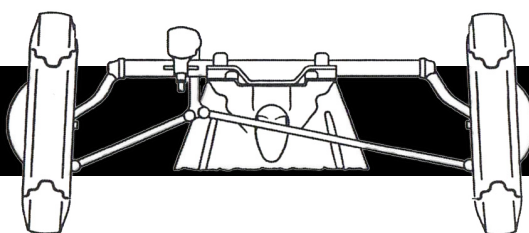
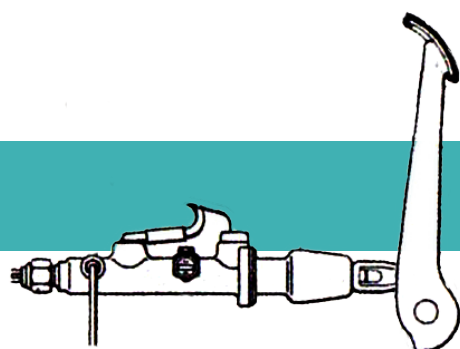


26



#76- Voor- en achteras: Caster en Sporing

pagina 02



#77- Remmen: remcircuit ontluchten

pagina 26



#78- Elektrisch: dynamo principewerking

pagina 34



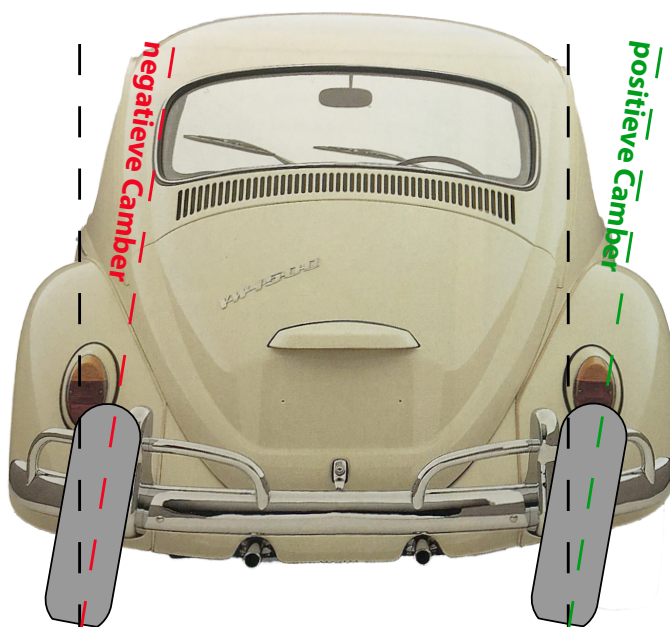
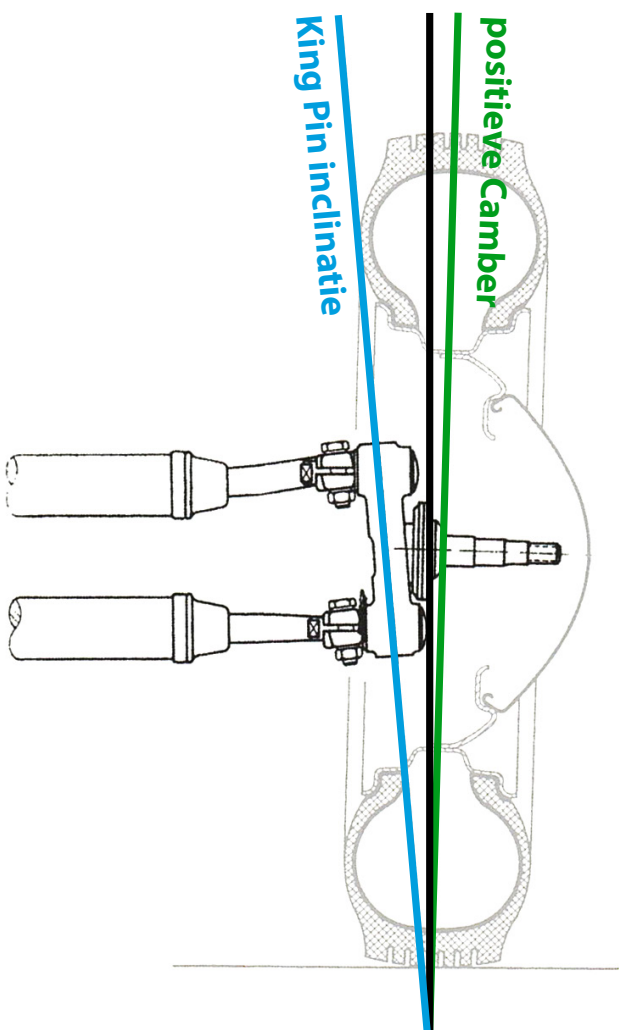
#76 Voor- en achteras

Introductie

In de vorige editie hebben we uitgelegd wat Camber (wielvlucht) en King Pin Inclination is (KPI). Een belangrijk gevolg van KPI is de Scrub Radius, dit is de schuurstraal van de voorwielen. Lees eerst [editie 25](#) voordat je aan dit artikel begint. Klik op het beeld rechts om [editie 25](#) te lezen.



Het is bij het lezen van dat artikel waarschijnlijk al een beetje duidelijk geworden dat er veel wetenschap in het chassis en de ophanging van onze klassieke Volkswagen verborgen zit, om de wagen optimaal op het wegdek te plaatsen.



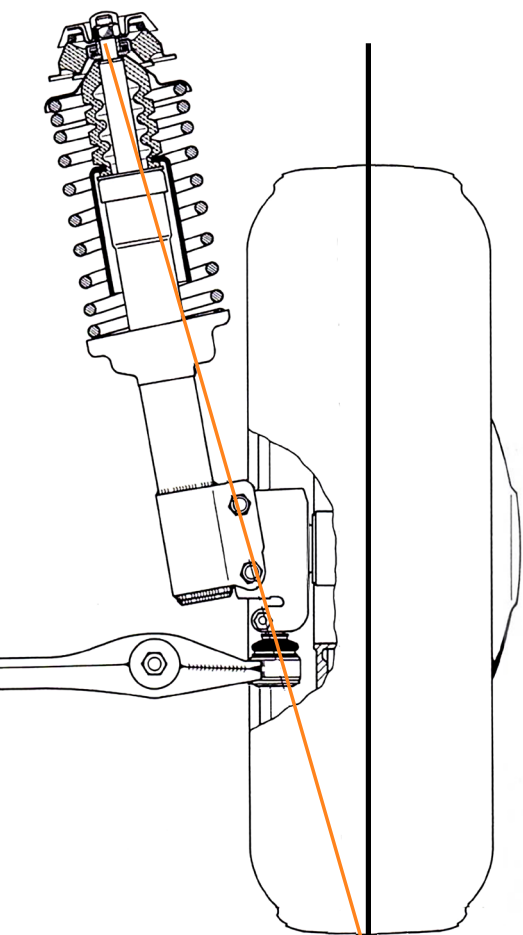
Caster en Sporing

Het begint ook al duidelijker te worden dat de aanpassing van een instelling invloed zal hebben op een andere instelling. Ook zal het afwijken van één wiel een ander wiel beïnvloeden.

We zagen dat het vervangen van de smalle diagonaalbanden door brede radiaalbanden (foto onderaan) de auto een stoere look

geeft, maar dat het soms ten koste gaat van het stuurcomfort en de wegligging. Niet direct door het grotere bandoppervlak, maar door de aanpassing van de schuurstraal, waardoor de banden te veel weerstand zullen bieden bij het draaien. Het kiezen van nieuwe velgen met de correcte ET-waarde hoort dan bij de studie, samen met de keuze van de bandenmaat.

Naast Camber en KPI, zijn er nog andere instellingen die van belang zijn, zoals onder andere Caster en Sporing, daarover zullen we het hebben in dit artikel.



Tekening links: Het veranderen van de bandenmaat zal een invloed hebben op de schuurstraal, zoals we gezien hebben in [editie 25](#). Wanneer de schuurstraal (Scrub Radius) te groot wordt, zijn de krachten bij het manoeuvreren zo groot geworden dat de auto onhandelbaar wordt. Het aanpassen van één onderdeel zal een volledig nazicht betekenen van alle instellingen, om de auto opnieuw geschikt te maken voor de toepassing waarvoor die initieel bedoeld was..

#76 Voor- en achteras

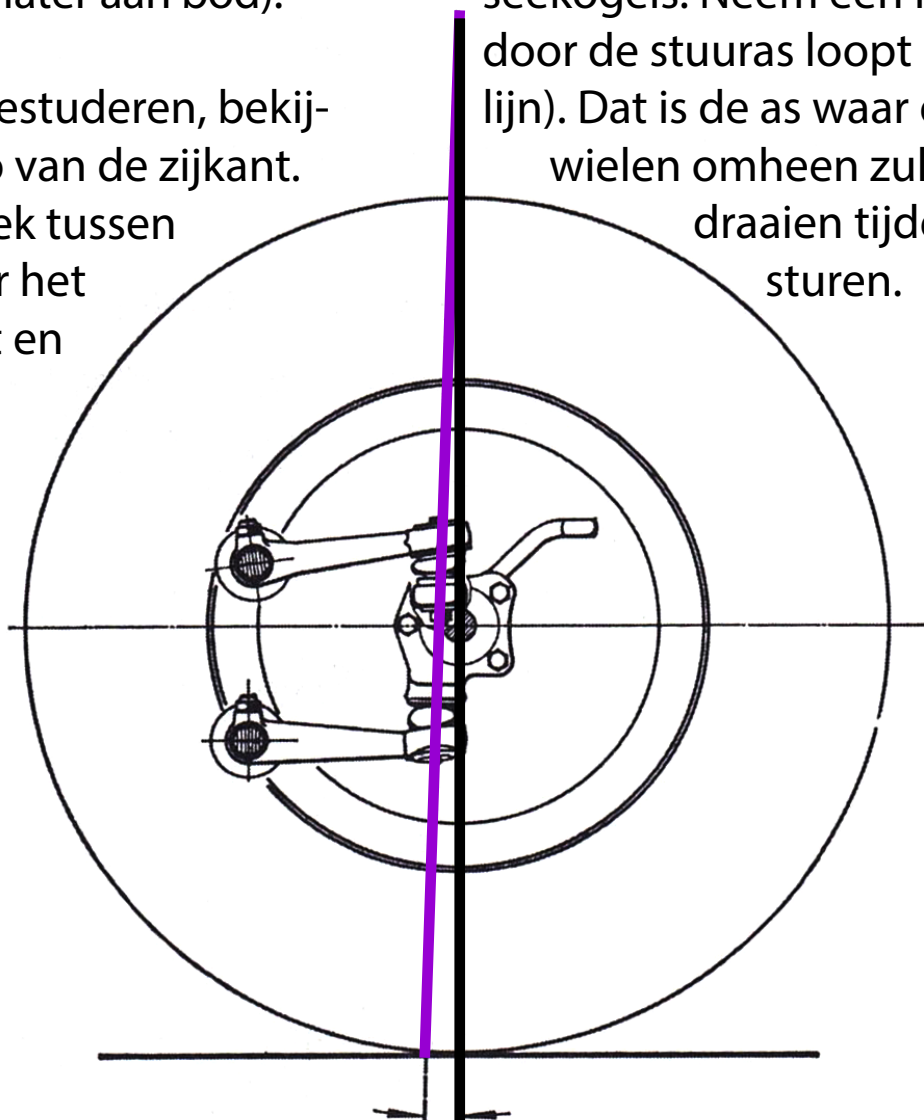
Casterhoek

Casterhoek (of kortweg Caster) is een instelling die te maken heeft met de voorwielen. Caster, ook wel fuseelangshelling, askanteling of naspoor genoemd (niet te verwarren met toespoor en uitspoor, dit komt later aan bod).

Om Caster te bestuderen, bekijken we de auto van de zijkant. Caster is de hoek tussen de hartlijn door het fuseedraaipunt en een loodrechte lijn op de weg.

We gebruiken de tekening van een voorwielloophanging met bladveren, dit is de meest klassieke opstelling bij onze klassieke Volkswagenen. Dit is de uitvoering van na 1965 met fuseekogels. Neem een lijn die door de stuuras loopt (paarse lijn). Dat is de as waar de voorwielen omheen zullen draaien tijdens het sturen.

rijrichting ←



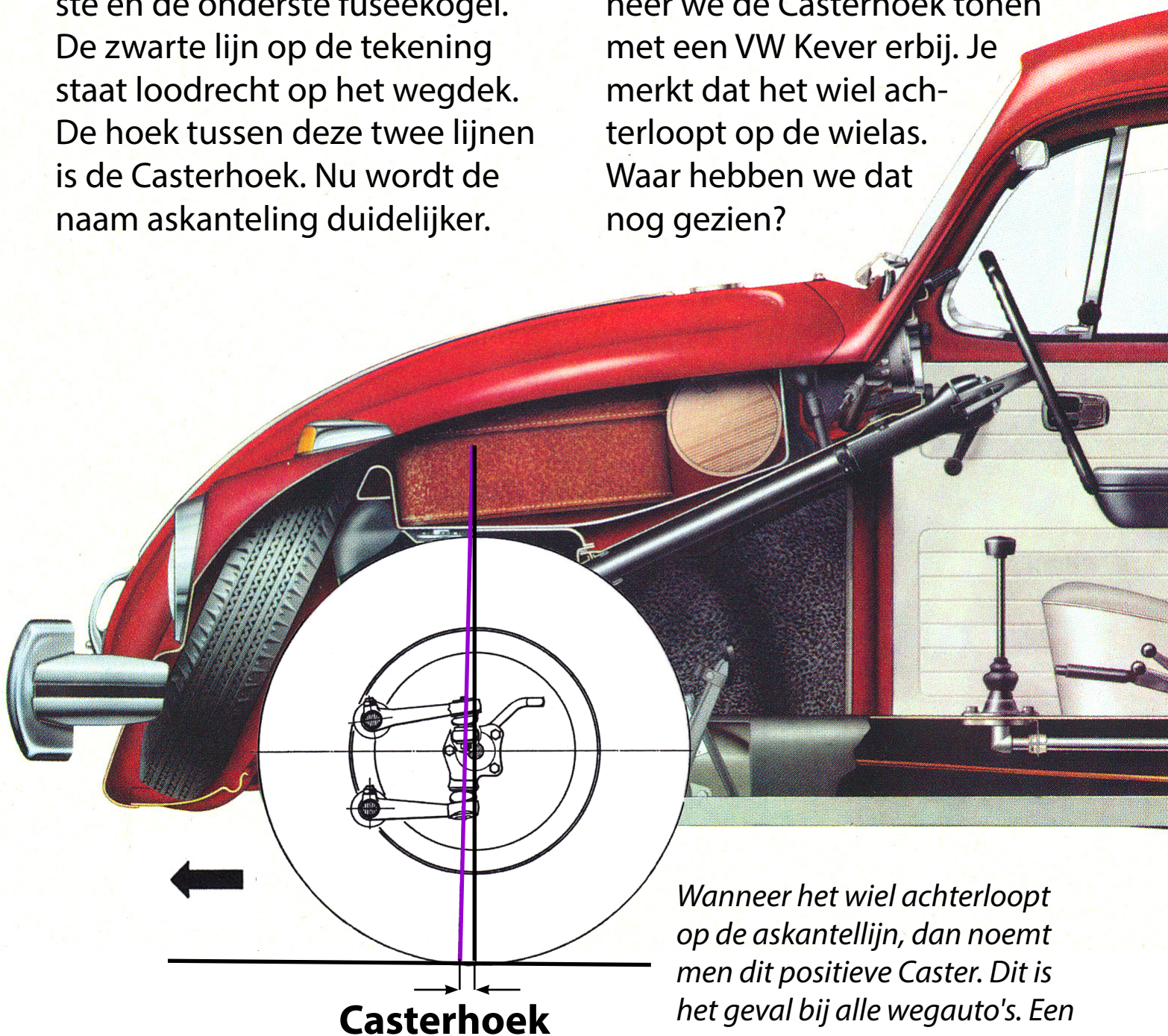
Casterhoek



Caster en Sporing

In dit geval loopt de paarse lijn door het midden van de bovenste en de onderste fuseekogel. De zwarte lijn op de tekening staat loodrecht op het wegdek. De hoek tussen deze twee lijnen is de Casterhoek. Nu wordt de naam askanteling duidelijker.

Op de tekening hieronder wordt één en ander duidelijker wanneer we de Casterhoek tonen met een VW Kever erbij. Je merkt dat het wiel achterloopt op de wielas. Waar hebben we dat nog gezien?



Wanneer het wiel achterloopt op de askantellijn, dan noemt men dit positieve Caster. Dit is het geval bij alle wegauto's. Een negatieve Caster zou de wagen onbestuurbaar maken.

#76 Voor- en achteras

Een bureaustoel, winkelkarretje of een tafelwagen (foto hieronder) hebben hun handig rijgedrag te danken aan Caster, die verkregen wordt door het verschuiven van de stuurpen. Hieronder is een tafelwagen te zien, de stuurwielen zullen altijd de rijrichting proberen te volgen. Dit gedrag is te danken aan de positie van het wiel. Zonder de nodige askanteling (Caster) zou dit karretje helemaal onhandelbaar worden.

Bij een wegauto zal je altijd een positieve Caster zien. Positieve Caster zorgt voor het zelfcenterend effect, dat zorgt voor de rechtuitstabiliteit van je wagen. Net als bij de voorwielletjes van je winkelwagen. Positieve Caster geeft richtingsstabiliteit aan de auto, omdat het wiel tijdens het rijden de neiging heeft om altijd terug naar de rechtuitstand te gaan.



Casterhoek

Bij deze tafelwagen zijn de stuurwielen achteraan gepositioneerd, het raakvlak op de grond van de lijn door de wielas is nu achter het wiel, net omgekeerd als bij onze VW met de stuurwielen vooraan.



Caster en Sporing

Net zoals bij een fiets of motorfiets waarbij de vork gekanteld staat (foto hieronder). Je herinnert je mogelijk wel, dat je gekke toeren ging uithalen vroeger met je fiets, en het stuur 180° draaide, waarbij de Casterhoek van positief naar negatief stond. Erg moeilijk om daarmee te rijden, onbestuurbaar. Maar als je jong bent moet je grenzen aftasten wordt er gezegd.

Ook bij het voorbeeld van de motor hieronder, ligt het contactvlak van de voorband achter de as waarrond het wiel kantelt. Dit geeft bij een motorfiets de nodige stabiliteit bij het sturen. Je kunt het stuur loslaten bij deze motor, zelfs tegen 120 km/u (wij raden dit uiteraard af op de openbare weg), en die blijft gewoon lekker rechtdoor rijden. Je ziet dat bij een motorfiets de Casterhoek veel groter is dan bij een auto.



