

Een verbrandingsmotor heeft een minimaal toerental nodig om goed te kunnen blijven draaien en heeft ook nog een bepaald toereengebied waarbij de motor het hoogste vermogen ofwel koppel heeft. Om dat optimale toereengebied bij diverse snelheden goed te kunnen benutten wordt een tandwielstelsel toegepast waarmee het toerental van de motor naar de wielen wordt

vertraagd en tevens het koppel wordt vergroot. Dit tandwielstelsel is samengebouwd in een bak die ondanks dat de functie vertragen is, toch versnellingsbak genoemd wordt. Een andere belangrijke functie van de versnellingsbak is het omdraaien van de draairichting van de aandrijving, met andere woorden, het mogelijk maken om achteruit te rijden.

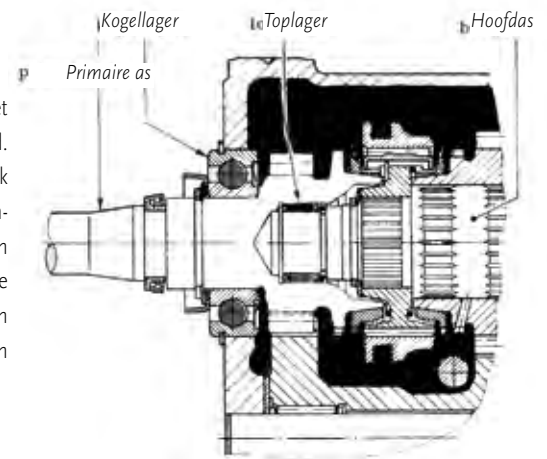


Vertragingen

Bij de meeste auto's wordt op twee plaatsen het toerental van de motor gereduceerd, of vertraagd. Dat is op de eerste plaats in de versnellingsbak en op de tweede plaats in het differentieel. Sommige auto's hebben zelfs in de naaf nog een derde reductie. Om het rijden in de verschillende versnellingen mogelijk te maken, moet met een kiesmechanisme het juiste tandwielpaar in- en uitgeschakeld worden.

De assen in de versnellingsbak

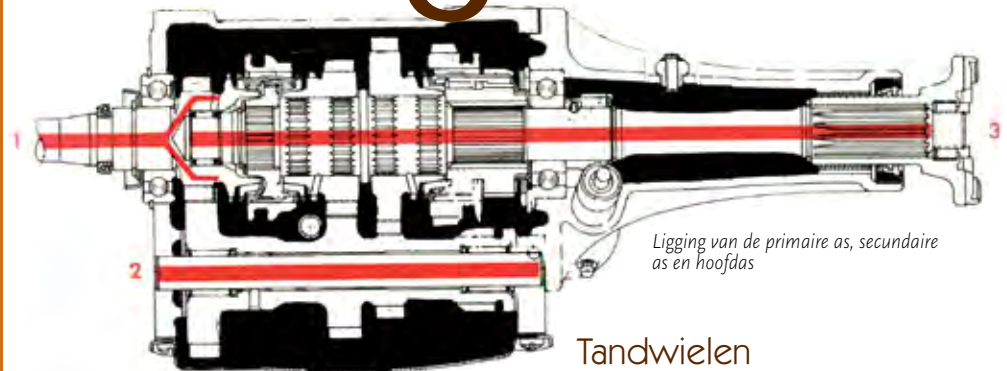
Wanneer we de doorsnedetekening de drie-versnellingsbak van links naar rechts bekijken, zien we eerst de primaire as. (1) De primaire as waar de koppeling op gemonteerd is direct verbonden met de primaire as.



Toplager voor de hoofdas en de primaire as

en kunnen onafhankelijk van elkaar draaien. De secundaire as is in dit geval een vaste as waarop het toerentandwiel op bronzen bussen draait. Ook zit er nog een aparte as in de bak waarop het achteruittandwiel draait.

