

# Koppel en vermogen

Als voorproefje en inleiding op een testverslag van de PowerCommander van Dynojet voor de ST 1300 een artikel over koppel en vermogen.

Op de website [http://www.squadra-tuning.com/wat\\_is\\_koppel\\_en\\_vermogen.htm](http://www.squadra-tuning.com/wat_is_koppel_en_vermogen.htm) staat leuke info, voorzien van animaties die de werking van een verbrandingsmotor laten zien.

Koppel (of draaimoment) wordt in de mechanica gedefinieerd als kracht maal arm. Neem als voorbeeld een fiets. De kracht die je op de trappers kunt uitoefenen is maximaal je eigen gewicht (als je niet aan het stuur trekt en op een trapper gaat staan) in Newton, waarbij 1 kilo ongeveer gelijk is aan 10 Newton. Als je 80 kilo weegt kun je dus 800 Newton aan kracht op de trapper zetten. Een trapper is ongeveer 20 cm lang, in meters 0,2 m.

Het koppel dat je dus op de trapas kunt uitoefenen is  $800 \text{ maal } 0,2 = 160 \text{ Nm}$  (Newtonmeter). Dat is veel meer dan menige motor kan leveren! Waarom ga je dan met de fiets geen 180 op de snelweg als je zoveel koppel ter beschikking hebt?

Allereerst is er de overbrenging. Het grote kettingwiel voor en het kleine achter geven een reductie ter grootte van de verhouding tussen die twee. Als de straal van het achterste kettingwiel vier keer zo klein is als dat van het voorste hou je nog maar 40 Nm (160 gedeeld door 4) over aan de achteras. Als vervolgens het wiel 10 keer zo groot is als het achterste kettingwiel hou je nog maar 4 Nm over aan de buitenkant van het wiel, oftewel waar de kracht op de weg wordt overgedragen. En daarmee red je het helaas niet om 180 op de snelweg te rijden.

Bij fietsen met versnelling (bij derailleurversnellingen goed te zien) wordt er een variabele verhouding tussen het voorste kettingwiel en het achterste gehanteerd waardoor je het koppel aan het achterwiel kunt instellen door het kiezen van een andere versnelling. Bij mountainbikes kun je de verhouding zelfs zo extreem kiezen dat je een steile berg op kunt fietsen, het koppel aan het achterwiel is dan extreem groot. Het nadeel van een dergelijke overbrenging is dat je heel vaak moet trappen om een beetje vooruit te komen. Oftewel: je toerental (trapfrequentie) moet omhoog om snelheid te maken, je moet dus veel trappen!

En hier komt het begrip vermogen om de hoek kijken: vermogen is hoe vaak je het koppel beschikbaar hebt. Als je benen als een centrifuge zo snel de trappers zouden kunnen laten ronddraaien zou je veel vermogen hebben. Wij mensen kunnen dat helaas niet en kunnen dus maar weinig vermogen leveren. Dat alles bij elkaar zorgt ervoor dat we op de fiets niet met twee vingers in de neus 180 op de snelweg kunnen scheuren.

Koppel is dus de kracht die geleverd kan worden en vermogen is hoe vaak die kracht beschikbaar is. Vermogen heeft dus te maken met het toerental van de motor. Hoe vaker je het koppel kunt loslaten op de aandrijving, hoe hoger het vermogen. Vermogen = koppel x toerental (maal een factor).

Iedere fietser die versnellingen heeft weet dat je niet moet wegrijden in een hoge versnelling (want dan kun je het koppel niet vaak loslaten op de aandrijving) en dat je bij hogere snelheid je de versnelling moet aanpassen om het nog bij te kunnen trappen. Hier zie je ook dat er een bepaald gebied is waarin je optimaal met je benen de trappers kunt volgen om je krachten goed te gebruiken. Te snel trappen remt eerder af dan dat je sneller gaat en te langzaam trappen kost teveel kracht. Er is dus een beperkt gebied waarin je een optimale combinatie van toerental en kracht hebt. Als je buiten dat gebied komt presteer je niet goed meer en dat heeft te maken met je spierkracht, je gewicht, je snelheid van beweging etc..

Bij motoren is er een vergelijkbare situatie: je benen (die de kracht leveren) zijn de zuigers die door de explosie van de brandstof naar beneden worden bewogen, je trappers zijn de krukassen op de krukas (je trapas) en de versnellingen zijn vergelijkbaar. Er zijn grofweg twee indelingen te maken: lange slag en korte slag motoren. Bij een lange slag motor gaat de zuiger een groot stuk heen en weer in de cilinder, bij een korte slag motor een klein stuk. De krukas waar die zuiger aan vast zit heeft dus bij lange slag motoren een lange arm en bij de korte slag motoren een korte (vergelijk de trappers van een normale fiets met die van een kinderfietsje). Als de zuigers even groot zouden zijn in diameter (en dezelfde neerwaartse kracht zouden uitoefenen) heeft een lange slag motor dus een groter koppel dan een korte slag motor (koppel was immers kracht x arm). Een korte slag motor hoeft echter minder massa in beweging te zetten (o.a. kleinere krukas) en kan daarom sneller draaien. Het vermogen kan daarom bij beide motoren gelijk zijn, waarbij bij de een een groot koppel minder vaak beschikbaar is en bij de ander

een klein koppel wél heel vaak, wat eenzelfde uitkomst geeft. Een lange slag motor zal bij de lage toerentallen beter trekken en een korte slag motor bij hoge toerentallen.

