M 21-2 Gesetz von Hagen und Poiseuille

1 Aufgabenstellung

1.1 Die Abhängigkeit der Wasserhöhe h in einem Vorratsrohr von der Zeit t des Abflusses durch eine Kapillare ist mehrfach aufzunehmen und graphisch darzustellen.

1.2 Die funktionalen Abhängigkeiten $\ln |h - h_\infty| = f(t)$ sind graphisch darzustellen, die Zeitkonstante τ des Niveauausgleichs ist durch lineare Regression zu bestimmen. Daraus ist mit Hilfe des Gesetzes von Hagen und Poiseuille der Radius der Kapillare zu berechnen.

1.3 Die Reynoldsschen Zahlen *Re* und die Widerstandsbeiwerte w des Kapillarrohres sind für 10 unterschiedliche Messzeitpunkte zu berechnen und als w = f (*Re*) doppeltlogarithmisch graphisch darzustellen; der Bereich laminarer Strömung ist zu bestimmen.

2 Literatur

2.1 Ilberg, W., Krötzsch, M., Geschke, D. — Physikalisches Praktikum, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, Leipzig, 10. Auflage 1994, S. 85 - 86, 92 - 93

2.2 Walcher, W. — Praktikum der Physik, B. G. Teubner Stuttgart, 7. Auflage 1994, S. 79 - 83

2.3 Stroppe, H. — Physik, Fachbuchverlag Leipzig, Köln, 9. Auflage 1992, S. 128 - 132

3 Hinweise zum Versuch

3.1 Die Versuchsanordnung besteht aus 2 gleichen vertikal montierten Vorratsrohren vom Innendurchmesser d = 12,5 mm, die durch ein Kapillarrohr der Länge l = 0.61 m und ein durch einen Hahn verschließbares Ausgleichsrohr miteinander verbunden sind. Nach Messung der Flüssigkeitshöhe h_∞ bei geöffnetem Hahn im Ausgleichsrohr (Niveauausgleich) wird die Flüssigkeit mittels Druckballs über das Ausgleichsrohr in das mit einer Längenskale versehene Vorratsrohr gedrückt, so dass ein möglichst großer Niveauunterschied entsteht. Anschließend wird der Hahn im Ausgleichsrohr geschlossen und die infolge Abfließens durch die Kapillare abnehmende Flüssigkeitshöhe h in Zeitintervallen von 60 s registriert. Die Messung wird beendet, wenn sich der Niveauunterschied auf etwa 1/4 seines Anfangswertes verringert hat (nach 20 bis 30 min).

3.2 Die Zeitkonstante τ der bei laminarer Strömung exponentiellen Abnahme der Flüssigkeitshöhe h ist aus dem Gesetz von Hagen und Poiseuille herzuleiten und aus den Messergebnissen von 1.1 durch lineare Regression zu bestimmen. Vergleich liefert den Radius der Kapillare. Die Dichte von Wasser ist ρ = 0,998 g/cm³, die Viskosität η bei Raumtemperatur ist nebenstehender Tabelle oder der Graphik im Praktikumsraum zu entnehmen; die Raumtemperatur ist zu messen. Auf Korrekturen der Ein- und Auslaufeffekte der Kapillare wird verzichtet.

ϑ in °C	η in mPa·s
18	1,053
19	1,027
20	1,002
21	0,978
22	0,955
23	0,933
24	0,911
25	0,890
26	0,871

3.3 Die Reynoldsschen Zahlen *Re* und die Widerstandsbeiwerte w werden unter Benutzung der (zeitabhängigen) Anstiege einer der Kurven h = f (t) in 1.1 ermittelt. Laminare Strömung liegt vor, wenn der Graph w = f (*Re*) in doppeltlogarithmischer Darstellung annähernd linear verläuft. Der Anstieg sollte $\approx (-1)$, der Schnittpunkt mit der w-Achse $\approx \ln 8$ sein (Begründung!).

Anmerkung: Bei Kenntnis des Kapillarradius kann die Viskosität einer Flüssigkeit bestimmt werden (Prinzip des Kapillarviskosimeters).

4 Zugeordnete Themenkomplexe

Strömung idealer Flüssigkeiten; Bernoullische Gleichung
Strömung realer Flüssigkeiten, Newtonsches Reibungsgesetz
Viskosität: Einheit, Messung, Temperaturabhängigkeit