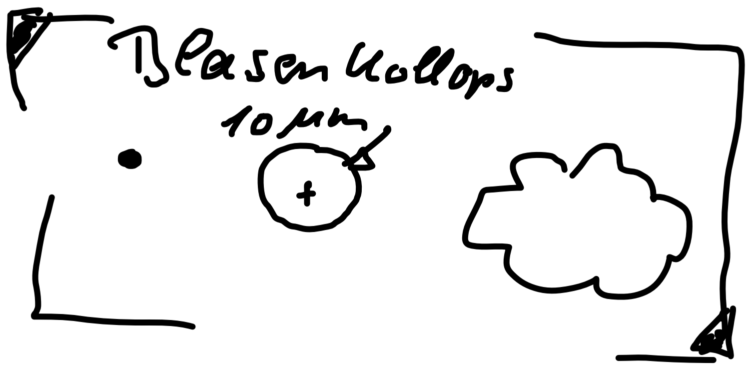
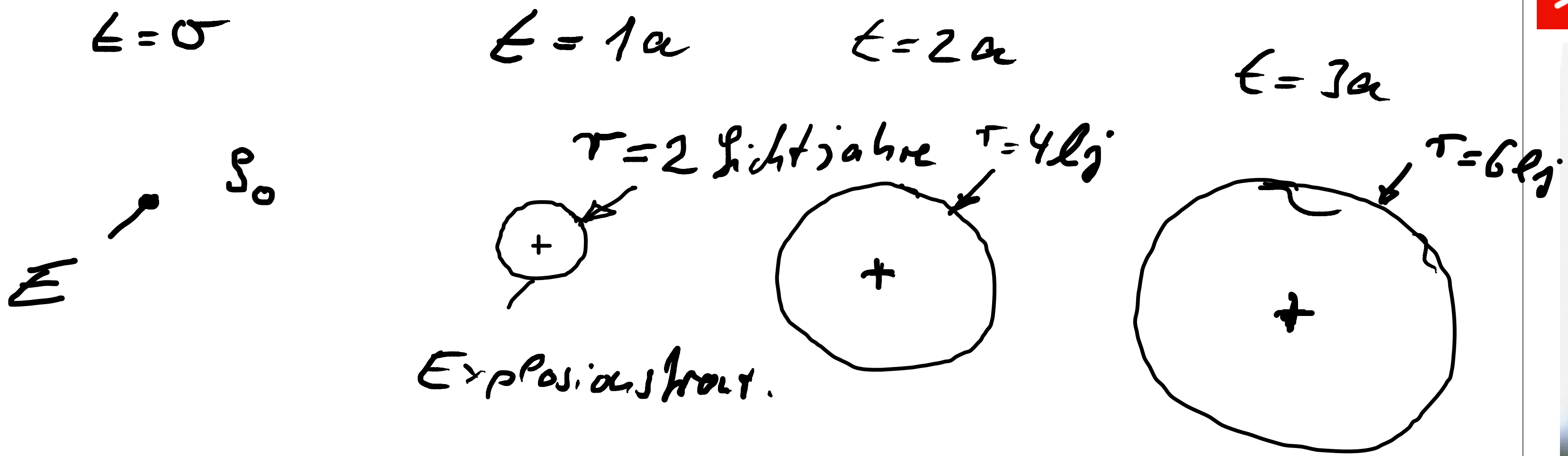
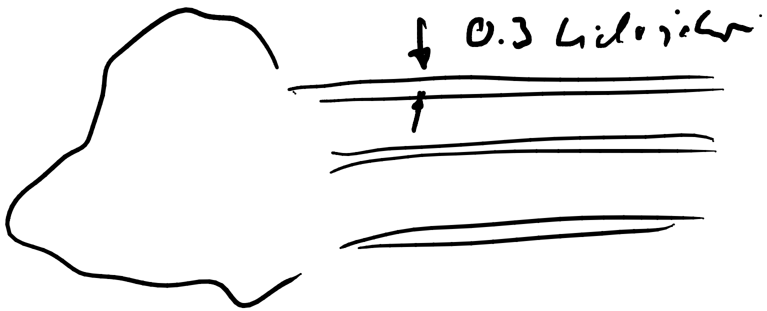
Einführung