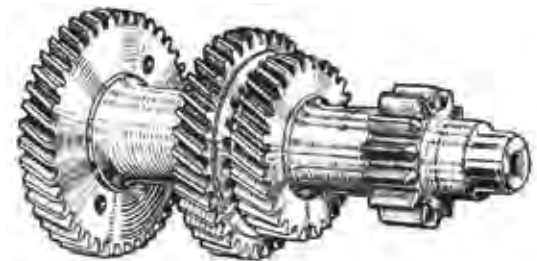
Versnellingsbak



Tandwielen

De primaire as is dus de "ingang" van de versnellingsbak. Onder in de versnellingsbak ligt de secundaire as (2) daarboven en naar rechts ligt de hoofdas. (3) De hoofdas is de "uitgang" van de versnellingsbak en is verbonden met de cardanas naar het differentieel. De primaire as is aan de linkerzijde (staat niet op de tekening) gelagerd in het toplager van het vliegwiel/krukas en aan de rechterzijde in een kogellager. Deze rechterzijde van de primaire as is hol uitgevoerd. In deze holling zit een naaldlager (op de foto: toplager) waarin de linkerzijde van de hoofdas gelagerd is. De rechterzijde van de hoofdas is weer gelagerd in een kogellager. De primaire as en de hoofdas liggen dus in één lijn

De tandwielen van de eerste tot en met de derde versnelling zijn met schuine vertanding uitgevoerd. Door de schuine vertanding komen de



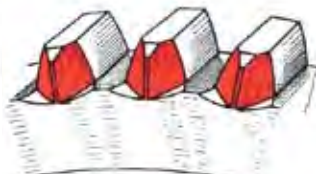
Let op de zoekkanten aan de tanden!

tanden geleidelijk bij elkaar in contact tijdens het draaien van de tandwielen. Hierdoor ontstaat

een geruisloze overbrenging. Het fabriceren van een schuine vertanding is een dure constructie en wordt daardoor alleen voor de vooruitversnellingen gebruikt. Bij de tandwielen van de achteruit, die uiteindelijk maar weinig gebruikt worden, worden rechte vertandingen gebruikt. Dit is ook goed te horen, wanneer je snel achteruit rijdt met je auto, zal de versnellingsbak al gauw een zingend geluid produceren, veroorzaakt door de rechte tanden. Een nadeel van de schuine vertanding is dat de tandwielen door de aandrijfkraften uit elkaar gedrukt worden. (een axiale druk) Hiermee moet goed rekening gehouden worden met de lagering van de assen. De tandwielen voor de vooruitversnellingen zijn constant met elkaar in verbinding en zijn daarom niet met zoekkanten uitgevoerd. De achteruittandwielen echter staan alleen met elkaar in verbinding wanneer de achteruit is ingeschakeld. Wanneer de achteruit wordt ingeschakeld, worden de tandwielen in elkaar geschoven. Dit in elkaar schuiven wordt enorm vergemakkelijkt door de zoekkanten aan de tanden.



Constante aangrijping - geen zoekkanten



Schuivende ingrijping - zoekkanten

De weg van het motorkoppel

Bekijken we de tandwielparen in de bovenstaande tekening, dan zien we dat het tandwiel van de primaire as (P) een constante aandrijving is van de secundaire as (S) ofwel het torentandwiel. De tandwielparen van 1 en 2 zijn ook constant in verbinding met elkaar. Dit is mogelijk omdat de tandwielen op de hoofdas los op de hoofdas draaien en daardoor verschillende toerentallen kunnen hebben.

Wanneer nu de eerste versnelling ingeschakeld wordt, zal het tandwiel 1 vergrendeld worden aan de hoofdas. Bij het inschakelen van de tweede versnelling wordt eerst het tandwiel 1 ont koppeld en vervolgens het tandwiel 2 gekoppeld aan de hoofdas. Bij het inschakelen van de derde versnelling wordt eerst het tandwiel 2 ontgrendeld en vervolgens wordt de primaire as 3 direct gekoppeld aan de hoofdas.

