

DIN 53014-1



ICS 17.060

Entwurf

Einsprüche bis 2019-03-25
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 53014-1:1994-02

**Viskosimetrie –
Kapillarviskosimeter mit Kreis- und Rechteckquerschnitt zur Bestimmung
von Fließkurven –
Teil 1: Grundlagen, Begriffe, Benennungen**

Viscometry –

Capillary viscometers with circular and rectangular cross section for determination of flow curves –

Part 1: Principles, concepts, definitions

Viscosimètre –

Viscosimètres à tube capillaire de section transversal circulaire ou rectangulaire pour la détermination des courbes d'écoulement –

Partie 1: Principes, termes, définitions

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-01-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 31 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Kurzbeschreibung der Verfahren	6
4 Form und Werkstoffe der Kapillaren	7
4.1 Kapillaren mit Kreisquerschnitt (Kreiskapillaren)	7
4.2 Kapillaren mit Rechteckquerschnitt (Schlitzkapillaren)	7
4.3 Maße der Kapillaren	8
5 Bauform für die Messeinrichtungen	8
5.1 Viskosimeter mit Kolbenantrieb	8
5.2 Viskosimeter mit Doppelkolbenantrieb	8
5.3 Viskosimeter mit direktem Gasdruck-Antrieb	8
5.4 Viskosimeter mit indirektem Gasdruck-Antrieb	9
5.5 Viskosimeter mit Fördereinrichtungen	9
5.5.1 Pumpenantrieb	9
5.5.2 Schneckenantrieb	9
5.5.3 Nicht-isotherme Förderung	9
5.6 Einstellzeit	10
6 Messung der Wirk-Druckdifferenz	10
6.1 Messgeräte	10
6.2 Bestimmung der Wirk-Druckdifferenz innerhalb der Kapillare	10
6.3 Bestimmung der Gesamt-Druckdifferenz	11
7 Bestimmung des Volumenstroms	11
7.1 Diskontinuierliche Bestimmung	11
7.1.1 Direkte Bestimmung des Flüssigkeitsvolumens am Kapillarenausgang	11
7.1.2 Indirekte Bestimmung des Flüssigkeitsvolumens durch Wägen	11
7.1.3 Volumenbestimmung aus dem Kolbenweg	11
7.1.4 Bestimmung der Durchflusszeit	12
7.2 Kontinuierliche Bestimmung	12
7.2.1 Registrierende Wägung	12
7.2.2 Weg-Zeit-Registrierung bei Kolbenantrieb	12
7.2.3 Strömungsmessung	12
8 Temperierung und Temperaturmessung	12
9 Verfahren zur Auswertung der Messergebnisse	13
9.1 Voraussetzungen	13
9.2 Form der Grundströmung	13
9.3 Wahre und scheinbare Schergeschwindigkeit	14
9.4 Allgemein geltende Beziehungen	14
9.5 Nur für newtonsche Flüssigkeiten geltende Beziehungen	15
9.6 Beziehungen für nicht-newtonsche Flüssigkeiten	15
9.7 Darstellung des Arbeitsbereichs	16
10 Ermittlung und Darstellung des Fließgesetzes	17
10.1 Fließkurven und Viskositätskurven	17

10.2	Typen von Fließkurven und Fließgesetzen	18
10.3	Ermittlung der wahren Fließ- und Viskositätskurve	19
10.4	Einfache Näherungsverfahren.....	19
11	Grenzbedingungen für die Strömung.....	22
12	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	22
Anhang A (informativ) Erläuterungen zu / Informationen zu Mehrphasigkeit, Arbeitsbereich sowie Beispiele experimentell ermittelter Fließ- und Viskositätskurven.....		26
A.1	Erläuterungen zu / Informationen zu mehrphasigen Proben, zum Arbeitsbereich und Geschwindigkeitsprofile nicht-newtonscher Flüssigkeiten	26
A.2	Beispiele experimentell ermittelter Fließ- und Viskositätskurven	27
Literaturhinweise.....		31