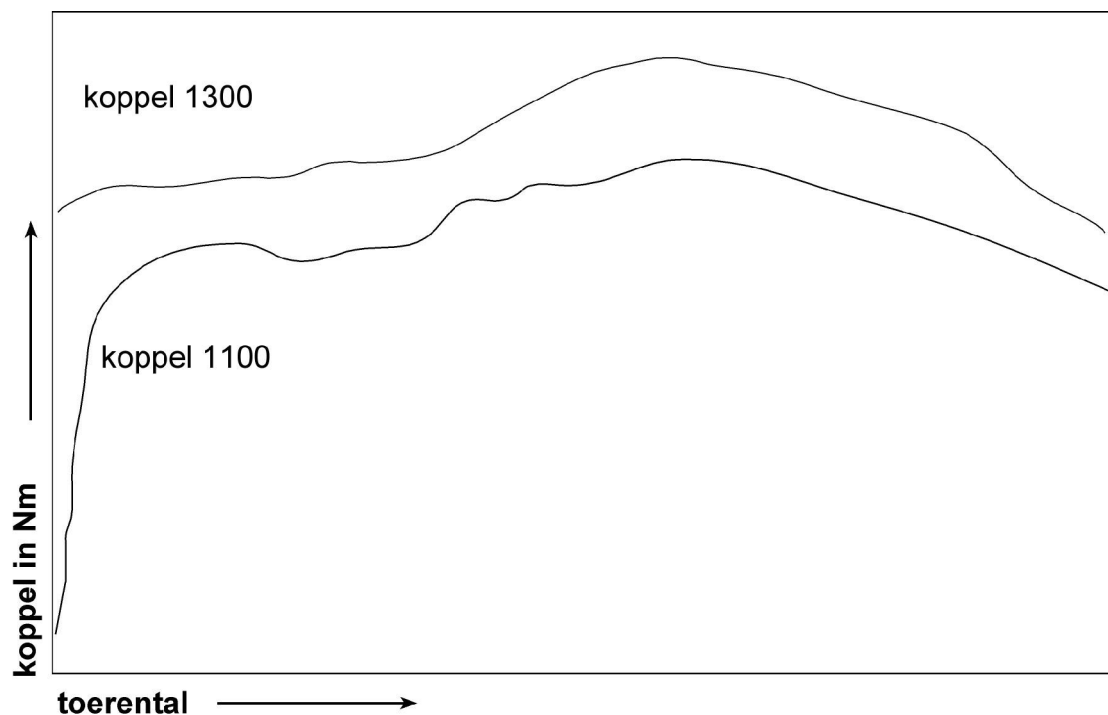
Lange slag motoren hebben vaak genoeg aan twee grote cilinders (van elk 500 cc bijv.), korte slag motoren worden daarentegen uitgevoerd met drie- of meer cilinders met minder inhoud per cilinder (bijv. vier cilinders van elk 250 cc). Zo is iedere zuiger lichter, wat hogere toerentallen mogelijk maakt.

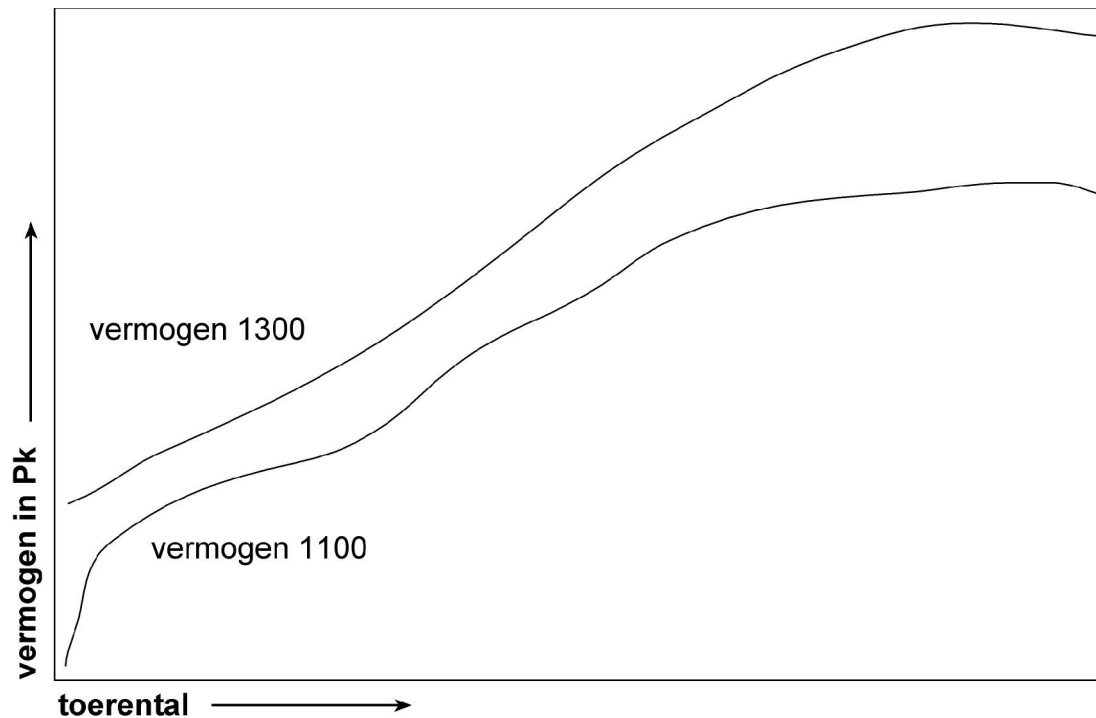
Bovendien worden de explosies van de brandstof gelijkmatiger verdeeld dan bij een tweecilinder motor waardoor de motor rustiger loopt, vooral bij lagere toerentallen. Let wel, dit is heel basic opgeschreven! Er spelen bij motorontwerpen nog veel meer dingen een rol die buiten dit bestek vallen.