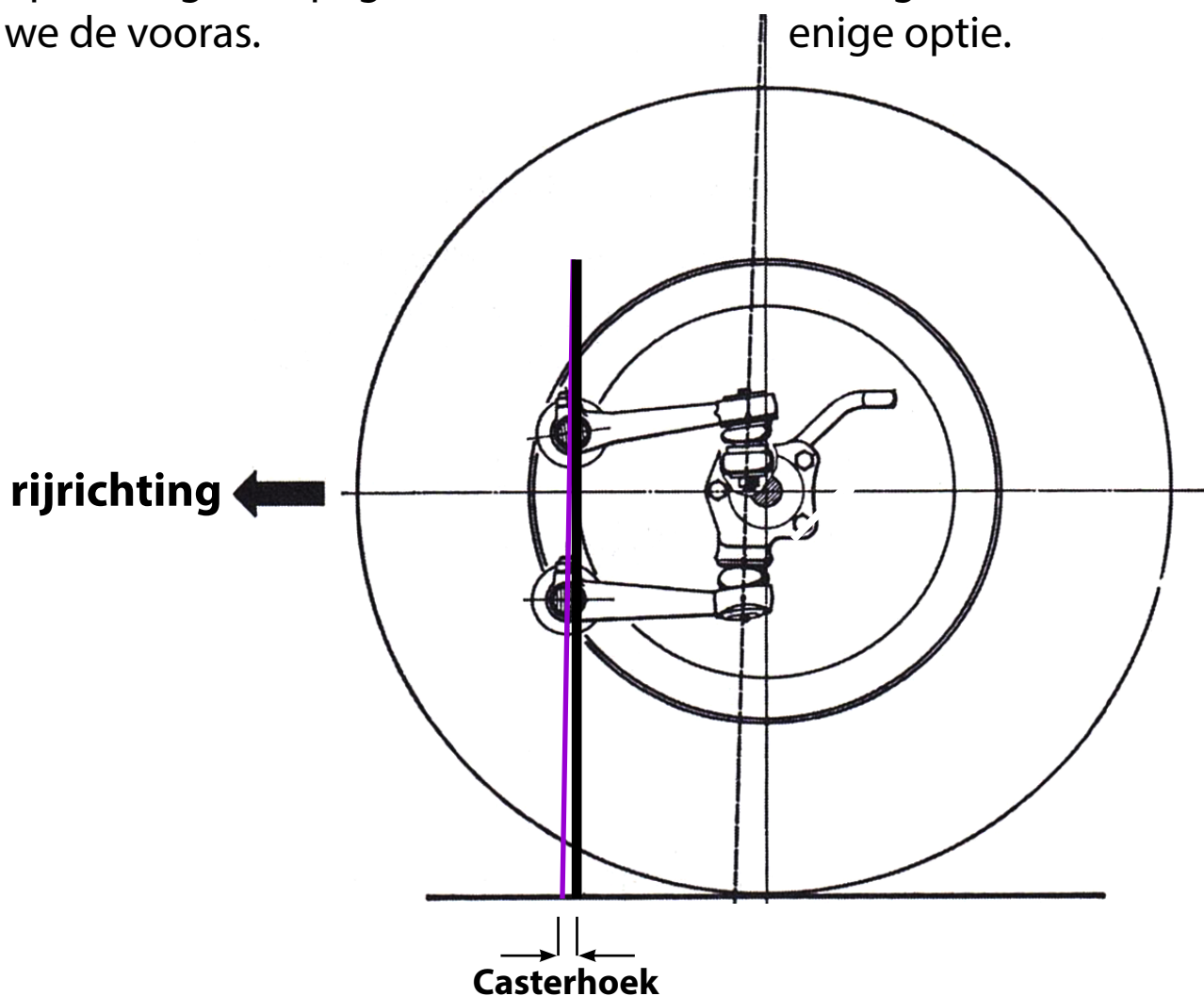
Casterhoek

© BIKEEXIF

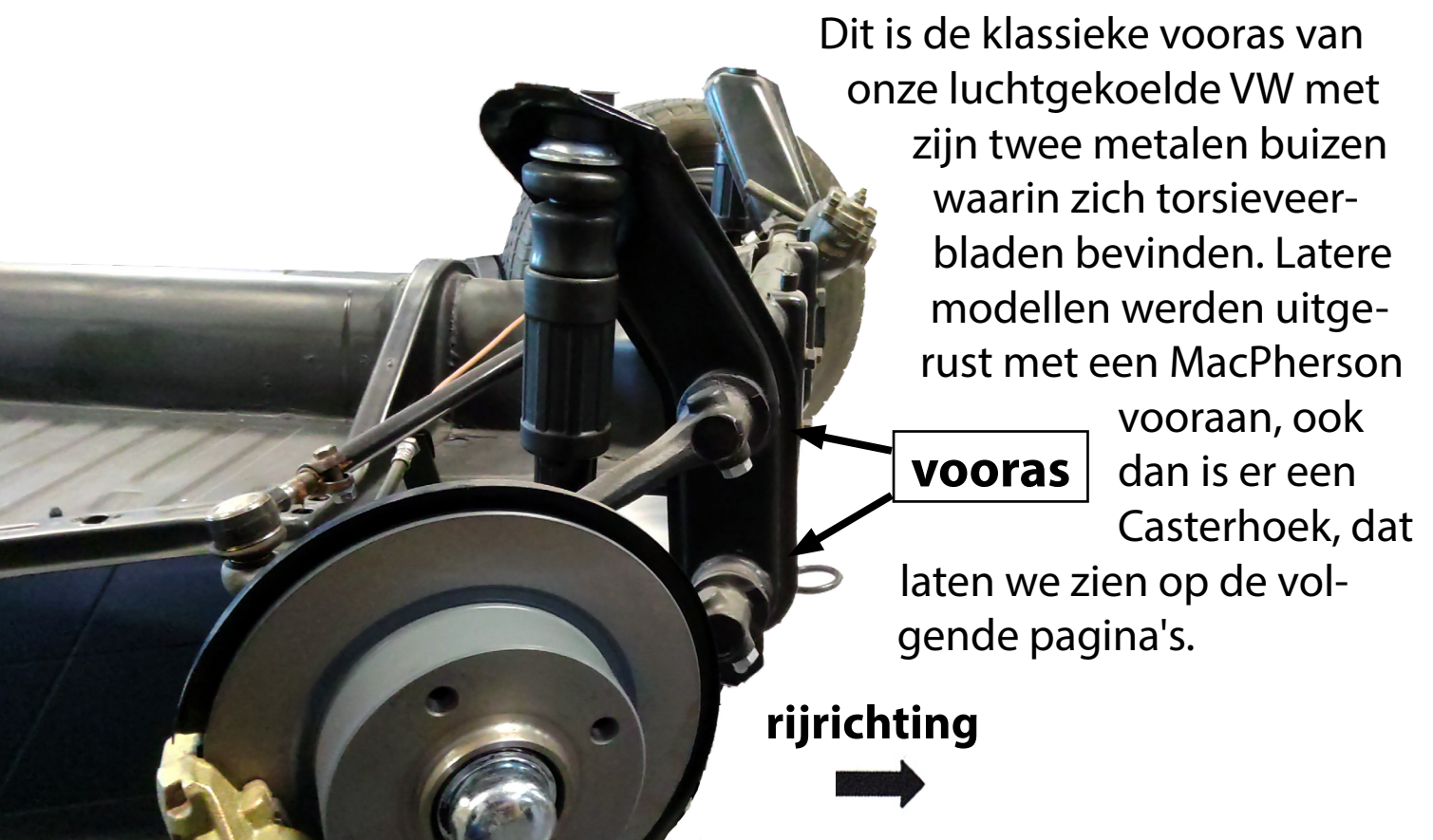
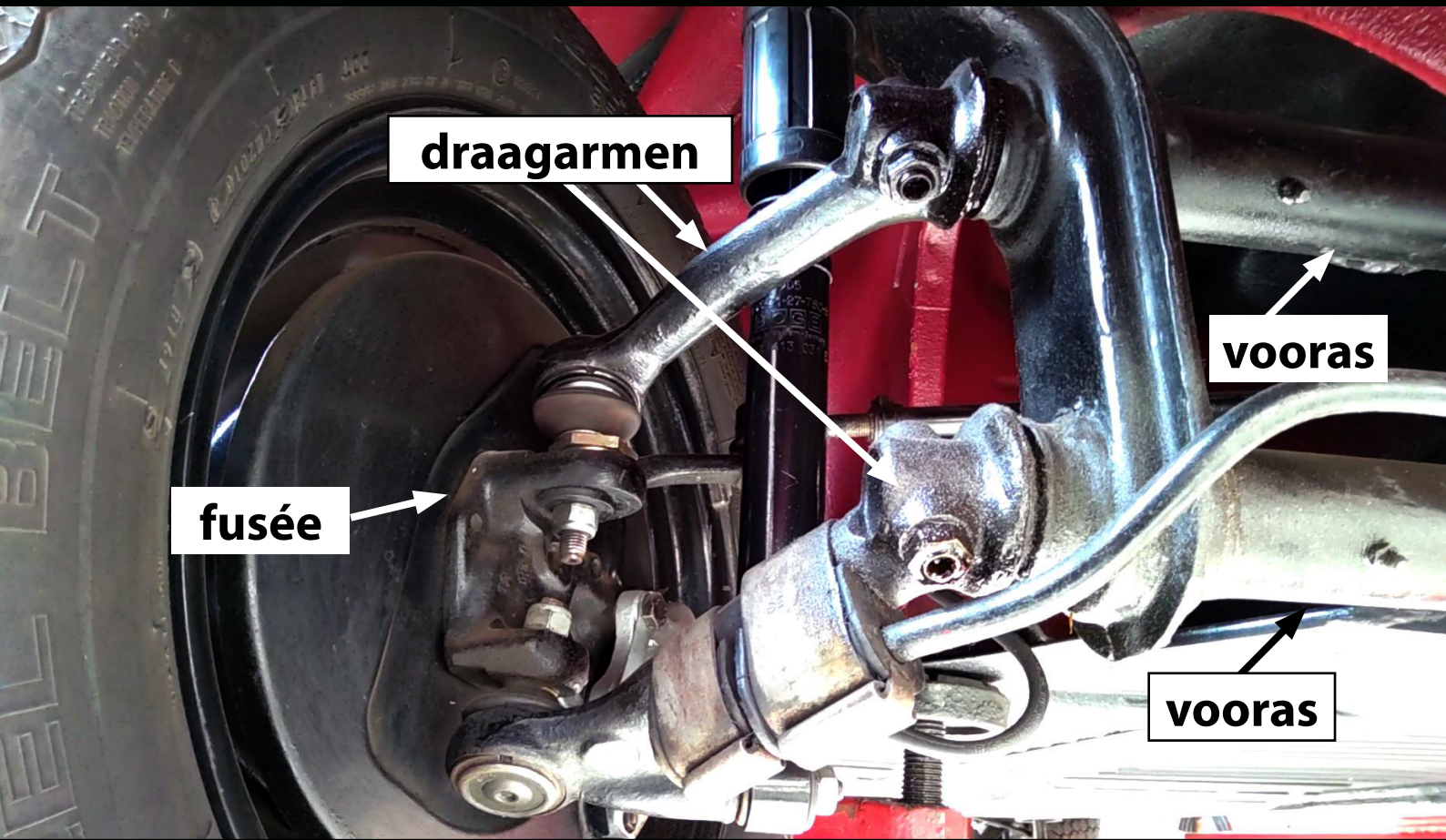
#76 Voor- en achteras

Bij de voorwielophanging speelt de stand van de buizen, waarin zich de torsieveren bevinden, ook een rol in het bepalen van de totale Casterhoek. De twee buizen hebben ook een kanteling (Caster). Het is de optelsom van de kanteling van de fuseekogels (of fuseepennen voor de modellen voor 1965) en van de draagarmen die de totale Casterhoek zal bepalen. Op de foto's op de volgende pagina, tonen we de vooras.

De Casterhoek is moeilijk te tonen op deze foto's, de hoek is dan ook erg klein, amper 2 tot 3°. Afstellen is niet mogelijk, maar de fuséekogels, de draagarmen of de vooras kunnen beschadigd zijn door een hevige schok of door een botsing. De Casterhoek zal hierdoor veranderen, wat een invloed zal hebben op het stuurgedrag van de wagen. Vervangen van de beschadigde onderdelen is de enige optie.



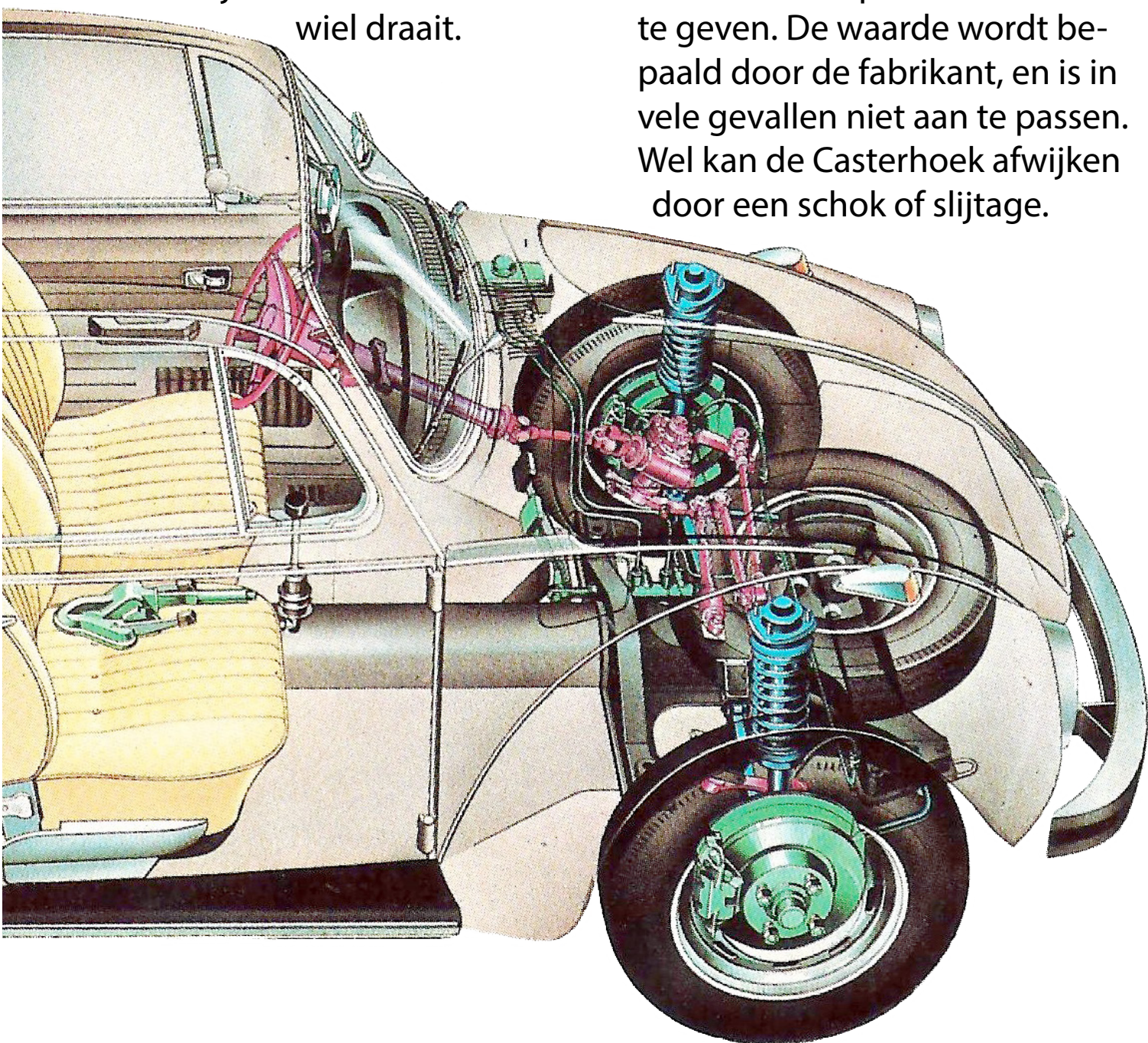
Caster en Sporing



#76 Voor- en achteras

Bij de jongere VW modellen werd de MacPherson veerpoot (zie [editie 16](#) en [editie 17](#)) gebruikt in plaats van de draagar-men met torsieveren. Hier wordt de Casterhoek bepaald door de kanteling van de veerpoot, dat is namelijk de as waarrond het wiel draait.

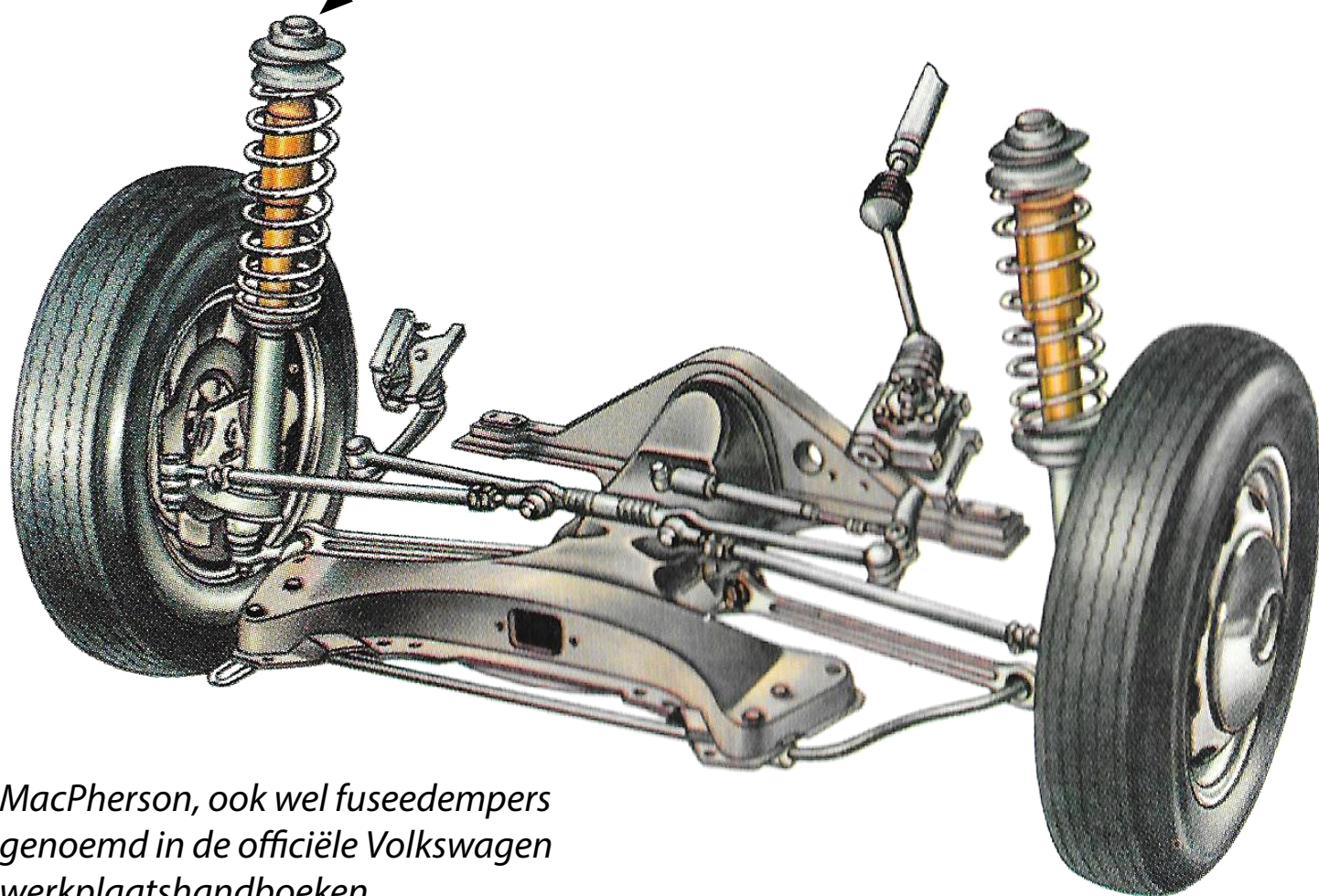
De bovenste (foto op de volgende pagina) en onderste bevestigingspunten van de MacPherson veerpoot zal bepalen hoeveel Caster de voorwielen hebben. De bovenste bevestiging zal meer naar achteren liggen, om de wielen een positieve Caster te geven. De waarde wordt bepaald door de fabrikant, en is in vele gevallen niet aan te passen. Wel kan de Casterhoek afwijken door een schok of slijtage.



Caster en Sporing



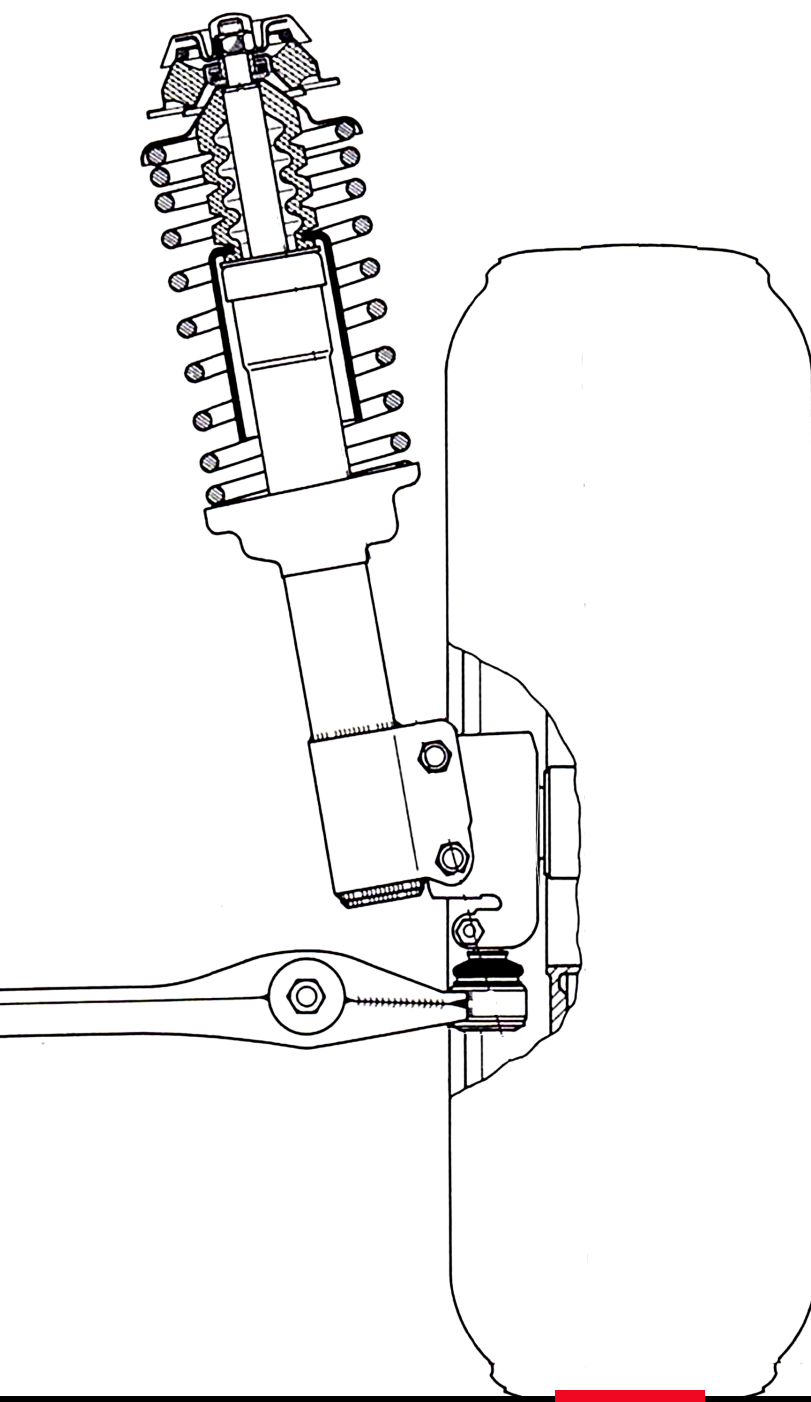
bevestiging veerpoot



MacPherson, ook wel fuseedempers genoemd in de officiële Volkswagen werkplaatshandboeken.

#76 Voor- en achteras

Nu we weten wat Casterhoek is, wat zijn de voordelen om een positieve Caster te gebruiken?



contactvlak

Richtingstabiliteit

Wel, we hebben het al uitvoerig gehad over richtingstabiliteit. Een positieve Caster zal ervoor zorgen dat de voorwielen altijd de neiging zullen hebben om terug naar de rechthoekstand te gaan. Dat is een goede eigenschap en helpt om de auto handelbaar te maken.