Dimensionsanalyse





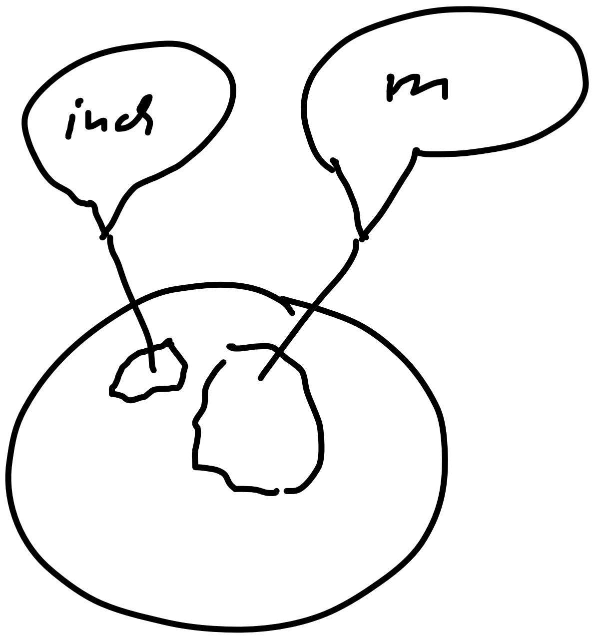


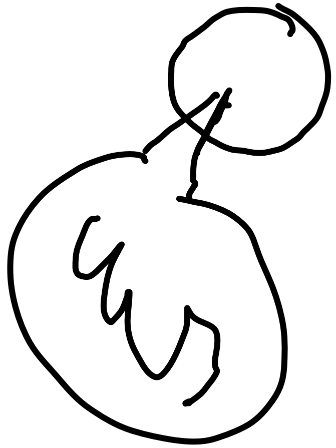
mm, cm, inch, m, Lichtjahre (lj)

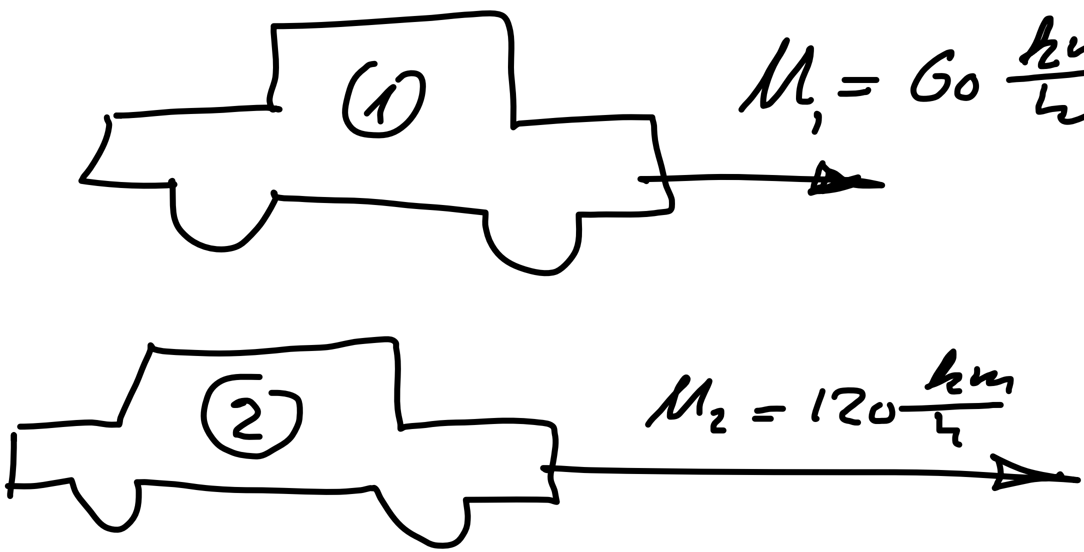
Basiseinheit vom Typ

Länge z.B Radius r

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4







$$u_1 = 60\,\frac{km}{h}$$

$$u_2 = 120\,\frac{km}{h}$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 4

Auto 2 ist doppelt so schnell wie Auto 1
ist eine relative Aussage.