Bilder

Bild 1	— Koordinatensystem der Schlitzströmung.....	7
Bild 2	— Rechteckdiagramm zur Kennzeichnung des Arbeitsbereichs einer Messeinrichtung.....	17
Bild 3	— Reduzierter repräsentativer Abstand ε in Kapillarströmungen für das Potenzgesetz nach Ostwald-de Waele, Gleichung (34)	21
Bild 4	— Reduzierter repräsentativer Abstand ε in Kapillarströmungen für das Fließverhalten nach dem Ansatz von Carreau, Gleichung (36), in Abhängigkeit vom Wert der Carreau-Konstanten c (ausgezogene Kurven)	22
Bild A.1	— Geschwindigkeitsprofile in der Kapillarströmung nicht-newtonscher Flüssigkeiten; Vergleich mit dem parabolischen Profil newtonscher Flüssigkeiten (schematisch)	27
Bild A.2	— Viskositätskurve, überwiegend vom Ostwald-de Waele-Typ; PMMA, 220 °C, nach [6]	27
Bild A.3	— Viskositätskurven, Carreau-Typ erkennbar, SAN, nach [7]	28
Bild A.4	— Viskositätskurve, voll ausgebildeter Carreau-Typ, PE-LD, 150 °C, nach [8]	28
Bild A.5	— Fließkurven vom Reiner-Philippoff-Typ, PIB (2 %) in Mineralöl, nach [9].....	29
Bild A.6	— Fließkurve, überwiegend vom Ostwald-de Weale-Typ, jedoch mit Andeutung eines oberen newtonschen Bereichs (Endviskosität), PAA (1,5 %) in Wasser, 20 °C, nach [10]	29
Bild A.7	— Fließkurve vom Reiner-Philippoff-Typ, Carboxymethylcellulose ($\beta = 0$ bis 3 %) in verdünnter Natronlauge, 20 °C, nach [11]	30
Bild A.8	— Viskositätskurve vom Reiner-Philippoff-Typ, Humanblut, Raumtemperatur, nach [12].....	30

Tabellen

Tabelle 1 — Vergleich von Kreisquerschnitt und Schlitzquerschnitt für newtonsche und nicht-newtonsche Flüssigkeiten	14
Tabelle 2 — Vergleich von Kreisquerschnitt und Schlitzquerschnitt für newtonsche Flüssigkeiten.....	15
Tabelle 3 — Weitere Beziehungen für Kreisquerschnitt und Schlitzquerschnitt	16
Tabelle 4 — Spezielle Fließgesetze	18
Tabelle 5 — Einfache Näherungsverfahren	20
Tabelle 6 — Berechnung reduzierter Abstände ε der repräsentativen Schicht.....	20

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-08-31 AA „Viskosimetrie und Rheometrie“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erarbeitet.

Anhang A ist informativ.

DIN 53014 besteht unter dem allgemeinen Titel *Viskosimetrie; Kapillarviskosimeter mit Kreis- und Rechteckquerschnitt zur Bestimmung von Fließkurven* aus den folgenden Teilen:

— Teil 1: Grundlagen, Begriffe, Benennungen

— Teil 2: Systematische Abweichungen, Ursachen und Korrekturen

Änderungen

Gegenüber DIN 53014-1:1994-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde präzisiert;
- b) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ wurden aktualisiert;
- c) die Verwendung von Quecksilberthermometer ist entfallen;
- d) „Geschwindigkeitsgefälle“ wurde durch „Schergeschwindigkeit“ ersetzt;
- e) Anhang A wurde ergänzt;
- f) „Erläuterungen“ wurden in Anhang A integriert;
- g) die Achsenbeschriftung in Bild A.5 wurde überarbeitet;
- h) das gesamte Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Begriffe und Benennungen für Kapillarviskosimeter zur Bestimmung von Fließkurven an Stoffen in flüssigem Zustand bei stationärer Scherströmung fest. Ferner werden Messverfahren für die Auswertung der Messungen und die Darstellung der Ergebnisse durch Fließkurven beschrieben.

Kapillarviskosimeter zur Bestimmung von Fließkurven werden — den verschiedenen Stoffklassen entsprechend — in sehr unterschiedlichen Viskositätsbereichen eingesetzt. Dies wirkt sich auch auf die Bauart aus. Insgesamt erstreckt sich der interessierende Viskositätsbereich etwa von 1^{-3} bis 10^6 Pa · s.