Door de Casterhoek ontstaat er een kracht tussen het **contactvlak** (rood vlak onder de band op tekening links, beter bekend onder zijn Engelse naam contact patch) van de band op het wegdek en de lijn van het bevestigingspunt, dit zorgt voor een kracht in het stuur dat feedback geeft bij het sturen. Deze kracht hangt ook af van het bevestigingspunt, als die verschuift, vermeerderd of vermindert de feedback in het stuur.

Te veel Caster zal zorgen dat je grip op de weg verliest.



Caster en Sporing

Het contactvlak met de weg wordt ook bepaald door de breedte van de banden, hoe breder hoe meer contact met de weg, en door de bandenspanning, hoe minder druk hoe meer contact. Uiteraard mag het contactvlak niet te klein worden, want dan verlies je grip op de weg. De vorm van het contactvlak zal ook veranderen naarmate de druk op de banden verandert.

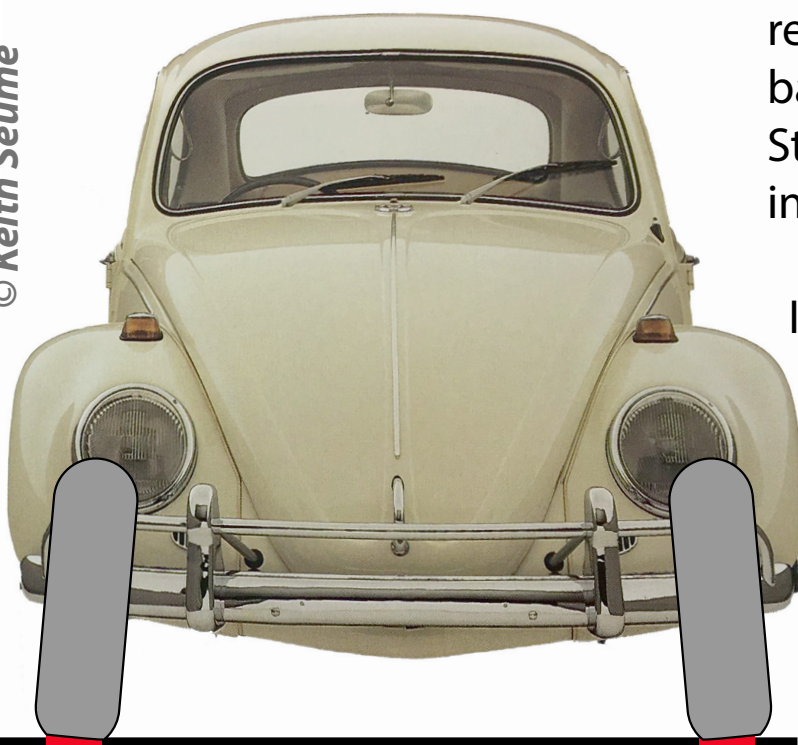
Caster en Camber

Caster zal de Camberhoek veranderen in de bochten, verbeteren, om stabiel in de bocht te gaan. Caster zorgt dus voor extra Camber (minder positieve Camberhoek) wanneer het stuur gedraaid wordt. Dit wordt dynamische Camber genoemd (foto onderaan), omdat het ontstaat door een beweging van het stuur, en het verdwijnt wanneer het stuur rechthout staat.

Dat laat toe om minder statische Camber te hebben bij het rechthout rijden, en dus de bandenslijtage te verminderen. Statische Camber is de Camberinstelling bij stilstand.

In [editie 25](#) hadden we uitgelegd dat King Pin Inclination een negatief effect op de Camberhoek had bij bochten, Caster zorgt dus voor een tegeneffect en corrigeert de Camberhoek in de goede richting.

© Keith Seume



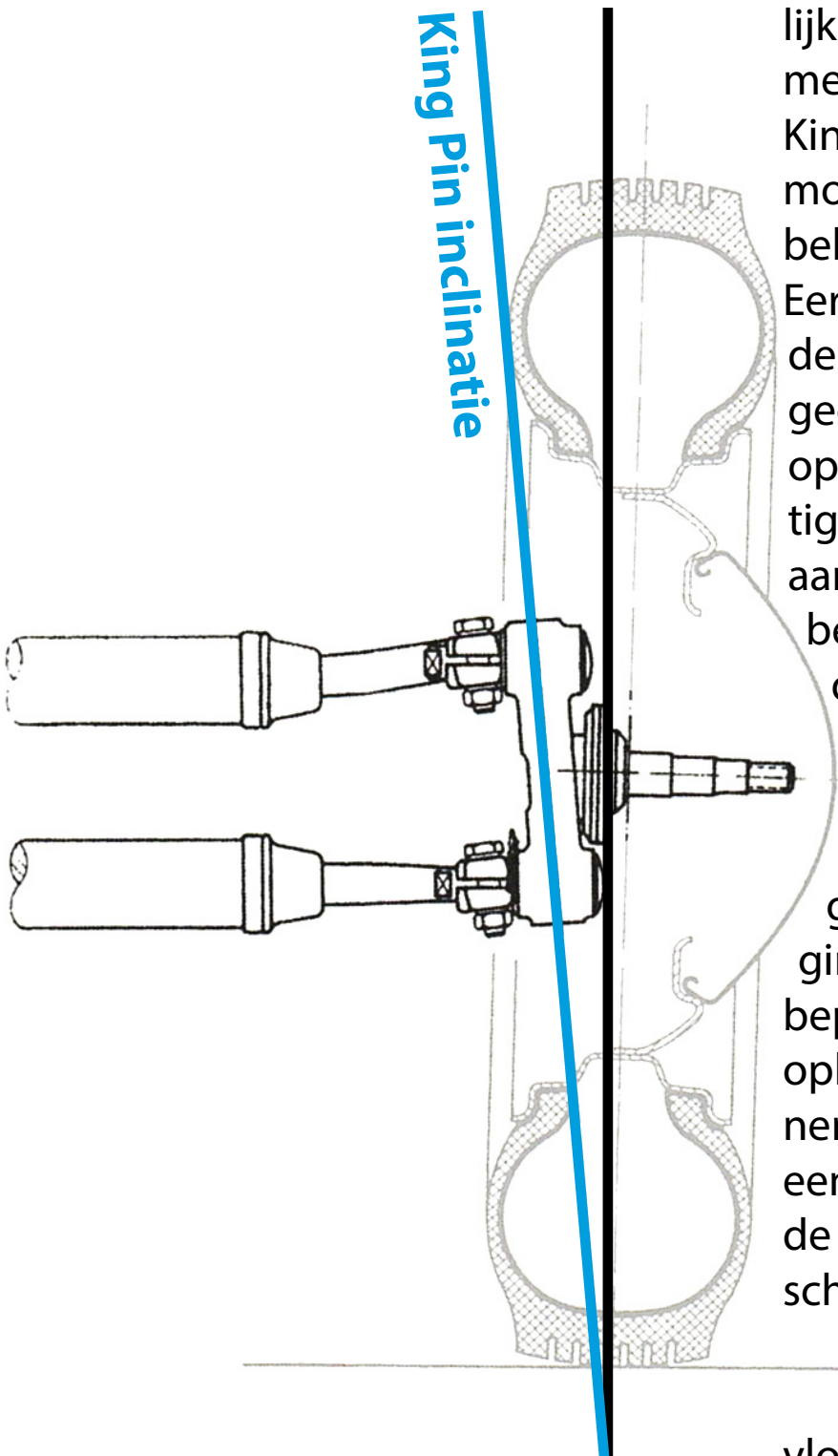
dynamische Camber bij draaien

Caster en King Pin

Casterinstellingen zijn afhankelijk van de King Pin Inclinatie, met andere woorden, indien de King Pin hoek wordt aangepast, moet de Casterhoek opnieuw bekeken worden, en omgekeerd. Eerder hebben we vermeld dat de ene instelling van de wielgeometrie een invloed heeft op een andere, dit is de bevestiging. Indien je de Casterhoek aanpast, zal dit een invloed hebben op de Camberhoek bij het draaien. Hetzelfde geldt voor King Pin en Casterhoek.

Deze instellingen zijn vaste gegevens bij een fabrieksoriginale Volkswagen, ze worden bepaald door de vorm van de ophangingsonderdelen. Ze kunnen wel veranderen wanneer je een smallere vooras monteert, de ophanging verlaagt, andere schokdempers gebruikt. De keuze van de velgenmaat en banden zal ook een invloed hebben op de geometrie.

King Pin inclinatie



Caster en Sporing

Caster en achterwielen

Net zoals de King Pin Inclinatie de Casterhoek kan beïnvloeden, zal de stand van de torsiestaven achteraan de afstelling van askanteling of Caster in de war brengen. Het verlagen van de achterkant, of een ongelijke regeling van de hoogte achteraan, zal gevoeld worden in de bestuurbaarheid van de voorwielen.

Opkrikeffect

Een positieve Casterhoek zorgt ook voor een opkrikeffect wanneer de wielen worden gedraaid. Het voorste binnenwiel gaat naar omhoog en het voorste buitenwiel zakt. Dit veroorzaakt een opkrikeffect waardoor er meer massa op het achterste buitenwiel komt bij het nemen van een bocht. Dit kan een positief bochteneffect opleveren, omdat het helpt de auto te draaien bij het ingaan van de bocht. Te veel Caster kan echter leiden tot overstuur door het opkrikeffect.

Oneffen wegen

Niet genoeg Caster zal het effect van zijdelingse krachten, zoals bij het rijden in een put of rijden op oneffen wegdek, vergroten. De auto wordt bij elke oneffenheid van het asfalt meegetrokken en wordt moeilijk bestuurbaar, het comfort wordt hierdoor sterk verminderd.

Casterhoek afstellen

De Casterhoek bedraagt niet meer dan 2° tot 3° bij gewone auto's. In de VW handleiding van 1963 wordt voor de Volkswagen Kever $2^{\circ} \pm 15'$ geadviseerd ($15'$ is gelijk aan $15/60$ decimaal, dus $2,25^{\circ}$). Dat is echt niet veel en met het blote oog niet in te stellen. En toch zal deze instelling een wereld van verschil maken wat betreft het rijgedrag van de wagen.

In de volgende editie van deze reeks, zullen we de afstelling bespreken van de wielgeometrie.

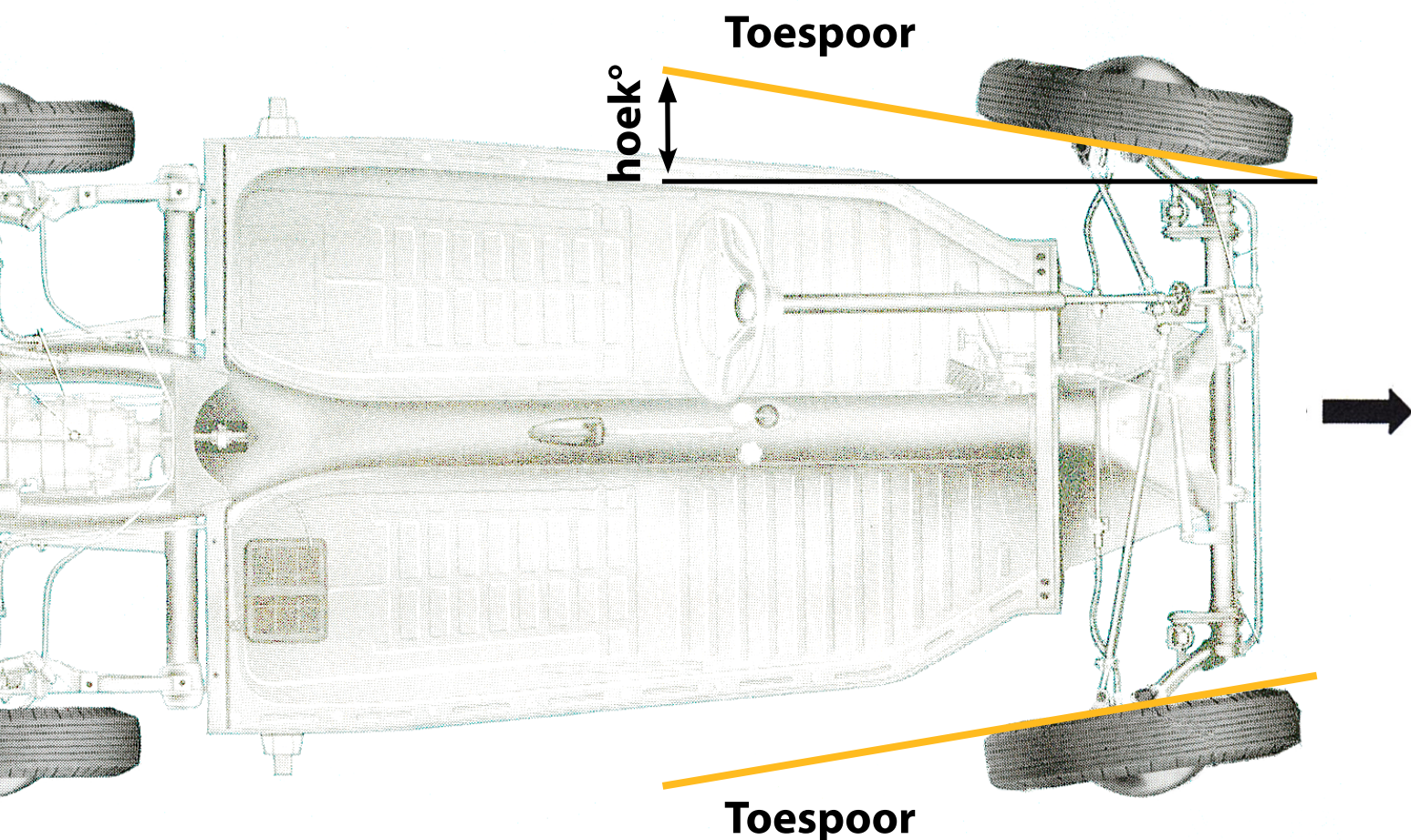
#76 Voor- en achteras

Sporing

Sporing is een instelling die zowel voor de voorwielen als de achterwielen belangrijk is. We beginnen met de voorwielen. Sporing, ook bekend onder zijn Engelse naam Toe, heeft te maken met de richting van de wielen. We illustreren dat met onderstaande tekening van een VW Kever chassis, gezien vanaf de bovenkant.

Sporing is de meest gevoelige instelling van alle instellingen van de wielgeometrie.

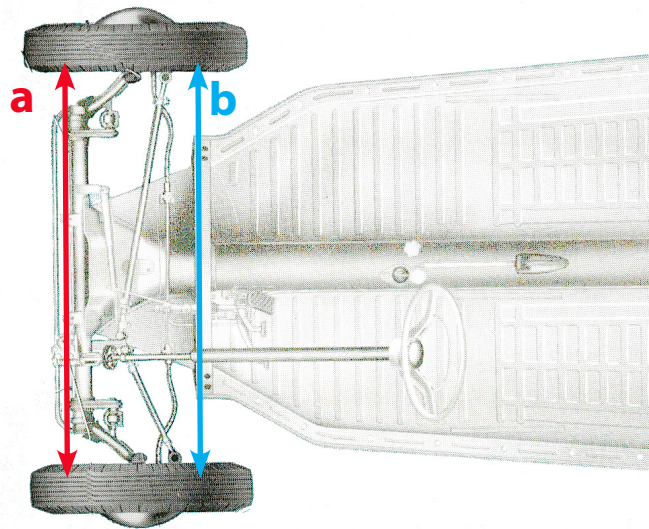
Wanneer de wielen naar binnen wijzen, zoals op de tekening hieronder, spreken we van toespoor of Toe-in. Op de tekening op de volgende pagina tonen we voorwielen met uitspoor of Toe-out.



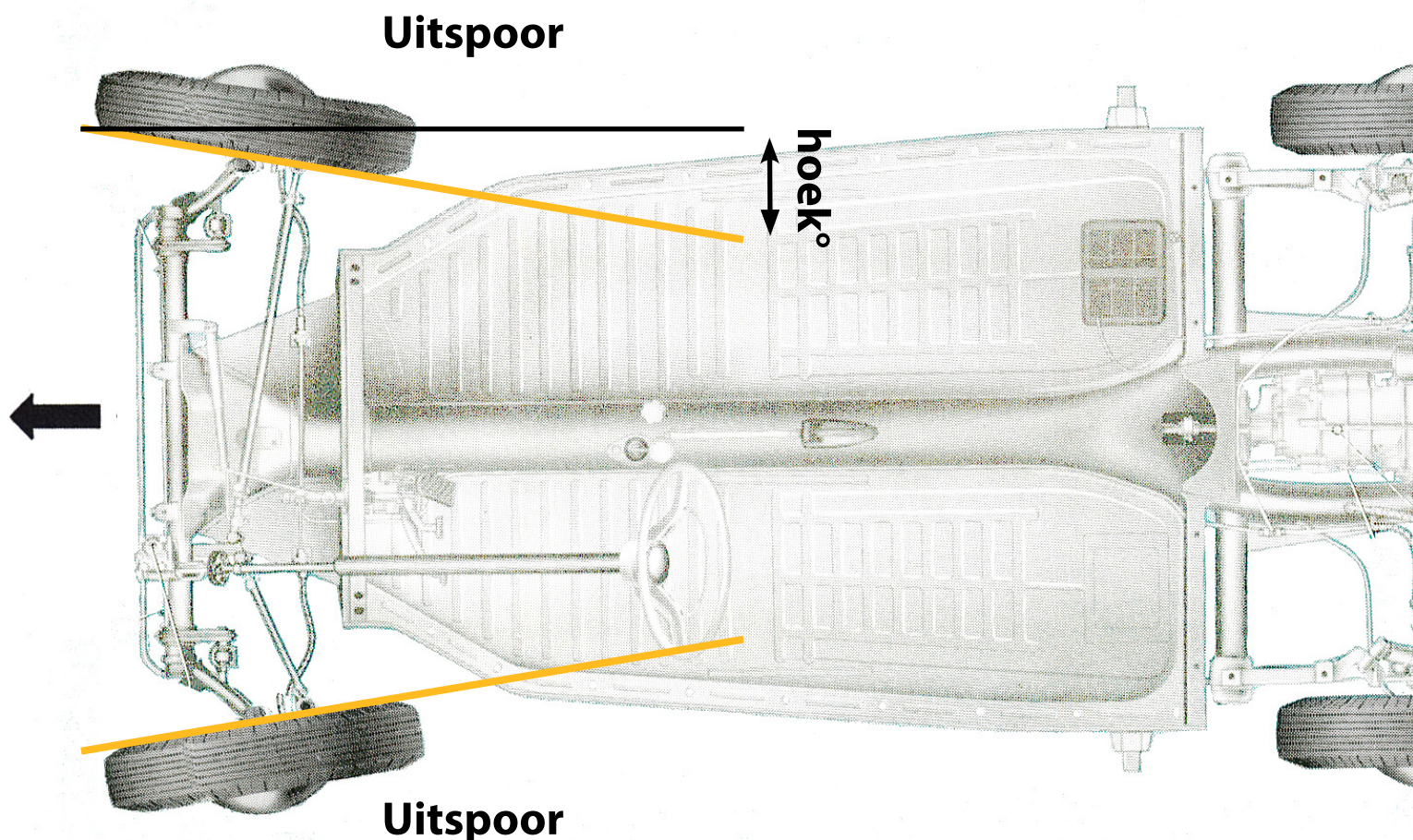
Caster en Sporing

Nogmaals, de tekeningen zijn erg overdreven om het duidelijker te maken. In de praktijk spreken we over enkele tienden van een graad of amper 2 tot 4 mm tussen de voorkant van de velgen (rode pijlen op de tekening rechts) en de achterkant (blauwe pijlen). Dit is met het blote oog amper zichtbaar. Sporing wordt uitgedrukt in graden (zie teke-

Toespoor : $a < b$
Uitspoor : $a > b$



ning hieronder) of in millimeters zoals op de tekening hierboven.



#76 Voor- en achteras

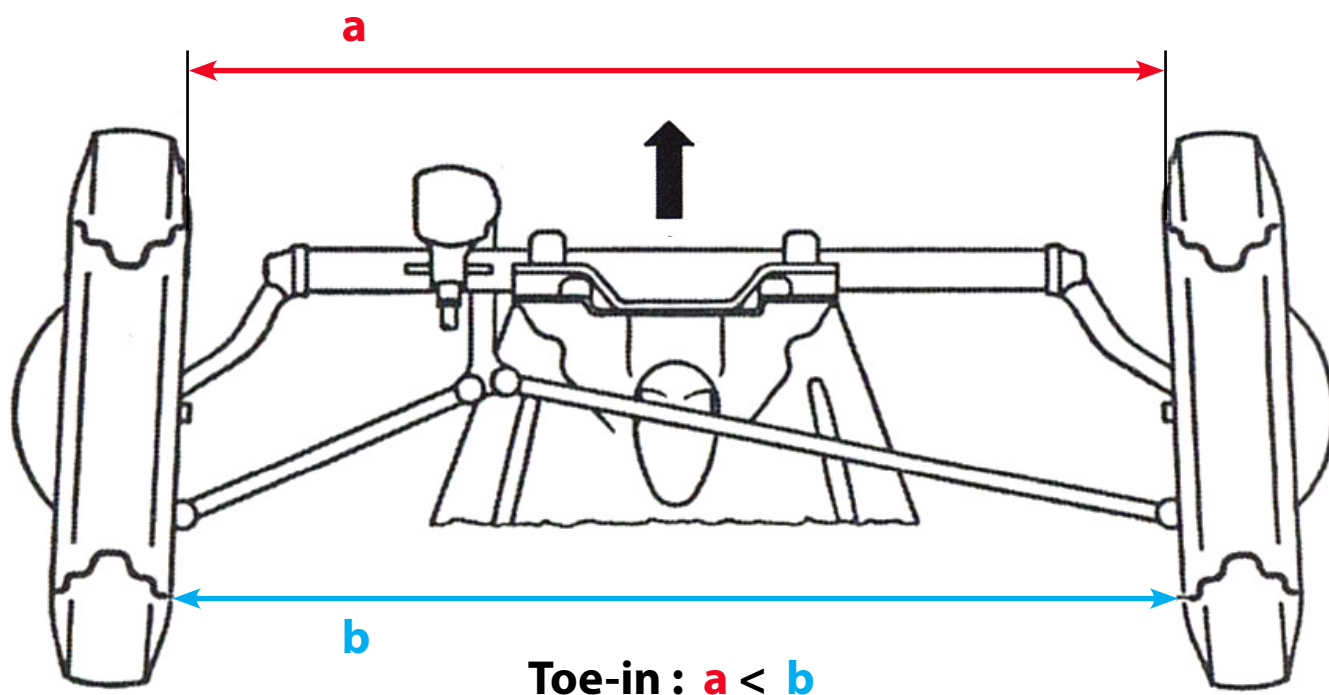
Waarom is een beperkte mate van toespoor op de voorwielen nu noodzakelijk bij onze klassieke Volkswagen?

