

## Viskositätssteuerungen

Von Dr. ED. REIN

c/o Dr. A.G. Epprecht AG., Zürich

Wenn man den Begriff einer Flüssigkeit nicht so eng faßt, daß man nur an Wasser, wäßrige Lösungen, Öle und dergleichen denkt, sondern mit HERAKLIT<sup>1</sup> auch jede Substanz mit einschließt, welche noch irgendein Fließverhalten aufweist, so darf man mit Recht sagen, daß es wohl kaum eine Industrie gibt, bei welcher das Problem der Viskosität keine Rolle spielt. In der Färberei arbeitet man mit Farbstofflösungen, in der Weberei mit Schlichteflüssigkeiten. Leime und andere Klebstoffe werden bei der Zigarrenherstellung so gut wie in der Schuh- und in der Hutfabrikation benötigt. Und um auch für das nächste Beispiel in der Bekleidungsindustrie zu bleiben, sollen noch die Kunstfasern, wie z. B. Viscose und Nylon, erwähnt werden, welche vor dem Verspinnen in flüssiger Form vorliegen. Man könnte die Liste der mit Flüssigkeiten arbeitenden Industrien beliebig erweitern, doch sollen hier nur noch die Nahrungsmittel erwähnt werden, wie z. B. Milch und Milchprodukte, Konserven aller Art, Speiseöl und Fette, Kunsthonig, Schokolade und viele andere mehr. Wir wollen darauf verzichten, alle Industrien aufzuzählen, die mit dem Problem der Viskosität in Berührung kommen; es soll aber an den weiter unten beschriebenen Beispielen gezeigt werden, wie man heute dank geeigneter Apparate in der Lage ist, Viskositätsprobleme zu meistern.

Während für die Viskositätsmessung verschiedene Apparate bekannt sind, die mehr oder weniger genau sowie mehr oder weniger zeitraubend sind, fehlten bis noch vor einigen Jahren Geräte, welche eine kontinuierliche Überwachung, Registrierung oder Regulierung der Viskosität ermöglichten. Die Registrierung ist dort interessant, wo eine Substanz laufend überwacht werden muß, sei es in einer Fabrikation, wo das Produkt eine immer gleichbleibende Viskosität aufweisen muß, oder sei es

<sup>1</sup> HERAKLIT: *panta rhei* = alles fließt.

in einem Falle, wie z. B. bei der Herstellung der Kondensmilch, wo die Viskosität während des Eindickens immer mehr zunimmt. Im ersteren Falle, wo die Flüssigkeit ihre Viskosität nicht verändern soll, ist die Viskositätsmessung Mittel zum Zweck, um allfällige Abweichungen vom Sollwert sofort korrigieren zu können. In einfachen Fällen kann die notwendige Korrektur von Hand vorgenommen werden, in vielen Fällen zieht man jedoch eine automatische Regulierung vor.

Die Registrierung und automatische Regulierung setzt aber die Möglichkeit einer momentanen Viskositätsmessung voraus. Dies bedingt ein Viscosimeter, welches in jedem Zeitpunkt die jeweilige Viskosität sofort, also ohne Zeitverlust, angeben kann. Die üblichen Viscosimeter, die auf dem Prinzip einer Zeitmessung beruhen, wie die Auslauf-, Kapillar-, Kugelfall- und Luftblasenviscosimeter, scheiden somit für diesen Zweck aus.

Anders das Epprecht-Viscosimeter, welches nach folgendem Prinzip arbeitet: Ein Synchronmotor, dessen Gehäuse in feinen Kugellagern äußerst leicht drehbar aufgehängt ist, treibt einen Meßkörper an, der in die zu messende Substanz eintaucht. Je nach der Zähigkeit dieser Substanz wird dem eintauchenden Meßkörper ein größeres oder kleineres Drehmoment entgegengesetzt, was verursacht, daß der ganze Synchronmotor umgekehrt zur Drehrichtung des Meßkörpers abgedreht wird. Dieses am Meßkörper auftretende Drehmoment wird durch eine Spiralfeder kompensiert und durch einen Zeiger, der mit dem Motorgehäuse gekuppelt ist, auf einer übersichtlichen Skala angezeigt.