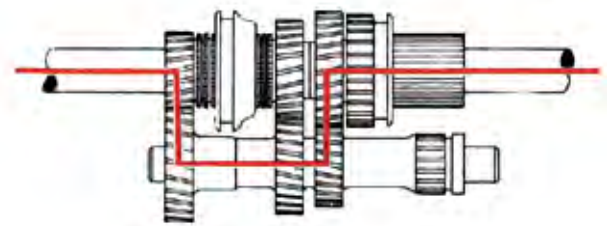
Synchronisatie

Degenen van de lezers die bekend zijn met het berijden van een auto met een niet-gesynchroniseerde versnellingsbak weten hoe lastig het is omzonder te "kraken" met deze versnellingsbakken te schakelen. Om goed met ongesynchroniseerde bakken te schakelen moet men het zogenaamde "dubbel clutchen" beheersen. Dit houdt in dat de bestuurder met bepaalde handelingen de toerentallen van de tandwielen die hij in wil schakelen aan elkaar gelijk maakt (gelijk maken

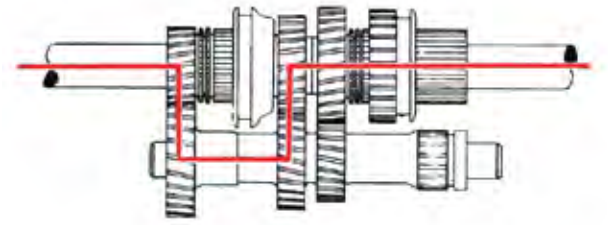
= synchroniseren) alvorens hij de tandwielen inschakelt. Het is uiteraard veel gemakkelijker als het synchroniseren automatisch geschied. Daarom heeft men de synchronisatie-inrichting ontwikkeld.

De werking van de synchronisatie-inrichting

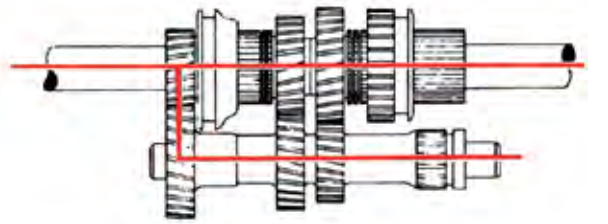
Er bestaan diverse soorten synchronisatie systemen. We zullen nu een veelgebruikt synchronisatiesysteem gaan bekijken. Het doel van de syn-



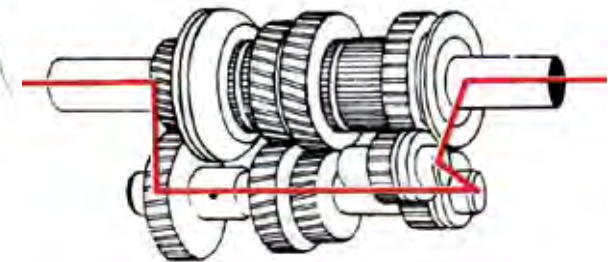
Weg van het motorkoppel in de eerste versnelling