Door de positieve Camber instelling (zie [editie 25](#)) in combinatie met de weerstand van het wegdek, en speling in de wiellagers en stuuronderdelen, worden de voorwielen naar buiten geduwd (uitspoor). Om dit effect te compenseren geven we de voorwielen een lichte toespoor. Hieronder tonen we hoe de toespoor op de vooras wordt gemeten. Tegen de velgrand aan de voorkant en aan de achterkant. Wanneer de rode

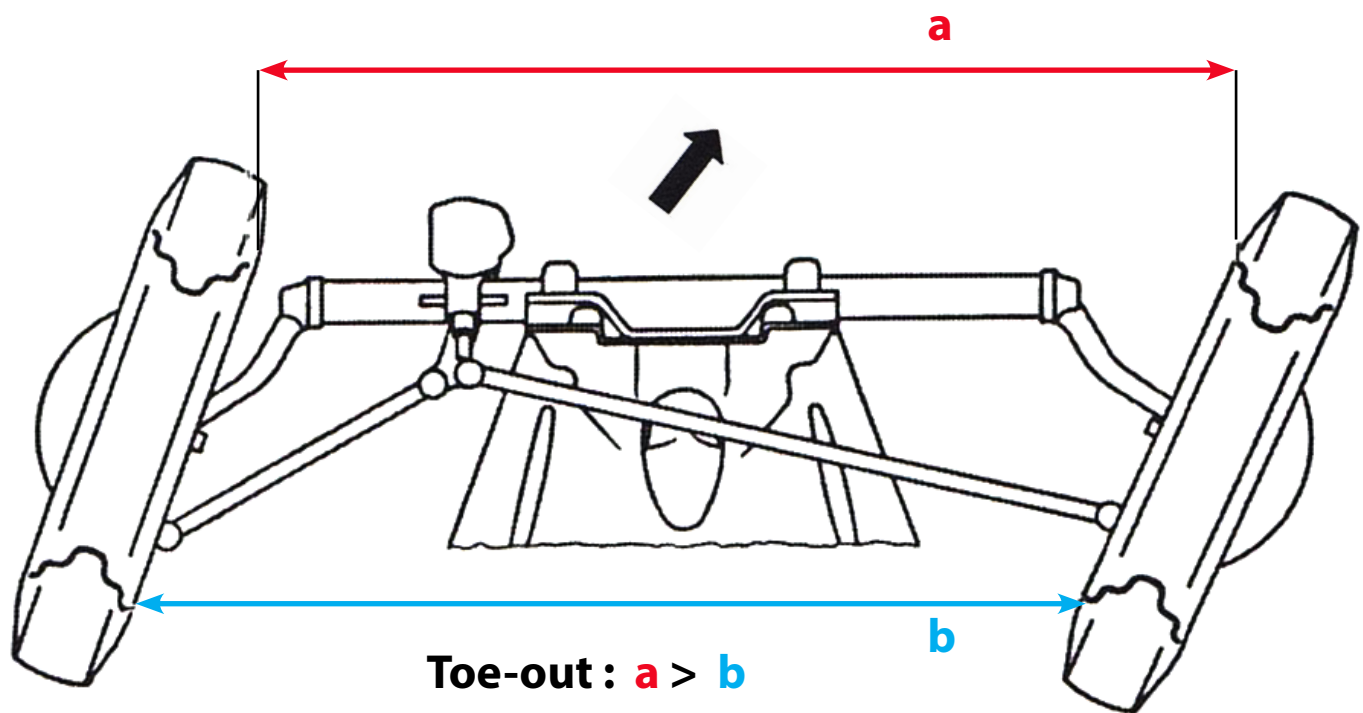
Bij een **achterwielaangedreven** wagen worden de voorwielen naar buiten geduwd en moeten dus met extra toespoor (Toe-in) gecorrigeerd worden.

Bij een **voorwielaangedreven** wagen is dat net omgekeerd, de voorwielen worden naar binnen geduwd en moeten dus met extra uitspoor (Toe-out) gecorrigeerd worden.

lijn korter is dan de blauwe lijn, dan is er sprake van toespoor (Toe-in). Wanneer de wagen rechtdoor rijdt, zorgt de toespoor ervoor dat de wielen toch parallel komen te staan.



Caster en Sporing



De tekening hierboven toont de situatie wanneer de wagen een bocht neemt. Het binnenwiel heeft een kleinere draaicirkel dan het buitenwiel, het binnenwiel zal dus meer moeten draaien. Door de krachten uitgeoefend op de wielen verandert de sporing van neutraal (of lichtjes toespoor) in rechte lijn naar uit-spoor bij gedraaid stuur.

Indien de spoorstangen verkeerd afgesteld of vervormd zijn, of er is te veel speling op de wiellagers of stuuronderdelen, dan zullen, door de verkeerde sporing, de banden over de weg schuren in plaats van netjes te rollen, wat bandenslijtage zal bevorderen.

#76 Voor- en achteras

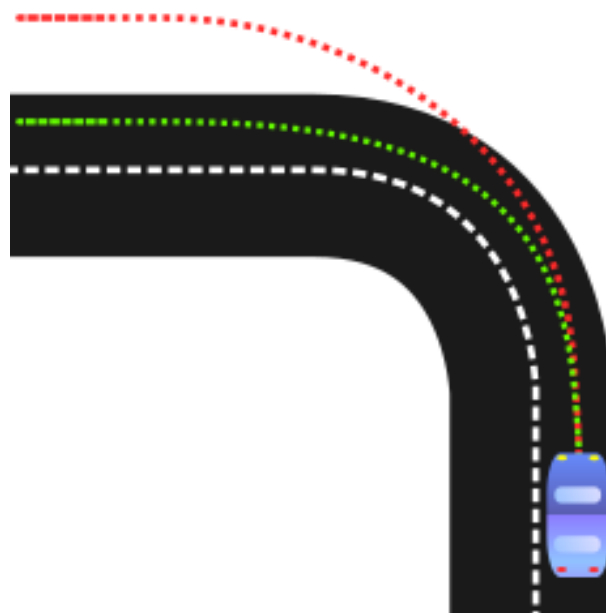
Indien je veel uitspoor zou instellen, dan hebben de voorwielen de ideale positie bij het draaien. Het binnenwiel volgt dan vanzelf een kleinere straal dan het buitenwiel, en draait de wagen netjes door de bochten zonder dat de banden op het wegdek schuren. Maar te veel uitspoor leidt tot een erg gevoelig stuur, die bij de minste verdraaiing reageert en de auto van koers doet veranderen. Het wordt erg moeilijk om zonder hard werken rechtdoor te rijden.

Toespoor is daarom een betere keuze, het bevordert de rechtdoorstabiliteit, en dempt alle onregelmatigheden op de weg om het stuurcomfort te verbeteren.

Bij voorwielaangedreven auto's ligt het wat anders, deze hebben de neiging om onderstuur (zie tekening rechts) in de bochten te vertonen, uitspoor geeft wat extra overstuur om dat effect te compenseren.

De toespoorinstelling wordt zo berekend door de ingenieurs dat, onder normale omstandigheden de toespoor praktisch gelijk is aan nul. Sporing heeft een invloed op het gedrag van de wagen bij het ingaan van een bocht, bandenslijtage en rechtuitstabiliteit.

Onderstuur treedt op als de maximale grip van de voorbanden wordt overschreden. Het effect is dat de auto neigt een flauwere bocht te maken (rode stippellijn) dan de bestuurder van de stuuruitslag zou verwachten. De auto glijdt als het ware over de voorwielen naar de buitenkant van de bocht.



© wikipedia.org



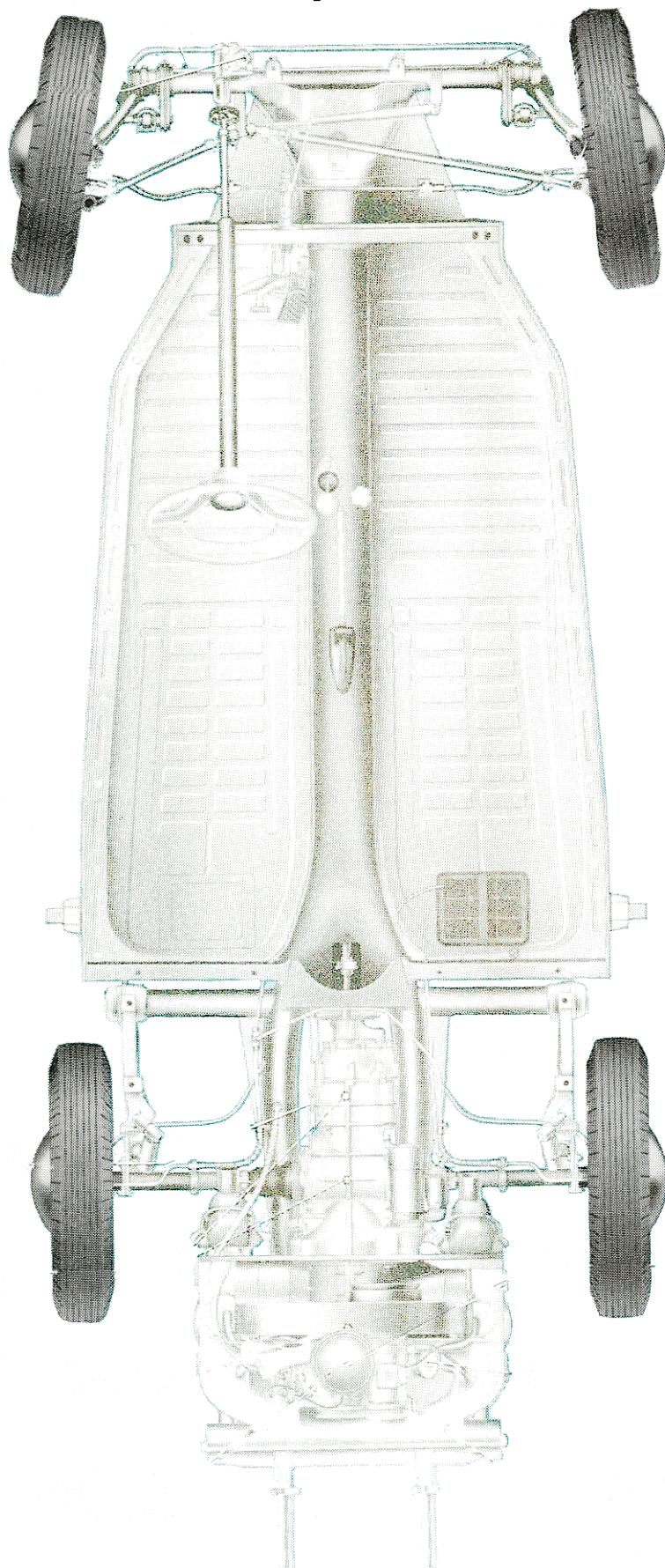
Caster en Sporing

Wat is het effect van verkeerd ingestelde toespoor of uitspoor? Verkeerde sporing zal een effect hebben op de handelbaarheid van de wagen, maar het meeste nog op de bandenslijtage.

Toespoor: Te veel toespoor zal de extremiteiten van de banden over het wegdek doen schuren, en slijtage aan die uiteinden zullen te zien zijn. Een gezonde mate van toespoor heeft als voordeel dat de rechtuitstabiliteit groter wordt.

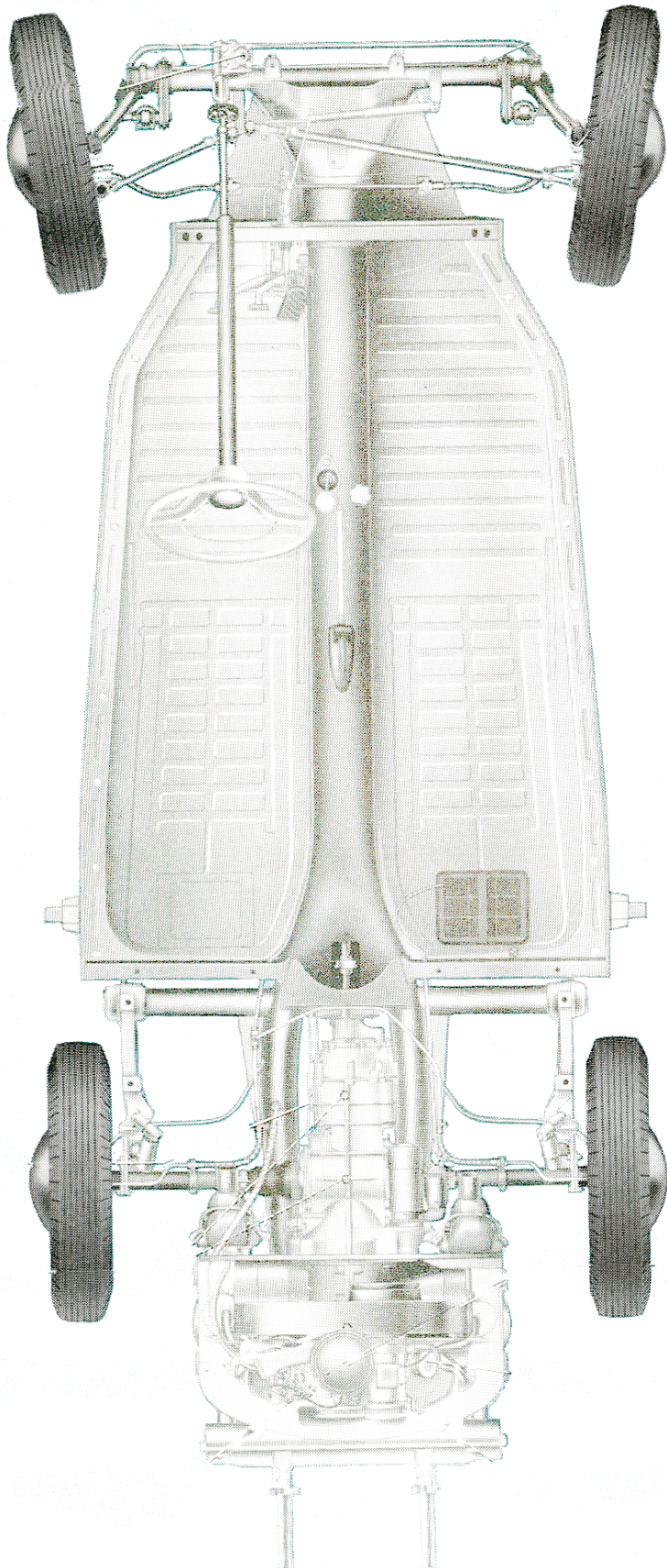
Auto's, vrachtwagens en SUV's met achterwielaandrijving krijgen meestal toespoor, omdat dit een betere rechtuitstabiliteit biedt. Het nadeel is dat de reactie op bochten wat trager is. Bij het nemen van een scherpe bocht verandert toespoor in uitspoor om het schuren van de banden te verminderen, omdat het binnenste wiel een kleiner interval doorloopt dan het buitenste wiel.

Toespoor



#76 Voor- en achteras

Uitspoor



Uitspoor: Verhoogt het vermogen om bochten te nemen en vermindert onderstuur. Wanneer de auto naar een bocht begint te draaien, zal het binnenste wiel een agressievere hoek maken. Aangezien zijn draaicirkel kleiner is dan die van het buitenste wiel, zal het de auto gemakkelijk in die richting trekken. Dit vermindert echter ook de stabiliteit op rechte stukken. Maar met te veel uitspoor zal de wagen onstabiel gedrag vertonen bij hoge snelheid en kan de wagen gaan spinnen.

Uitspooreffecten komen meestal voor in raceauto's, omdat die voertuigen een zeer responsief stuursysteem vereisen. Of je nu deelneemt aan een evenement op een klein plaatselijk circuit of op het Nürburgring asfalt, veel auto's zullen zijn afgesteld met wat toespoor.

Uitspoor op de achterwielen zorgt voor een sliphoek op de band om de grip aan de achterkant bij het accelereren te vergroten.



Caster en Sporing



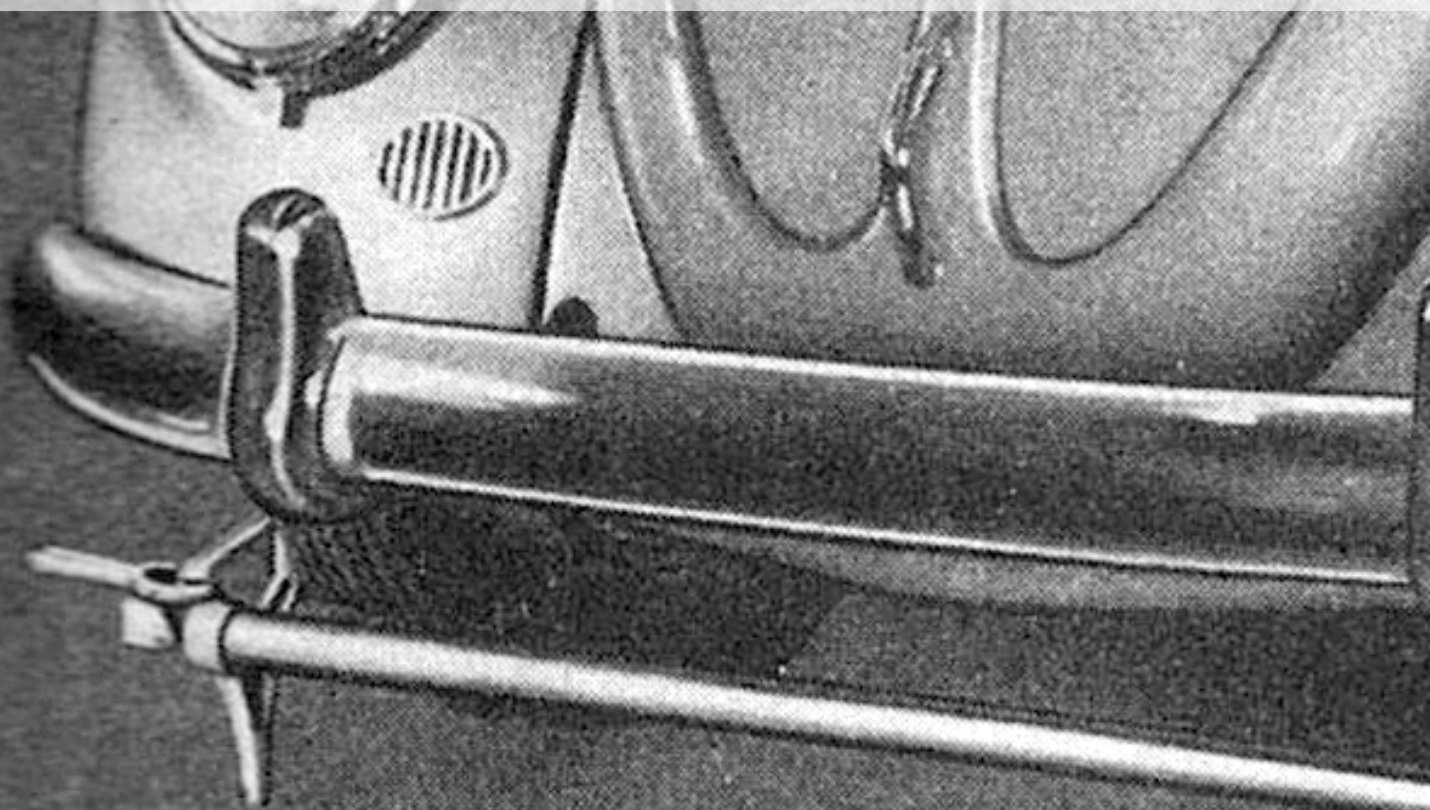
De geometrie van onze klassiekers werd nauwkeurig bestudeerd door de ingenieurs van de fabriek. Een ideale afstelling van de wielgeometrie voor een gemengd gebruik op de snelweg en in de stad geeft een minimale bandenslijtage en een maximaal comfort met de beste wegligging. Indien je op het circuit gaat racen,

zal de gekozen geometrie afhangen van het circuit. Is het een rechte sprint, dan zal gekozen worden voor maximale rechtuitstabiliteit, zijn er veel scherpe bochten, dan zal het onder controle van onderstuur en overstuur dan weer belangrijker worden. Is het een uithoudingsrace, dan wordt bandenslijtage een prioriteit.

