil ist. Wir kombinieren Wissenschaft und Praxis miteinander, ergänzend aufeinander abgestimmt und damit erfolgreich.

**Edwin Tafelmeier**  
Laborleiter

☎ (09 11) 64 22-241 ☎ (09 11) 64 22-283  
✉ edwin.tafelmeier@sunchemical.com