



## 8 Förderung zäher Flüssigkeiten

### 1. Begriffe und Einheiten

Der in Bild (16) dargestellte Versuch macht das Wesen der Zähigkeit auf anschauliche Art und Weise verständlich:

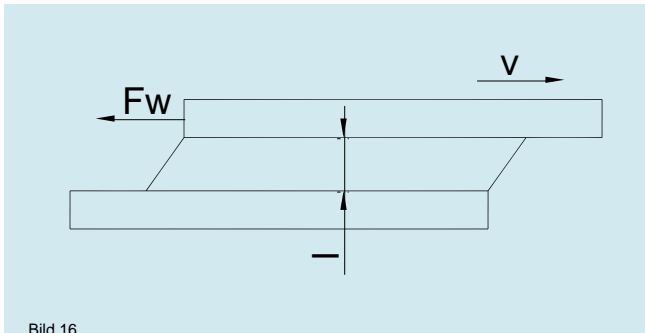


Bild 16

Eine Flüssigkeit befindet sich zwischen zwei parallelen Platten, von denen die untere in Ruhe ist. Erteilt man der oberen Platte eine Geschwindigkeit  $v$ , macht sich ein deutlich spürbarer Widerstand bemerkbar. Während die äußeren Flüssigkeitsschichten an den Platten haften, widersetzen sich die inneren einer gegenseitigen Verschiebung. Diese Eigenschaft flüssiger und gasförmiger Stoffe nennt man Zähigkeit oder Viskosität. Der auftretende Widerstand  $F_w$  wächst mit zunehmender Viskosität  $\eta$ , steigender Geschwindigkeit  $v$  und größer werden den Abmessungen, der benetzten Fläche  $A$ . Eine Vergrößerung des Abstands  $l$  führt dagegen zur Verminderung des Widerstandes. Unter Voraussetzung einer linearen Geschwindigkeitszunahme im Spalt folgt daraus:

$$F_w = \frac{\eta \cdot v \cdot A}{l} \quad (21)$$

nach  $\eta$  aufgelöst:

$$\eta = \frac{F_w}{A} \cdot \frac{l}{v} \quad (22)$$

und mit  $F_w / A$  als Schubspannung  $\tau$

$$\eta = \tau \cdot \frac{l}{v} \quad (23)$$

erhalten wir die spezielle Definition der dynamischen Viskosität  $\eta$ .

Gleichung (22) liefert dazu die Einheit:

$$1 \frac{\text{kp} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 98,1 \text{ P} = 9,81 \text{ Pas}$$

Mit den Einheiten der dynamischen Viskosität im früheren physikalischen Einheitensystem besteht folgender Zusammenhang:

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}} = 1 \text{ Poise [P]} = 0,1 \text{ Pas}$$

$$1 \text{ Centipoise [cP]} = 1 \text{ mPas}$$

Mit der Einheit der dynamischen Viskosität im technischen Einheitensystem:

$$\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{m} / \text{s}} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \text{Pas}$$

Bei Strömungsvorgängen, besonders bei Gasströmungen, spielt die Dichte des Fördergutes eine entscheidende Rolle. In der Strömungstechnik wird deshalb die sogenannte kinematische Viskosität  $\nu$  bevorzugt. Wir erhalten sie, indem wir die dynamische Viskosität durch die Dichte dividieren:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \text{m}^2/\text{s}$$

Die Einheit  $\text{m}^2/\text{s}$  führt zu unbequemen Zahlenwerten, deshalb wird für den allgemeinen Gebrauch die Einheit  $\text{mm}^2/\text{s}$  bevorzugt. Die sich daraus ergebenden Zahlenwerte stimmen außerdem überein mit denen der früher gebräuchlichen physikalischen Einheit Centistoke [cSt].