#76 Voor- en achteras

Bij het nemen van bochten vergroot uitspoor echter de neiging tot overstuur van de achterkant van de auto, wat vooral slecht is voor racewagens met achterwielaandrijving. Sporing verbetert het stuurbedrag.

Toespoor vermindert overstuurbedrag en uitspoor vermindert onderstuur. Overdreven sporing zal het sturen onmogelijk maken en bandenslijtage bevorderen.

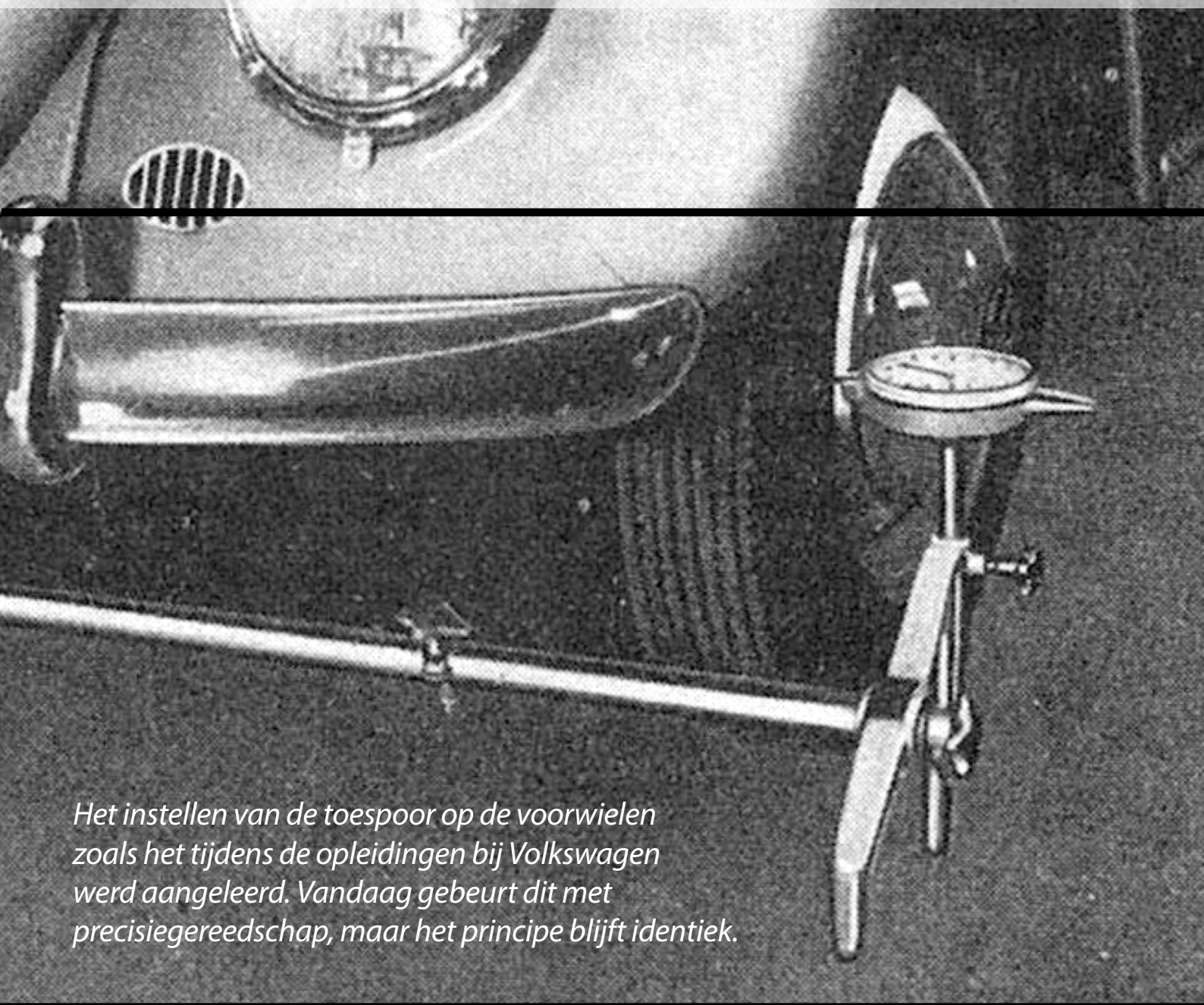


Caster en Sporing

Conclusie

In de volgende editie zullen we kijken welke instellingen van de wielgeometrie kunnen afgesteld worden bij onze klassieke VW. De informatie die we mee zullen geven zal van pas komen wanneer je met je klassieke VW naar

de bandencentrale gaat, het zal dienen als handleiding om de afstelling goed te laten verlopen. Je zult met die informatie ook beter kunnen inschatten of de wielgeometrie conform is aan wat in het werkplaatshandboek staat.



Het instellen van de toespoor op de voorwielen zoals het tijdens de opleidingen bij Volkswagen werd aangeleerd. Vandaag gebeurt dit met precisiegereedschap, maar het principe blijft identiek.

Introductie

In [editie 25](#) hebben we getoond hoe je de remvloeistof kunt vervangen. We hebben dat gedaan door de remleidingen door te spoelen met nieuwe remvloeistof, met perslucht. Het doorspoelen van het remcircuit wordt aangeraden na een voorgeschreven aantal kilometers of na twee jaar. Heb je net een oldtimer gekocht, dan raden we aan het remcircuit goed door te spoelen, indien er geen betrouwbare onderhoudshistoriek beschikbaar is.

Na het doorspoelen beschikt je auto over verse remvloeistof, en zijn de remleidingen tevens ontlucht.

Doorspoelen is uiteraard niet altijd nodig. Indien je een remslang of leiding hebt losgemaakt, of je hebt een remcilinder of een remklauw gedemonteerd, dan is ontluchten van een deel van het remcircuit voldoende.



Dit bespaart remvloeistof en het is sneller geklaard dan volledig doorspoelen.

Ontluchten kan je uiteraard ook met de gereedschappen die we in [editie 25](#) hebben getoond, maar je kan dit ook op de oude manier, met iemand die voor jou op het rempedaal duwt, volgens de juiste procedure. Doorspoelen van het volledig remcircuit is met deze eenvoudige techniek niet aangeraden.

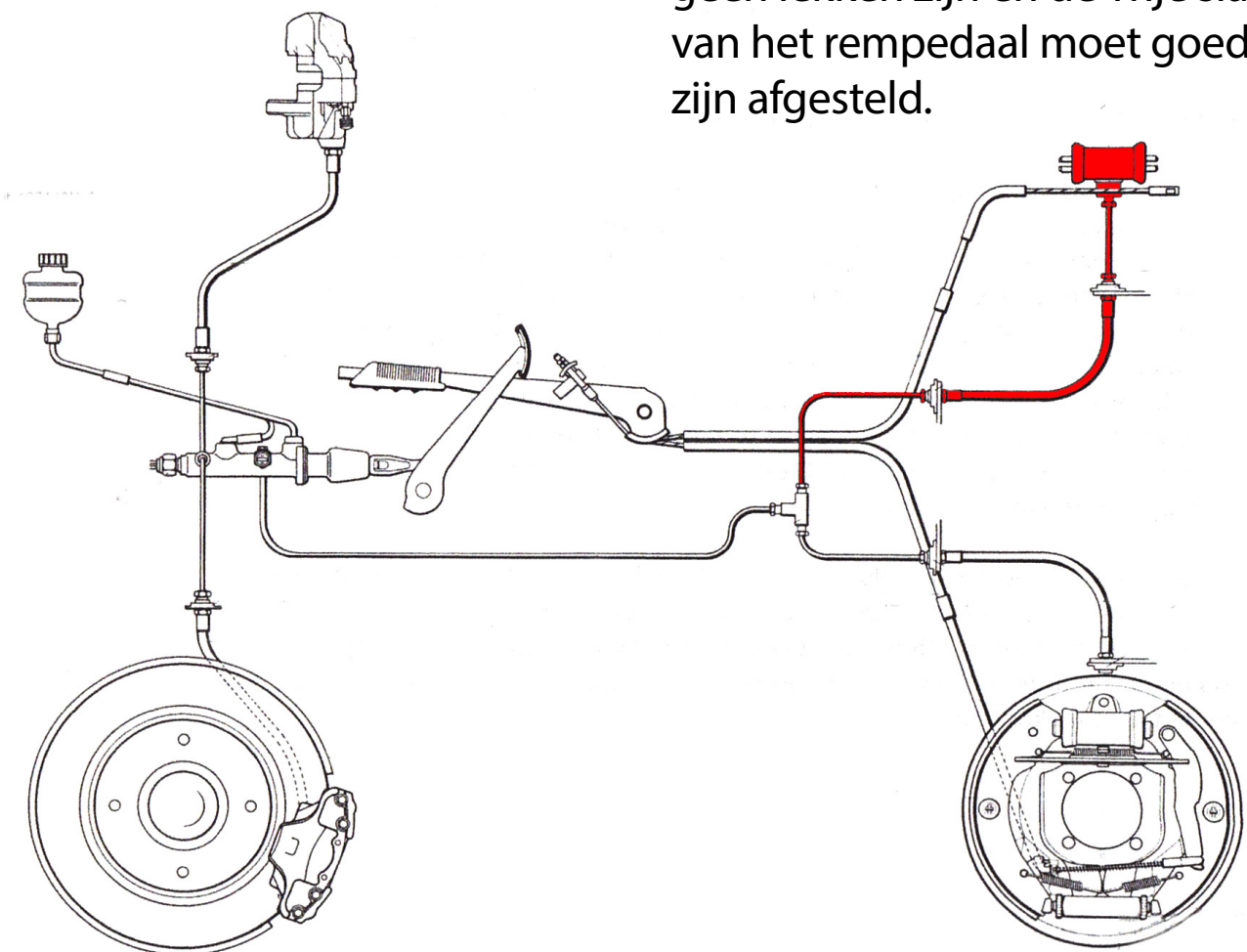


remcircuit ontluchten

Hieronder tonen we een typisch hydraulisch remcircuit. In het **rood** is de remleiding van de trommelrem rechts-achter. De methode die we hier gaan gebruiken maakt gebruik van het rempedaal om de remvloeistof weg te duwen, in tegenstelling met de techniek in [editie 25](#) waarbij we de remvloeistof uit het remcircuit zuigden met een vacuümsysteem. De me-

thode waarbij we het rempedaal gebruiken, is een tweepersoonskarwei. Het wordt ook alleen aangeraden om een deel van het remcircuit te ontluchten, niet om alle leidingen door te spoelen. Het maakt weinig uit of het om een trommelrem gaat of een schijfrem.

Om de remmen te kunnen ontluchten, moeten alle remmen goed zijn afgesteld, er mogen geen lekken zijn en de vrije slag van het rempedaal moet goed zijn afgesteld.



Te volgen procedure

1 Het eerste wat je moet doen is het remvloeistofreservoir vinden, en bijvullen met DOT3 of DOT4 (zie [editie 25](#)). Tijdens het ontluchten zal het niveau dalen. Indien je één rem ontlucht, dan zal er niet veel remvloeistof verbruikt worden, en volstaat dit eenmalig bijvullen meestal om de leiding te ontluchten.

Indien je een groter deel van het remcircuit wilt ontluchten, dan is een bijzulvatje zoals getoond in [editie 25](#) handig, maar dan is het misschien ook beter om een luchtdrukgereedschap te gebruiken, in plaats van deze methode.

Bescherm de lak rondom het vloeistofreservoir, remvloeistof kan corrosief zijn.

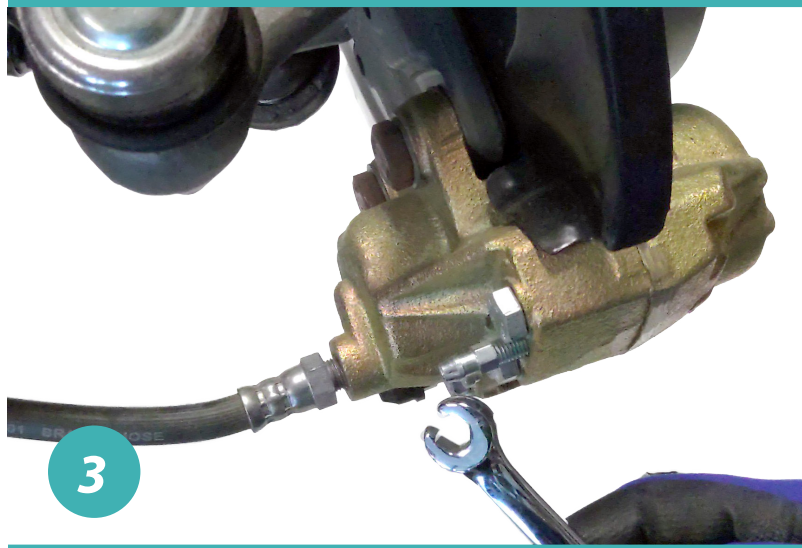


remcircuit ontluchten

2 Het is handiger om het wiel te demonteren omdat alles dan beter bereikbaar is. Gebruik een degelijke hefkrik, niet de schaarkrik die bij de auto hoort. Indien je een garagebrug hebt, kan het wiel blijven zitten, maar weinig liefhebbers bezitten deze luxe.

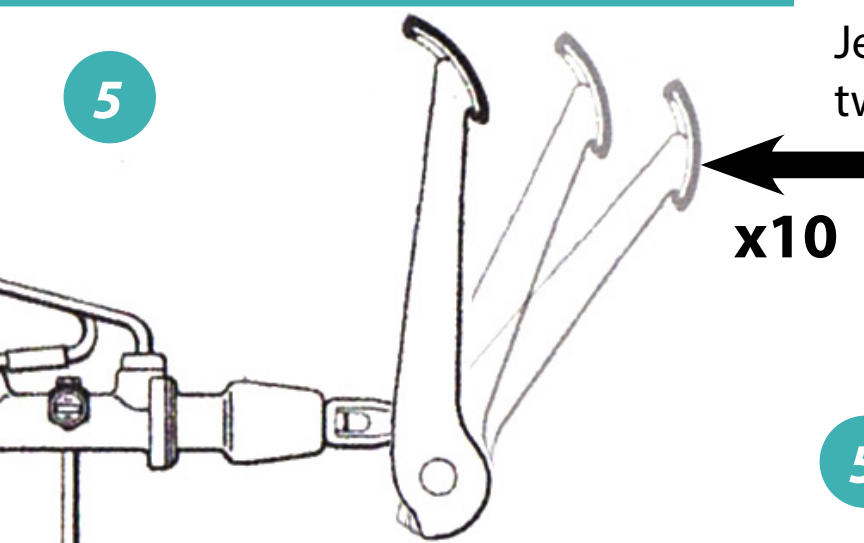


3 Verwijder het rubberen stofdopje van de ontluuchtingsnippel, en plaats een gesloten ringsleutel (of een half-gesloten sleutel) op de nippel. De ontluuchtingsnippel bevindt zich altijd aan de bovenkant van de remklauw (bij schijfremmen) of wielremcilinder (bij trommelremmen). Lucht probeert altijd naar het hoogste punt te gaan, daarom dat de nippel altijd op het hoogste punt zit.

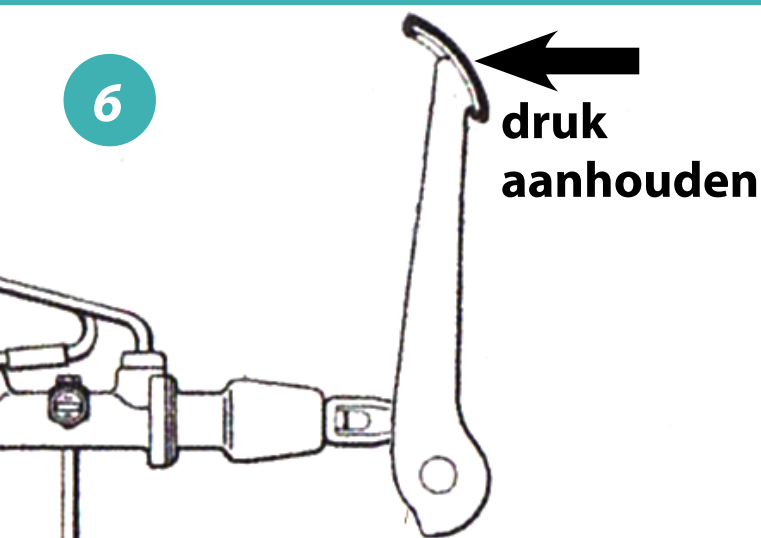


4 Gebruik een doorzichtige slang met een opvangfles. Wij gebruiken een lege plastic motoroliefles, met een handige haak om de fles vast te maken aan het chassis.





Je zult snel begrijpen dat dit een tweemanskarwei is, één persoon aan de ontluichtingsnippel en één die het rempedaal indrukt en het niveau van het remvloeistofreservoir nakijkt.



5 Met gesloten nippel, druk het rempedaal een aantal keren stevig in, totdat je tegendruk begint te voelen. Indien er veel lucht in het remcircuit aanwezig is, dan kan het nog erg sponzig aanvoelen, en is het mogelijk dat je het rempedaal tot helemaal tegen de aanslag kunt induwen.



6 Nadat je een tiental keren het rempedaal hebt ingedrukt, houd je deze in de ingedrukte positie.

7 Je opent de nippel een kwart tot maximaal een halve slag terwijl het rempedaal stevig ingedrukt wordt. Er zou wat remvloeistof met luchtbelletjes door de transparante slang moeten vloeien. Laat de remvloeistof enkele seconden



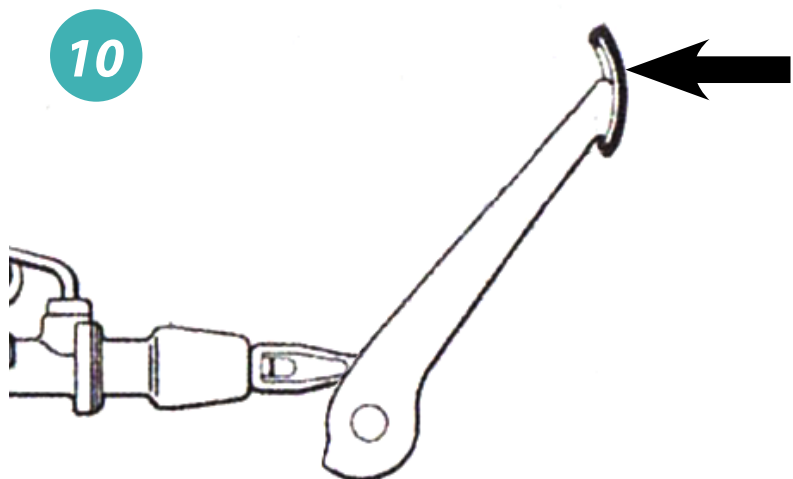
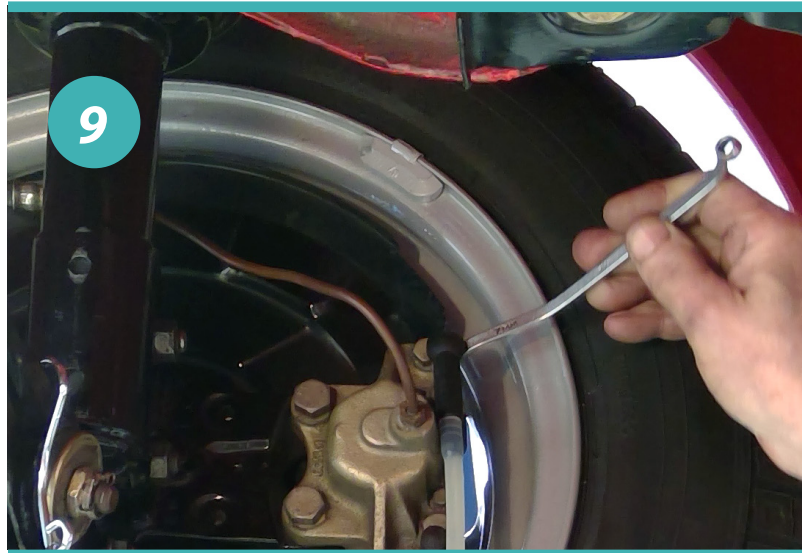
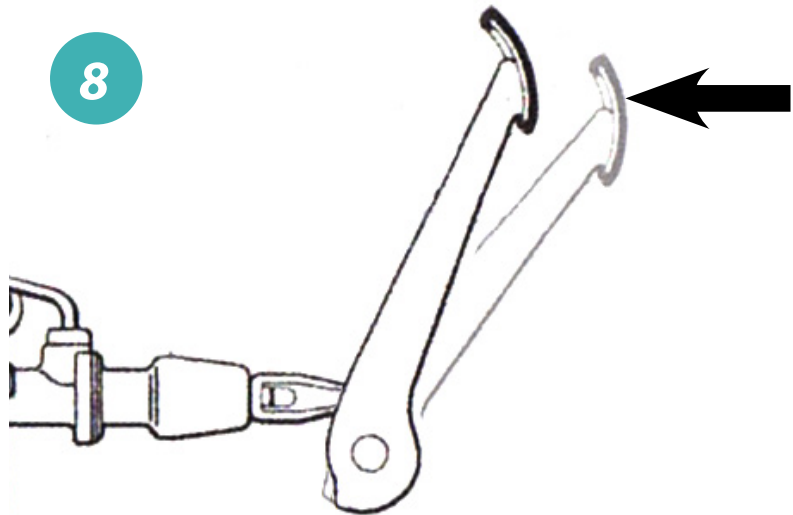
remcircuit ontluchten

vloeien en sluit de ontluchtingsnippel. **Vergeet niet het niveau van de remvloeistof in het reservoir na te kijken!**

8 Met gesloten nippel, ga je opnieuw het rempedaal herhaaldelijk stevig indrukken, en dan ingedrukt houden. Naarmate het remcircuit ontlucht wordt, zal het rempedaal minder diep kunnen worden ingedrukt, zoals we in tekening 8 tonen.