Ein Viskositätswert oder eine Viskositätsänderung wird bei diesem Viscosimeter augenblicklich angezeigt. Es ist deshalb möglich, solche Viscosimeter zu Registrierzwecken oder für Steuerungen auszubauen, indem die im Instrument auftretende Drehbewegung über ein ein-

gebautes Potentiometer auf elektrischem Wege ausgenutzt wird. Die Registrierung erfolgt auf einem elektrischen Punkt- oder Linienschreiber, welcher die vom Viscometer übertragenen Werte fortlaufend aufzeichnet. Man kann ohne weiteres einen Mehrfarbenschreiber verwenden, welcher gleichzeitig mit der Viskosität andere physikalische Größen, wie Temperatur und pH, zu registrieren vermag. Soll das Viscometer zur Steuerung der Viskosität dienen, so werden Kontaktzeiger (Abb. 1)

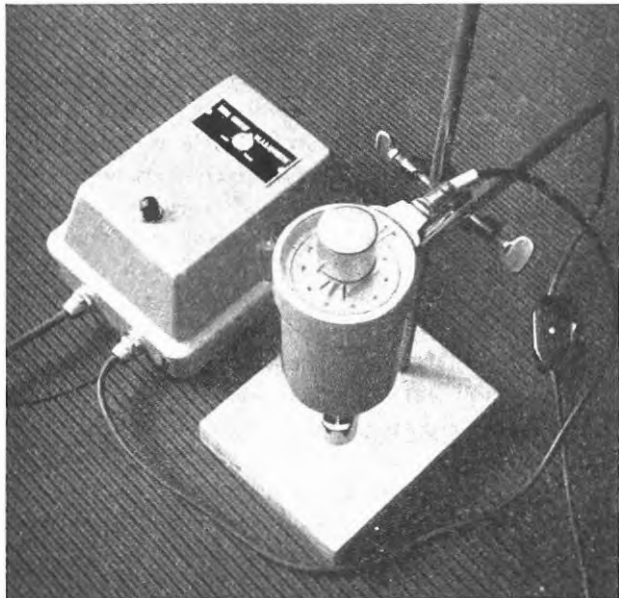


Abb. 1. Steuerndes Epprecht-Viscometer mit einstellbaren Kontaktzeigern

oder ein separates Kontaktinstrument verwendet, welche elektrische Relais bedienen, die je nach dem gewünschten Zweck verdünnende oder verdickende Funktionen auslösen. Diese Viskositätssteuerung kann, wie in den nachfolgenden Beispielen beschrieben, vollautomatisch erfolgen.

#### Steuerung der Viskosität von Tiefdruckfarben

Der Tiefdruck unterscheidet sich von den meisten andern Druckverfahren durch Verwendung einer Farbe, die flüchtige Anteile (Toluol, Xylol usw.) enthält und trocknet, indem diese sich verflüchtigen, während der Farbstoff zurückbleibt. Die Farbe zirkuliert mit Hilfe einer Zentrifugalpumpe zwischen Vorratsgefäß und einer Wanne, aus welcher ein rotierender Zylinder die Farbe entnimmt. Die Farbe dickt hierbei laufend ein, was sich ganz besonders beim Mehrfarbendruck sehr nachteilig auswirkt. Wird die Farbe auf einer Rotationsmaschine nicht rechtzeitig verdünnt, so beginnt sie zu schmieren, die Druckwalzen werden verschmutzt, es gibt viel Ausschuß und einen beträchtlichen Ausfall während der Zeit, in welcher die Druckwalzen gewaschen werden müssen. Betrachtet man die Verhältnisse beim Mehrfarbendruck auf einer Bogenmaschine, so sieht man, wie