Weg van het motorkoppel in de tweede versnelling

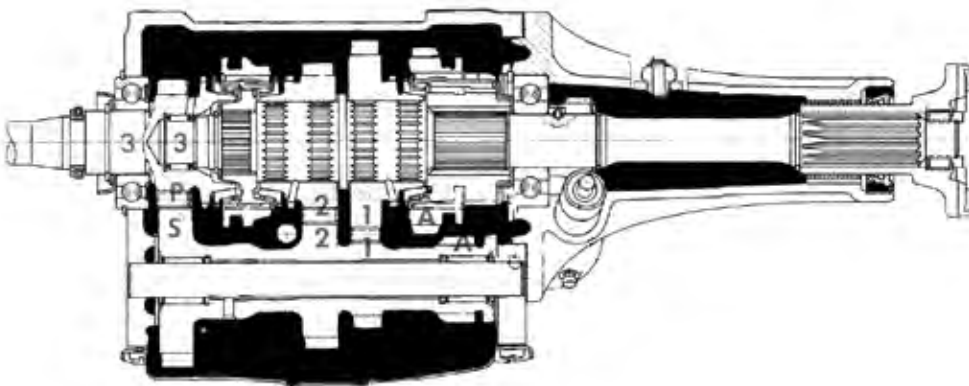


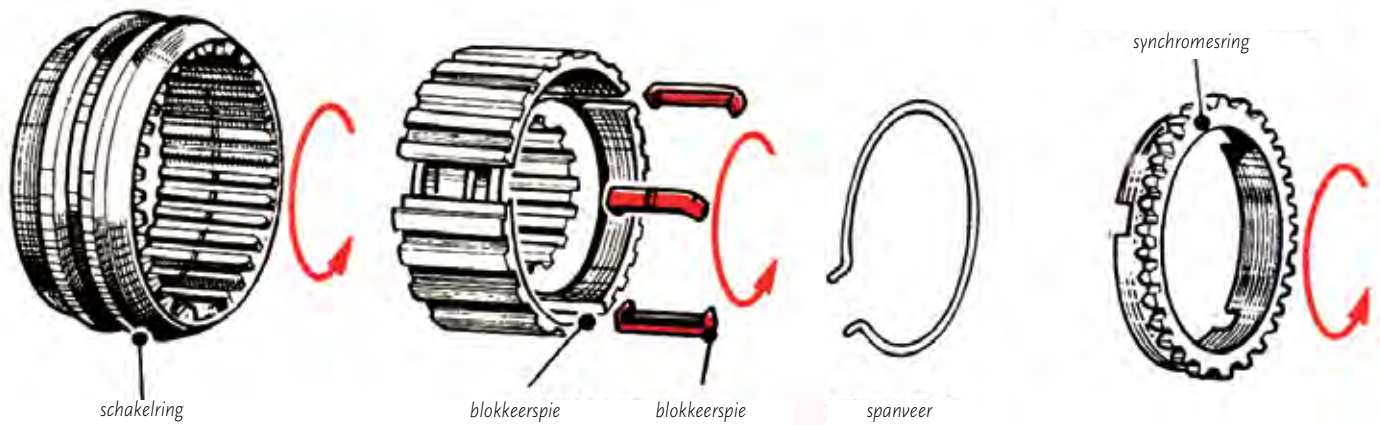
Weg van het motorkoppel in de derde versnelling



Weg van het motorkoppel in de eerste achteruit

chronisatie-inrichting is om het toerental van het tandwiel dat ingeschakeld moet worden zodanig op te voeren of af te remmen dat het toerental gelijk wordt met het toerental van de hoofdas. Het synchroniseren vindt plaats door middel van wrijving. De synchromeshring is uitgevoerd in brons en heeft op het conische wrijvingsvlak heel veel kleine groefjes. Bij het synchroniseren wordt de synchromeshring tegen het conische wrijvingsvlak van het stalen tandwiel gedrukt, de toppen van de groefjes dringen door de oliefilm heen en het metallisch contact zorgt voor zoveel weerstand dat de toerentallen gelijk worden. De toppen van de groefjes kunnen door dit metaal op metaal contact erg heet worden en worden gekoeld door de olie die tussen de groeven aanwezig is. De belangrijkste onderdelen van de synchronisatie-inrichting zijn: de hoofdas, de synchroniseertrommel, de blokkeerspie, de schakelring, de synchromeshring en het tandwiel. In tekening A zien we de synchronisatie-inrich-



