

Übungen zur Vorlesung Physik für Ingenieure I  
Prof. Dr. K. Roßnagel, WS 2021/22  
Blatt 4 – zu bearbeiten bis zum 23.11.2021

1. Die SI-Einheit für die Größe Kraft  $F$  ist ein Newton

$$[F] = 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}.$$

Reibungskräfte treten auf zwischen a) Festkörpern:

$$F = \mu F_N,$$

mit der Normalkraft  $F_N$ , b) bei laminarer Strömung eines Fluids zwischen zwei Flächen der Größe  $A$  und Abstand  $d$ :

$$F = \eta \frac{vA}{d},$$

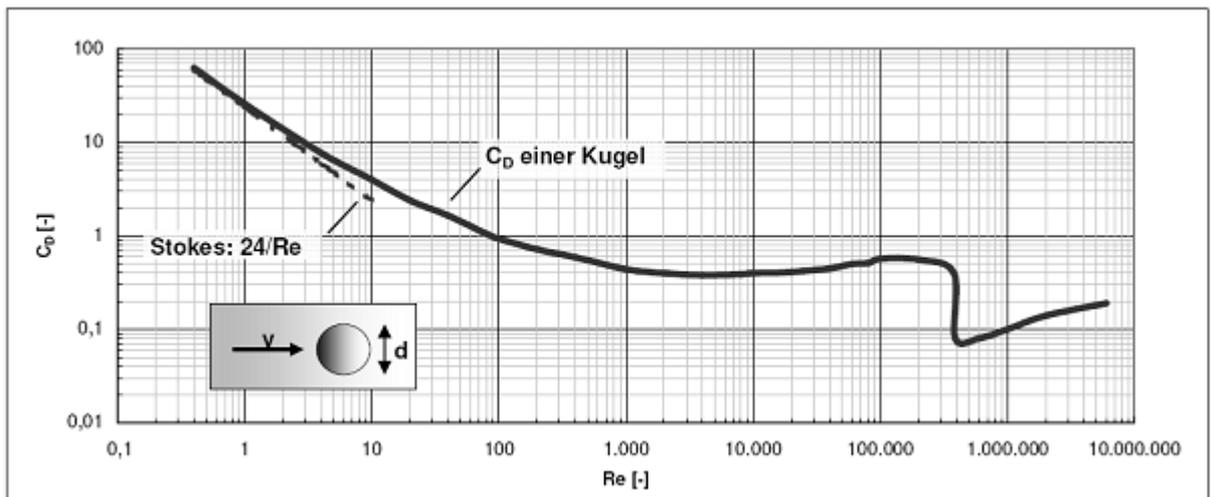
wenn die Flächen mit der Relativgeschwindigkeit  $v$  bewegt werden, und c) bei turbulenten Strömungen skaliert die Reibung mit der Geschwindigkeit  $v$  wie

$$F = cv^2.$$

Welche SI-Einheiten haben die Konstanten  $\mu$ ,  $\eta$  und  $c$ ?

Hinweis: die Konstante  $c$  setzt sich zusammen aus der Referenzfläche  $A$ , der Dichte  $\rho$  und dem dimensionslosen Strömungswiderstandskoeffizienten  $c_w$ ,

$$F = \frac{1}{2} c_w A \rho v^2.$$



<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kugel-Reynolds.png>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B6mungswiderstandskoeffizient>

2. Aus einem Stahlblech von 1 cm Dicke wurde nach dieser Zeichnung ein Werkstück ausgefräst. Die Dichte von Stahl ist  $\rho = 7,86 \text{ g/cm}^3$ . Die Bemaßung ist in Millimetern. Bestimmen Sie durch Integration die Masse und den Schwerpunkt dieses Werkstückes. Vernachlässigen Sie zunächst die Bohrungen.

Die Masse ergibt sich aus dem Integral (Nulltes Moment) der Masseverteilung  $\rho(\vec{r})$ :

$$m = \int_V d^3V \rho(\vec{r}).$$

Der Schwerpunkt ist das normierte erste Moment der Masseverteilung  $\rho(\vec{r})$

$$\vec{S} = \frac{1}{M} \int_V d^3V \rho(\vec{r}) \vec{r}.$$

Bei Aufgaben dieser Art besteht die Schwierigkeit in der Bestimmung der Integrationsgrenzen. In kartesischen Koordinaten ergibt sich zum Beispiel

$$m = \int_0^{100 \text{ mm}} dx \int_0^{y_1(x)} dy \int_0^{10 \text{ mm}} dz \rho,$$

wobei  $y_1(x)$  die obere Kontur des Werkstückes nachzeichnet.

Es gibt aber andere Möglichkeiten, dieses Volumenintegral zu formulieren. Am einfachsten ist vielleicht die Superposition von zwei Integralen, wobei eins davon in Polarkoordinaten gerechnet wird.

Korrigieren Sie Ihre Ergebnisse um den Beitrag der Bohrungen.

Diskutieren Sie die Begriffe *Linearität* und *Superposition* im Zusammenhang mit Integralen, sowie den Begriff der *Momente von Verteilungen*.