Waar het om ging is koppel en vermogen. Op een testbank kunnen koppel en vermogen gemeten worden, wat dankzij de computer heel snel resulteert in een grafiek van beide. Op de verticale as van de grafiek staat dan het koppel of het vermogen, op de horizontale het toerental of de snelheid in km. Hoe minder grilligheden in die grafieken zitten, hoe gelijkmatiger de motor rijdt. D.w.z. dat, als je het gas opendraait, de motor bij alle toerentallen eenzelfde gevoel van versnelling levert, zonder haperingen. En dat voel je! Ons evenwichtssysteem is erg gevoelig voor versnellingen en vertragingen waardoor je gebrek aan continuïteit meteen opmerkt. Nu wordt er over de gelijkmatigheid in beide grafieken door verschillende mensen anders gedacht. Sommigen kicken op een motor die opeens (in een bepaald toerentalgebied) feller accelereert dan bij andere toerentallen, anderen vinden zo'n motor juist nerveus. In de motorbladen wordt dit vaak aangeduid met de term 'karakter'. Een motor met een onregelmatige grafiek heeft 'karakter', een motor met een regelmatige grafiek is 'saai' of 'voorspelbaar'.

Toermotoren zijn vaak saai, sportmotoren hebben vaak karakter. Het is maar net waar je van houdt. Feit is dat ze in het betere scheurwerk helemaal niet voor elkaar onder hoeven te doen. Zo heb ik in de Eifel met mijn 1100 een keer 'tegen' een Blackbird gereden waarbij we voortdurend bij elkaar in de buurt bleven. Ik prefereer dan de voorspelbare Pan, de ander de sportieve Blackbird.

Laten we eens de grafieken van de 1100 en die van de 1300 bekijken.





In de koppelkromme van de 1100 zie je een dip (tussen de 3500 en 4500 toeren). Die dip vind je ook terug in de vermogenskromme (koppel x toerental). Verder zie je dat het maximale koppel ligt bij 5800 toeren. Vanaf dat punt begint de vermogenskromme vlakker te worden omdat koppel x toerental per saldo afneemt. De 1100 presteert het beste tussen de 4500 en 5500 toeren en dat voel je als je eens flink doortrekt, in dat gebied voel je de grootste versnelling. Echter bij lagere toerentallen is er nog steeds meer dan voldoende koppel beschikbaar (zo'm 90 Nm) om flink wat trekkraft op te kunnen bouwen. Als we de grafieken van de 1300 bestuderen dan zien we dat er ook al snel veel koppel beschikbaar is en dat het koppel en vermogen hoger is dan bij de 1100. Bovendien is de dip weg waardoor de motor gelijkmatiger trekt en dus voorspelbaarder ('saaier?') aanvoelt. Het vergroten van het koppel verloopt met het stijgen van het toerental gelijkmatiger dan bij de 1100. In de lage toerentallen voelt de 1100 daarom wat krachtiger aan omdat hij daar naar verhouding meer koppel ter beschikking heeft. Ga je wat hoger in de toeren zitten dan gaat de 1300 t.o.v. de 1100 er als de brandweer vandoor omdat dan het maximale koppel steeds meer beschikbaar komt. Tot slot kun je uit de grafieken aflezen dat het maximale koppel en het maximale vermogen bij de 1300 hoger ligt dan bij de 1100, maar dat mag als bekend worden beschouwd.

Volgende keer: hoe een extern stukje elektronica de koppel- en vermogenskromme kan beïnvloeden en hoe dat aanvoelt bij het rijden.

Met dank aan Nico Willemse van Vos-Oss voor het ter beschikking stellen van de dynotestbank gegevens van de 1100 en de 1300.

Roger Leppers