

Drehmoment – Leistung - Drehzahl

- 1) Drei durchtrainierte Sportler machen mit beim Wettbewerb: „Wer zieht des schwersten Lkw“. Es sind:
- ein Weitspringer, der die größte Höchstgeschwindigkeit erreicht
 - ein Radfahrer / Fußballer / Zehnkämpfer, der die größte Dauerleistung schafft
 - ein Gewichtheber, der am meisten Kraft hat
- Wer wird den Wettbewerb voraussichtlich gewinnen und warum?
Der Kraftsportler, weil zum Anfahren Kraft benötigt wird.

FO Truck Pulling

- 2) Ein Rad-/Pkw-Fahrer fährt mit Höchstleistung auf einen steilen und langen Berg zu. Wie muss er sich verhalten, um fahrend über den Berg zu kommen?
Zurückschalten, damit am Antriebsrad mehr Kraft verfügbar wird. Allerdings geht dies auf Kosten der Geschwindigkeit.

Erkenntnis: Zum Fahren benötigt man in allen Fahrsituationen vor allem Antriebskraft.

- 1) Wenn die Antriebskraft so wichtig ist, wo steht sie denn im Kfz-Schein?
Gar nicht, weil ein Kfz-Schein nur rechtlich bzw. steuerlich relevante Infos enthält.
- 2) Autozeitschriften sind kundenfreundlicher. Wo steht dort die A-Kraft?
Für Motoren wird nur Drehmoment angegeben
- 3) Warum gibt man bei Motoren Drehmoment statt Kraft an?
Versuch: Drehmoment mit den Tafellineal (oder einer Türe)
Ein Tafellineal wird in der Öse drehbar eingehängt. Der Lehrer drückt bei 50cm, ein Schüler soll dagegen halten. Erkenntnis: Die Gegenkraft, die der Schüler aufbringen muss, hängt davon ab, wo er dagegen hält. Je näher am Drehpunkt er eingreift, desto mehr Kraft muss er aufbringen.

Datenblätter von Pkws mit Otto- und Dieselmotoren mit vergleichbarer Leistung, zb. aus mot

- 3) Im Vergleich von Pkws mit Diesel- und Otto-Motoren vergleichbarer Leistung stellt man fest, dass die mit Dieselmotor meist schneller von 0 auf 100 km/h beschleunigen. Warum sind die Beschleunigungswerte beim Diesel meist ein wenig besser?
Dieselmotoren haben ein höheres Drehmoment (=Antriebskraft), das man zum Beschleunigen braucht. (Einschränkung s.u.)
- 4) Bei manchen Fahrzeugen ist der 5. Gang so lang übersetzt, dass sie ihre Höchstgeschwindigkeit im 4. Gang erreichen. Wie kann es dazu kommen, und warum wird der letzte Gang so stark übersetzt?
Beim höheren Gang wird die Rad-Drehzahl erhöht, aber das Drehmoment (=Antriebskraft) am Antriebsrad gesenkt. Wenn der höchste Gang sehr lang übersetzt ist um Kraftstoff zu sparen, reicht die Kraft nicht mehr aus, um den Fahrwiderstand bei Höchstgeschwindigkeit zu überwinden. Ähnlich geht es bei einem Pkw-/Radfahrer, wenn er am Berg einen zu hohen Gang wählt: dann kann er langsamer werden als im niedrigen Gang.

- Noch Lineal: Außen braucht man wenig Kraft, erreicht aber eine große Geschwindigkeit. Anwendung: Schnellzugdampflok mit großen Rädern ersparen Getriebe. Innen braucht man viel Kraft, bzw. kann der Widerstand leicht überwunden werden. Anwendung: Lager mit kleinem Radius haben weniger Widerstandsmoment; Kuhnfuß; Brechstange; Kapselheber; Schalthebel; Bremspedal;
- 4) Zur Verdeutlichung, dass auch die Geschwindigkeit vom Radius abhängt:
Versuch: Schülerreihe um einen Drehpunkt schwenken lassen
Eine Gruppe Schüler stellt sich nebeneinander und schwenkt um den äußerst linken Schüler. Alle Zweifler stehen in der Reihe außen, dort müssen sie sehr schnell laufen, um nebeneinander zu bleiben.

