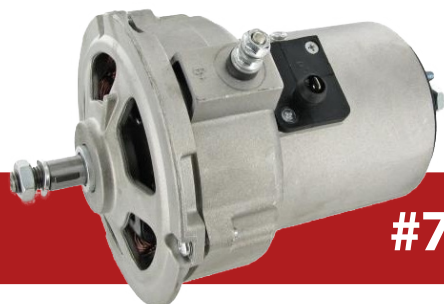


27



#79- Elektriciteit: alternator principewerking

pagina 02



#80- Techniek: elektrische stroom meten

pagina 22



#81- Vooras: wielgeometrie opmeten

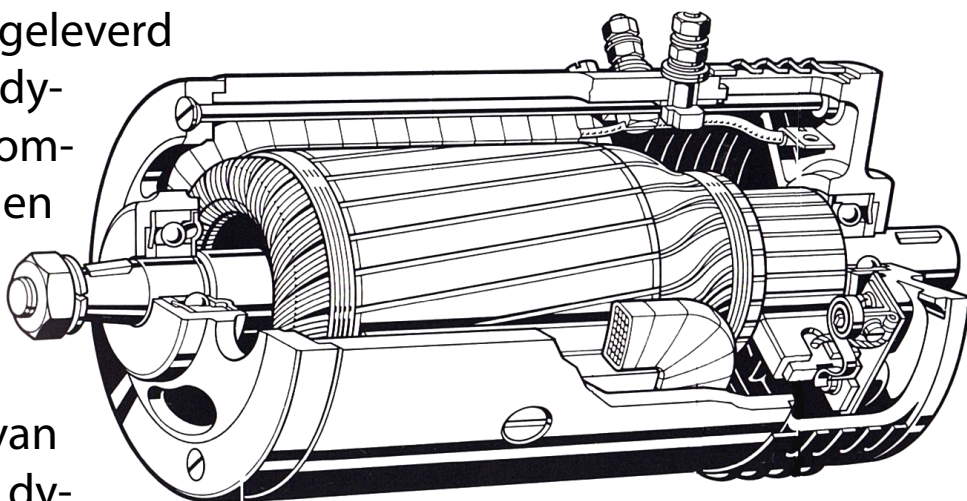
pagina 28



Introductie

In [editie 26](#) hebben we uitgelegd hoe elektrische stroom wordt gegenereerd. Het heen en weer bewegen van een elektrische geleider tussen de veldlijnen van een magneet voldoet om een wisselstroom op te wekken. De elektrische generator in onze VW werkt met dit principe. Bij de oudste Volkswagens wordt de elektrische stroom geleverd door een dynamo. De dynamo is een gelijkstroom-generator, dit wil zeggen dat het de wisselstroom zelf omzet naar gelijkstroom, dat gebeurt door middel van een collector die in de dynamo is ingebouwd.

Hieronder tonen we een tekening van een dynamo. De dynamo bleek eind jaren zestig niet meer geschikt voor de moderne auto van toen. De nadelen van de dynamo hebben we in [editie 26](#) al uitvoerig besproken, onderaan deze pagina worden de nadelen nogmaals samengevat:



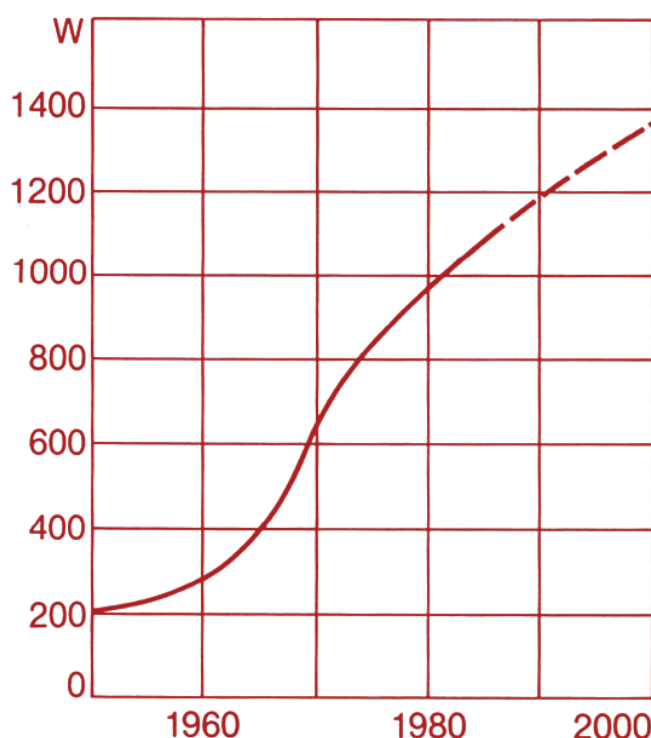
- maximale stroom in anker is beperkt
- beperkte oplaadstroom bij laag toerental
- minder goede koeling van roterend anker
- volledige oplaadstroom vloeit tussen collector en koolborstels
- inbranden koolborstels en collector
- complexe constructie van het anker
- het gewicht van de dynamo neemt sterk toe met zijn vermogen



alternator principewerking

Je moet dit in de tijdscontext plaatsen, in de jaren vijftig en zestig. Auto's hadden weinig accessoires, weinig elektrische verbruikers. De moderne elektrische ruitenwissermotor was één van de grote verbruikers, samen met de koplampen, de semaforen en de startmotor. Een radio was een zeldzame optie, en die was dan nog zonder extra versterker, en met één 4 watt luidspreker. Veel stroom was er dus niet nodig, de dynamo was daarom de geschikte generator. Maar alles werd anders einde jaren zestig.

Rechts tonen we een grafiek uit een oude Bosch handleiding. Daarin voorspellen ze de evolutie van het verbruik van het elektrisch circuit van de automobiel tot in het jaar 2000. Zoals elke voorspelling blijkt deze ook niet exact te zijn, maar de trend klopt wel. De nood aan een generator met meer vermogen start ergens midden 1960 en gaat in stijgende lijn door.



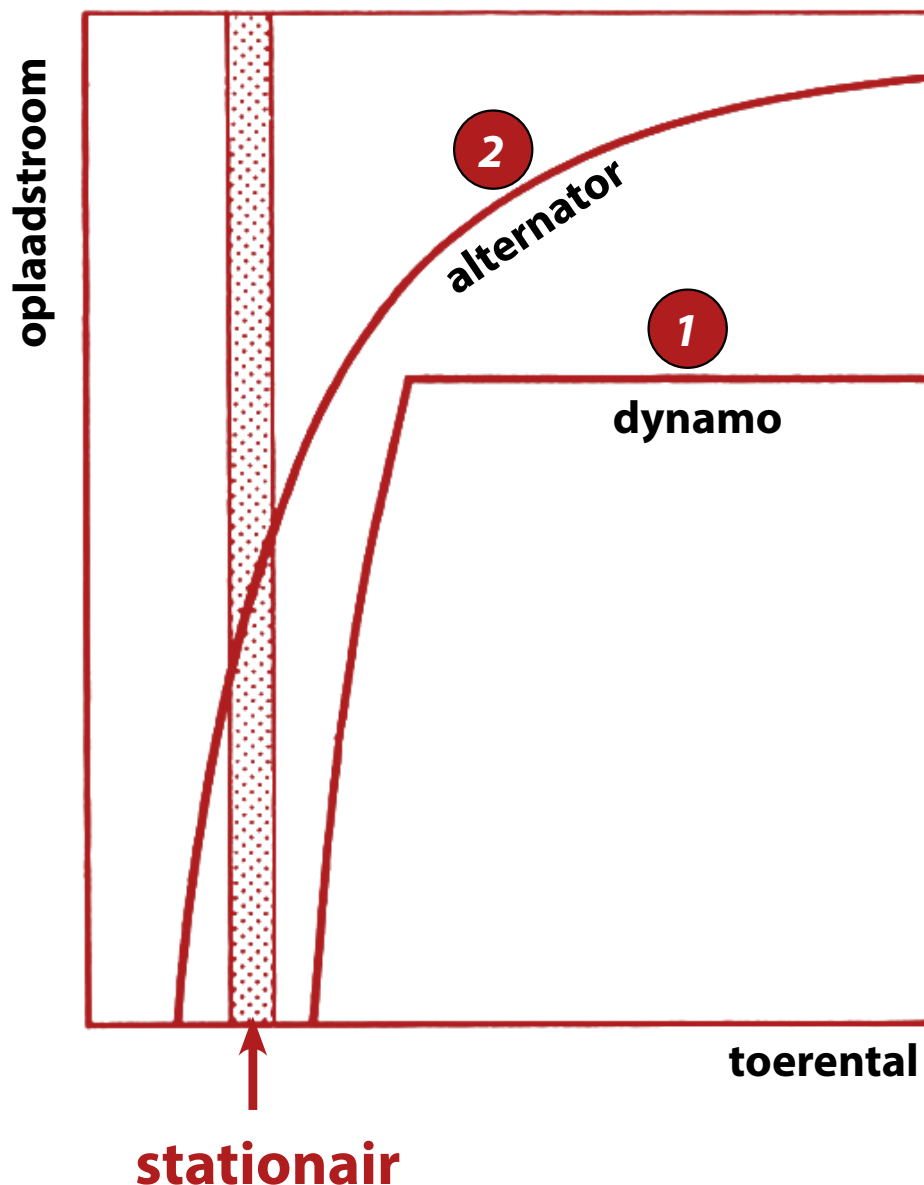
In een recentere uitgave van dit boek maken ze het verschil tussen luxeklasse en middenklasse en wordt het voorspelde vermogen nog groter.