ANMERKUNG Die anwendbare Druckdifferenz kann mitunter durch die Druckabhängigkeit der Viskosität begrenzt werden. In manchen Fällen lässt sich der Anwendungsbereich durch Korrektionsverfahren etwas erweitern.

In einem gegebenen Messsystem lässt sich — bedingt durch die Bauart — die Schergeschwindigkeit im Allgemeinen in einem Verhältnis von etwa $1 : 10^3$ (in Sonderfällen bis $1 : 10^4$) variieren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1342-1, *Viskosität — Teil 1: Rheologische Begriffe*

DIN 1342-3, *Viskosität — Teil 3 — Nicht-newtonsche Flüssigkeiten*

DIN 12799, *Laborgeräte aus Glas — Allgebrauchs-Stabthermometer*

DIN 53014-2, *Viskosimetrie — Kapillarviskosimeter mit Kreis- und Rechteckquerschnitt zur Bestimmung von Fließkurven — Systematische Abweichungen, Ursachen und Korrektionen*

DIN EN 60584-1, *Thermoelemente — Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen*

DIN EN 60751, *Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Temperatursensoren*

VDE/VDI 3511, *Technische Temperaturmessungen*

3 Kurzbeschreibung der Verfahren

Bestimmung der Schergeschwindigkeit aus dem Volumenstrom und der Schubspannung aus dem Druckabfall längs der Kapillaren sowie der Fließkurve aus mehreren Wertepaaren von Volumenstrom und Druckabfall bei vorgegebener Geometrie.

Zwei Verfahren sind möglich:

Verfahren A Vorgegeben ist der Volumenstrom; bestimmt wird der zugehörige Wert des Druckabfalls längs der Kapillare.

Verfahren B Vorgegeben ist eine Druckdifferenz zwischen den Enden der Kapillare; bestimmt wird der zugehörige Volumenstrom.

4 Form und Werkstoffe der Kapillaren

4.1 Kapillaren mit Kreisquerschnitt (Kreiskapillaren)

Für Kapillaren mit Kreisquerschnitt $A_c = \pi \cdot R^2$ werden je nach Viskosität der zu untersuchenden Flüssigkeiten Kapillarenradien R zwischen 0,05 mm und 2 mm verwendet.

Die Kapillaren sind in der Regel austauschbar und bestehen vorwiegend aus nichtrostendem Stahl, Hartmetall oder Borosilikatglas 3.3 nach DIN ISO 3585.

Bei engen Kapillaren muss der effektive mittlere Radius indirekt bestimmt werden (siehe DIN 53014-2). Bei Radien $R > 0,5$ mm kann der Durchmesser mit geeigneten Innentastern an allen Stellen nachgemessen werden.

Bei genügend weiten Kapillaren sind für die zulässigen Abweichungen des Durchmessers vom Mittelwert δ_m und vom Sollwert δ_s Höchstwerte zu vereinbaren, wenn Messungen mit mehreren Kapillaren in eine Auswertung eingehen, z. B. ($\delta_m \leq 2R/100$ und $\delta_s \leq 2R/50$).

4.2 Kapillaren mit Rechteckquerschnitt (Schlitzkapillaren)

Aus vier ebenen Randflächen wird nach Bild 1 ein gerader, gedeckter Strömungskanal mit Rechteckquerschnitt $A_s = B \cdot H$ gebildet. Der Raum zwischen den Randflächen ist der Messschlitz, der Abstand der parallelen Randflächen in Richtung der Schergeschwindigkeit (y-Richtung) ist die Schlitzhöhe H . Der Schlitz wird durch ebenfalls parallele Seitenwände im Abstand B (Schlitzbreite) in der indifferenten x-Richtung begrenzt.

Die Abweichungen von der Planparallelität der Wände mit dem Abstand H und die Rautiefe ihrer Oberflächen muss weniger als $H/200$ betragen. Das den Schlitzkanal enthaltende Viskosimeterteil, die Messstrecke, wird zweckmäßig zweiteilig ausgebildet und besteht in der Regel aus nichtrostendem Stahl.