Man gibt an,

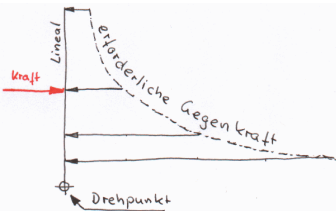
bei Geradeausbewegung

zB. Zugmaschine, Seilwinde, Bremskolben

wie stark etwas ist,

Kraft F

Einheit: N (Newton)



Kraft ist am Rad nicht einheitlich, deshalb:

Drehmoment M

Einheit: Nm (Newtonmeter)

wie schnell etwas ist,

Geschwindigkeit v

Einheit: km/h oder m/s



Geschwindigkeit ist am Rad nicht einheitlich, deshalb:

Drehzahl n

Einheit: U/min = min⁻¹ = rpm (Umdrehungen pro Minute)

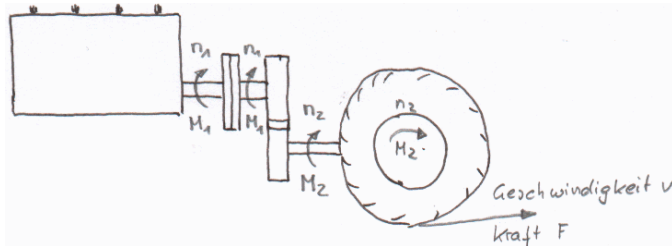
AB Drehmoment und Leistungsverlauf

bei Drehbewegung

zB. Motor, Antriebswelle

Getriebe

In einem Getriebe können Drehmoment und Drehzahl gegeneinander eingetauscht werden, zB. bergauf braucht man Drehmoment, muss zurück schalten und verliert Drehzahl
bergab braucht man weniger Drehmoment, kann hoch schalten und gewinnt Drehzahl
Schalten muss man wegen des Drehmomentes
Doppeltes Drehmoment ⇒ halbe Drehzahl u.u. Antriebsstrang



$$\text{Leistung } P = F \cdot v = 2 \pi \cdot M \cdot n$$

Leistung ist eine Rechengröße aus Drehmoment und Drehzahl

Einheit: kW (Kilowatt = 1,36 PS)

Leistung gibt an, ob hohe Drehzahl und hohes Drehmoment gleichzeitig möglich sind.
Mit großer Leistung kann man den Fahrwiderstand auch bei hohen Geschwindigkeiten überwinden.
Mit niedriger Leistung kann man auch jede Arbeit verrichten, allerdings nur langsam.

- 1) Dieselmotoren haben hohes Drehmoment und niedrige Drehzahl, Otto umgekehrt, trotzdem sind Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit fast gleich? Wie ist das möglich?

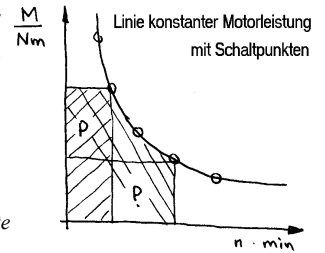
- 2) Radfahrer können mit Kraft oder schnellen Pedalumdrehungen fahren und sind (fast) gleich schnell.

Verbrennungsmotoren können bei niedriger Drehzahl kein Drehmoment abgeben, deshalb brauchen Fahrzeuge eine Anfahrhilfe (Kupplung). Außerdem haben sie einen relativ kleinen nutzbaren Drehzahlbereich, deshalb brauchen sie ein Getriebe, wenn ein größerer Geschwindigkeitsbereich genutzt werden soll (Gegenbeispiel Mofa: kein Getriebe). Motoren, die bei niedriger Drehzahl ein hohes Drehmoment abgeben, benötigen keine Kupplung, z.B. E-Motoren, Dampfmaschinen

- 3) Eintragen: Moment M, Drehzahl n, Geschwindigkeit v, Antriebskraft F

- 1) Wo bleibt die Leistung? Was sagt sie aus?
2) Ein alter Traktor / Bulldog mit 10kW (13 PS) kann einen schweren Anhänger einen steilen Berg hoch ziehen. Was kann ein schwerer Traktor mit 200 PS besser?
Der alte Traktor macht es sehr langsam, der Neue mit mehr Leistung schneller.
3) Ein modernes Auto mit 100 kW könnte die Arbeit des alten Traktors nicht leisten. Warum?
Das Auto kann es nicht, weil es mit seinem Getriebe gar nicht so langsam fahren kann damit genügend Drehmoment verfügbar wird.