Aussage ist unabhängig (invariant gegenüber Änderung des Maßsystem) vom Maßsystems.

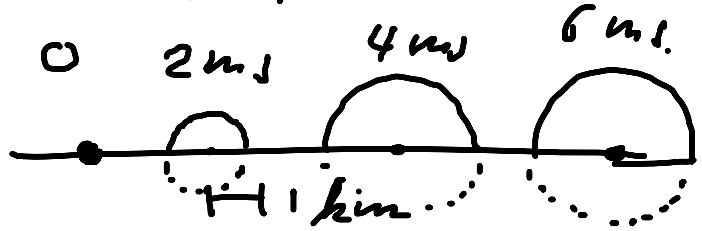
Bridgman Postulat

Absolute Bedeutung relativer Größen

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

G.I. Taylor — Sedov — von Neumann

GB — UdSSR — USA



$E \quad \rho_0$

r_0

$+\rho_i$

1. Schritt: Liste der Abhängigkeiten.

$$r = fn(t, E, \rho_0, \rho_i, r_0) \quad (1)$$

$\{r\} = m$

Verabreden: Alle Terme in (1) haben die gleiche Dimension, d.h. (1) ist dimensionshomogen.

(⇝ Dimensionskontrolle.)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4

Tip: Die Liste der Abhängigkeiten sollte so klein wie möglich sein, aber nicht kleiner

$$\left.\begin{aligned} \frac{\tau_0}{\tau} &\to \sigma \\ \frac{\rho_i}{\rho_0} &\to \sigma \end{aligned}\right\} \underline{\text{Abstraktionsschritt.}}$$

$$\tau = \mathrm{fn}(t, E, \rho_0)$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

2. Schritt: Wahl des Basisgrößensystems

mm, μm, ... sind von der Basisgröße Länge L

sec, d, a, ... sind von der Basisgröße Zeit T

kg, g, ... Masse M

N, ... Kraft F

K, ... Temperatur Θ

⋮ ⋮ ⋮

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4

Tipp: • Wenn das Problem ein dynamischen Problem ist

M oder F

• Bei einem klassisch rein mechanisch-dynamisch Problem

[L M T] oder [F L T].

{m kg sec} {N m sec}

• Bei einem statisch Problem

[F L]

{N sec}

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbo-maschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 4

[LMT]-System ist für die starke Explosion passend.

3. Schritt Überlegen der Einheit / Basisgröße der unterschiedlichen Größe.

Tip: Wenn Sie es nicht wissen, dann denken Sie an die Definition.

z.B. $\{\eta\} = ?$ dynamische Viskosität

$$\tau = \eta \dot{\gamma}$$

$$\leadsto \{\eta\} = \left\{\frac{\tau}{\dot{\gamma}}\right\} = \frac{\mathrm{Pa}}{\frac{1}{\mathrm{sec}}} = \mathrm{Pa\,sec}.$$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

$$\{D\} = ?$$

- Molekularer Diffusionskoeff.

$$\vec{j} = -D\,\nabla c$$

Ficksche Gesetz

$$\frac{\text{mol}}{\text{m}^2\,\text{sec}} \qquad \frac{1}{\text{m}} \qquad \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$\rightsquigarrow \{D\} = \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$$

$$\tau = fn(E,\ t,\ \rho_0)$$

$$\begin{array}{cccc} \| & \| & \| & \| \\ m & \dfrac{kg\, m^2}{sec^2} & sec & \dfrac{kg}{m^3} \\ \| & \| & \| & \| \\ L^1 & \dfrac{M^1 L^2}{T^2} & T^1 & \dfrac{M^1}{L^3} \end{array}$$

Einheitensystem

Größensystem.