ANMERKUNG Für die theoretische Beschreibung werden üblicherweise Schergeschwindigkeiten nur in y-Richtung, nicht aber in x-Richtung zugelassen. Das bedeutet eine Verletzung der Randbedingung der Wandhaftung an den Seitenflächen in x-Richtung. Der hierdurch entstehende Auswertungsfehler kann durch große Werte des Quotienten B/H (wenigstens 10) klein gehalten werden. Gebräuchlich sind Schlitzhöhen zwischen 0,2 mm und 1 mm bei Schlitzbreiten von 10 mm bis 20 mm.

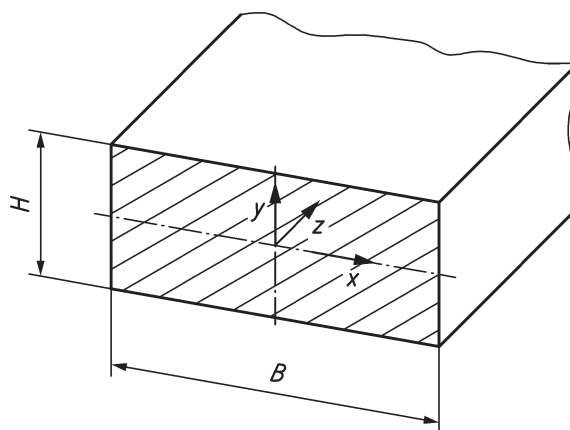


Bild 1 — Koordinatensystem der Schlitzströmung

4.3 Maße der Kapillaren

Die **geometrische Länge** der Kapillare wird mit L' bezeichnet. Ihr zugeordnet ist die **Gesamt-Druckdifferenz** $\Delta p'$ in der Flüssigkeit unmittelbar vor und hinter der Kapillare.

Die **Messlänge** L der Kapillare ist die Länge der **Messstrecke**, auf der der Druck um die **Wirk-Druckdifferenz** Δp abfällt. Messlänge L und Wirk-Druckdifferenz Δp gehen in die Auswertebeziehungen ein. Bei Anwendung von Drucksonden in Anbohrungen der Kapillare senkrecht zu ihrer Achse (häufig bei Schlitzkapillaren) gilt $L < L'$ und $\Delta p < \Delta p'$. Das Verhältnis $L'/2 \cdot R$ bzw. L'/H sollte möglichst zwischen 5 und 100 liegen.

ANMERKUNG 1 Messeinrichtungen, für die $L = L'$ und $\Delta p = \Delta p'$ gilt, erfordern im Allgemeinen größere Korrekturen (insbesondere Berücksichtigung des Einlauf-Druckverlusts siehe DIN 53014-2).

ANMERKUNG 2 Für das Abschätzen der Reibungserwärmung ist in jedem Fall die Gesamt-Druckdifferenz $\Delta p'$, für die mittlere Verweilzeit der Flüssigkeit in der Kapillarströmung die geometrische Länge L' maßgebend.

5 Bauform für die Messeinrichtungen

5.1 Viskosimeter mit Kolbenantrieb

Die Vorlage, d. h. das Vorratsgefäß für die Flüssigkeit vor der Messstrecke, ist ein Zylinder mit einem dicht schließenden Kolben. Der Volumenstrom Q wird durch die Vorschubgeschwindigkeit v_K des Kolbens eingestellt und nach Gleichung (1) bestimmt.

$$Q = \pi \cdot R_K^2 \cdot v_K \quad (1)$$

In Gleichung (1) ist R_K der Zylinderradius. v_K wird entweder durch Abtasten bestimmt (z. B. bei hydraulischem Kolbenantrieb) oder bei einem Spindeltrieb aus der geregelten Drehzahl des Antriebsmotors berechnet.

ANMERKUNG 1 Bei Viskosimetern mit Kolbenantrieb wird häufig der Volumenstrom Q vorgegeben (Messverfahren A), doch lässt sich mitunter nach Messverfahren B die Druckdifferenz vorgeben (durch Regeleinrichtungen oder durch Erzeugen der Kraft am Kolben durch Gewichtsstücke, siehe Abschnitt 6). Der Kolbenantrieb eignet sich auch für eine stetige Veränderung des Volumenstroms.

ANMERKUNG 2 In besonderen Fällen (etwa aus Gründen der Materialverträglichkeit) kann der Kolben auf eine Hilfsflüssigkeit wirken, die durch eine entspannt bleibende Membran von der Flüssigkeit getrennt ist, deren Fließkurve bestimmt wird (indirekter Kolbenantrieb).