De gelijkstroomdynamo heeft als beperking de maximale stroom (circa 30 A) en een maximale draaisnelheid van 6000 tr/min omdat de collector de volledige stroom moet doorlaten en de koolborstel te warm zouden worden door de wrijving met de collector. Meer vermogen zou de gelijkstroomdynamo ook te zwaar maken en onbruikbaar in een moderne automobiel. Er was nood aan een ander type generator.

Ook het verkeer werd drukker midden jaren zestig, meer aanschuiven, meer stilstand. Ook hierover maakte Bosch voorstellingen. Het grootste nadeel van de (gelijkstroom)dynamo is dat het bij laag toerental weinig stroom produceert. Dat wordt in de grafiek hieronder geïllustreerd.

Het vertikaal balkje met stipjes geeft het stationair toerental aan.

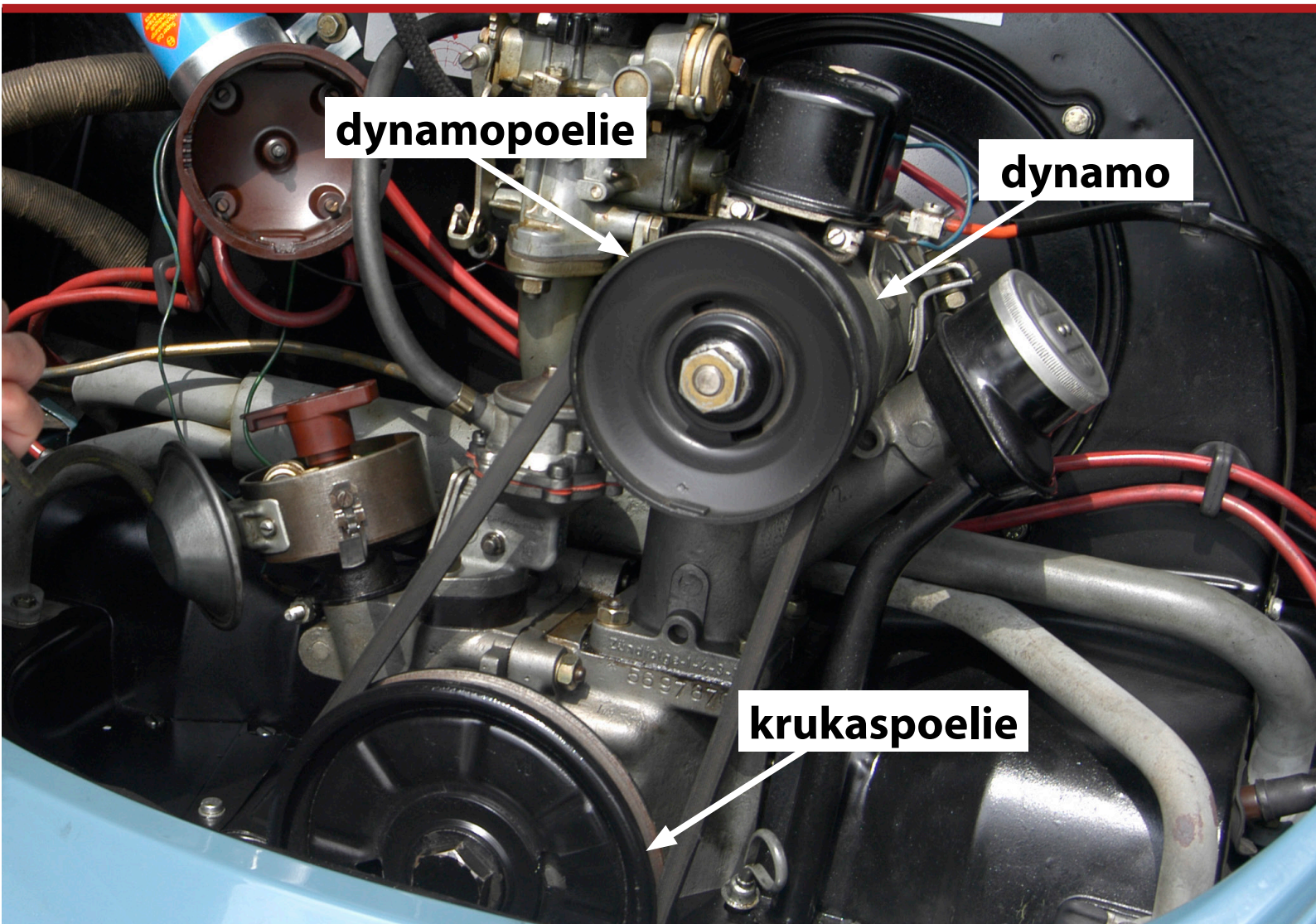
Curve nummer 1 is deze van de **dynamo**. Bij stationair toerental produceert de dynamo geen stroom, het is pas bij een hoger toerental dat de dynamo productief wordt.



alternator principewerking

Curve nummer 2 is deze van de **alternator**. De alternator begint al bij een erg laag toerental stroom te produceren, wat een groot voordeel is ten opzichte van de dynamo. De curve bouwt geleidelijk op, en heeft tussen stationair toerental en maximaal toerental een bruikbare stroomproductie. Om de dynamo ook bij stationair toerental te laten werken,

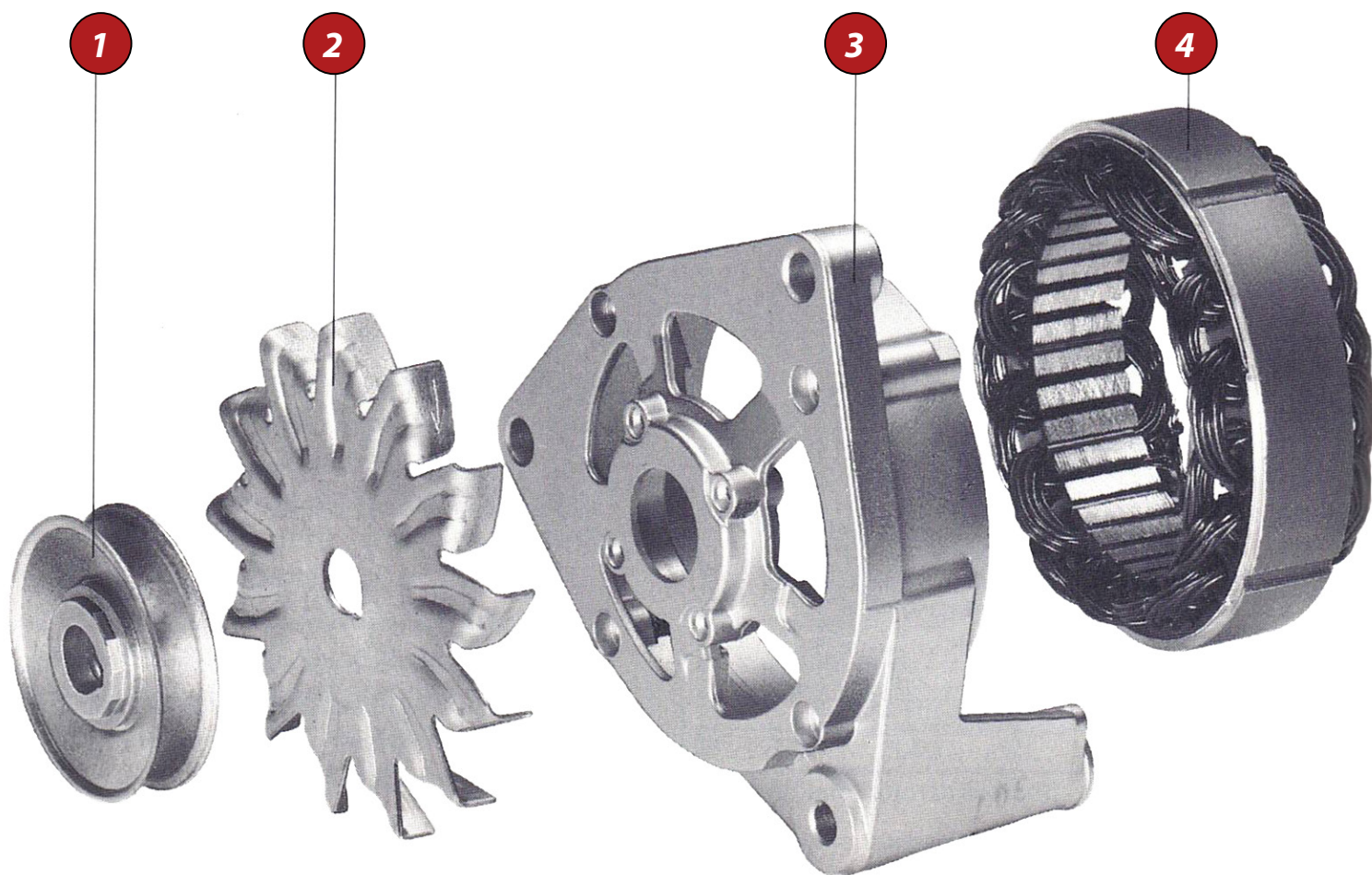
werd de verhouding tussen de diameter van de krukspoelie en de dynamopoelie optimaal berekend om de dynamo sneller te laten draaien dan de kruk van de motor. Dat zorgde ervoor dat de dynamo bij een lager toerental stroom produceerde. Hieronder tonen we de krukspoelie en de dynamopoelie van een 34 pk motor van 1960.