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011

Grundlagen der Turbo-maschinen und Fluidsysteme

Vorlesung 4

4. Schritt

Bilden von Produktion

$$r = \mathrm{fn}\left(\frac{E}{\rho_0},\ t,\ \cancel{\rho_0}\right)$$

r: m ; $\frac{E}{\rho_0}$: $\frac{m^5}{sec^2}$; t: sec ; ρ_0: $\frac{kg}{m^3}$

Widerspruch !!!!

$$\rho_0 = 1\ \frac{kg}{m^3} = 10^3\ \frac{g}{m^3}$$

2. Vereinbarung

$\boxed{\text{Wir rechnen nur mit den Maßzahlen.}}$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4

$$\tau = f_n\left(\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}, \cancel{\epsilon}\right)$$

τ = m, $\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}$ = m^5, ϵ = sec.

$$\tau = f_n\left(\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}\right)$$

τ = m, $\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}$ = m^5

$5 * 1\,m = 5 * 10\,dm$ $\qquad 7.3\,m^5 = 7.3\;10^5\,dm^5$

$$\underbrace{\frac{\tau^5 \rho_0}{E\epsilon^2}}_{=1} = f_n\left(\cancel{\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}}\right) = \text{const.}$$

dimensionslose Konstante.

$\frac{E\epsilon^2}{\rho_0}$ = m^5

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz
Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4

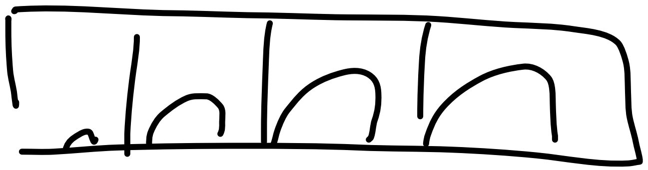
Ein dimensionsloses Produkt

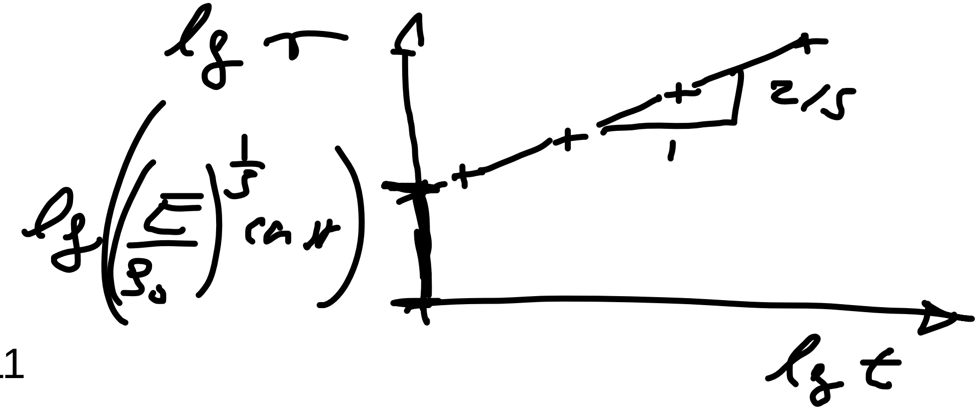
$$\frac{r^5 \rho_0}{E\, t^2} = const.$$

Taylor:

$$r = t^{2/5} \left(\frac{E}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{5}} const.$$