### 2. Förderung zäher Flüssigkeiten

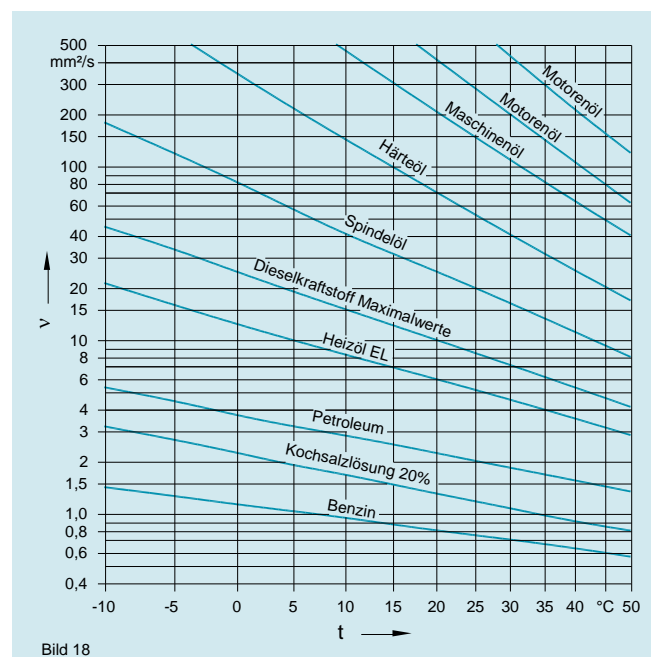
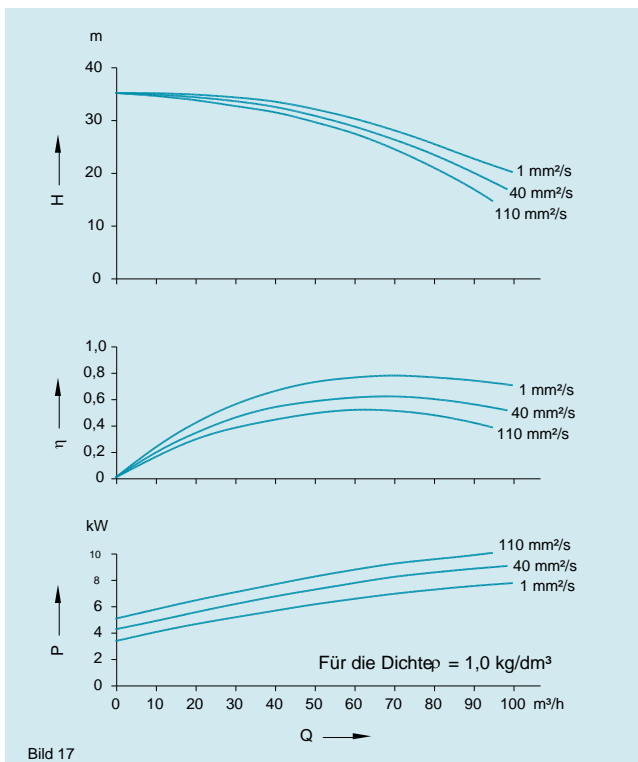
Die Kennlinien der Kreiselpumpe sind im Allgemeinen auf kaltes Wasser als Fördergut bezogen. Werden Flüssigkeiten mit höherer Viskosität gefördert, so ergeben sich mehr oder weniger starke Abweichungen, die von dem Betrag der Zähigkeit, der Weite der Kanäle und der Bauart der Pumpe abhängen. Eine Umrechnung der für Wasser gültigen Kennlinien in solche für größere Viskosität ist auf theoretischem Wege nicht möglich. Man ist stets auf Versuche angewiesen, deren Ergebnisse streng genommen nur für die untersuchte Bauart und Pumpengröße gelten.

Die Veränderung der Kennlinien einer Kreiselpumpe mittlerer Größe, die mit Förderflüssigkeiten verschiedener Zähigkeit betrieben wurde, geht aus Bild (17) hervor. Hiernach hat die Zähigkeit bei Nullförderung wenig Einfluß auf die Förderhöhe. Mit wachsendem Förderstrom nimmt die Förderhöhe gegenüber Wasserförderung ( $1 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) ab und zwar um so mehr, je größer die Zähigkeit ist. Die Leistungsaufnahme ist bei höherer Viskosität über den gesamten Förderbereich größer und zwar um einen praktisch gleichbleibenden Betrag.



Diese Tendenz der Änderung der Kennlinie kann bei Kreiselpumpen für größere Förderströme allgemein beobachtet werden, ohne dass sich daraus jedoch Schlüsse auf das Verhalten von Pumpen anderer konstruktiver Ausführung und Größen ziehen lassen. Starke Abweichungen hiervon zeigen Kreiselpumpen für kleine Förderströme. Im Gegensatz zu dem bei großen Pumpen beobachteten Verhalten, wächst hier im Teillastgebiet die Förderhöhe. Das für jede Bauart und Pumpengröße unterschiedliche Verhalten lässt es nicht zu, einfach zu handhabende Arbeitsunterlagen zu erstellen. Wir bitten deshalb darum, die zur Förderung geeignete Pumpe im Werk anzufragen.

Das gilt im besonderen Maße für den Bereich niedriger Temperaturen und gerade dieser Bereich ist für die Pumpenauslegung von Bedeutung: Häufig ist die Temperatur der Förderflüssigkeit bei Beginn der Förderung erheblich geringer als die sich später einstellende Betriebstemperatur. Auch wenn im Anfahrzustand eine geringere Förderleistung in Kauf genommen werden kann, der gleichzeitig auftretende höhere Leistungsbedarf muss bei der Motorwahl berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist bei allen Anlagen der Motor entsprechend der tiefsten auftretenden Temperatur zu bemessen.



Bei Förderung zäher Flüssigkeiten vermindert sich neben der Förderleistung auch der Wirkungsgrad. Dem Einsatz einer Kreiselpumpe ist deshalb bei hohen Viskositäten eine Grenze gesetzt, bei deren Überschreiten rotierenden Verdrängerpumpen der Vorzug zu geben ist.

### 3. Angaben für die Pumpenauswahl

Die Zähigkeit von Flüssigkeiten ist temperaturabhängig. In Bild (18) ist diese Abhängigkeit dargestellt. Die Wahl geeigneter Maßstäbe ermöglicht es, mit Hilfe dieses Diagramms den Temperatur-, Viskositätsverlauf anderer Flüssigkeiten abzuschätzen, von denen lediglich die Daten für eine bestimmte Temperatur bekannt sind. Es ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der etwas unterschiedlichen Steigung der jeweiligen Kennlinien Ablesefehler möglich sind.

Q [m³/h]	mm²/s
bis 60	115
bis 100	150
über 100	200