9 Terwijl er druk op het rempedaal uitgevoerd wordt, open je opnieuw de nippel en laat remvloeistof vloeien in de opvangfles. Je zou nog wat luchtbelletjes moeten zien vloeien samen met remvloeistof.

10 Herhaal dit totdat er geen belletjes meer te zien zijn. Dat zal bevestigd worden door de tegendruk op het rempedaal. Normaal gezien zou na een aantal rondes, het rempedaal zo goed als niet meer in te drukken zijn, behalve voor de ingestelde vrije slag natuurlijk.



Wat als het niet gaat als gepland?

Wat op een gemakkelijke klus lijkt, is de meest onderschatte karwei bij oldtimers. Alleen wanneer het remcircuit van je oldtimer in perfecte staat is, gaat het ontluchten vrij makkelijk. Indien dat niet zo is, kan ontluchten eindeloos duren en soms nooit echt lukken. We bespreken hieronder de meest voorkomende redenen.

Lekken

Vooraleer je het remcircuit gaat ontluchten, moet je er zeker van zijn dat er geen lekken zijn. Controleer de aansluitingen aan het remvloeistofreservoir, de hoofdremcilinder, alle verbindingen tussen de metalen leidingen en rubberen slangen en de aansluitingen op de remklauwen en/of wielremcilinders. Een kleine lek zal remvloeistof doen wegvloeien, maar even erg, het zal lucht doen aanzuigen. Ontluchten wordt dan een eindeloos karwei.

Verontreinigingen

Vloeistoffen zijn niet samen-drukbaar. Remvloeistof is zo ontworpen dat het pas bij erg hoge temperatuur zal koken. Indien het remvloeistof vervuild is met restjes van rubber van de remslangen of metaal van de remleidingen, of erger nog water van condensatie, dan zullen de eigenschappen van dat vloeistof veranderen.

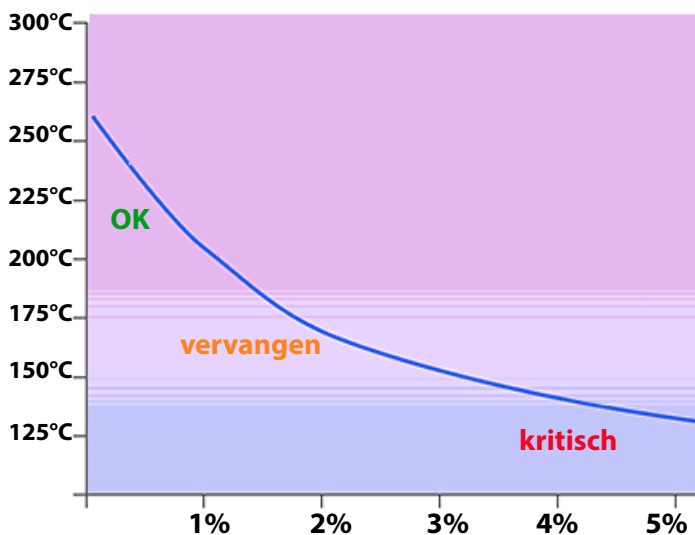
Water

Water in de remvloeistof zal ervoor zorgen dat de kooktemperatuur daalt. Wanneer de remmen het hard te verduren hebben, dan zullen er luchtbelletjes ontstaan en zal de remvloeistof samen-drukbaar zijn. Het gevolg hiervan is dat het rempedaal minder hard aanvoelt, en je dieper moet duwen om de remmen in werking te laten treden. Het is dus mogelijk dat het remcircuit perfect ontlucht is, maar dat bij veelvuldig gebruik van het rempedaal de remvloeistof opwarmt, en het



remcircuit ontluchten

rempedaal zachter en zachter aanvoelt totdat er geen remkracht meer te bespeuren valt. Luchtbelletjes in het remcircuit zal voelbaar zijn wanneer je het rempedaal indrukt. Indien het pedaal steeds verder naar beneden gaat wanneer je druk uitoefent met je voet, dan zit er waarschijnlijk ergens een luchtbel.



Een grafiek die de verhouding tussen percentage water en temperatuur van DOT3 remvloeistof toont. Vanaf 2% water moet je doorspoelen.

Remmen afstellen

Wanneer de trommelremmen slecht zijn afgesteld, dan kan het rempedaal ook zacht aanvoelen alsof er lucht in het systeem zit.

Doorspoelen

Indien het rempedaal sponzig blijft aanvoelen, zelfs na meermaals ontluchten van het remcircuit, is het mogelijk dat er water, of andere verontreinigingen, in het remvloeistof aanwezig is. Resten van rubber of metaal zal de remvloeistof donker doen kleuren, maar water zal je niet kunnen onderscheiden helaas. Indien de remvloeistof, dat tijdens het ontluchten vrijkomt, een donkere kleur heeft, dan zal je moeten blijven doorgaan met op het rempedaal te duwen totdat de remvloeistof transparant is.

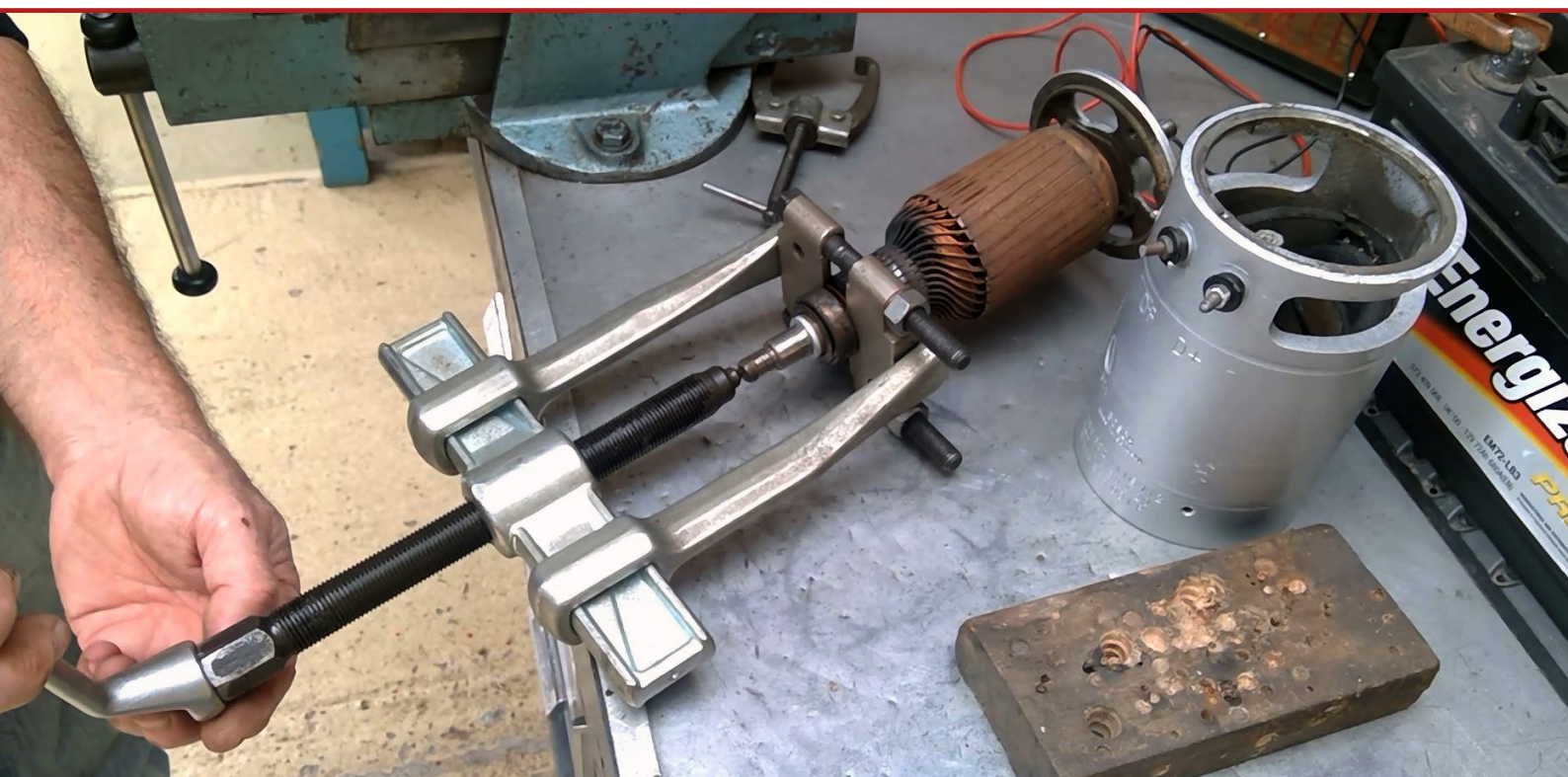
Is dit het geval bij jouw klassieke Volkswagen, dan kun je het remcircuit best doorspoelen met verse remvloeistof, zoals uitgelegd in [editie 25](#). Ontluchten van een deel van het remcircuit zal geen goed resultaat geven. We raden aan om door te spoelen indien je de historiek van je VW niet kent.

Introductie

Een auto haalt de nodige elektrische stroom uit de accu. Deze stroom is nodig om de startmotor rond te draaien, voor de ontsteking en om alle elektrische verbruikers van de nodige stroom te voorzien. De accu is een accumulator van elektrische energie, de energie die van de accu gebruikt wordt, moet aangevuld worden door een elektrische generator. Omdat de accu een gelijkstroombron is (zie [editie 17](#)), moet het ook opgeladen worden door een gelijkstroombron.

En daar is de eerste uitdaging, alle generatoren produceren (binnenin) wisselstroom. Er werden daarom verschillende technieken toegepast om van deze wisselstroom een gelijkstroom te maken. In dit artikel zullen we de principes van de generator toelichten. Waarom is dit interessant? Dit is de reactie van de meeste VW liefhebbers.

Foto onderaan: je zult na het lezen van deze reeks in één oogopslag de onderdelen van een dynamo en een alternator kunnen onderscheiden.



dynamo principewerking

Kryptische benamingen op de generator zorgen voor verwarring bij de onervaren VW liefhebber.



Dit artikel is in verschillende delen geschreven. In deze editie zullen we de principewerking uitleggen van de dynamo. In volgende edities zullen

we de alternator bespreken, alsook de complete revisie en de aansluiting van zowel de dynamo als de alternator.

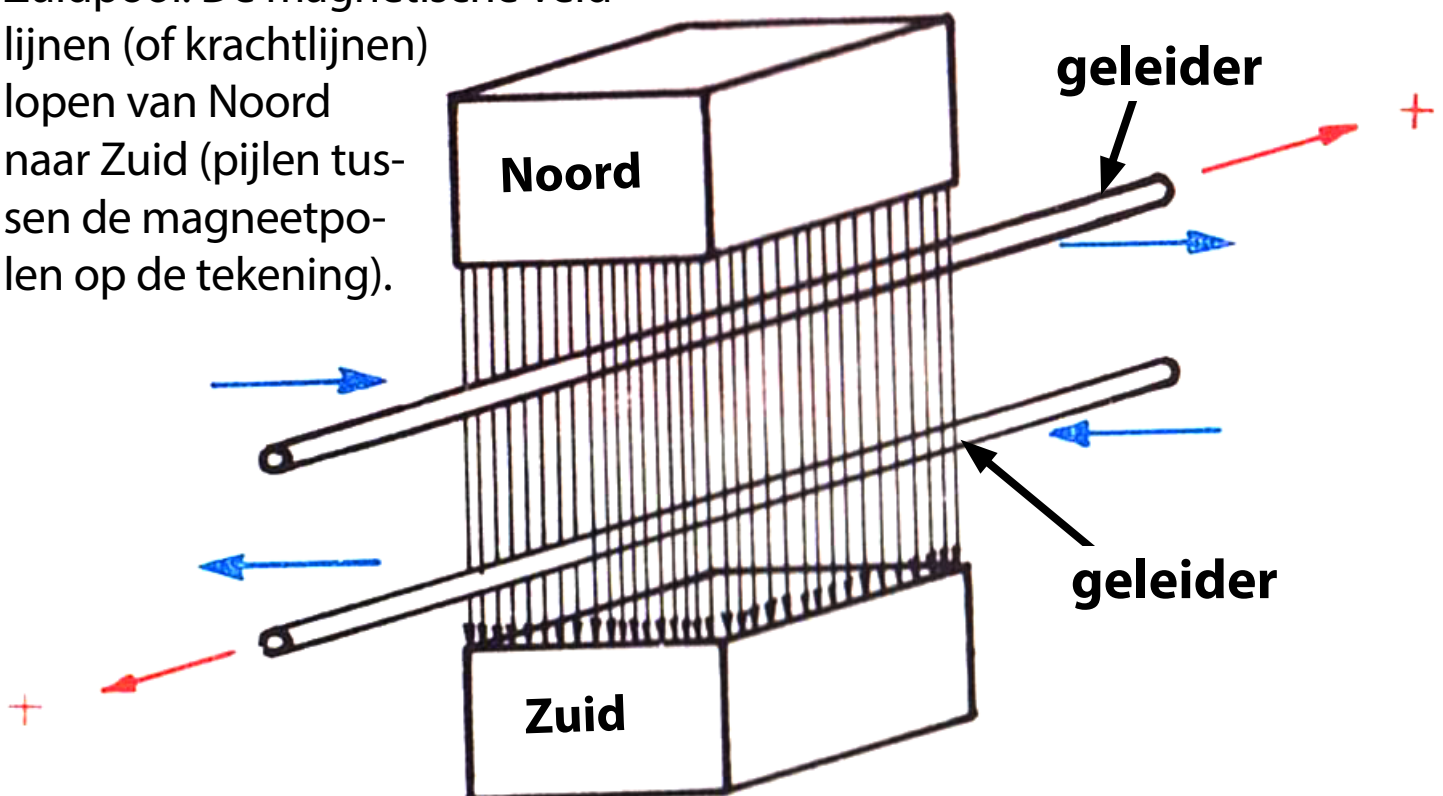
Wanneer je de dynamo of alternator hebt gedemonteerd of gereviseerd, is het aansluiten altijd wat zoeken. Je hebt deze markeringen wel al eens opgemerkt op de generator of op de spanningsregelaar, B+, D+, DF, D-, ... maar je hebt geen idee wat ze betekenen. Dus wordt het zoeken en proberen. Wel, proberen is geen echte optie, je krijgt meestal geen tweede kans bij dit type onderdeel.

Dus, zou het niet fijn zijn om te weten waarvoor DF staat bijvoorbeeld? En waarvoor D+ staat? Als je weet wat achter die letters, codes en cijfers schuilt, dan gaat het aansluiten van de dynamo of de alternator als vanzelf. In dit artikel zullen we de principewerking van de dynamo, ook wel gelijkstroomgenerator genoemd, toelichten. Maar, we beginnen eerst met het begin, het ontstaan van elektrische stroom.

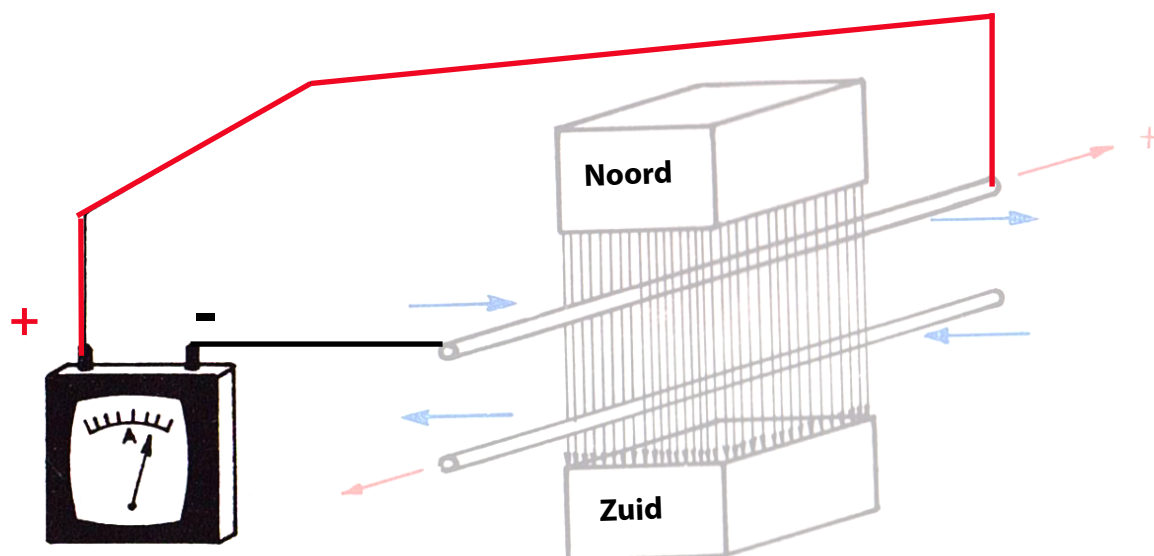
Stroom genereren

Als we nu eens teruggaan naar de basis, en proberen te begrijpen hoe een generator elektrische stroom kan produceren, dan moeten we kijken wat er gebeurt wanneer een elektrische geleider (elektrische kabel) in een magnetisch veld beweegt. We duiken hiervoor in oude schoolboeken en vinden mooie tekeningen die we met jullie delen. We nemen een permanente magneet, zo'n permanente magneet heeft een Noord- en een Zuidpool. De magnetische veldlijnen (of krachtlijnen) lopen van Noord naar Zuid (pijlen tussen de magneetpolen op de tekening).

Wat gebeurt er nu wanneer we een elektrische geleider bewegen tussen de polen van deze permanente magneet?



dynamo principewerking



Wat ons interesseert om de werking van een elektrische generator (of motor) uit te leggen, zijn de krachtlijnen die aan de binnenkant van de magneet aanwezig zijn. Die zullen we namelijk gebruiken om een elektrische stroom te produceren.

Het experiment gaat als volgt. Je neemt een elektrische geleider en laat deze de krachtlijnen van de magneet doorkruisen, de blauwe pijlen op de tekening illustreren dat. Sluit je een ampèremeter aan op de bewegende kabel, dan zal je een elektrische stroom waarnemen wanneer de kabel de krachtlijnen doorkruist.

De spanning die hiermee gepaard gaat, wordt EMK genoemd, **Elektromotorische Kracht**, of EMF in het Engels (**Electromotive Force**).

Beweeg je nu de kabel in de andere richting, dan ontstaat er opnieuw een EMK maar met omgekeerde polariteit.

Beweeg je de kabel herhaaldelijk van links naar rechts en van rechts naar links, dan schommelt de stroom (of de spanning) van positief, naar nul, naar negatief, naar nul, naar positief ...

Eureka, je hebt wisselstroom (of wisselspanning) ontdekt.

Eureka! Je hebt de generator ontdekt!
Helaas (of gelukkig) had Alessandro Volta dat al gedaan ruim 200 jaar geleden. Om een bruikbare generator te maken voor onze auto moeten we nog wat verder doorontwikkelen.



Wanneer de elektrische geleider loodrecht beweegt op de krachtlijnen van de magneet, dan is de ontwikkelde EMK maximaal. Onderstaande factoren bepalen hoe groot de ontwikkelde EMK zal zijn:

1. hoe groter de kracht van het magnetisch veld, hoe groter de ontwikkelde spanning
2. hoe sneller de geleider beweegt tussen de krachtvelden, hoe groter de ontwikkelde spanning
3. hoe langer de elektrische geleider is, dat tussen de krachtvelden beweegt, hoe groter de ontwikkelde spanning
4. de bewegingsrichting bepaalt de polariteit van de ontwikkelde spanning

Deze factoren kunnen we in een eenvoudige formule weergeven (afgeleid van de wet van Faraday), als volgt: de ontwikkelde EMK is groter naarmate de magneet sterker is, de lengte van de elektrische geleider groter is en

de snelheid waarmee de geleider beweegt groter is. Samengevat in een wiskundige formule:

$$EMK = B \times l \times v$$



dynamo principewerking

B = de veldsterkte van de permanente magneet, dit wordt in tesla uitgedrukt

l = de lengte van de elektrische geleider, uitgedrukt in meter

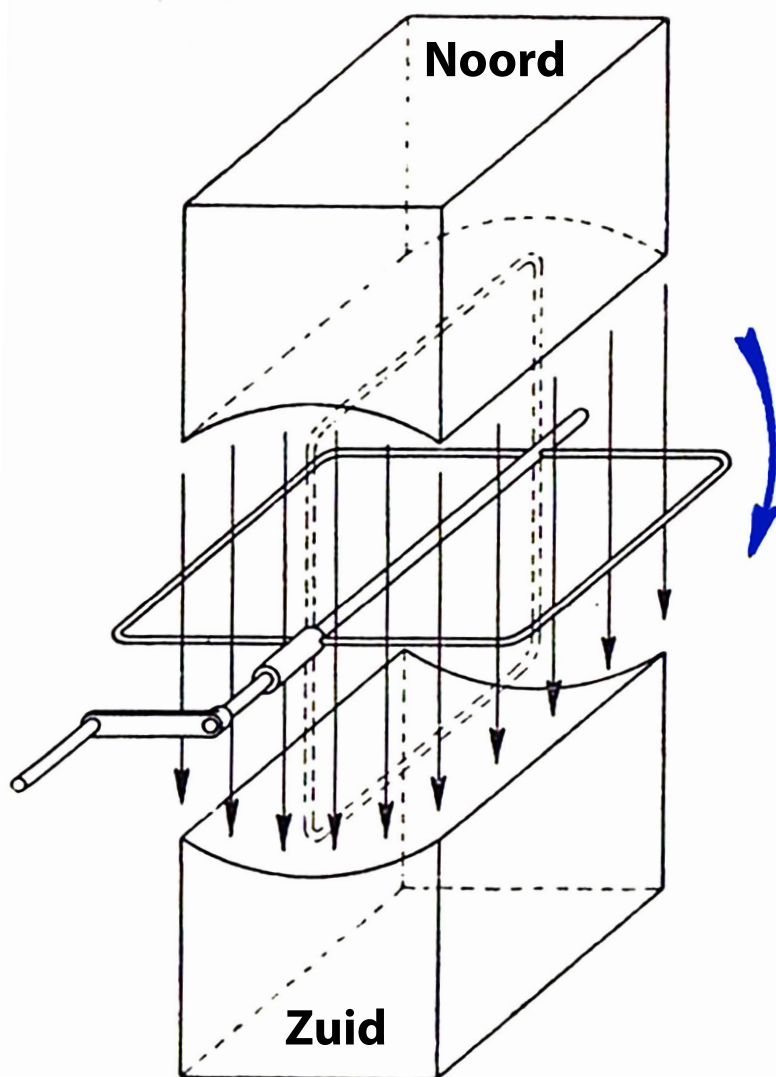
v = de snelheid waarmee de geleider beweegt in het magnetisch krachtveld, uitgedrukt in meter per seconde

Nemen we een middelgrote permanente magneet van 0,1 tesla, een geleider van 0,1 meter en bewegen we deze met een snelheid van 4 km/u (= 1,11 meter per seconde) loodrecht op de magnetische krachtlijnen, dan bekomen we een spanning van:

$$\text{EMK} = 0,1 \times 0,1 \times 1,11 = 0,01 \text{ volt}$$

Dit is niet voldoende om onze accu bij te laden. Deze opstelling is in de praktijk ook niet handig. Het is veel praktischer om de geleider te laten ronddraaien op een as aangedreven door de motor (krukas) van onze auto.