Sedov





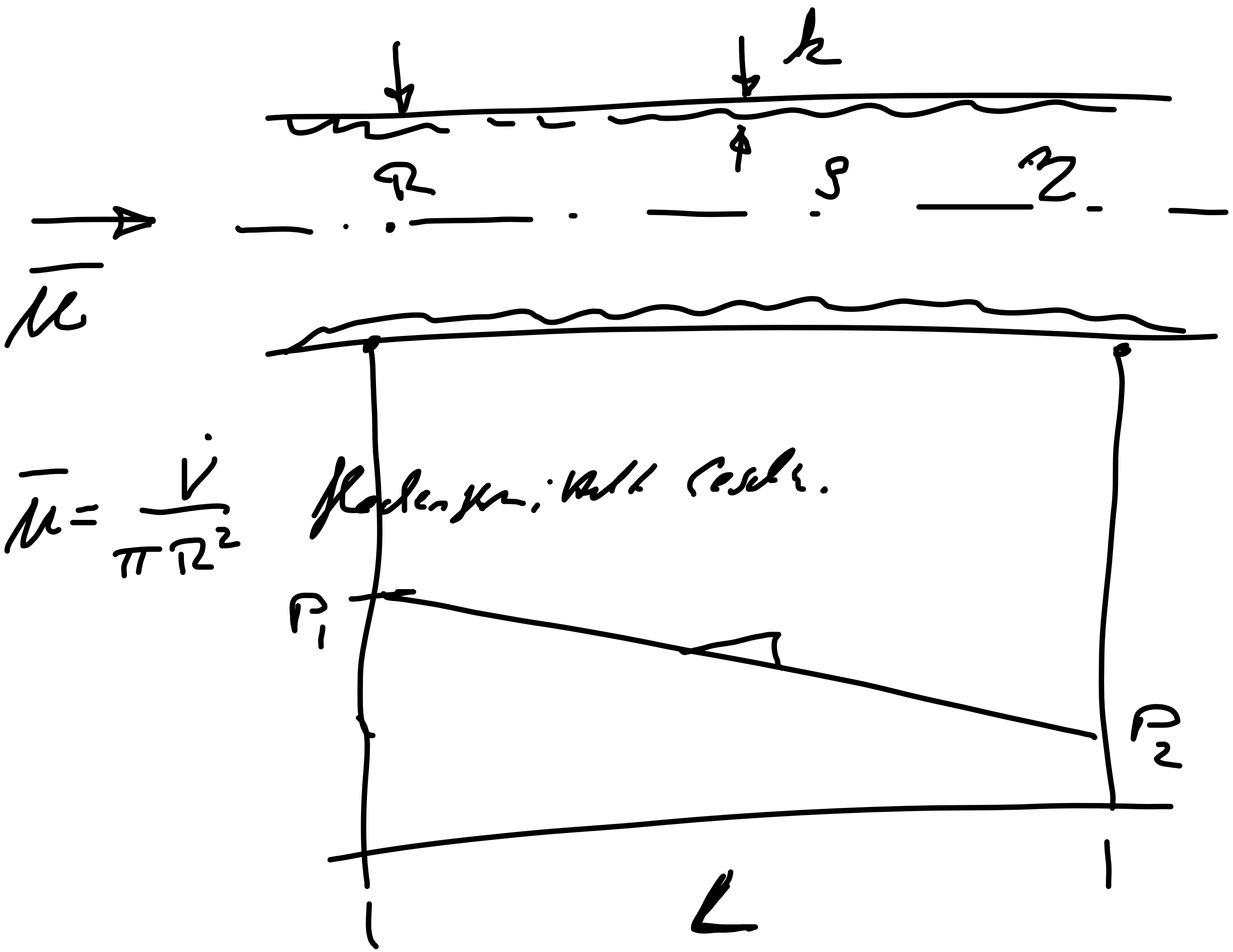
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

Sommersemester 2011
Grundlagen der Turbomaschinen und Fluidsysteme
Vorlesung 4

Beispiel für zwei dimensionslose Produkte.



$\bar{u} = \frac{\dot{V}}{\pi R^2}$ flächengemittelte Geschw.

$\frac{p_1 - p_2}{L} = ?$

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz

$$\frac{L}{T} = L^{1} T^{-1} M^{0}$$

$$\frac{\Delta p}{L} = f_L(\bar{u}, R, k, \rho, \eta) \qquad \left[\frac{\Delta p}{L}\right] = \frac{M \cancel{L}}{T^2 L^2}$$

[LMT] – System, da Fundament auf beidseitig und soll.

	$\frac{\Delta p}{L}$	$\bar{u}$	R	k	ρ	η
L	-2	1	1	1	-3	-1
M	1	0	0	0	1	1
T	-2	-1	0	0	0	-1

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

FLUID SYSTEM TECHNIK

Prof. Dr. Ing. Peter Pelz