5.2 Viskosimeter mit Doppelkolbenantrieb

Das Viskosimeter besitzt an beiden Kapillarenenden eine Vorlage mit Kolben. Die Kolben arbeiten gegenseitig synchron.

ANMERKUNG Zweck dieser Einrichtung ist es, wiederholt Messungen an einer Vorlagenfüllung durchzuführen sowie durch Einstellen eines Gegendruckes Fließkurven unter verschiedenen isotropen Drücken aufzunehmen.

5.3 Viskosimeter mit direktem Gasdruck-Antrieb

In Viskosimetern mit direktem Gasdruck-Antrieb kommt für die Erzeugung der Druckdifferenz nur ein Überdruck vor dem Kapillareneingang in Betracht, während hinter dem Kapillarenausgang der Umgebungsdruck herrscht.

Das Viskosimeter benötigt vor oder hinter der Kapillare einen Verschluss, der in voll geöffnetem Zustand keinen wesentlichen Druckverlust bedingt.

Die Flüssigkeit, deren Fließkurve bestimmt werden soll, füllt die Vorlage nicht vollständig. Über ihrer freien Oberfläche wird ein Überdruck durch ein inertes Gas aus einem Druckbehälter über eine geeignete Regelvorrichtung erzeugt. Die Vorlage muss mit den für das Arbeiten mit hohen Gasüberdrücken üblichen Sicherheitsvorrichtungen versehen sein.

Nach dem Aufbringen des Gasüberdrucks oder seiner Änderung muss gewartet werden, bis die durch adiabate Kompression oder Entspannung verursachte Temperaturänderung durch die Temperiereinrichtung (siehe Abschnitt 8) beseitigt ist. Dabei ist auch der Gasdruck etwas nachzuregeln.

Um insbesondere bei hochviskosen Flüssigkeiten eine gleichmäßige Entleerung der Vorlage zu erreichen, können aufschwimmende Verdrängungskörper (Scheiben oder Kugeln) benutzt werden.

5.4 Viskosimeter mit indirektem Gasdruck-Antrieb

Der Teil der Flüssigkeit, der zur Messung verwendet wird, wird durch eine flexible, entspannt bleibende Membran von dem Teil der Flüssigkeit getrennt, der mit dem Gas in Berührung kommt. Auch für diese Viskosimeter gelten die Festlegungen nach 5.3.

ANMERKUNG 1 Ein aufschwimmender Verdrängungskörper kann mitunter das Lösen des Druckgases in der Probe hinreichend verzögern.

ANMERKUNG 2 Viskosimeter mit Gasdruck-Antrieb sind für das Messverfahren B ausgelegt.

5.5 Viskosimeter mit Fördereinrichtungen

Bei diesen Messeinrichtungen wird keine vorgegebene Probemenge vor der Messung in die Vorlage gefüllt, sondern eine Fördervorrichtung saugt ständig Flüssigkeit an und drückt sie (nach einer Einlaufstrecke) durch die Kapillare. Die Messeinrichtungen können für das Verfahren A oder B oder auch wahlweise für beide ausgelegt sein.

5.5.1 Pumpenantrieb

Der Volumenstrom Q wird durch kalibrierte Zahnrad- oder Drehkolbenpumpen (auch Membran- oder Kolbenpumpen mit Puffervolumen) erzeugt.

ANMERKUNG Im Prinzip ist der Volumenstrom vorgegeben, so dass es sich um das Verfahren A handeln sollte. Wegen des möglichen Dauerbetriebs lässt sich aber auch eine gewünschte Wirk-Druckdifferenz Δp einstellen und die dazu notwendige Förderleistung der Pumpe als abhängige Variable ansehen.

5.5.2 Schneckenantrieb

Der Überdruck wird durch einen Schneckenextruder erzeugt.

5.5.3 Nicht-isotherme Förderung

Befindet sich die Flüssigkeit innerhalb der Fördervorrichtung auf einer Temperatur ϑ_f , die von der Mess- bzw. Vorlagentemperatur ϑ_m verschieden ist, so ist Gleichung (2) anzuwenden

$$Q_m = 1 + \alpha_v \cdot (\vartheta_m - \vartheta_f) \cdot Q_f \quad (2)$$

Dabei ist

Q_m Volumenstrom in der Messstrecke;

Q_f Volumenstrom in der Fördervorrichtung;

ϑ_m Messtemperatur;

ϑ_f Temperatur der Flüssigkeit in der Fördervorrichtung;

α_v Volumenausdehnungskoeffizient der Flüssigkeit.

