

## Näherungsweise Berechnung der maximalen Steigfähigkeit bei einem Kraftfahrzeug (Kfz.) beispielsweise bei einem Elektromobil

**Die Steigfähigkeit eines Kfz. ist gekennzeichnet durch das Vermögen eine Steigung zu bezwingen.**

Die maximale Steigfähigkeit bei einem Elektromobil ist unter anderem eine Funktion des **Innenwiderstands** und der **Temperatur** des Akkumulators. Weiterhin ist diese bspw. abhängig von der Über- oder Untersetzung, Leistung des Antriebs, dem Schwerpunkt des Kfz., dem örtlichen Wert der Fallbeschleunigung  $g$  und dem zugehörigen Reibungskoeffizienten.

### **Ansatz:**

Die Kraft zum Beschleunigen des Kfz. -  $F_B$  - muss größer sein als die Summe aus **Hangabtriebskraft  $F_H$** , der **Rollwiderstandskraft  $F_R$**  und **Fahrwiderstandskraft  $F_W$** . In der Ebene beträgt folglich  $F_H = 0$  N.

Zum Ermitteln von  $F_B$  ist Gesamtmasse des Kfz -  $m_g$  - und die Beschleunigung  $a$  bspw. von 0 auf 20 km/h notwendig. Es gilt  $a = \Delta v / \Delta t$  und  $F_B = m_g * a$ .  $m_g$  ist für die Berechnung der maximalen Steigfähigkeit bedeutungslos, siehe nachfolgende Berechnungsungleichung. Die Ermittlung der Beschleunigung des Kfz. sollte im niedrigsten Gang erfolgen.

Die maximale Steigfähigkeit wird in Prozent angegeben. Für sie gilt  $100 * \tan \alpha$ , wobei  $\alpha$  der Neigungswinkel der geneigten Ebene ist.

Als Rollreibungskoeffizient  $\mu$  kann bei trockener Straße  $\mu = 0,011 \dots 0,015$  bei Autoreifen (PKW) auf Asphalt verwendet werden.

$F_N$  = Normalkraft, Kraft senkrecht zur Kontaktfläche wirkend,

$F_N = m_g * g * \cos \alpha$ ,  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> (genähert),  $\alpha$ : Neigungswinkel der Ebene

$F_R$  = Rollwiderstandskraft,  $F_R = F_N * \mu$ ,  $F_W$  = Fahrwiderstandskraft =  $F_N * \mu_F$ ,

$\mu_F$  = Fahrwiderstandszahl

Wenn das Kfz. die Steigung überwinden will, so muss  $F_B > F_H + F_R + F_W$  gelten.

$F_H = m_g * g * \sin \alpha$ ,  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> (genähert),  $F_W$  und  $F_R$  werden bei der konkreten Berechnung aus Gründen der Vereinfachung nicht berücksichtigt! Der damit auftretende Fehler ist bei niedrigen Geschwindigkeiten 5 ... 20 km/h relativ gering.

Somit ergibt sich vereinfacht:  $m_g * a > m_g * g * \sin \alpha$

$a/g > \sin \alpha$

$\sin \alpha < a/g$

Der Neigungswinkel  $\alpha$  der geneigten Ebene wird durch den arcsin  $\alpha$  ermittelt. Danach erfolgt die Berechnung des Produktes aus  $100 * \tan \alpha$ . Somit ergibt sich näherungsweise die max. Steigfähigkeit.

**Konkretes Beispiel:****Gegeben:**

$$\Delta v = 30 \text{ km/h}, \Delta v \approx 8,33 \text{ m/s}, \Delta t = 5 \text{ s}$$

**Gesucht:** genäherte maximale Steigfähigkeit in %**Lösung:**

$$a = \Delta v / \Delta t, a = (8,33 \text{ m/s}) / 5 \text{ s}, a \approx 1,67 \text{ m/s}^2$$

$$\sin \alpha < a/g$$

$$\sin \alpha < 0,17$$

$$\arcsin (0,17) = 9,97^\circ$$

$$100 * \tan (9,97^\circ) = 17 \%$$

Die genäherte maximale Steigfähigkeit ist im vorliegenden Fall kleiner als 17 %.

Dietrich Klug

DL Physik/Mathematik

[www.dietrichklug.de](http://www.dietrichklug.de)

Stand: 06.11.2012