Zo'n opstelling waarbij de geleider ronddraait tussen de magneetpolen, tonen we op de tekening hieronder.



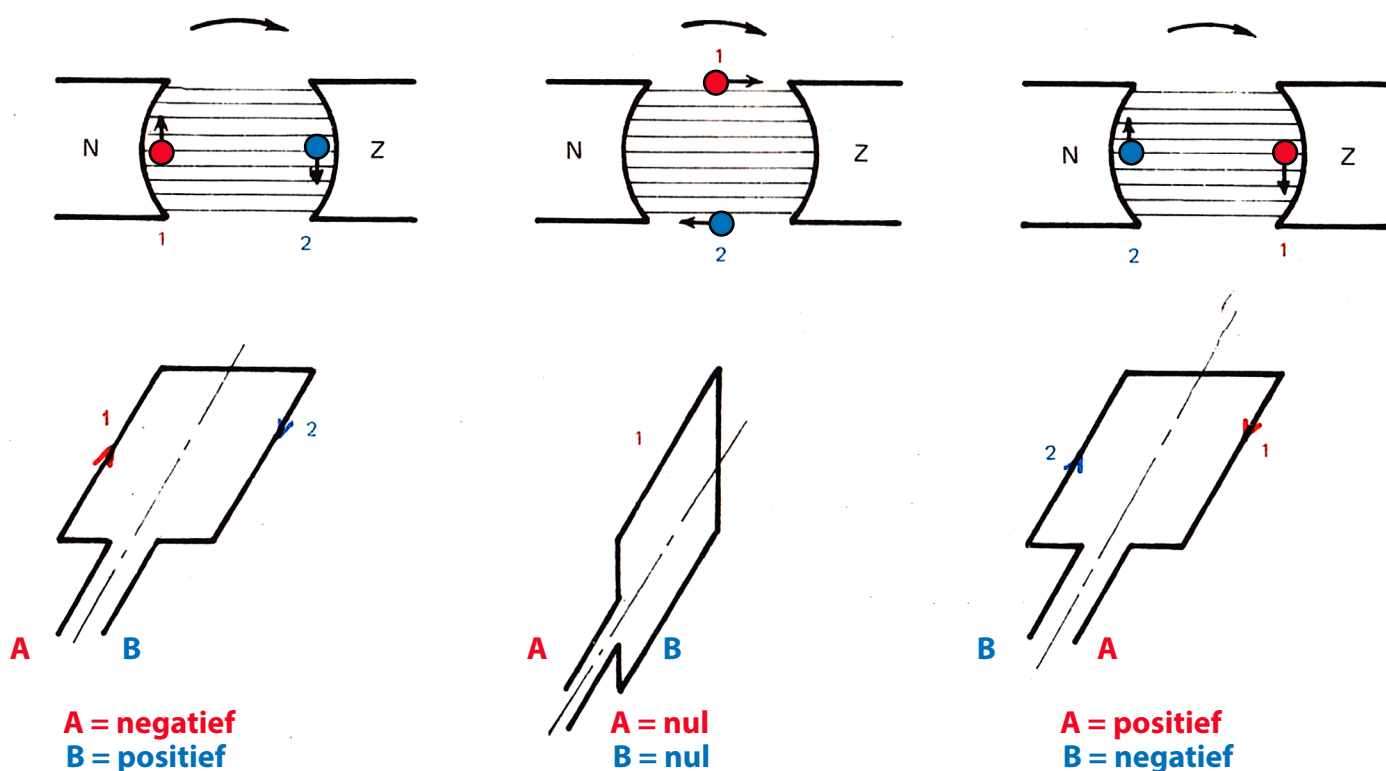
De slinger vervang je door een krukas en je hebt de basis voor een autogenerator neergezet.

Als we de geleider laten ronddraaien zoals op de tekening op de vorige pagina en hieronder, dan zal deze niet altijd loodrecht door de magnetische krachtlijnen bewegen, en zal de EMK dus niet altijd maximaal zijn. De opgewekte stroom zal het sterkste zijn wanneer de geleider de magnetische krachtlijnen loodrecht doorkruist (tekening uiterst links en uiterst rechts hieronder), en de opgewekte stroom zal nul zijn wanneer de geleider evenwijdig loopt met de magnetische krachtlijnen (middelste tekening hieronder).

Daarom moeten we de formule van pagina 36 aanpassen als volgt (hadden we maar opgelet in de les Wiskunde hoor ik nu velen denken):

$$EMK = B \times l \times v \times \sin(\text{hoek})$$

Op de volgende pagina tonen we waarden voor de sinus voor een hoek van nul tot en met 360° . Berekening van de sinus van een hoek kan met een wetenschappelijke rekenmachine.



dynamo principewerking

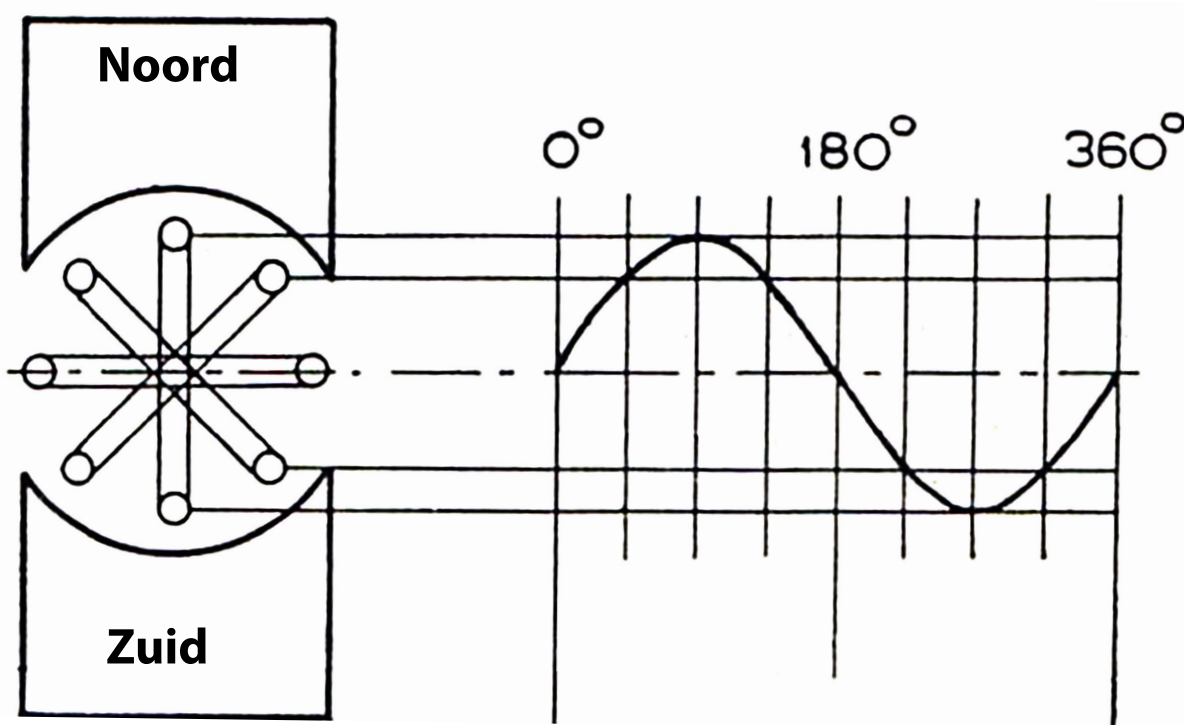
De opgewekte EMK zal dus maximaal positief zijn wanneer de elektrische geleider de magnetische krachtlijnen kruist bij een hoek van 90° , en maximaal negatief bij een hoek van 270° , en nul bij een hoek van 0° en 180° .

Bereken je de formule voor elke hoek, en vervang je de sinus van de hoek door de waarden van de tabel, dan verkrijg je een sinusoidaal verloop van de spanning.

hoek	sin(hoek)
0°	0
45°	0,71
90°	1
135°	0,71
180°	0
225°	-0,71
270°	-1
315°	-0,71
360°	0

En daar hebben we de wisselspanning (of wisselstroom) die we in [editie 17](#) hebben besproken.

Hieronder tonen we opnieuw de permanente magneet met een elektrische geleider die ronddraait tussen de magneetpolen en de krachtlijnen doorkruist. Rechts ervan hebben we het spanningsverloop getekend bij elke hoek.



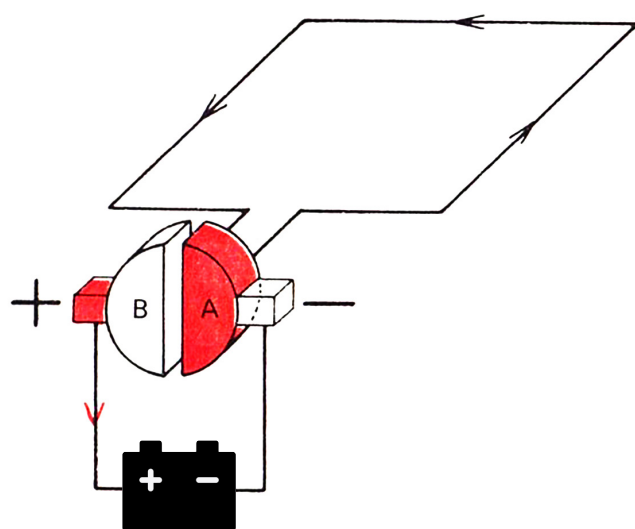
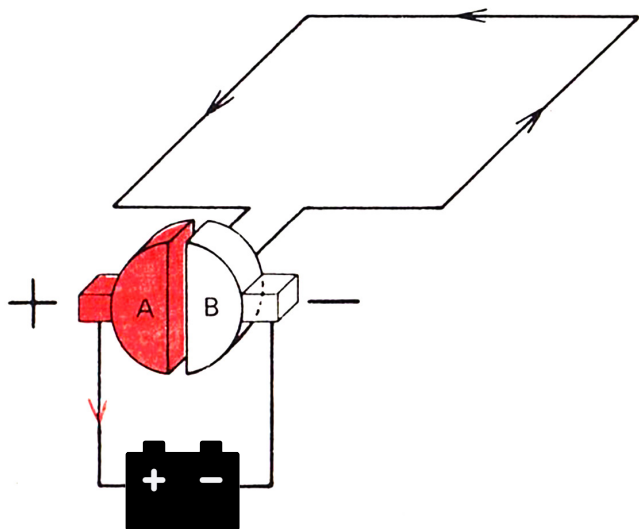
Wanneer de geleider de magnetische krachtlijnen loodrecht kruist (90°), dan is de ontwikkelde EMK maximaal. Doorkruist het de krachtlijnen onder een andere hoek, dan zal de EMK kleiner worden, met name de sinus van de hoek. De polariteit zal omkeren wanneer de geleider van richting verandert.

De spanning die door elk type generator wordt ontwikkeld, is een wisselspanning. Zoals eerder gezegd, de accu van onze auto kan alleen worden bijgeladen met een gelijkspanning. Om de wisselspanning in een gelijkspanning om te zetten, heeft men de geleider aangesloten op de elektrische verbruiker door middel van een commutator, ook wel collector genoemd.

We tonen het principe van de collector op de tekeningen hieronder. De geleider, die ronddraait tussen de magneetpolen, wordt verbonden met de collector. De collector maakt contact met de verbruiker (in dit geval

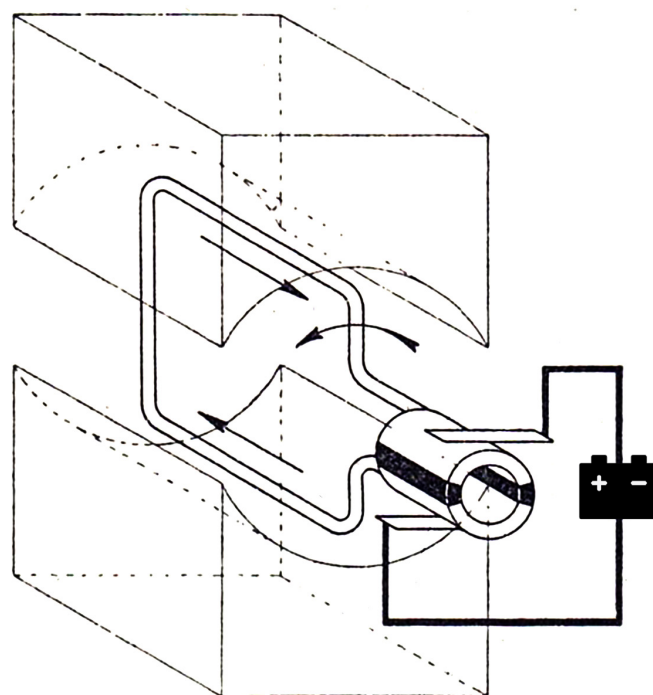
een accu) door middel van een koolborstel. Telkens wanneer de spanning door nul volt gaat, wordt de richting van de stroom door de elektrische verbruikers omgekeerd. Het negatieve gedeelte van de sinus wordt nu positief. Dit wordt **gelijkrichten** van een wisselspanning genoemd.

Bij de tekeningen onderaan moet je je inbeelden dat de collector ronddraait, met de geleider eraan vastgemaakt. De koolborstels schuiven over het gladde koperen oppervlak van de collector en geleiden de elektrische stroom naar de verbruiker.

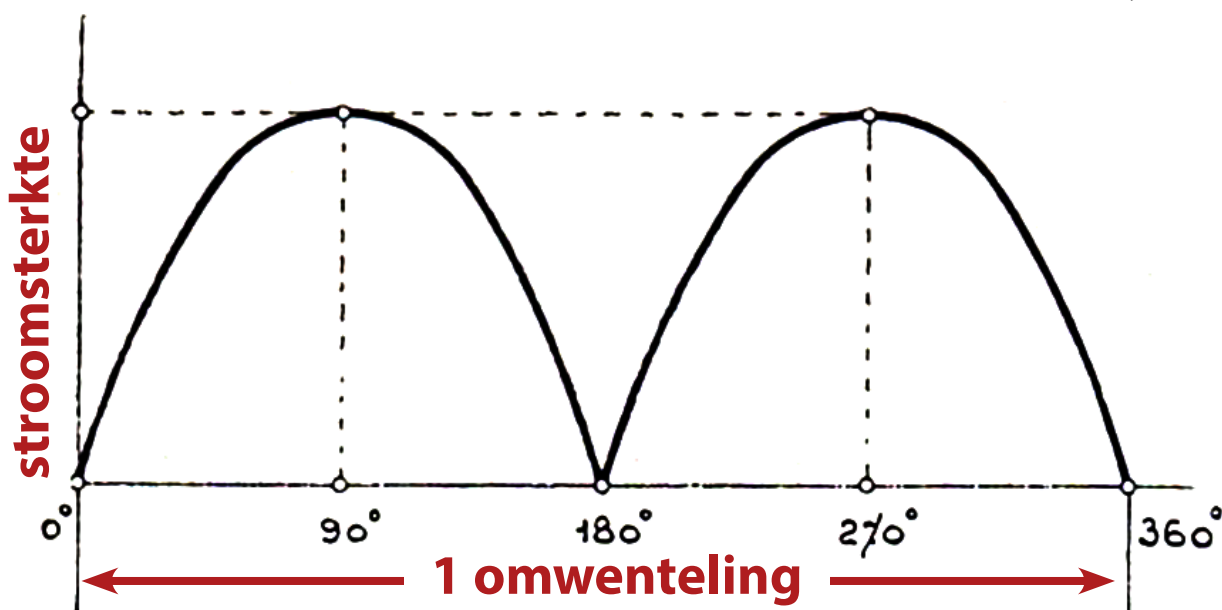


dynamo principewerking

In de praktijk is de collector een koperen sleefring (tekening rechts), die door middel van isolatiematerialen in gelijke delen is verdeeld. Deze delen heten lamellen. Het resultaat is dat de spanning aan de uitgang van de generator nu niet meer van het wisselspanningstype is, maar gelijkspanning. Het resultaat na het introduceren van een collector is dus een gelijkspanning. Maar deze gelijkspanning is nog erg onregelmatig, en te zwak. Om een sterkere en vlakkere spanning te verkrijgen, worden meerdere koperen geleiders (windingen) in serieschakeling geplaatst tussen de magneet. Door ze na elkaar aan te sluiten, worden de



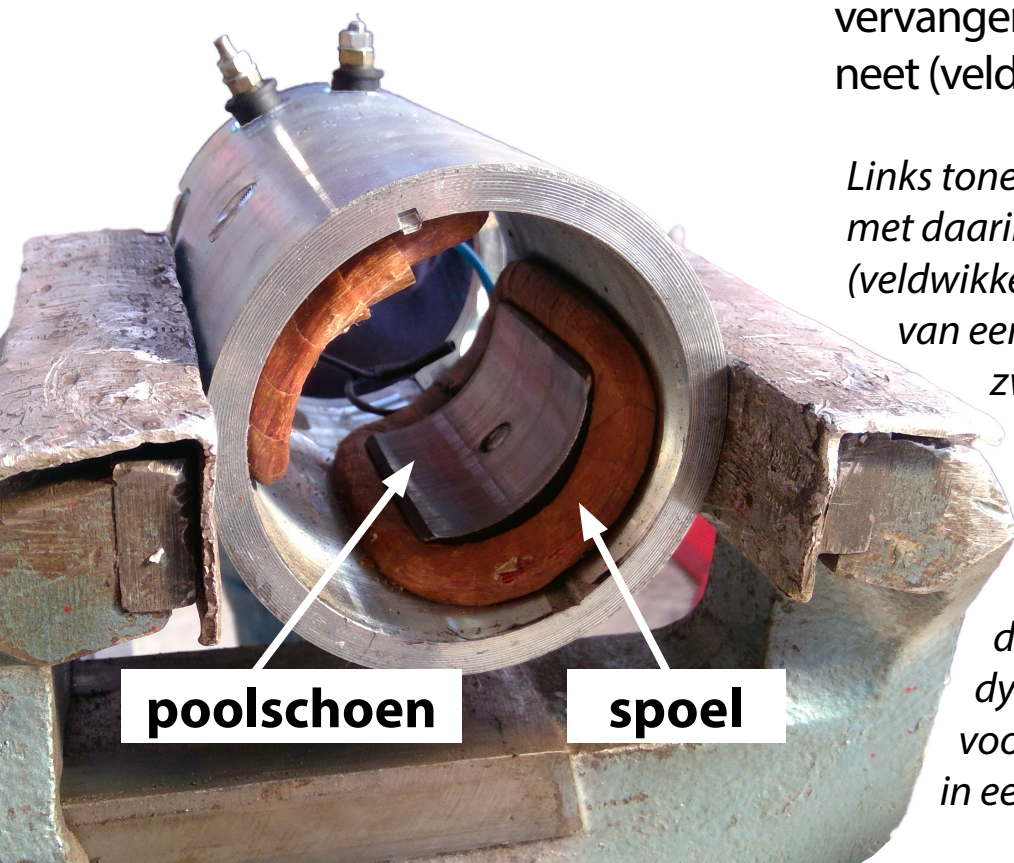
opgewekte stromen opgeteld en de opgewekte spanning wordt vlakker. Al die windingen worden op een weekijzeren kern gewikkeld, met de uiteinden aangesloten op de lamellen van de collector. Het geheel vormt dan het anker van de dynamo.