De alternator

De grootste troef van de dynamo bleek zijn grootste beperking te zijn, namelijk de collector. Meer stroom leveren zou de levensduur van de koolborstels verkorten, daar moest iets op gevonden worden. De dynamo voldeed dus niet meer voor de nieuwe situatie van midden jaren

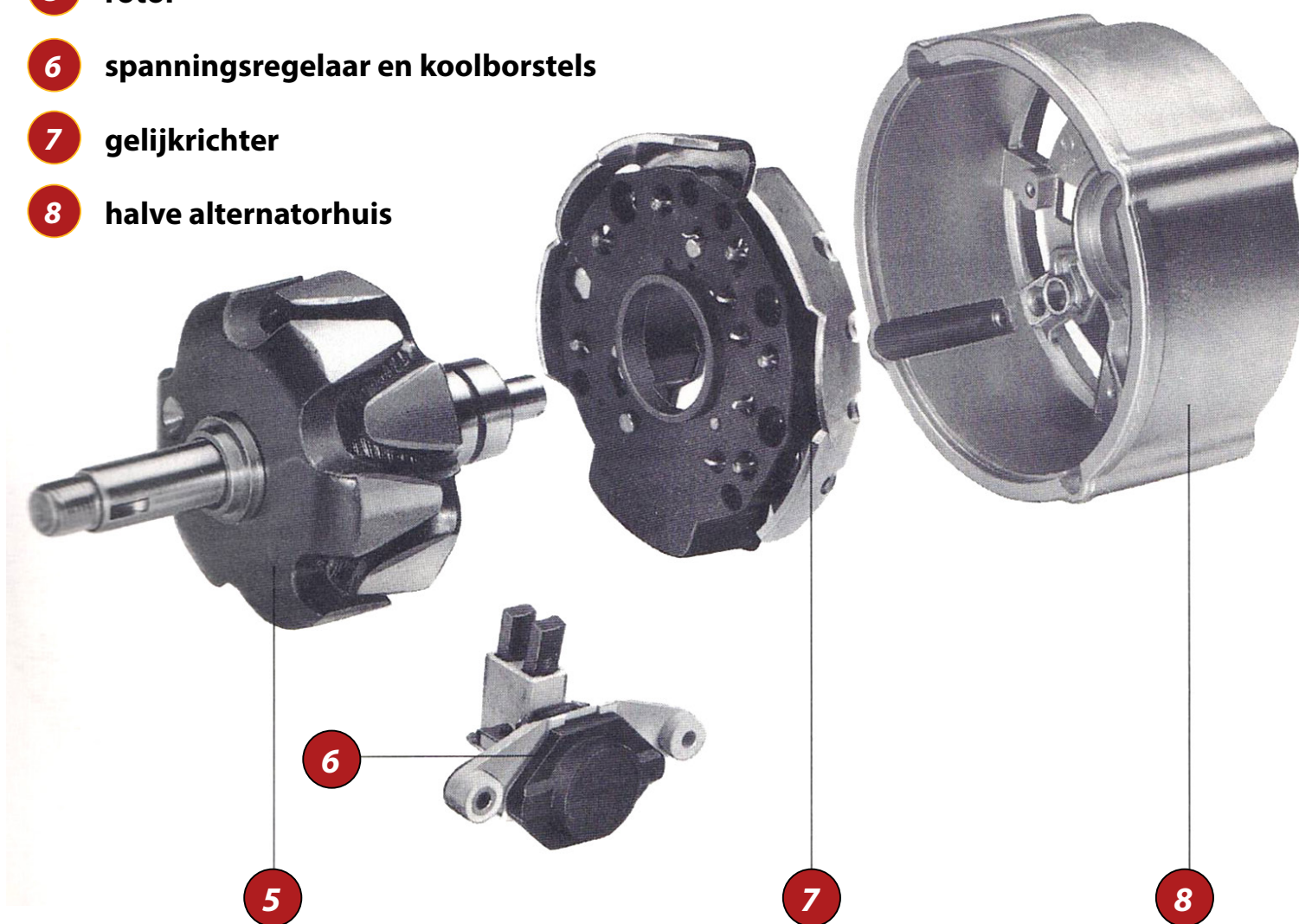
zestig. Het onderhoudsinterval moest groter worden, daar de eigenaars van moderne auto's nu meer kilometers reden. Er moest een opvolger komen voor onze oude dynamo, het werd de alternator. We tonen eerst een overzicht van de constructie van de alternator en vergelijken daarna



alternator principewerking

- 1 alternatorpoelie
- 2 koelventilator
- 3 halve alternatorhuis
- 4 stator
- 5 rotor
- 6 spanningsregelaar en koolborstels
- 7 gelijkrichter
- 8 halve alternatorhuis

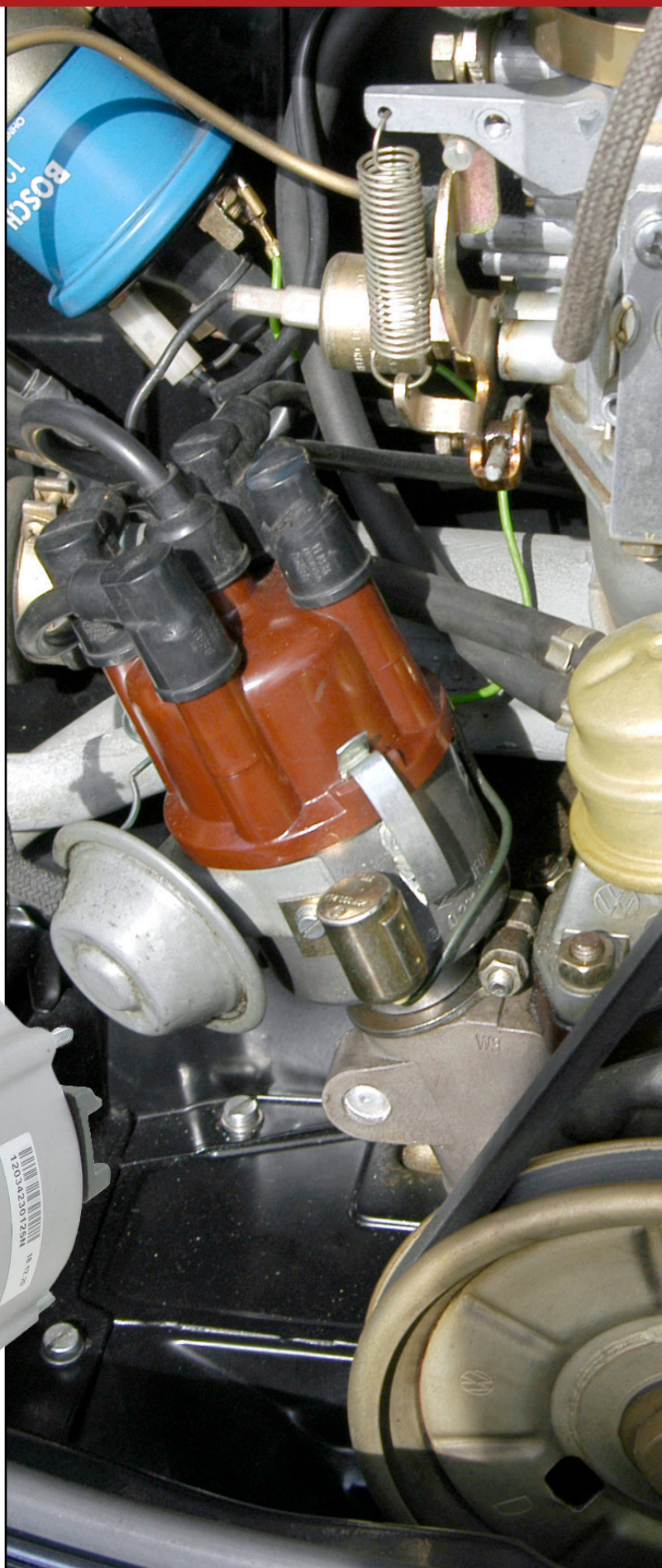
met de dynamo, daarna zullen we elk onderdeel van de alternator bespreken. In een volgende editie zullen we meer praktisch aan de slag gaan, en een alternator reviseren en testen.



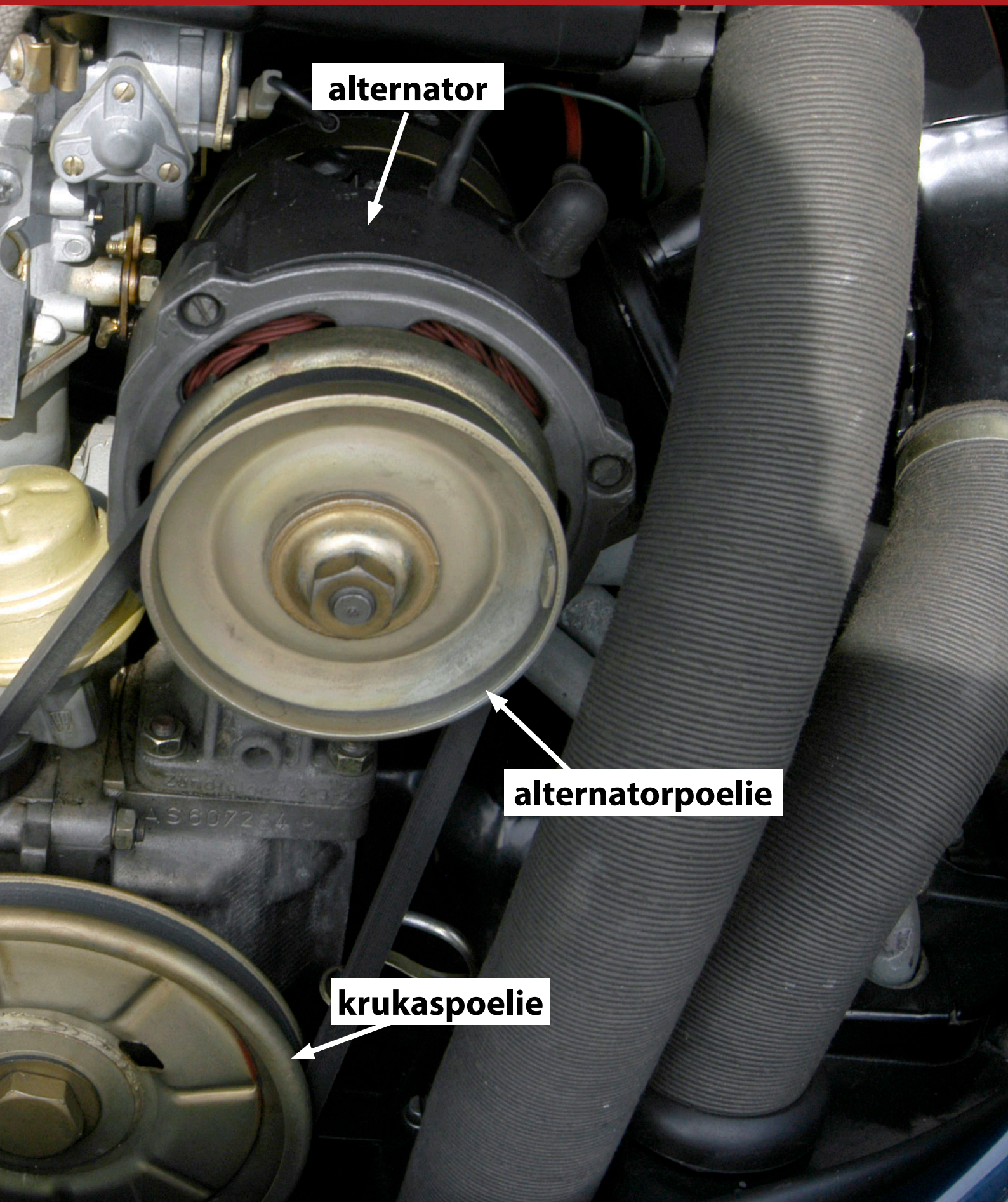
De alternator wordt in de Bosch handleidingen ook wisselstroomdynamo genoemd, de dynamo die we in de vorige editie besproken hebben, noemt Bosch een gelijkstroomdynamo. Voor de eenvoud zullen wij de termen dynamo en alternator gebruiken.