wichtig es auch hier ist, daß die eingestellte Viskosität der Druckfarbe vom ersten bis zum letzten Bogen gleich bleibt. Wird beispielsweise eine violette Farbe in zwei Arbeitsgängen gedruckt, indem zuerst das Rot und dann das Blau zur Anwendung gelangt, so kann sich folgendes Bild ergeben. Die ersten Bogen einer Serie erhalten den richtigen roten Ton, da die Farbe richtig eingestellt war. Nun verdunstet aber Lösungsmittel, die Farbe wird dicker und die späteren Druckbogen weisen ein satteres Rot auf als die früheren. Der ganze Stapel, wie er aus der Druckmaschine kommt, wird nun, um die violette Farbe zu erhalten, mit der blauen Farbe überdruckt. Dabei kommt der oberste Bogen, welcher beim Rot zuletzt gedruckt worden war und somit das satteste Rot aufweist, zuerst an die Reihe und wird mit dem noch richtig eingestellten Blau überdruckt. Wenn nun auch hier mit der Zeit Lösungsmittel verdunstet, wird die blaue Farbe immer satter. Da die Bogen jetzt aber in umgekehrter Reihenfolge gedruckt werden, kommt das satteste Blau auf das schwächste Rot, während das satteste Rot mit dem schwächsten Blau überdruckt wird. So kann es kommen, daß auch bei einer kleinen Serie ungleiche Violett-Töne erhalten werden. Um solche Übelstände auszuschalten, muß dafür Sorge getragen werden, daß die Farbe immer richtig eingestellt bleibt. Dies erfolgt automatisch mit Hilfe einer Visco-Steuerung, wie sie in Abb. 2 schematisch dargestellt ist.

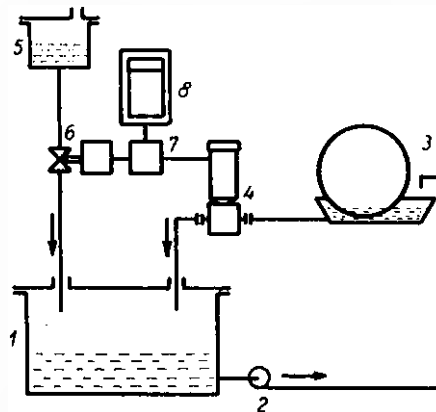


Abb. 2. Tiefdruck-Visco-Steuerung mit Hilfe eines Epprecht-Viscometers. 1 Druckfarbentank, 2 Umlaufpumpe, 3 Verbraucher, 4 Viscometer TVFst im Rücklauf, 5 Verdünnervorrat, 6 Dosierventil, 7 Steuergerät, 8 Registriergerät

Zeigt nämlich das an die Druckmaschine (3) angebaute Viscometer (4) eine höhere Viskosität an, als dem eingestellten Sollwert entspricht – dies ist der Fall, wenn die Druckfarbe zufolge Verdunstens des Lösungsmittels zu dickflüssig wird –, so öffnet der ausgelöste Kontakt ein elektrisches Dosierventil (6), welches die notwendige Menge Lösungsmittel zufließen läßt. Die Verdünnung erfolgt mittels Zeitbegrenzung portionenweise, um eine Überdosierung zu vermeiden.

Während es sich im vorstehenden Falle um eine «Auf-Zu»-Regulierung mit Zeitbegrenzung handelt, wird nachstehend eine Visco-Steuerung beschrieben, welche mit

Hilfe eines thermischen Rückführgerätes als Proportional-Integral-Regulierung wirkt.

Die Stoffdichteregelung spielt in der Papierindustrie eine große Rolle. Man legt großen Wert auf die Konstanthaltung des Feststoffanteiles, welcher mit einer überschüssigen Wassermenge auf die Papiermaschine gebracht wird. Ein konstantes Gemisch ergibt ein regelmäßiges Papier. Obwohl bei diesem Gemisch nicht eigentlich von einer Viskosität gesprochen werden kann, ist ein Epprecht-Viscometer bei geeigneter Anordnung in der Lage, geringste Abweichungen anzuzeigen. Die Regelung erfolgt gemäß Abb. 3 nach folgendem Schema:

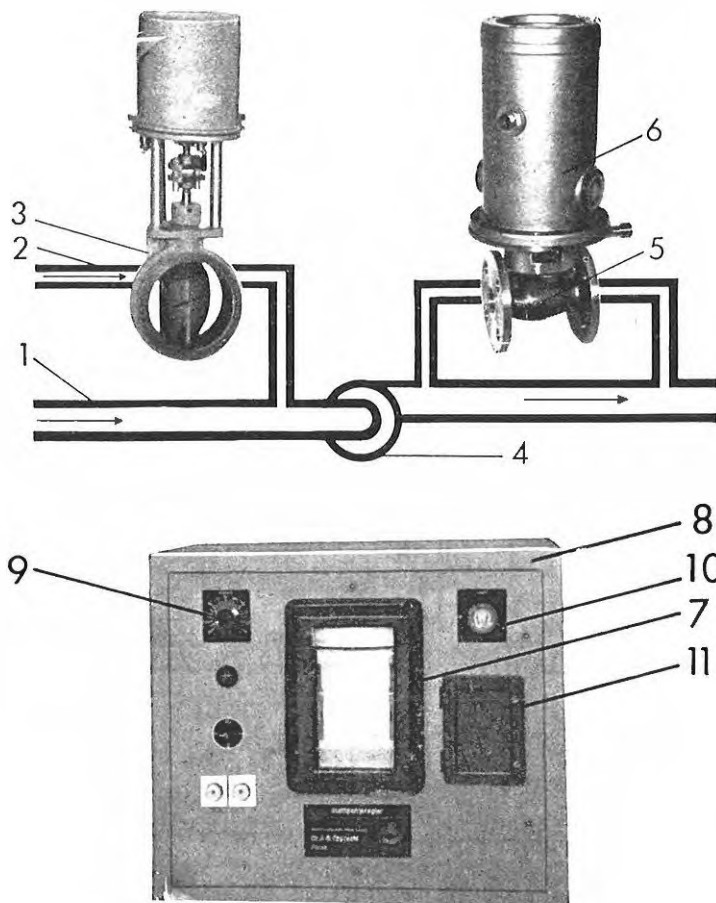


Abb. 3. Stoffdichteregelung mit Hilfe eines Epprecht-Viscometers

Dem Stoffbrei in der Leitung (1), der noch nicht die richtige Zusammensetzung aufweist, wird durch Leitung (2) und Regulierorgan (3) die notwendige Wassermenge zugeführt. Ein Teil dieses Gemisches wird nach der Pumpe (4) in der Meßkammer (5) mittels des Meßgerätes (6) kontinuierlich auf die Stoffdichte geprüft. Dieses Meßgerät gibt den momentanen Wert augenblicklich an den elektrischen Schreiber (7) der Steueranlage (8) weiter, wo die Dichtewerte einerseits registriert, andererseits automatisch mit dem auf Skala (9) eingestellten Wert verglichen werden. Stimmen der ein-

gestellte und der gemessene Wert nicht miteinander überein, so wird durch den Proportional-Integral-Regler (10) der Motorschicher (3) in dem Sinne betätigt, daß mit Hilfe des durch die Leitung (2) zufließenden Wassers die Dichte des Stoffbreies auf den verlangten Wert gebracht wird.

Der große Vorteil dieses Reglersystems besteht darin, daß die Charakteristik des Reglers an Ort und Stelle durch Veränderung des Rückführgrades am thermischen Rückführgerät (11) den Betriebsbedingungen angepaßt werden kann.

Im gleichen Industriezweig wird die Visco-Regulierung für die Regelung des Holzschliffes vor der Sortierung verwendet. Die Sortierung dient der Ausschaltung grober Anteile, wie Holzkörnchen und anderer Verunreinigungen, und erfolgt in großen Siebtrommeln. Der Holzschliff selbst dient als Filtermaterial, indem sich eine feine Schicht auf der Trommel bildet. Das zu sortierende Gemisch muß nun in richtiger Mischung mit dem Wasser aufgeschwemmt werden. Ist nämlich der prozentuale Anteil des Feststoffes zu hoch, so verstopfen sich die Siebtrommeln, was zu großen Schäden führen kann. Ist andererseits der Stoffanteil zu gering, so wird die Filterschicht von der Trommel weggeschwemmt und die Sortierung wird illusorisch. Eine Visco-Regulierung sorgt für die Einhaltung des richtigen Gemisches und gewährleistet somit eine gute Sortierung.