Interview mit Mario Illien, DER SPIEGEL 07/2003
Hinweis: Umrechnungsfaktor kW – PS aus Auto-Datenblättern entnehmen lassen.



Berechnungen

Raddrehzahl

- 1) Wie viele Umdrehungen macht das Rad eines BMW 745i von hier bis Offenburg (100 km) ?
- 2) Wie viele Umdrehungen macht es auf 120 km ?
- 3) Welche Drehzahl hat das Rad bei 120 km/h ?
- 4) Welche Drehzahl hat das Rad bei 145 km/h ?
- 5) Wie viele Umdrehungen pro Minute macht das Antriebsrad eines Ford Focus 2.0 16V bei 95 km/h ?
- 6) Wie groß ist die Getriebeübersetzung, wenn der Motor mit 4000 min^{-1} dreht ?
- 7) Hausaufgabe: Welche Drehzahl hat eine Nockenwelle (Ritzel \varnothing 400 mm) bei 120 km/h und einer Motordrehzahl von 6000 U/min ?

Leistungsverlauf

Herleitung der Formel nicht entscheidend für gute Kfz-Mechatroniker, erst für Meister.

Lehrer $P = F \cdot v$; v aus Umfang und Frequenz (wie lange dauert eine Umdrehung bei 1 U/min, bei 2 U/min, bei 10U/min ...), M aus dem Linealbild, einsetzen; $P = 2\pi \cdot n \cdot M \cdot r$ kürzt sich heraus, der Radius des Rades spielt für die Leistung keine Rolle.

$$v = \frac{s}{t} = 2\pi \cdot r \cdot n \quad : \text{ Geschwindigkeit}$$

$$s = 2\pi \cdot r \quad : \text{ Umfang}$$

$$t = \frac{1}{n} \quad : \text{ Zeit pro Umdrehung}$$

$$F = \frac{M}{r} \quad : \text{ Kraft aus Drehmoment}$$

Allgemeine Formel:

$$P = v \cdot F = 2\pi \cdot M \cdot n$$

schwarze Formel im TabB: Einheit selbst umrechnen

Drehmoment M für die Kraft, Drehzahl n für die Geschwindigkeit, 2π wegen der Kreisbewegung.

Vertiefung

Mögliche Fortsetzung:

- Drehmomentverlauf, Leistungsberechnung, Leistungsverlauf
- Drehzahlberechnungen
- Übersetzungen

Reifen für das Fahrzeug: TabB Holland+Josenhans „Fahrzeugdaten“

Abrollumfang der Reifen: TabB HJ „Reifen, Tabelle“

Formel der Reifen: TabB HJ „Fahrgeschwindigkeit“

1) Wie groß ist die Raddrehzahl bei Höchstgeschwindigkeit ?

2) Vorgehensweise

Lösung in Kleingruppen erarbeiten lassen

Eine Gruppe trägt vor, Diskussion

Lehrer stellt den Lösungsweg übersichtlich dar

Anschließend Zettelarbeit mit neuer Aufgabe

3) Ziel

Lösung selbstständig finden bzw. austauschen.

möglicher Lösungsweg: Anzahl der Umdrehungen per Dreisatz oder Formel.

4) Inhalte

Tabellenbuch, Reifengrößen, dynamische Veränderung der Reifenmaße

1) Drehmoment, Leistungsschaubild vorgeben. Drehmomentverlauf kann der Konstrukteur festlegen. Wie kommt man auf die Leistungskurve ?

2) Vorgehensweise

AB Leistungsschaubild ermitteln

Lehrer Einen Wert vorrechnen und eintragen

Schüler füllen das Arbeitsblatt vollständig aus.

3) Ziel

Diagramme auswerten und erstellen

Formeln mechanisch berechnen.

Zahlenwertgleichung

$$P = \frac{2\pi \cdot M \cdot n}{60 \cdot 1000} \approx \frac{M \cdot n}{9550}$$

Drehmoment M in Nm

Drehzahl n in min^{-1}

(Faktor 60 !)

Leistung in kW

(Faktor 1000 !)

$$\text{mit } \frac{60 \cdot 1000}{2\pi} \approx 9550$$

Zahlenwertgleichung

$$P = \frac{M \cdot n}{9550}$$

blaue Formel im TabB: Umrechnung erfolgt

automatisch, wenn man in der richtigen Einheit einsetzt