Op de foto tonen we een Type 1 1600 cc motor van een VW 1303. Net zoals bij de gelijkstroomdynamo, is de verhouding tussen de krukspoelie en de alternatorpoelie zo berekend dat de alternator zelfs bij stationair toerental genoeg vermogen levert om de accu bij te laden.

De constructie van de alternator verschilt afhankelijk van het type motor. Hieronder tonen we als voorbeeld de alternator van een Waterboxermotor (WBX).

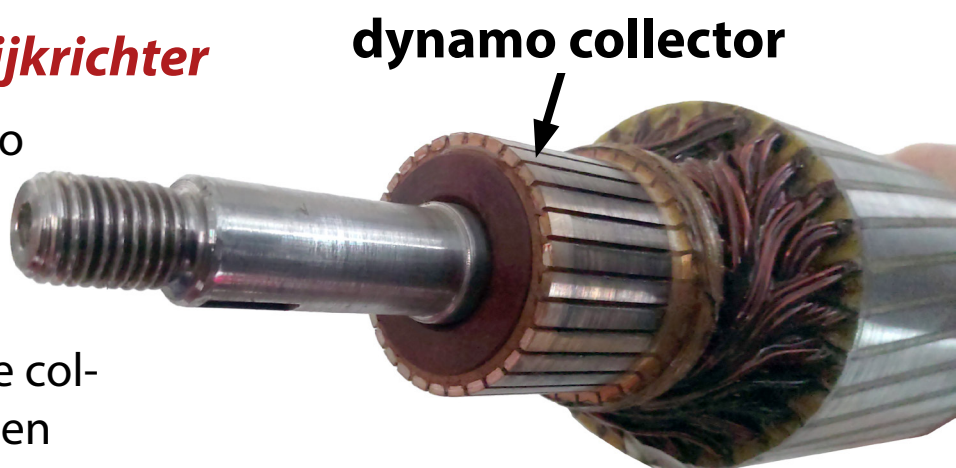


alternator principewerking



De collector wordt gelijkrichter

De collector van de dynamo (foto rechts) moest vervangen worden door een onderdeel dat minder, of geen slijtage vertoonde. De collector van de dynamo, samen met de koolborstels, zorgt voor het gelijkrichten van de wisselstroom (zie [editie 26](#)).

**vacuümbuisdiode**

© www.conrad.be

De collector is een mechanische gelijkrichter, het kon al in de jaren vijftig vervangen worden door diodes. Maar de diodes op basis van vacuüm elektronenbuizen (foto rechts) waren toen nog te groot, verbruikten te veel en werden erg warm, maar vooral, ze waren niet geschikt om in een vochtige omgeving te monteren, en ook niet bestand tegen schokken.

Gelukkig was het eind vijftig begin zestig de opkomst van de "**solid-state**" halfgeleider (semiconductor) elektronica. In het begin van de jaren zestig nog erg duur, maar later in dat decennia gingen de prijzen van de solid-

state componenten naar beneden, en werden ze betaalbaar om in een auto in te bouwen. Op pagina 11 tonen we zo'n solid-state gelijkrichterdiodes, ze zijn amper een paar centimeters groot en kunnen daardoor gemakkelijk ingebouwd worden in het huis van de alternator.



alternator principewerking

Foto rechts: Solid-state componenten zijn ongevoelig voor schokken en verbruiken minder dan hun vacuümbuis voorouders. Ze zijn uiterst geschikt om te gebruiken in een bewegende automobiel. De vier kleinere diodes zijn gelijkrichterdiodes en de grotere rechts is een gelijkrichterdiode voor grotere vermogens.

De mechanische collector van de dynamo wordt in de alternator vervangen door vier solid-state diodes, deze vormen een gelijkrichterbrug. Met deze nieuwe opstelling in de alternator, zijn we verlost van de vonken tussen koolborstel en collector die we hadden bij de dynamo, wat resulteert in een langere levensduur. Zo werd de eerste hindernis overwonnen.

Foto rechts: Dit is onderdeel nummer 7 van de tekening van pagina 7. De vermogendiodes zitten geperst in het koelmetaal, om de warmte beter te kunnen dissiperen. Rechts onderaan tonen we een losse vermogendiode.

solid-state diodes



De beschikbaarheid van vermogendiodes circa 1963 gaf bij de firma Bosch de doorslag voor de serieproductie van de alternator.

Hieronder tonen we de gelijkrichterbrug die in de alternator wordt ingebouwd. Geen bewegende delen meer, geen vonken, maar bliksemsnelle halfgeleiders die de wisselstroom omzetten naar gelijkstroom.

gelijkrichter



De rotor (veldwikkeling)

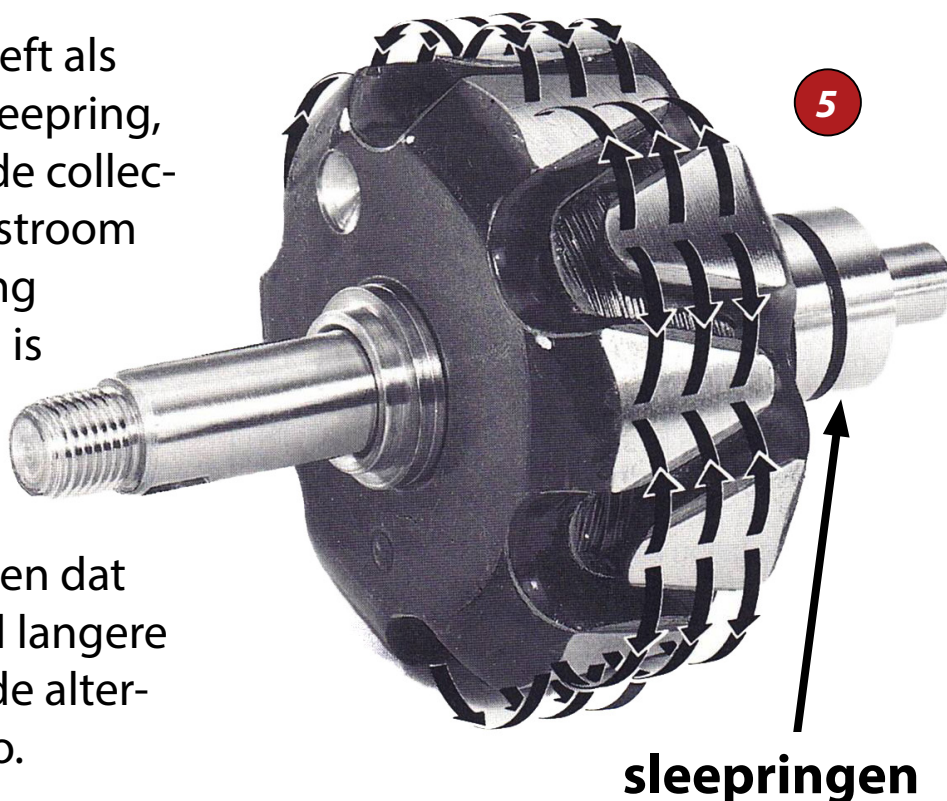
Bij de gekijkstroomdynamo draait het anker rond, en de veldwikkeling zit vastgeschroefd in het dynamohuis. De veldwikkeling is een elektromagneet die kan geregeld worden in kracht door meer of minder stroom door de wikkelingen te sturen.

Bij de alternator draait de veldwikkeling en is het anker vast in het alternatorhuis. De veldwikkeling wordt nu **rotor** genoemd en het anker de **stator**. De rotor is een magneetspoel of elektromagneet.

Deze plaatswisseling heeft als grote voordeel dat de sleepring, bij de dynamo was dat de collector, enkel de kleine veldstroom moet doorlaten (tekening rechts). De koperen ring is niet onderbroken zoals bij de dynamo. Dit betekent dat er geen vonken zullen ontstaan en dat de koolborstels een veel langere levensduur hebben bij de alternator dan bij de dynamo.