Eine weitere interessante Einsatzmöglichkeit hat die Viscose-Industrie aufgezeigt, indem das Viscometer zur Dichteregelung der Natronlauge eingesetzt werden kann. Die Dichte der Natronlauge schwankt dort in einem bestimmten Fall zwischen 1,26 und 1,37. Die Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Wert der Dichte, welche sich am Epprecht-Viscometer durch 220 Einheiten unterscheiden, beträgt somit 0,11. Eine Einheit am Viscometer entspricht in diesem Falle einer Differenz in der Dichte von 0,0005. Es ist somit möglich, die Dichte der Natronlauge in der vierten Dezimale mit Hilfe eines Epprecht-Viscometers zu regulieren.

An Hand der vorstehenden Beispiele ist gezeigt worden, wie eine gewünschte Viskosität konstant gehalten werden kann. Es folgen nun zwei Beschreibungen von Anlagen, in denen es darum geht, eine fortschreitende Reaktion dauernd verfolgen zu können und den Endpunkt mit Hilfe eines Viscometers sofort zu erkennen.

#### Fabrikation von Kunstfasern

Nylon, Orlon, Grilon und Perlon entstehen wie viele andere Kunststoffe durch Polymerisation von ursprünglich kleinen Molekülen zu langen Ketten. Diese Ketten müssen eine ganz bestimmte durchschnittliche Länge

aufweisen, damit das Fertigprodukt die gewünschten Eigenschaften erhält. Die Kenntnis des richtigen Polymerisationsgrades ist von primärer Bedeutung, und die Reaktion darf nicht zu früh, keinesfalls aber zu spät abgebrochen werden. Man mußte deshalb gegen Ende der Reaktion Proben ziehen, welche zur Bestimmung des Polymerisationsgrades ins Laboratorium gebracht wurden. Zeigte die Analyse, daß der gewünschte Grad noch nicht erreicht war, so konnte die Polymerisation fortgesetzt werden, bis eine spätere Probe anzeigte, daß der gewünschte Polymerisationsgrad erreicht sei. Diese Art der Endpunktbestimmung war sehr umständlich und zeitraubend, und durch den direkten Einbau eines Viscometers in die Fabrikationsanlage konnte manche Stunde bei jeder Charge eingespart werden (Abb. 4). Das Probeziehen und Analysieren erübrigt sich nun ganz. Es wird einfach solange polymerisiert, bis die gewünschte Viskosität auf dem Viscometer oder dem daran angeschlossenen Fernschreiber angezeigt wird. Dann kann das Polymerisat ohne weitere Analyse direkt zu Kunstfasern versponnen werden.

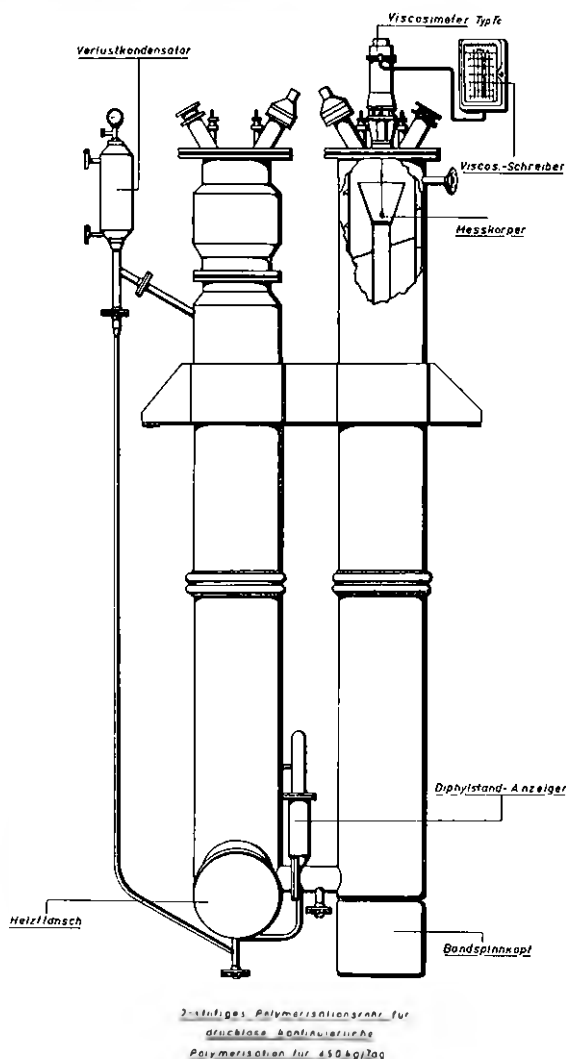


Abb. 4. Kontinuierliche Viskositätsmessung mit Hilfe eines Epprecht-Viscometers in der Nylonfabrikation

