

Thema: Leistung und Höchstgeschwindigkeit, short-cut Methode

„Wie viel Leistung muss mein Fahrzeug haben um eine Geschwindigkeit von xy Km/h zu erreichen?“

„Mein Auto läuft 30 Km/h schneller als die Werksangabe. Hab ich ein Sondermodell?“

Diese und ähnliche Fragestellungen tauchen immer wieder auf. Dank großzügig voreilender Tachometer wiegen sich viele Autobesitzer in dem Glauben, ihr Fahrzeug liefe deutlich schneller als vom Werk aus angegeben.

Zuerst sei gesagt, dass die Werksangabe der Hersteller in fast allen Fällen die Realität widerspiegelt. Drastische Abweichungen von diesem Werkswert kommen sehr selten vor.

Regelung R-85 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:

Bei der Prüfung der Übereinstimmung der Produktion muß die Leistung bei zwei Drehzahlen S1 und S2 gemessen werden, die den der Bauartgenehmigung zugrunde liegenden Punkten zur Ermittlung der Nennleistung bzw. des höchsten Drehmoments entsprechen. Bei diesen beiden Drehzahlen darf (bei Berücksichtigung einer Toleranz von +/- 5 %) die an mindestens einem Punkt der Meßbereiche S1 +/-5 % und S2 +/-5 % ermittelte Leistung um nicht mehr als +/-5 % von dem der Bauartgenehmigung zugrunde liegenden Wert abweichen."

Der Luftwiderstand

$$F_L = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

F_L = Luftwiderstandskraft [N]

c_w = Luftwiderstandsbeiwert, dimensionslos

A = Projektionsfläche [m²]

ρ = Luftdichte [Kg/m³]

v = Geschwindigkeit [m/s]

Der Rollwiderstand:

Auf die Herleitung des Rollwiderstands möchte ich hier verzichten. Wer es ganz genau wissen will, dann kann sich beispielsweise die Vorlesung „Kraftfahrzeuge 1“ von Prof. Dr. Gerhard Ott ansehen. An dieser Stelle sei nur die näherungsweise gültige Endformel für den Geradeauslauf bei trockener Fahrbahn genannt (Auszug aus einer Facharbeit von Denis Lepp, <http://www.carphysictech.de>)

Rollwiderstandskoeffizient f_R :

$$f_R = f_{R0} + f_{R1} \left(\frac{v}{100 \text{ Km/h}} \right) + f_{R4} \left(\frac{v}{100 \text{ Km/h}} \right)^4$$

$$f_{R0} = 0.008 \dots 0.02$$

$$f_{R1} = 0.001 \dots 0.003$$

$$f_{R4} = 0.0002 \dots 0.002$$

Der Rollwiderstand ist das Produkt aus dem Rollwiderstandskoeffizient und der Normalkraft die das Fahrzeug aufgrund seines Gewichtes erzeugt.

$$F_R = F_N \cdot f_R$$

F_R = Rollwiderstandskraft [N]

F_N = Normalkraft [N]

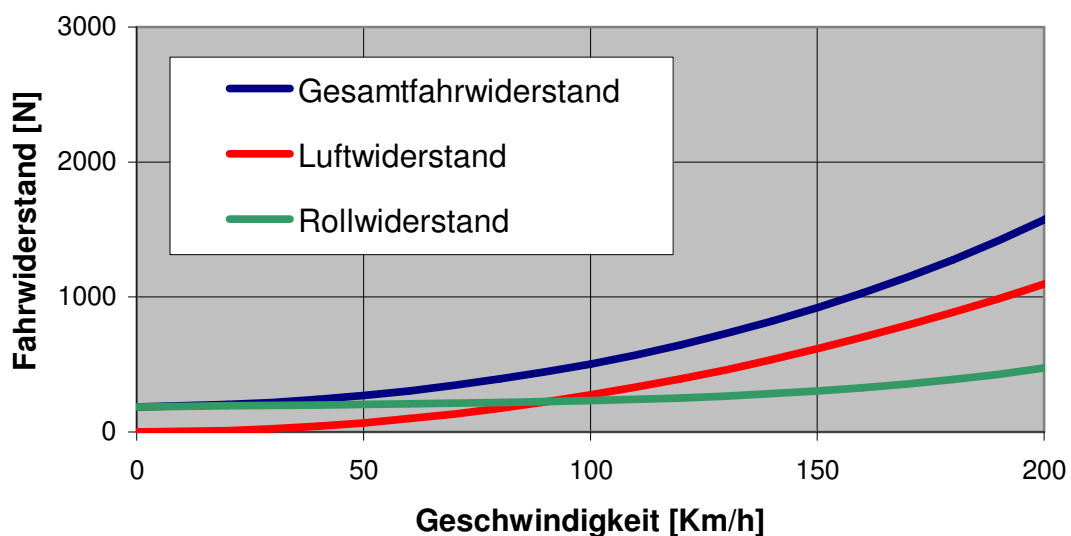
f_R = Rollreibungskoeffizient, dimensionslos