ANMERKUNG Die Messeinrichtungen nach 5.5 werden auch für Betriebsmessungen bei großen Probemengen verwendet, z. B. im Nebenschluss zur laufenden Produktkontrolle. Ausnahmen davon finden sich bei den Pumpenantrieben nach 5.5.1, wenn klein dimensionierte Pumpen die Flüssigkeit im Kreislauf fördern.

5.6 Einstellzeit

Die Einstellzeit ist die Zeitspanne vom Einschalten des Messvorgangs bis zur Annäherung der Messanzeige auf etwa 3 % an den stationären Endzustand.

ANMERKUNG 1 Diese Einstellzeit ist für die Messeinrichtung typisch. Durch besondere Stoffeigenschaften der zu prüfenden Flüssigkeit können längere Zeiten und/oder größere Schwankungen auftreten.

Für Messeinrichtungen nach 5.1 oder 5.2 wird die Einstellzeit in der Regel durch die Ausbildung der Druckdifferenz oder die Trägheit der Druckanzeige bestimmt. Für Messeinrichtungen der Bauform nach 5.3 oder 5.4 ist meistens die Zeit für das volle Öffnen der Einrichtung zum Kapillarenabschluss wesentlich. Komplizierter sind die Verhältnisse bei Viskosimetern mit Pumpen- und Schneckenantrieb nach 5.5.

ANMERKUNG 2 Bei Messeinrichtungen mit fest vorgegebener Probemenge in der Vorlage ist die Einstellzeit mitentscheidend dafür, wieviel Messpunkte der Fließkurve mit einer Vorlagenfüllung aufgenommen werden können. Für Anordnungen nach 5.5 ist die Einstellzeit in dieser Hinsicht nicht kritisch. Beim Registrieren von Fließkurven richtet sich die maximal zulässige Änderungsgeschwindigkeit der Druckdifferenz Δp bzw. des Volumenstroms Q nach der Einstellzeit.

6 Messung der Wirk-Druckdifferenz

6.1 Messgeräte

Es werden Druckmessgeräte mit Rohrfeder (Druckmessgeräte Klasse 0,1, endwertbelastbar) oder gleichwertige Druckaufnehmer z. B. auf induktiver, kapazitiver oder resistiver Grundlage eingesetzt. Diese Druckmessgeräte sollten kalibriert sein.

ANMERKUNG Welche der verfügbaren Druckmessgeräte anwendbar sind, wird auch durch die rheologischen und chemischen Eigenschaften der zu prüfenden Flüssigkeit bestimmt.

6.2 Bestimmung der Wirk-Druckdifferenz innerhalb der Kapillare

Es sind immer mindestens 2 gleichartige Messstellen erforderlich. Die Messstellen sind so weit von den Enden der Kapillare entfernt, dass die materiell stationäre Schichtenströmung (en: viscometric flow) voll ausgebildet ist. Die Wirk-Druckdifferenz Δp kann nach zwei Verfahren bestimmt werden.

- a) Durch Anbohren der Messstrecke und Anschließen eines Druckmesskanals (en: pressure hole); in diesem Fall ist der Bohrungsdurchmesser so klein zu wählen, dass die Messstelle als angenähert punktförmig gelten kann (siehe DIN 53014-2). Der Druck wird im Druckmesskanal zum Messgerät weitergeleitet, gegebenenfalls unter Zwischenschalten einer Übertragerflüssigkeit, die mit der zu prüfenden Flüssigkeit verträglich, aber nicht mischbar ist.
- b) Mit Hilfe von elektronischen Membrandruckaufnehmern, deren Membranfläche mit der Schlitzfläche abschließt.

ANMERKUNG Die Druckmessverfahren nach Aufzählung a) sind gebräuchlicher und leichter zu realisieren. Im Allgemeinen ist die Einstellzeit für die Druckmesseinrichtung nach Aufzählung a) größer als für die nach Aufzählung b).