Het is dus de rotor die als magneet zal werken bij de alternator.

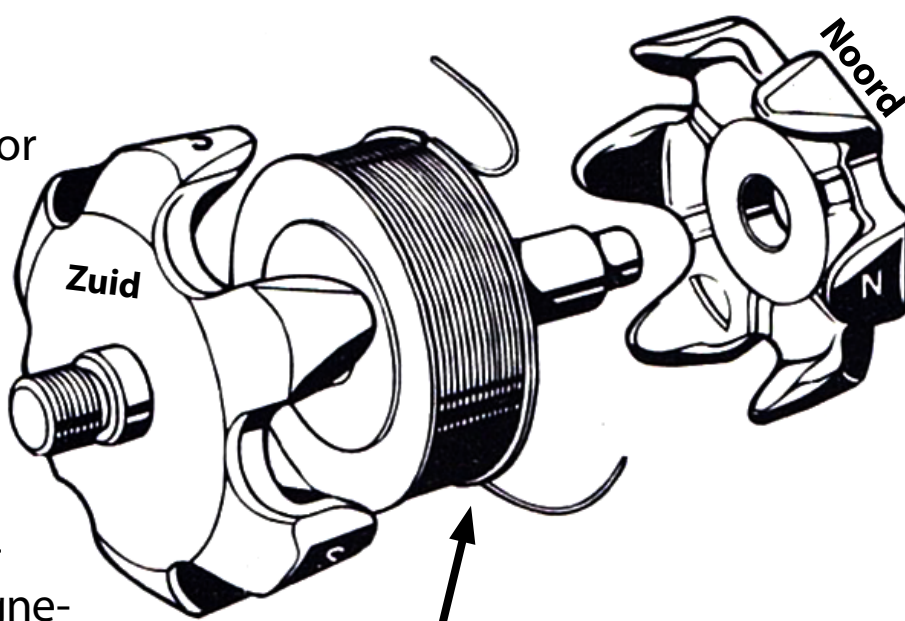
Toerental: Het vermogen van de alternator neemt toe met de draaisnelheid, dit hebben we eerder getoond op de grafiek op pagina 4. Ook bij de alternator wordt er gestreefd om die draaisnelheid groter te maken dan deze van de motor, zodanig dat reeds bij stationair toerental van de motor de alternator zijn maximaal vermogen kan ontwikkelen.



alternator principewerking

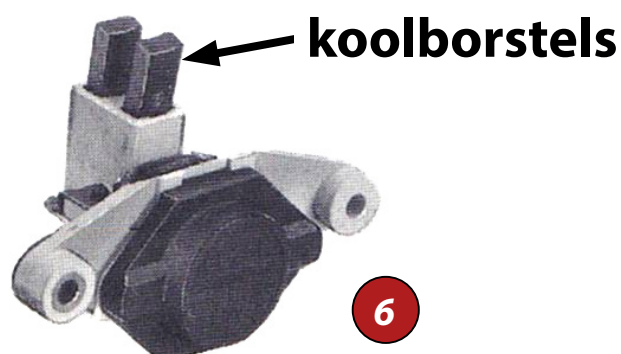
Magnetisch veld: De rotor bevat de magneetpolen, dat zijn die klauwvormige metalen helften, met de bekrachtigingswikkeling binnenin die klauwen (zie tekening rechts). Zodra er gelijkstroom door deze wikkeling vloeit, wordt het magnetisch veld in de rotor opgewekt. Als de rotor begint te draaien wordt ten gevolge van het roterend magnetisch veld in de statorwikkelingen, een drie-fase wisselspanning opgewekt. Door de alternator te belasten met elektrische verbruikers, ontstaat er een drie-fase wisselstroom.

Tekening rechts: De koolborstels zijn verend opgesteld om met de nodige druk tegen de koperen sleepringen aan te duwen, om de rotorwikkeling te voorzien van stroom. De sleepringen zijn niet onderbroken zoals bij de dynamo, ze zullen dus minder snel slijten. In tegenstelling met de dynamo, vloeit bij de alternator een kleine stroom door de koolborstels en sleepringen.



bekrachtigingswikkeling

Klauwpoolgeneratoren met sleepringen maken een compacte en lichte bouwwijze mogelijk. De klauwhelften links en rechts op de tekening vormen de Noord- en Zuidpolen. Noord en Zuid wisselen tijdens het draaien van de rotor elkaar af, om de stator van het nodige wisselende magnetisch veld te voorzien (zie [editie 26](#)).

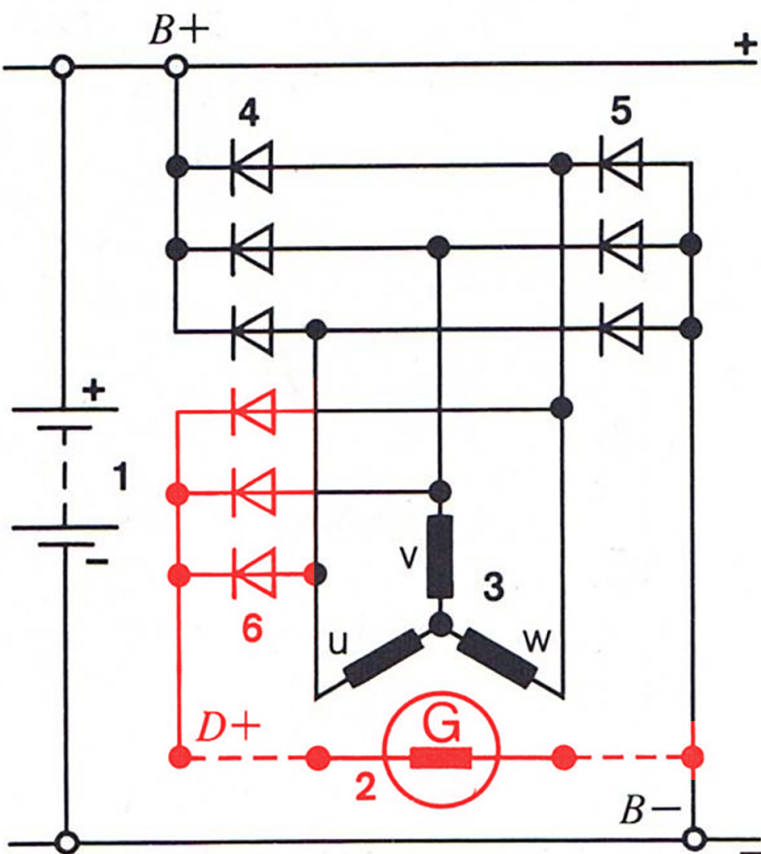


Remanent magnetisme: Bij de gelijkstroomdynamo zorgt het remanent magnetisme van de poolschoenen van de veldwikkelingen voor voldoende startmagnetisme om de dynamo op gang te krijgen. Eenmaal de dynamo stroom produceert, wordt de geproduceerde stroom gebruikt om de veldwikkeling te versterken. De dynamo kan in principe zonder accu werken.

De alternator daarentegen, heeft een externe spanningsbron nodig, namelijk de accu, om te kunnen functioneren. Het aanwezige remanent magnetisme in de weekijzeren kern van de rotor is niet voldoende om tijdens het starten, of bij een laag motortoeental, een (zelf)bekrachtiging te verwezenlijken. In tegenstelling tot de gelijkstroomdynamo met zijn mechanische gelijkrichter (de collector), gebruikt de alternator een gelijkrichterbrug met vermogendiodes en excitement- of bekrachtigingsdiodes.

Links tonen we in het rood hoe de rotorwikkeling (G) zijn stroom krijgt van de statorwikkelingen (U V W). Het remanent magnetisme van de rotor is niet sterk genoeg om de diode te laten geleiden en zal dus zonder accu niet werken.

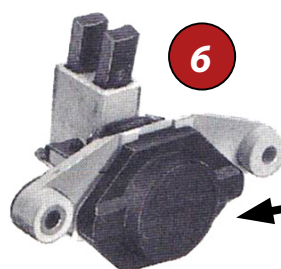
Hoe de gelijkrichterbrug werkt, en hoe diodes werken, leggen we uit in een volgende editie.



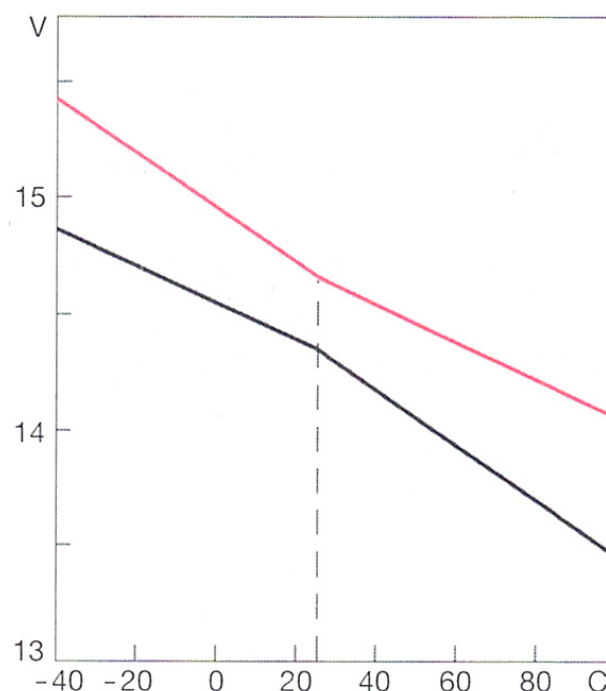
alternator principewerking

Koeling: Een spoelwikkeling heeft een elektrische weerstand, deze weerstand zal een zekere verlies betekenen dat zal worden omgezet in warmte. De warmte ontwikkelt in de alternator moet afgevoerd worden om oververhitting te vermijden. We tonen de ingebouwde ventilator van de tekening op pagina 6 nu apart rechts (nummer 2). Deze draait mee met de aandrijfjas van de alternatorpoelie en zorgt ervoor dat de alternator wordt gekoeld.