Permanente magneet vervangen door een elektromagneet

De theorie van de vorige pagina's is veelbelovend, maar een spanning van **0,01 volt is niet sterk genoeg**, we hebben minstens 6 of 12 volt nodig. De motor van onze klassieke Volkswagen draait niet altijd aan dezelfde snelheid. De ontwikkelde spanning zal daarom ook **niet constant** zijn, maar wisselen met de snelheid van de motor. Voor al deze beperkingen moesten oplossingen gevonden worden. Om de nodige 6 of 12 volt spanning te ontwikkelen zouden we

een gigantische permanente magneet moeten inzetten. Dit is niet haalbaar om dat in te bouwen in onze auto. Het zou de kost, de beschikbare ruimte, maar ook het gewicht verhogen. Een permanente magneet zou ook niet toelaten om de gegenereerde spanning te regelen bij oplopend toerental van de motor. We kennen dat van bij de fiets vroeger, de dynamo was uitgerust met een permanente magneet, en de lichten schenen harder naarmate je harder trapte. Daarom wordt de permanente magneet vervangen door een elektromagneet (veldwikkeling).



poolschoen

spoel

Links tonen we het dynamohuis met daarin de elektromagneet (veldwikkeling). De elektromagneet van een dynamo heeft een

zwak magnetisch veld na het uitschakelen van de spanning op de DF klem, dit is remanent magnetisme. Het is daarom belangrijk dat een dynamo gepolariseerd wordt voor gebruik. We leggen dat uit in een volgende editie.



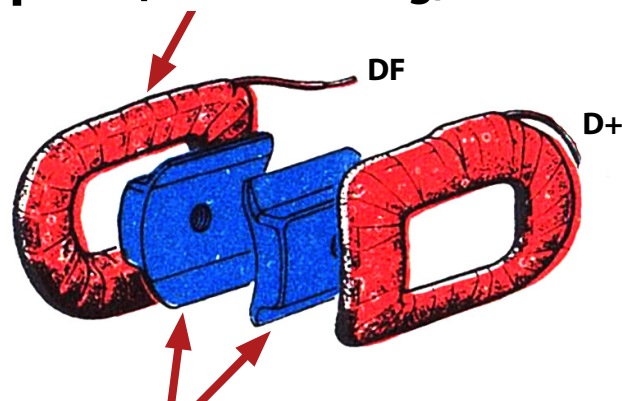
dynamo principewerking

Een elektromagneet bestaat uit een ferromagnetische kern, bijvoorbeeld weekijzer, waaromheen een spoel is gewikkeld (tekening rechts). Op de vorige pagina tonen we zo'n elektromagneet in een Bosch dynamo. Deze elektromagneet is vele malen krachtiger dan een permanente magneet en zal de **B** in de EMK formule van pagina 38 een boost geven.

$$EMK = B \times l \times v \times \sin(\text{hoek})$$

Op de vorige pagina zie je de behuizing van een Bosch dynamo in de bankschroef. Het draaiend gedeelte (het anker) is gedemonteerd en je ziet de veldwikkelingen met hun poolschoenen in de dynamobehuizing. De poolschoenen worden stevig bevestigd met dikke schroeven (foto rechts). De kracht van de elektromagneet is afhankelijk van de spanning die er op de veldwikkeling (DF, F staat voor het Engelse FIELD) wordt aangesloten.

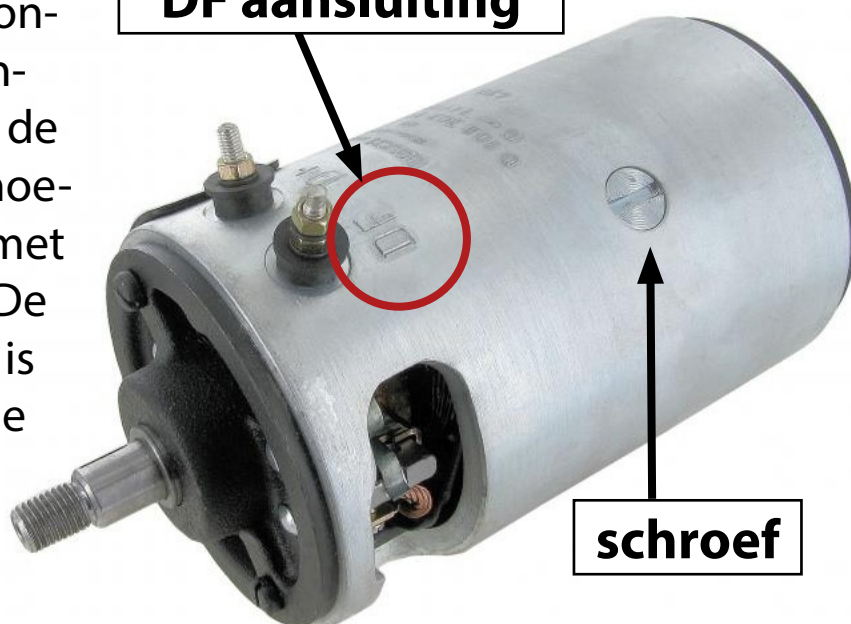
spoel (veldwikkeling)



poolschoenen
(ferromagnetische kern)

En dat wordt interessant! Je kunt met deze opstelling de ontwikkelde spanning (EMK) regelen door de spanning op de veldwikkeling (DF) te regelen. Zo kan je, afhankelijk van de rotatiesnelheid van de motor, de opbrengst van de dynamo bijstellen.

DF aansluiting



schroef

De veldwikkeling (spoel) die we al op pagina 44 lieten zien, toen nog gemonteerd in het dynamohuis, tonen we nu hieronder los. Links met papieren bescherm-tape waarmee de spoelwindin-gen worden beschermd voordat ze in het dynamohuis worden vastgemaakt, rechts met de tape verwijderd.

De veldwikkelingen worden met dunne koperen geleiders ge-maakt. De stroom die de veldwik-kelingen mogen gebruiken, moet

tot een minimum beperkt worden om de accu niet te veel te belas-ten. Elke veldwikkeling zal een magneetpool zijn, Noord- of Zuid-pool, dat zal afhankelijk zijn van de polarisatiespanning die op de veldwikkelingen wordt aangeslo-ten tijdens het configureren van de dynamo. We komen hierop te-rug, wanneer we in een volgende editie een dynamo zullen revise-ren en polariseren.



veldwikkelingen



dynamo principewerking

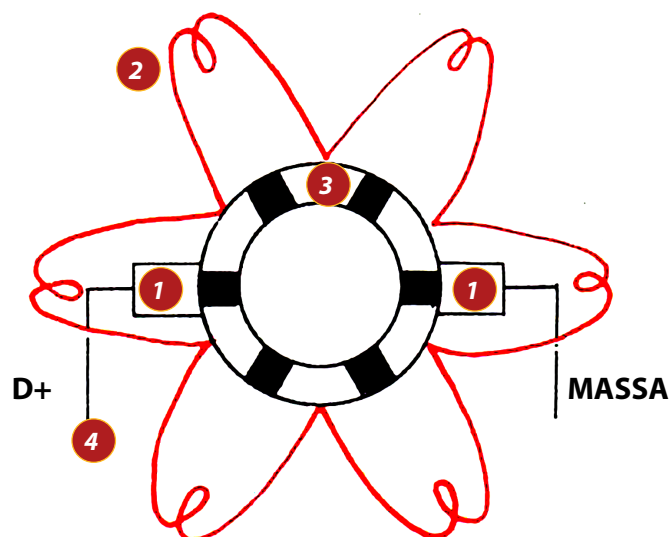


Langere geleider: het anker

In een dynamo wordt de ene geleider die we eerder toonden, vervangen door een veelvoud aan dikke koperen geleiders, die de ankerwikkelingen vormen. Daarmee verhogen we de lengte van de geleider, en zoals je kunt aflezen in de EMK formule, hoe langer de geleider hoe groter de EMK.

$$EMK = B \times l \times v \times \sin(\text{hoek})$$

In plaats van één wikkeling met één lange geleider worden er verschillende wikkelingen aangebracht op het anker. De reden hiervoor is dat men daardoor een vlakker spanningsverloop zal verkrijgen.

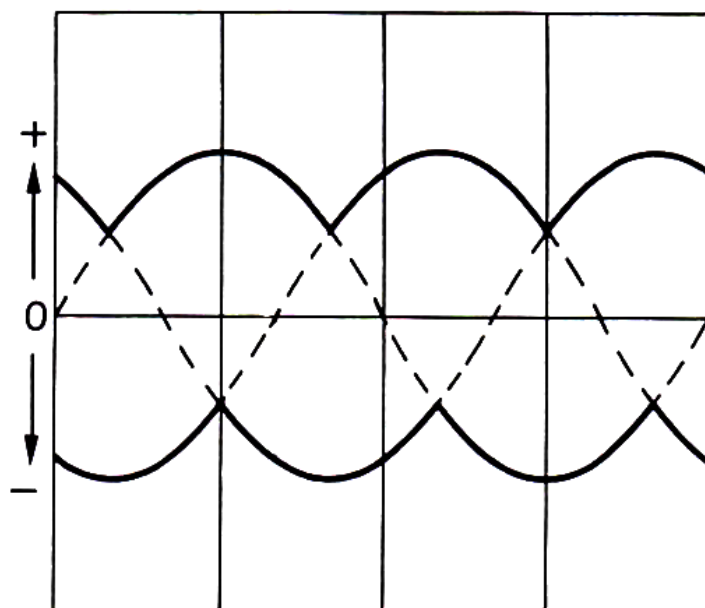


- | | |
|------------------|-------------------------------|
| 1 koolborstel | 3 collector |
| 2 ankerwikkeling | 4 aansluiting verbruiker (D+) |

De tekening hierboven toont hoe de verschillende wikkelingen van het anker in serieschakeling aan elkaar worden gekoppeld op telkens een lamel van de collector.

Door het in serie schakelen van deze geleider wordt het anker gevormd (de ankerwikkelingen). De verschillende windingen zullen de magneetkrachten snijden op een ander moment, het resultaat zijn verschillende sinusvormige spanningen die opgeteld worden. Rechts tonen we het resultaat.

Omdat het anker gebruikmaakt van dikkere koperen geleiders, zal het meer stroom kunnen weerstaan. Dit is dan ook nodig, omdat



het anker de oplaadstroom naar de accu moet verzorgen.

Gelijkrichten: de collector en de koolborstels

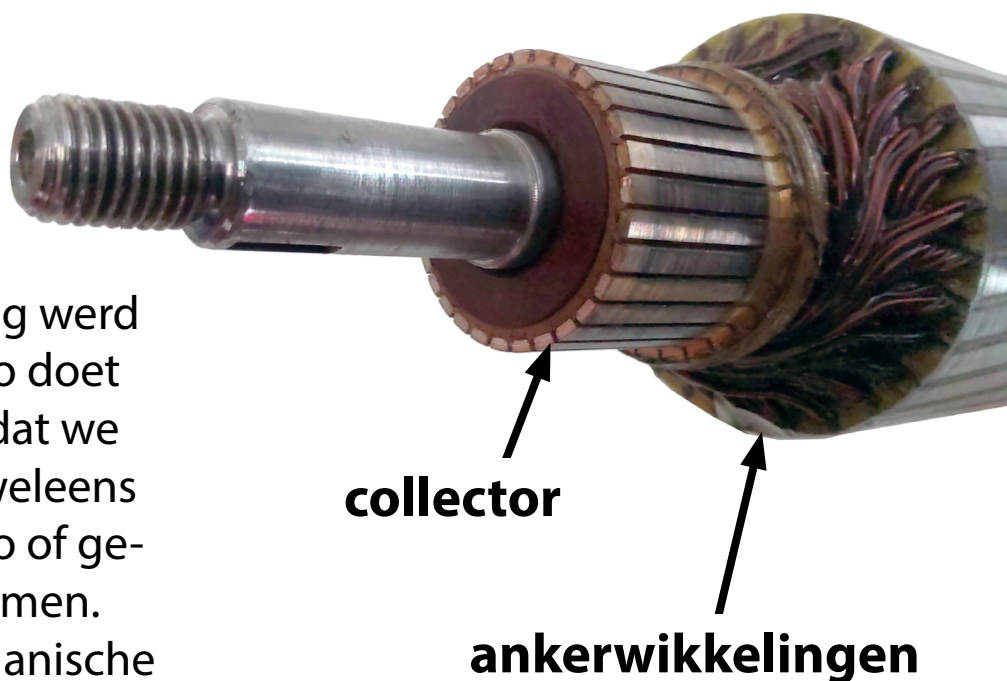
Zoals eerder gezegd, heeft de accu in onze auto een gelijkspanning nodig om bij te laden. De spanning afgeleverd door de ankerwikkelingen is een wisselspanning (tekening rechtsboven). Het is de collector van de dynamo die ervoor zorgt dat wisselspanning wordt omgevormd tot een gelijkspanning. Telkens wanneer een ankerwikkeling verandert van richting, met andere woorden wanneer

de ankerwikkeling de magnetische krachtlijnen van de veldwikkeling in de omgekeerde richting kruist, dan zal de collector ervoor zorgen dat de polariteit omgekeerd wordt. Dit tonen we op de volgende pagina in een grafiek. In de praktijk zal de spanning nog vlakker zijn, omdat er veel ankerwikkelingen zijn. De collector is een slepring verdeeld in verschillende contacten.

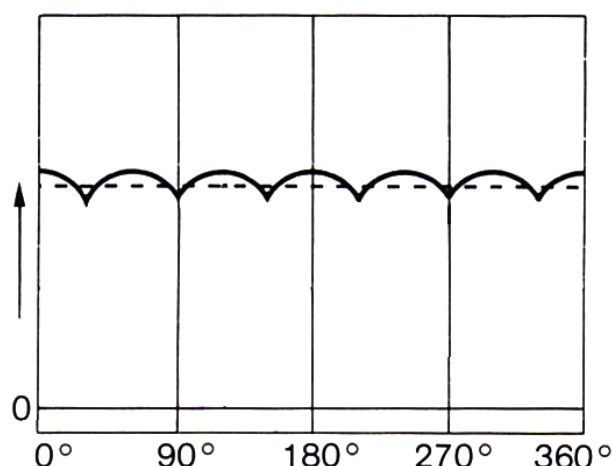


dynamo principewerking

De collector van de dynamo heeft van de wisselspanning een gelijkspanning gemaakt, de wisselspanning werd gelijkgericht. De dynamo doet dat zelf, intern, daarom dat we dit type generator ook weleens een gelijkstroomdynamo of gelijkstroomgenerator noemen. De collector is een mechanische gelijkrichter.

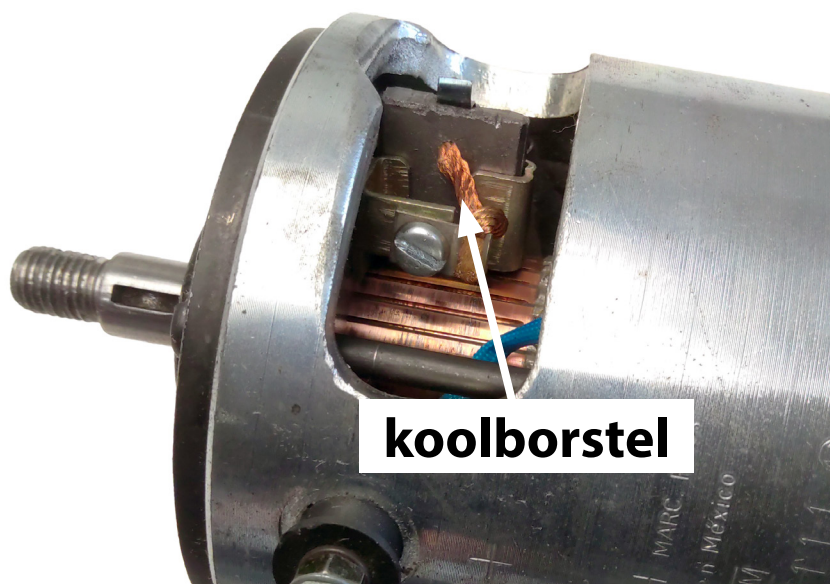


Rechts tonen we het spanningsverloop aan de uitgang van de dynamo. Het is niet helemaal vlak, maar door het toevoegen van additionele ankerwikkelingen wordt de spanning zo goed als constant (vlak). Dit is de spanning aan de D+ klem van de dynamo, het wordt verbonden met de D+ klem van de spanningsregelaar.



Koolborstels

De koolborstels (foto rechts) glijden over de sleefring van de collector en zullen om beurt de spanning van elke ankerwikkeling verbinden met de aansluitingen aan de buitenkant van de dynamo. Deze aansluiting wordt aangegeven met **D+**.



De Bosch dynamo

Deze samenvattende tekening toont alle onderdelen van een (gelijkstroom)dynamo zoals we die zullen tegenkomen op de oudere klassieke Volkswagens.

De dynamo werd lange tijd gebruikt in de automobielindustrie, tot einde jaren zestig, begin zeventig. Het grote voordeel van de dynamo is dat het zelf zorgt voor het gelijkrichten van de uitgangsspanning, en doet dat met mechanische onderdelen. Het is namelijk de sleepkring (de collector) die zorgt voor het omkeren van de stroom telkens wanneer de stroom nul bereikt. Geen elektronica-componenten nodig, die in die periode nog groot en duur waren en veel energie verbruikten.

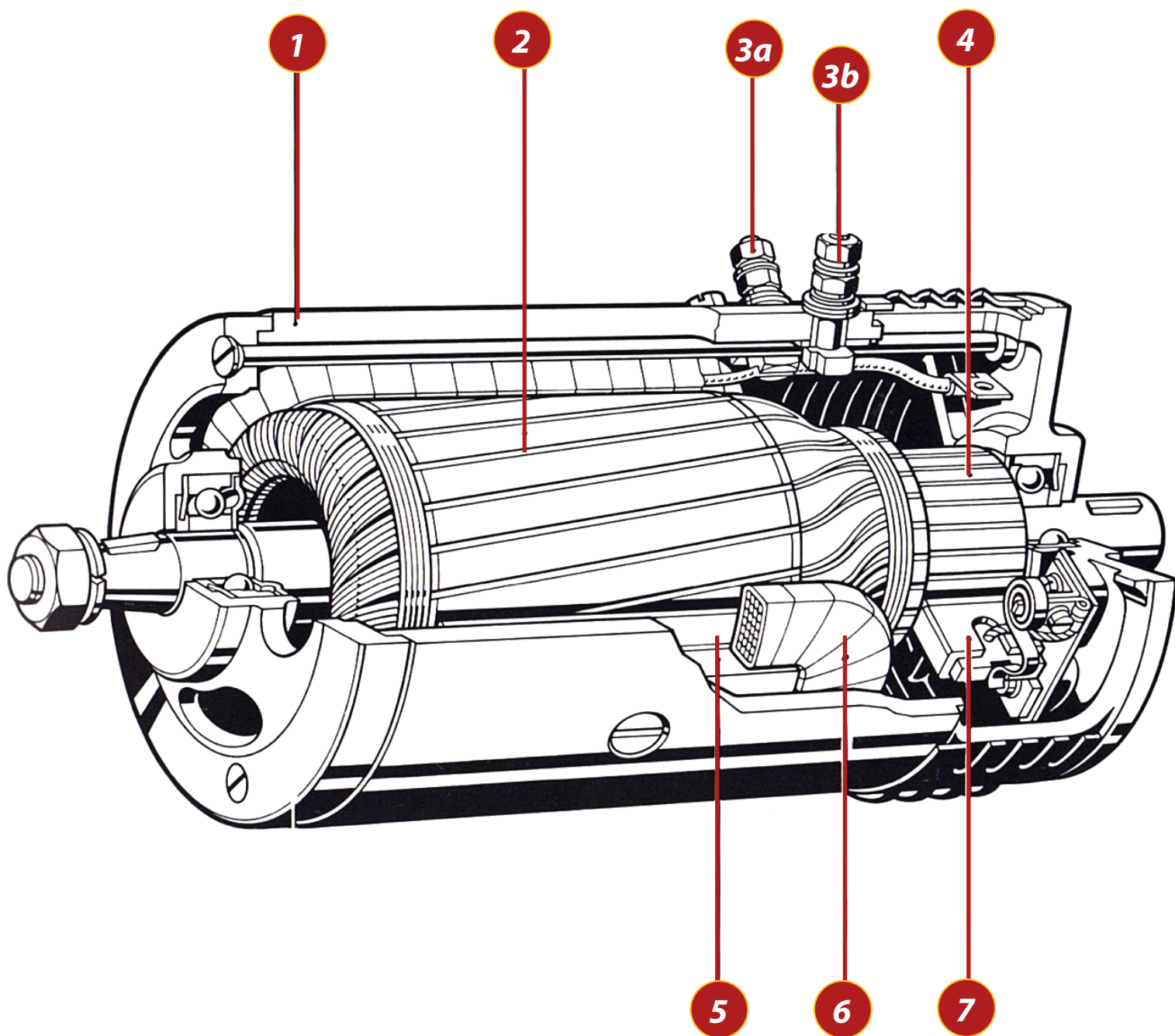
Het grote nadeel van de dynamo bleek wanneer iedereen in de file begon te staan op de autosnelweg, of in 't stad, ergens midden jaren zestig. De dynamo

- 1 dynamohuis
- 2 anker met ankerwikkelingen
- 3a DF veldwikkeling => DF spanningsregelaar
- 3b D+ => D+ spanningsregelaar
- 4 collector
- 5 poolschoen
- 6 veldwikkeling
- 7 koolborstel

geeft weinig stroom af bij stationair draaien van de motor (bij 800 t/min). De laadstroom komt pas bij ongeveer 1200 t/min. Bij de Kever werd de krukaspoele/dynamopoelieverhouding daarom zo berekend om de dynamo sneller te laten draaien dan de krukas. Een ander nadeel van de dynamo is zijn maximale laadstroom. De volledige laadstroom vloeit namelijk door de ankerwikkelingen via de collector en de koolborstels. Dit geeft vonken tussen koolborstels en



dynamo principewerking



collector, waardoor de onderdelen van de dynamo een kortere levensduur hebben dan een alternator. Waarom is dat? Wel, dat leggen we in de volgende editie van deze technische reeks uit.



591826