Der Gesamtfahrwiderstand:

Dieser ist die Summe von Luftwiderstand und Rollwiderstand.

$$F = F_R + F_L$$

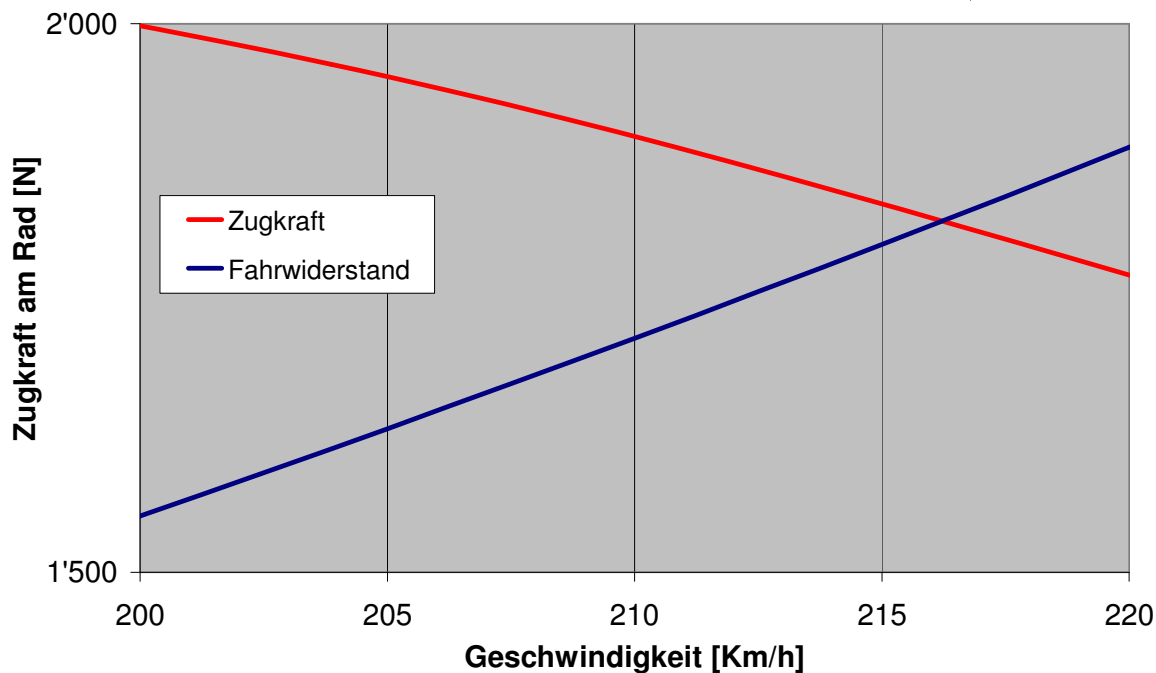
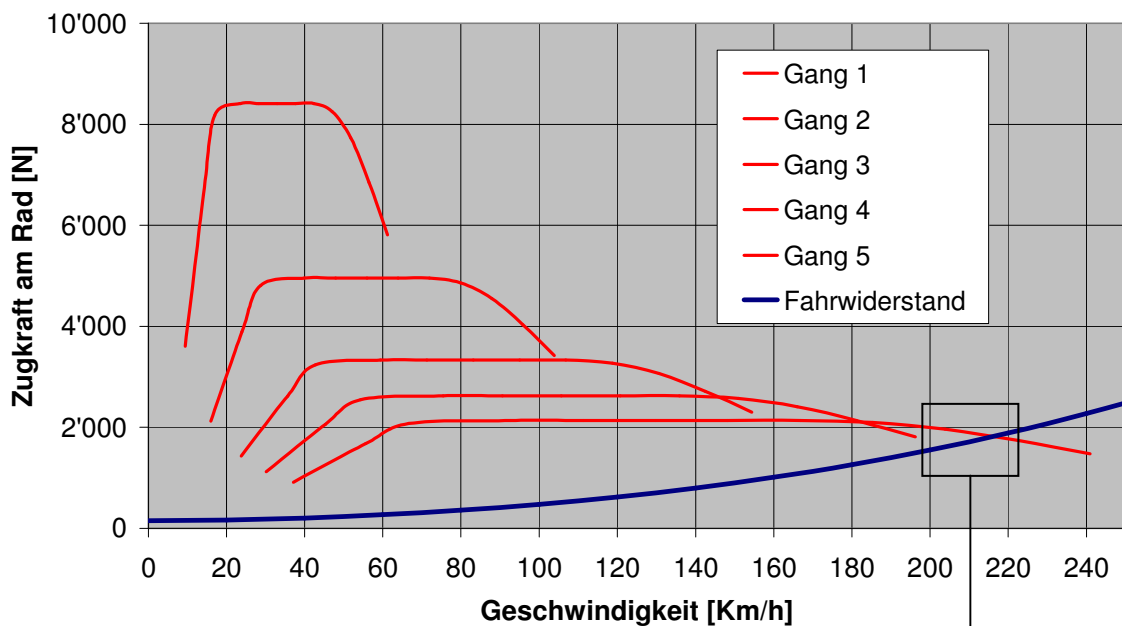
Fahrwiderstandsdiagramm