De spanningsregelaar (nummer 6) ingebouwd in de alternator, heeft ook een temperatuurregeling. Bij hoge temperaturen in de zomer, zal de uitgangsspanning iets kleiner zijn om de accu niet te overladen, en in de winter is de spanning hoger (grafiek rechts toont de toelaatbare tolerantieband). De werking van de spanningsregelaar behouden we voor een volgende editie, dit onderwerp verdient aandacht in een apart artikel.



spanningsregelaar

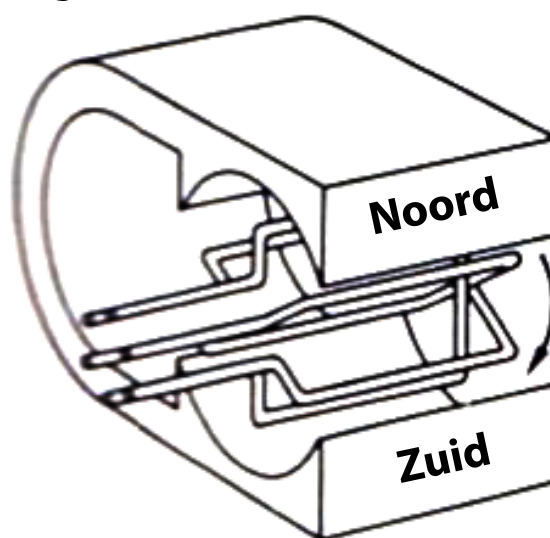


De stator

Het is de stator die de oplaadstroom zal genereren bij de alternator, bij de dynamo was dat het ronddraaiend anker. De stator staat stil, dat verklaart de naam (statisch), wat een groot voordeel biedt voor de externe aansluiting met de elektrische verbruikers. Dat kan namelijk met vaste verbindingen, geen draaiende collector met koolborstels en vervelende vonken. De maximale stroombeperking van de gelijkstroomdynamo wordt hierdoor opgeheven. Daar de laadstroom niet meer door een mechanische gelijkrichter moet (de collector), kan de stroom in theorie onbeperkt groot worden zonder nare neveneffecten.

De stator van de alternator bestaat uit een drie wikkeling, die in ster zijn geschakeld om zo een drie-fase spanning af te geven, terwijl het anker van de dynamo bestaat uit meerdere wikkelingen in serie (zie [editie 26, pagina 47](#)).

We tonen in de tekening hieronder een magneet met daarin drie geleiders, dit is een vereenvoudigde weergave van de drie-fase wikkeling van de alternator. De permanente magneet in de tekening wordt in de praktijk vervangen door een elektromagneet, met name de rotor, en de drie geleiders door drie statorwikkelingen.



Tijdens het draaien van de alternator worden er continue drie spanningen opgewekt, namelijk U, V en W. Het voordeel van het opwekken van een drie-fase wisselstroom is gelegen in een verbetering van het rendement.



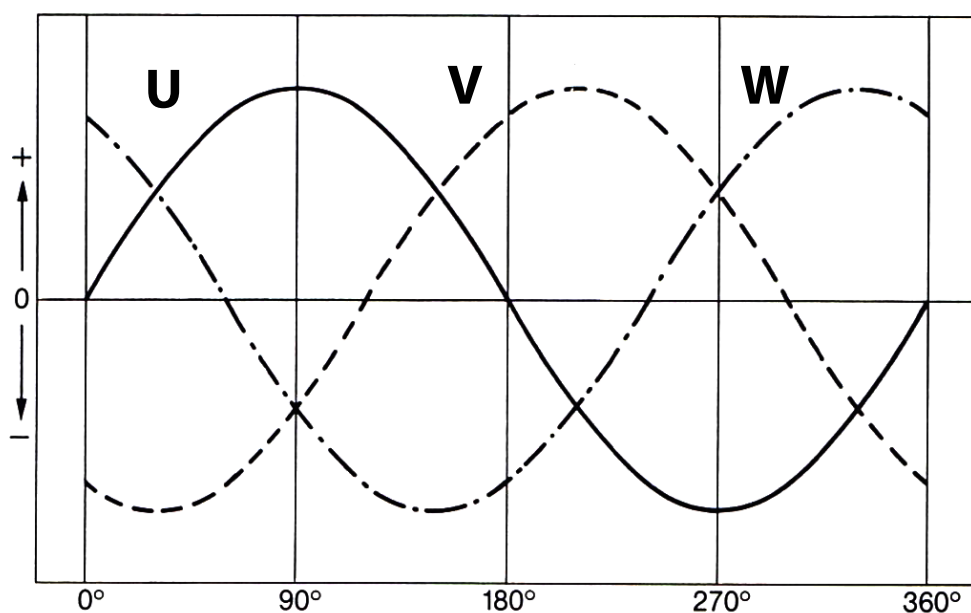
alternator principewerking

4

Rechts tonen we de stator (nummer 4) met zijn drie wikkelingen. Elk wikkeling zal een externe aansluiting krijgen gecodeerd met de letter U, V en W. De ruwe output van de alternator is dus een drie-fasige wisselspanning.

In de grafiek hieronder tonen we de uitgangsspanning voor elke statorwikkeling. Het begin van de wikkeling wordt met de letters U, V en W aangegeven. De drie wikkelingen worden samengebracht tot één uitgangsspanning die dan wordt gelijkgericht.

U, V en W zijn onderling verwisselbaar, het maakt niet uit hoe je ze schakelt.

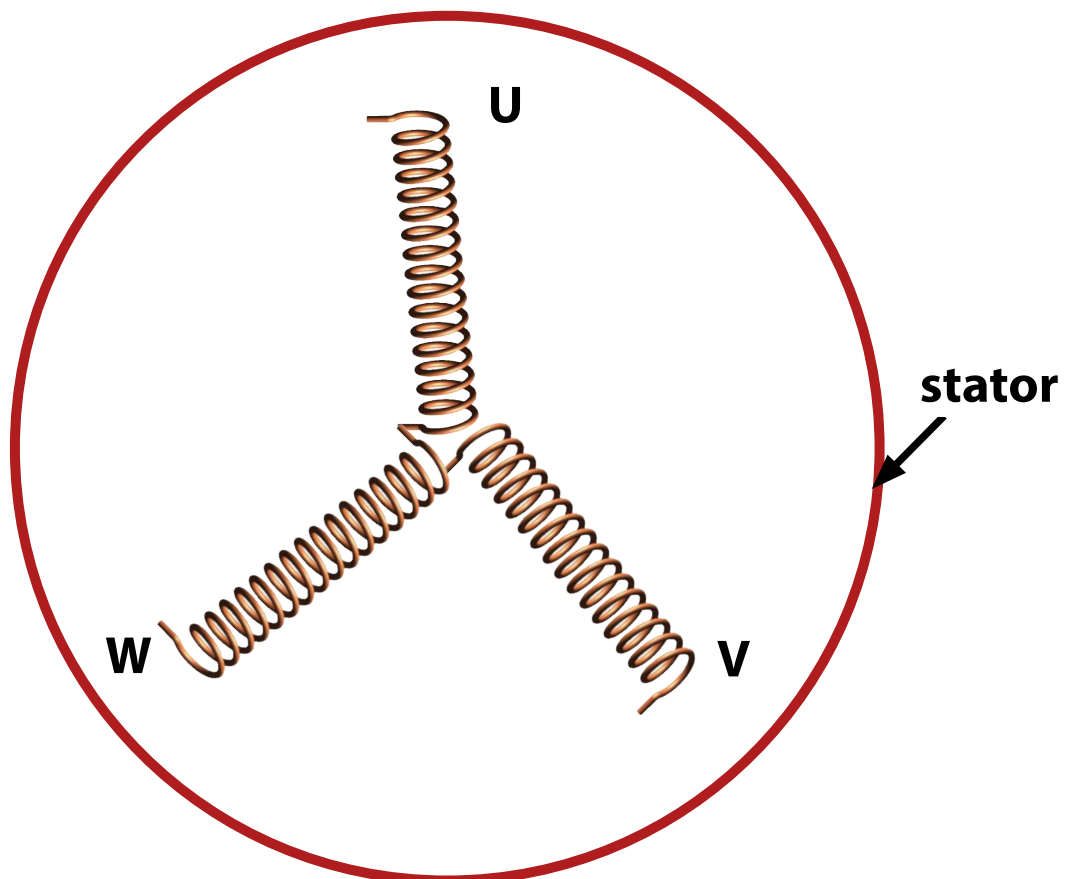


Het samenbrengen gebeurt zoals bij de dynamo door de drie fases in serie te schakelen, maar deze keer met behulp van een sterschakeling (zie pagina 14).

