



Formelsammlung zum Physik-Praktikum

Größen und Einheiten

- Physikalische Größe:

$$G = \{G\} \cdot [G] \quad , \quad G - \text{Größe} \quad , \quad \{G\} - \text{Zahlenwert} \quad , \quad [G] - \text{Einheit}$$

- Einheitenvorsätze:

Name	Giga	Mega	Kilo	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Pico
Zeichen	G	M	k	c	m	μ	n	p
Wert	10^{+9}	10^{+6}	10^{+3}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

Dimensionsanalyse

- Einflussfunktion (mit Einheiten):

$$Y = \mathcal{F}(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad , \quad X_n - \text{Einflussgrößen} \quad , \quad Y - \text{abhängige Größe}$$

- Kennzahlenfunktion (ohne Einheiten/dimensionslos):

$$A = \mathcal{K}(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_P) \quad , \quad \Pi_p - \text{Parameter} \quad , \quad A - \text{abhängige Kennzahl}$$

Π_p – dimensionslose Potenzprodukte von $X_1, X_2, \dots, X_N$

A – dimensionsloses Potenzprodukt von $Y, X_1, X_2, \dots, X_N$

- Pi-Theorem:

Anzahl der Einflussgrößen: N

Anzahl der natürlichen Basiseinheiten: M

(nach Elimination der SI-Basiseinheiten)

$$\Rightarrow \text{Anzahl der dimensionslosen Parameter: } P = N - M$$

- Beispiel: Luftwiderstand einer Kugel

$$F = \mathcal{F}(d, v, \rho, \nu) \quad , \quad [F] = \text{kg m s}^{-2} \quad , \quad [d] = \text{m} \quad , \quad [v] = \text{m s}^{-1} \quad , \quad [\rho] = \text{kg m}^{-3} \quad , \quad [\nu] = \text{m}^2 \text{s}^{-1}$$

$$N = 4 \quad , \quad M = 3 \quad \Rightarrow \quad P = 1 \quad \Rightarrow \quad A = \frac{F}{\rho d^2 v^2} \quad , \quad \Pi_1 = \frac{\nu}{v d} \quad \Rightarrow \quad \frac{F}{\rho d^2 v^2} = \mathcal{K}\left(\frac{\nu}{v d}\right)$$

Messabweichungen

- Wahrer Wert:

$$X = X_M \pm \Delta X, \quad X_M - \text{Messwert}, \quad \Delta X - \text{absolute Abweichung}$$

- Relative Abweichung:

$$\delta X = \Delta X / X_M$$

Fehlerfortpflanzung

- Allgemeines Fehlerfortpflanzungsgesetz für die maximale absolute Abweichung:

$$Z = \mathcal{F}(X, Y), \quad \Delta Z = \left| \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial X} \right|_{\substack{X=X_M \\ Y=Y_M}} \cdot \Delta X + \left| \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial Y} \right|_{\substack{X=X_M \\ Y=Y_M}} \cdot \Delta Y$$

- Addition und Subtraktion:

$$Z = X + Y \text{ oder } Z = X - Y$$

$$\Rightarrow \text{Addition der absoluten Abweichungen: } \Delta Z = \Delta X + \Delta Y$$

- Multiplikation und Division:

$$Z = X \cdot Y \text{ oder } Z = X / Y$$

$$\Rightarrow \text{Addition der relativen Abweichungen: } \delta Z = \delta X + \delta Y$$

- Potenz $Z = X^n$: $\delta Z = |n| \delta X$

- Allgemeines Fehlerfortpflanzungsgesetz für die wahrscheinliche absolute Abweichung:

$$Z = \mathcal{F}(X, Y), \quad \Delta Z = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial X} \right)_{\substack{X=X_M \\ Y=Y_M}} \right)^2 \cdot (\Delta X)^2 + \left(\left(\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial Y} \right)_{\substack{X=X_M \\ Y=Y_M}} \right)^2 \cdot (\Delta Y)^2}$$

Statistische Größen

- Mittelwert von N Messwerten X_n :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N X_n$$

- Standardabweichung von N Messwerten X_n :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}$$

oder

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{n=1}^N (X_n)^2 - N (\bar{X})^2 \right)}$$

- Wahrscheinliche Abweichung des Mittelwertes $\bar{X}$:

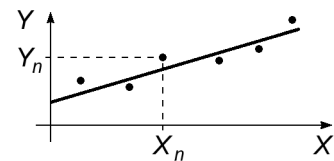
$$\Delta \bar{X} = \sigma / \sqrt{N}$$

- Regressionsgerade $Y = aX + b$ durch N Messpunkte (X_n, Y_n) :

$$a = \left(\sum_{n=1}^N X_n Y_n - N \bar{X} \bar{Y} \right) / \left(\sum_{n=1}^N X_n^2 - N \bar{X}^2 \right)$$

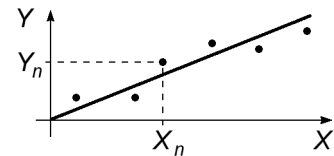
$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N X_n, \quad \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Y_n$$

$$b = \bar{Y} - a \bar{X}$$



- Regressionsgerade $Y = aX$ durch $(0, 0)$ und N Messpunkte (X_n, Y_n) :

$$a = \left(\sum_{n=1}^N X_n Y_n \right) / \left(\sum_{n=1}^N X_n^2 \right)$$



Logarithmische Darstellungen

- Exponential- und Logarithmusfunktionen ($x > 0$, $a > 0$):

$$y = \log_a(x) \Leftrightarrow x = a^y$$

- Besondere Logarithmusfunktionen:

Dekadischer Logarithmus: $\lg(x) = \log_{10}(x)$ (auf dem Taschenrechner $\lg = \log$)

Natürlicher Logarithmus: $\ln(x) = \log_e(x)$

- Rechnen mit Logarithmen (log – beliebige Logarithmusfunktion):

$$\log(1) = 0$$

$$\log(x \cdot z) = \log(x) + \log(z)$$

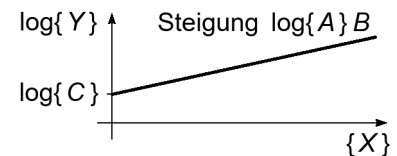
$$\log(x/z) = \log(x) - \log(z)$$

$$\log(x^m) = m \cdot \log(x)$$

- Exponentialfunktion zwischen physikalischen Größen
in einfach-logarithmischer Darstellung:

$$Y = C A^{B \cdot X} \Rightarrow \log\{Y\} = \log\{A\} B \cdot \{X\} + \log\{C\}$$

Gerade mit Steigung $\log\{A\} B$ und Achsenabschnitt $\log\{C\}$



- Potenzfunktion zwischen physikalischen Größen
in doppelt-logarithmischer Darstellung:

$$Y = C X^m \Rightarrow \log\{Y\} = m \cdot \log\{X\} + \log\{C\}$$

Gerade mit Steigung m und Achsenabschnitt $\log\{C\}$