Mit Hilfe dieser Informationen und mit Kenntnis des Getriebediagramms und der Motordrehmomentkurve könnte man jetzt die Höchstgeschwindigkeit ermitteln.

Die folgenden Diagramme zeigen diese Betrachtung am Beispiel des Audi A3 (8L) mit dem 1.8T und 150PS. Das Fahrzeug ist mit einer Höchstgeschwindigkeit von 217 Km/h angegeben. Die Fahrwiderstandskurve schneidet die Zugkraftkurve des 5. Ganges bei ca. 216 Km/h. Diese Form der Berechnung ist also sehr genau.

Zugkraft und Fahrwiderstand



Mit Hilfe der short-cut-Methode geht das einfacher und schneller (und fast ebenso genau). Bei der short-cut-Methode bedient man sich eines bereits bekannten Fahrzeugs von dem die Leistung und die Höchstgeschwindigkeit bekannt ist. Ausgehend von diesem Basisfahrzeug kann man mit Hilfe einer einfachen Formel auf die Höchstgeschwindigkeit bei einer fiktiven Leistung schließen (oder auf die erforderliche Leistung für eine fiktive Höchstgeschwindigkeit).

Short-cut Formel zur Berechnung der Vmax

Die Luftwiderstandskraft ist, wie schon beschrieben:

$$F_L = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

F_L =Luftwiderstand
 c_w =cw-Wert
 A =Stirnfläche
 ρ =Luftdichte
 v =Geschwindigkeit

Die erforderliche Leistung **P** ist die Kraft **F** mal dem Weg **s** durch die Zeit **t**
Die Geschwindigkeit **v** ist der Weg **s** durch die Zeit **t**

$$P = F \cdot \frac{s}{t} \qquad v = \frac{s}{t}$$

daraus ergibt sich: $P = F \cdot v$

Somit ergibt sich die erforderliche Leistung ohne Berücksichtigung der Rollwiderstände und des Getriebewirkungsgrades zu:

$$P = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^3$$

Man könnte jetzt die Leistung für zwei unterschiedliche Geschwindigkeiten ausrechnen:

$$P_1 = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_1^3 \quad P_2 = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_2^3$$

Dividiert man P1 durch P2, dann ergibt sich die von mir schon genannte Formel:

$$\boxed{\frac{V_1^3}{V_2^3} = \frac{P_1}{P_2}}$$

Denn die konstanten Faktoren c_w , A und ρ kürzen sich raus

V_1 : Seriengeschwindigkeit laut Werksangabe

V_2 : Geschwindigkeit mit erhöhter Leistung

P_1 : Serienleistung laut Werksangabe

P_2 : erhöhte Leistung

Wie sieht es mit der Anwendung dieser Formel anhand von realen Fahrzeugen aus? Die folgenden Beispiele sollen den prozentualen Fehler dieser Rechenaufgabe sichtbar machen:

Basisfahrzeug: Audi A3 (8L) 1.6, 102 PS, $V_{\max} = 189$ Km/h

Frage: wie viel Leistung ist nötig um 202 Km/h zu fahren?

>>> Nach Formel sind 125 PS nötig

Der 1.8/125 PS fährt laut Audi 202 Km/h.

Basisfahrzeug: Audi A3 (8L) 1.6, 102 PS, $V_{\max} = 189$ Km/h

Frage: wie viel Leistung ist nötig um 217 Km/h zu fahren?

>>> Nach Formel sind 154 PS nötig

Der 1.8T/150 PS fährt laut Audi 217 Km/h.

Basisfahrzeug: Audi A3 (8L) 1.6, 102 PS, $V_{\max} = 189$ Km/h

Frage: wie viel Leistung ist nötig um 228 Km/h zu fahren?

>>> Nach Formel sind 179 PS nötig

Der 1.8T/180 PS fährt laut Audi 228 Km/h.

Die Skalierung funktioniert einwandfrei wenn man Fahrzeuge mit identischem c_w -Wert und identischer Stirnfläche vergleicht. Allerdings wird bei dieser Formel angenommen, dass die Übersetzungsverhältnisse des leistungsgesteigerten Fahrzeugs genauso „optimal“ sind wie beim Basisfahrzeug.