In manchen Fällen begnügt man sich nicht damit, daß der Endpunkt einer Reaktion nur durch Ablesen erkannt werden kann. Man verwendet dann ein Viscometer mit Kontaktaufrüstung, wobei der gewünschte Endwert, der mittels des Maximalkontaktes eingestellt werden kann, automatisch durch ein optisches oder akustisches Signal angezeigt wird. In gewissen Fällen, wie z. B. bei der Verkochung von Holzöl, geht man sogar so weit, daß die Reaktion mit Hilfe des Viscometers bei Erreichen des Endwertes selbsttätig abgestellt wird.

### Standölverkochung

Standöl ist ein wichtiger Rohstoff für die Lack- und Farbenindustrie. Es wird durch Verkochen von Ölen, wie Leinöl oder Holzöl, hergestellt. Die Viskosität des dünnflüssigen Öles nimmt während der Verkochung laufend zu. Wenn die gewünschte hohe Viskosität erreicht ist, muß der Kochvorgang sofort abgebrochen werden, da ein Weiterkochen zur Folge hat, daß das Öl immer dicker wird und – besonders bei Holzöl – zu einer gummiartigen Masse erstarrt. Gegen Ende geht die Reaktion so rasch vor sich, daß auch ein Abstellen der Heizung die Weiterreaktion nicht mehr verhindern kann. Es wird dann so verfahren, daß am Ende der Verkochung rasch gekühlt wird, und zwar am besten, indem eine alte Charge von bereits verkochtem Holzöl eingeworfen wird, welche ihrerseits die notwendige Abkühlung bewirkt. Das Viscometer steuert hier die vollautomatische Beendigung der Reaktion. Abb. 5 zeigt das Viscometer, welches auf einen Kessel aufgef lanscht werden kann und dank der verlängerten Achse in der Lage ist, die Viskosität in einer Tiefe von zwei bis drei Metern zu messen. Hat das Öl die am Maximalkontakt des Viscometers eingestellte

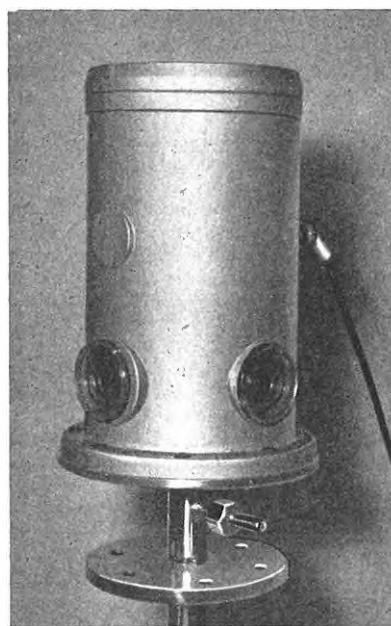


Abb. 5. Epprecht-Viscometer mit Tauchrohr zum Aufflanschen auf einen Kessel

Viskosität erreicht, so wird mit Hilfe eines Relais ein Schieber geöffnet, welcher die kalte Charge in das fertig verkochte Öl einläßt und somit die Reaktion abstoppt.

Die Aufzählung weiterer Visco-Anlagen, welche sich in den verschiedensten Industriezweigen bereits bestens bewährt haben, könnte fortgesetzt werden. Die Anwendungsgebiete sind verschiedenster Natur, das Prinzip bleibt immer dasselbe: Das Epprecht-Viscometer mißt die Viskosität augenblicklich, überträgt die Werte im selben Moment auf einen elektrischen Fernanzeiger oder Fernschreiber und reguliert die Viskosität auf den gewünschten Wert.