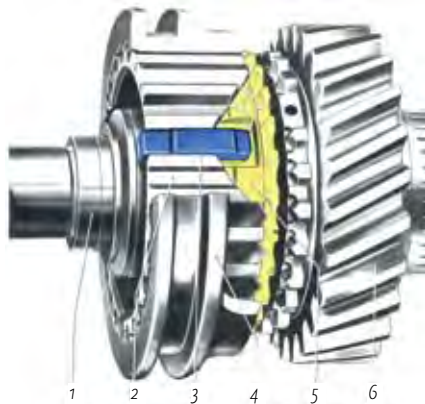


Blokkeerspieën nemen de synchromeshring met de synchroniseertrommel mee - al deze delen draaien hetzelfde toerental

ting in de neutrale stand. De synchroniseertrommel met schakelring en synchromeshring draaien met de hoofdas mee. Het tandwiel (dat in constante verbinding staat met het torentandwiel op de secundaire as) draait los

op de hoofdas met een ander toerental dan de hoofdas. Wanneer we nu een versnelling willen inschakelen, (dit betekent dus het koppelen van het tandwiel met de hoofdas) wordt met behulp van de versnellingspook via een mechaniek de schakelring naar rechts gedrukt.

soort altijd de instructies van de fabrikant. Om drukverhoging, die olie lekkage kan veroorzaken, te voorkomen zijn bijna alle versnellingsbakken uitgevoerd met een ontluchting. Let ook op de juiste vulhoogte van de versnellingsbakolie. Ook hier geldt dat de instructies van de fabrikant opgevolgd moeten worden. Bij de ene bak is de vulopening tevens de maat voor de juiste



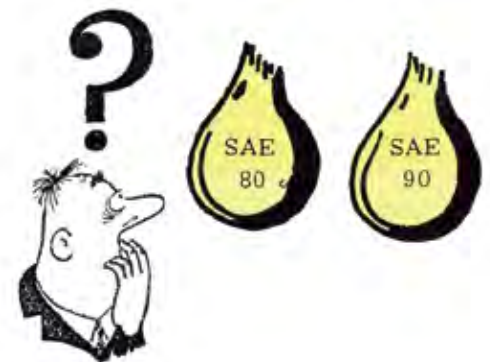
1 hoofdas
2 synchroniseertrommel
3 blokkeerspie
4 schakelring
5 synchromeshring
6 tandwiel



Dit heeft de volgende gevolgen die we in tekening B zien: De blokkeerspie drukt de synchromeshring tegen de conus van het tandwiel aan, hierdoor worden de snelheden van de hoofdas en het tandwiel gelijk aan elkaar. Tijdens het synchroniseren van de snelheden verschuift de synchronisatieerring iets in de synchroniseertrommel, dit is te zien aan ruimte in de synchronisatieerring waar de blokkeerspie in ligt. Hierdoor kan de schakelring nog niet doorschuiven naar rechts. Dit noemt men de sperinrichting. In tekening C zien we dat de toerentallen van de hoofdas en het tandwiel gelijk zijn geworden. Door de schuine vertanding van de nokken op de synchroniseerring en schakelring kan de synchroniseerring weer iets terugdraaien in de schakelring, de sperinrichting verspert de doorgang nu niet meer en de schakelring kan verder doorschuiven naar rechts. De koppeling tussen de hoofdas en het tandwiel is nu voltooid.

Smering

Let op dat er in de versnellingsbak de juiste olie wordt toegepast. De eisen die aan een versnellingsbakolie worden gesteld zijn aanzienlijk anders dan die van een motorolie. Zo zal een motorolie aan veel hogere temperaturen en vervuiling worden blootgesteld. Bij een versnellingsbak zal de olie weer aan zeer hoge drukken blootstaan tussen de flanken van de tanden van de tandwielen. Volg voor de keuze van de olie-



vulhoogte en bij een andere bak moet er zoveel olie gevuld worden totdat er bij een elders geplaatste plug olie overstroomt.

Snelheidsmeter

De aandrijving van de snelheidsmeter en de kilometerteller komt ook vanuit de versnellingsbak. Hiertoe is op de hoofdas, die in constante verbinding staat met de aandrijving naar de wielen, een worm met wormwiel geplaatst.

In sommige versnellingsbakken zit ook nog een schakelaar die door een schakelstang van de achteruitversnelling wordt aangesproken. Hiermee wordt de achteruitrijlamp geschakeld.