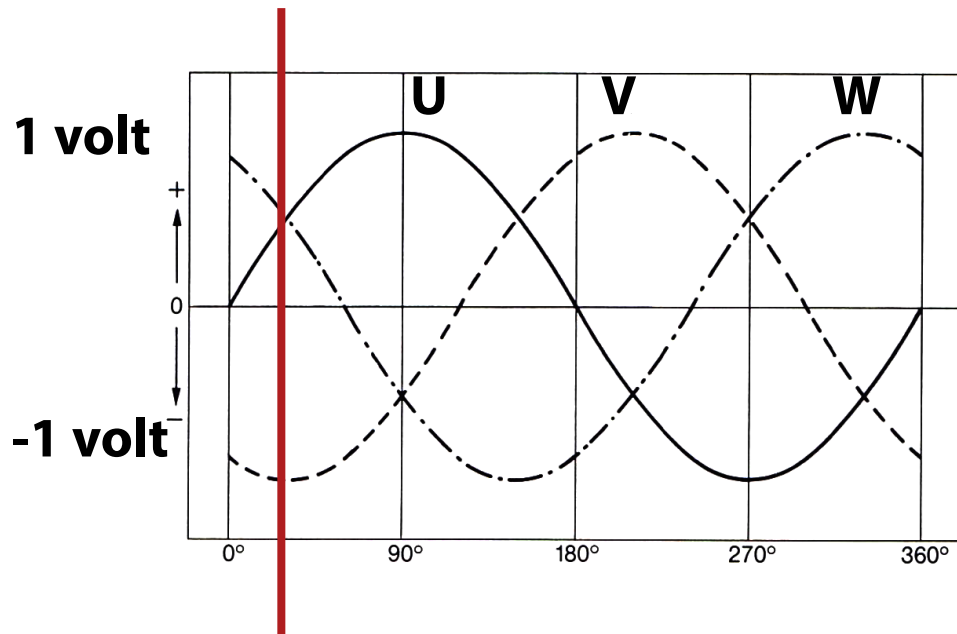
Drie uitgangsspanningen zou betekenen dat er zes draden nodig zijn. Maar, de opgewekte drie-fase wisselspanning wordt samengebracht via een sterschakeling en daarna gelijkgericht. We tonen hieronder het principe van een stersschakeling van drie fases. Bij een stersschakeling worden de uiteinden van de fase-wikkelingen met elkaar verbonden, dit mag men doen omdat de momentele waarden van de drie-fase stromen te allen tijden gelijk is aan nul.

Dat kan je zien in de voorbeeld-grafiek op pagina 19. Trek je een verticale lijn op om het even welk moment, je maakt de som van de spanningswaarden, en de som is altijd nul.

De drie wikkelingen U, V en W (gele kabels) zijn ook te zien op de foto op pagina 19, op een Bosch alternator die we aan het reviseren zijn. Ze worden gekoppeld aan de diodegelijkrichter binnenin het alternatorhuis.



alternator principewerking

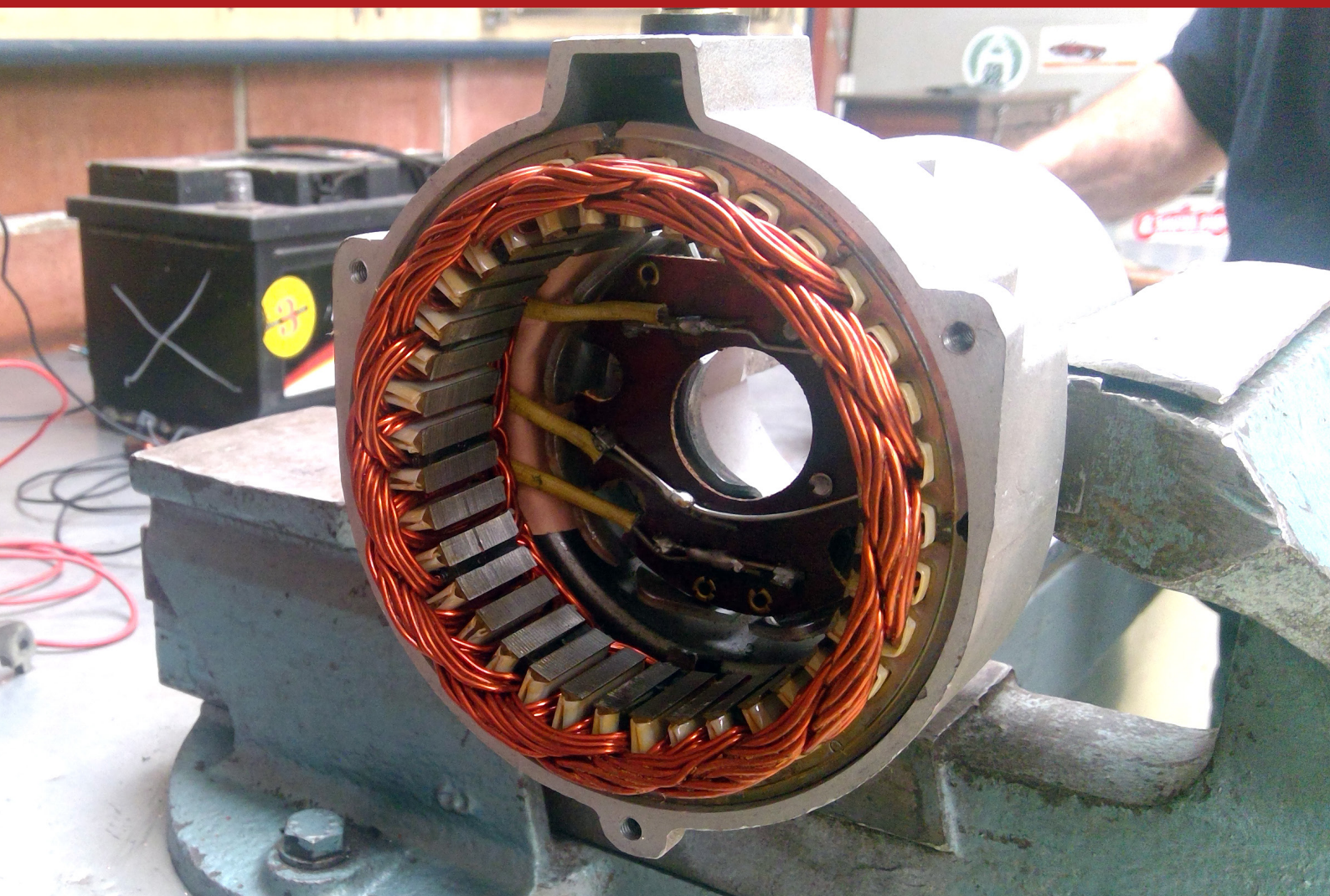


$$U = 0,5 \text{ V}$$

$$V = -1 \text{ V}$$

$$W = 0,5 \text{ V}$$

$$U + V + W = 0 \text{ V}$$



De Bosch alternator

Als samenvatting tonen we een tekening van een Bosch alternator, deze keer met de poeliezijde rechts achteraan (op pagina 6 en 7 was de poeliezijde vooraan).

De constructie van de alternator is veel compacter dan deze van een dynamo, per kilogram gewicht kan de alternator meer stroom produceren dan een dynamo. De voordelen van de alternator worden hieronder opgesomd. De alternator heeft heel wat voordelen ten opzichte van de gelijkstroomdynamo, wilt dat nu zeggen dat we alle klassiekers uitgerust met een dynamo moeten upgraden? Zeker niet.

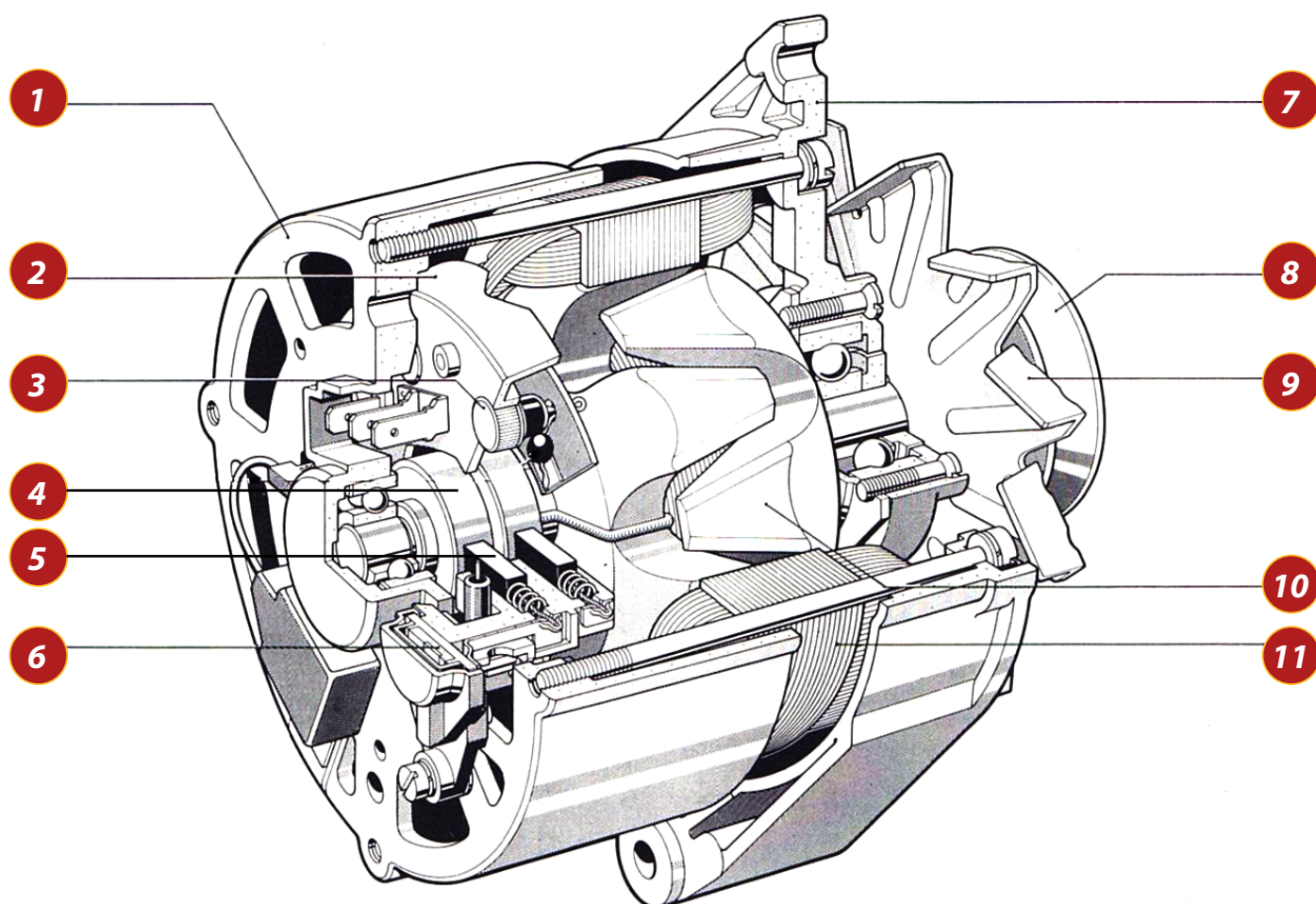
Het vervangen van de dynamo door een alternator tast de originaliteit aan van de wagen, en het zal weinig waarde toevoegen indien je je klassieker sporadisch gebruikt. Schakel je accu aan een druppellader indien je de wagen niet veel gebruikt, of alleen voor korte ritten met veel stationair draaien.

Indien je Volkswagen een gelijkstroomdynamo heeft, en je wilt deze voor dagelijks gebruik inzetten, en additionele elektrische verbruikers aansluiten, dan zou de dynamo jou weleens in de steek kunnen laten, deze was niet voorzien voor het modern verkeer.

- **hoger toerentalbereik dan de gelijkstroomdynamo**
- **kan bij stationair toerenteller voor de nodige stroom zorgen**
- **spanningsregelaar is temperatuurgevoelig voor zomer/winter**
- **weegt minder dan een dynamo voor hetzelfde vermogen**
- **compacte constructie met klauwpolen**
- **geen onderhoud nodig gedurende levensduur van de auto**
- **bepert zijn eigen stroomsterkte (geen stroombeperking nodig)**
- **kan in principe in beide draairichtingen gebruikt worden (let op draairichting van de ventilator)**



alternator principewerking



1 alternatorhuis - sleepringzijde

2 gelijkrichter

3 vermogendiode

4 sleepringen

5 koolborstels

6 spanningsregelaar

7 alternatorhuis - poeliezijde

8 alternatorpoelie

9 koelventilator

10 rotor (veldwikkeling)

11 stator

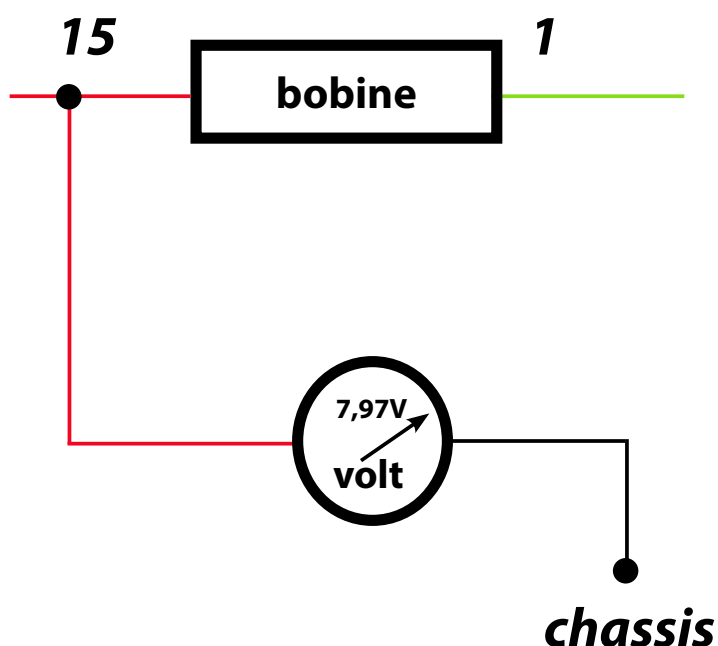
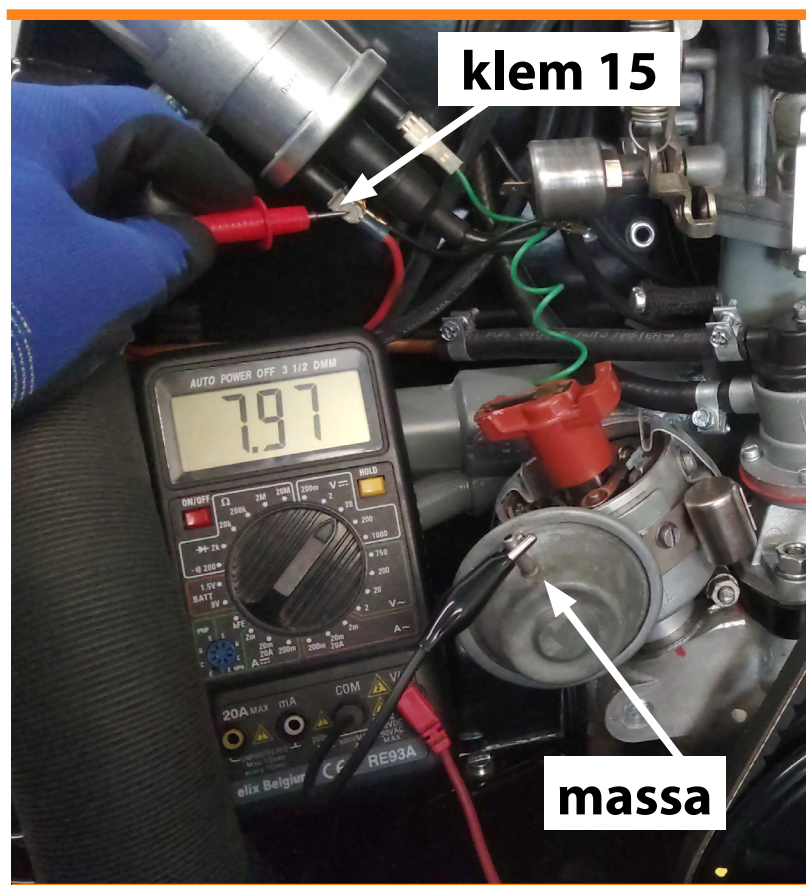
In de volgende edities zullen we tonen hoe je de dynamo en de alternator moet aansluiten en hoe je deze kunt testen.

We zullen ook een totale revisie van zowel een dynamo als een alternator tonen.

Voltmeter

Iedereen heeft weleens een elektrische spanning gemeten, dat is vrij gemakkelijk. Je raakt de contacten aan waarover je de spanning wilt meten, en de voltmeter geeft de spanning aan. Op de foto rechts meten we de spanning tussen de plusklem (klem 15) van de bobine en de massa (we gebruiken het huis van de stroomverdeler als massa) wanneer de contactpunten gesloten zijn, wanneer er dus stroom door de primaire wikkeling van de bobine vloeit. De tekening onderaan geeft deze meting schematisch weer.

Een spanningsmeting is niet erg ingrijpend, zoals je ziet, er kan niet veel misgaan. Je moet er wel op letten dat de voltmeter op het gewenste bereik is ingesteld, tot 20 volt gelijkspanning in dit geval (DC). Je hoeft niets te demonteren, niets los te maken, je bent als het ware een onschuldige toeschouwer.



elektrische stroom meten

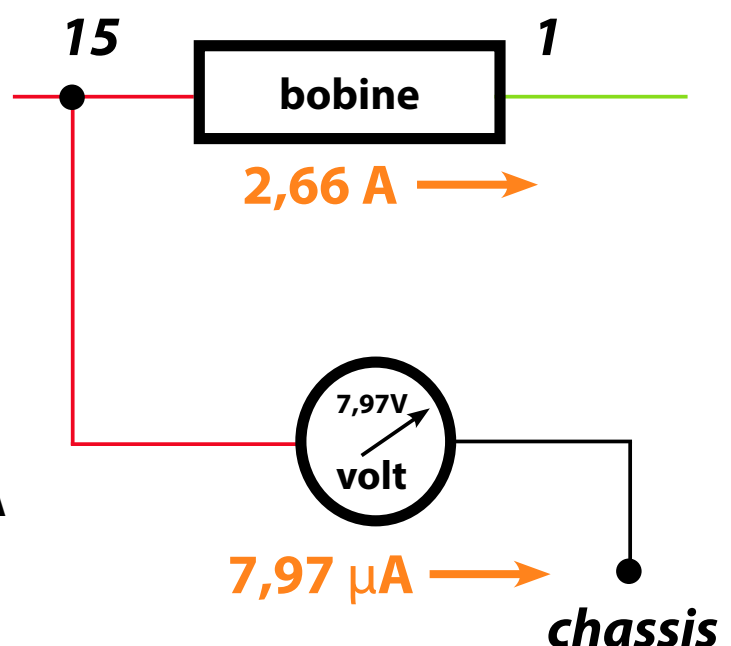
Een voltmeter heeft ideaal een erg hoge interne weerstand, om zo weinig mogelijk stroom te verbruiken tijdens de meting, zodat het geen invloed heeft op de elektrische schakeling waarop het aangesloten is. Een professionele digitale voltmeter heeft een interne weerstand van 10 M ohm (dat is 10 miljoen ohm). Een goedkopere versie zal een weerstand van 1 M ohm hebben of lager. Hoe lager de interne weerstand hoe meer de voltmeter de schakeling zal beïnvloeden en dus hoe minder nauwkeurig de meting zal zijn. Investeer dus in een professionele multimeter, die zal nog van pas komen in je werkplaats.

$$I_{\text{bobine}} = U / R$$

$$I_{\text{bobine}} = 7,97\text{V} / 3 \text{ ohm} = 2,66 \text{ A}$$

$$I_{\text{voltmeter}} = 7,97\text{V} / 10^{+6} \text{ ohm} = 7,97 \mu\text{A}$$

In [editie 19](#) hebben we gezien dat de primaire wikkeling van een bobine ongeveer 3 ohm bedraagt. De stroom door de bobine berekenen we onderaan links, het zou 2,66 A moeten bedragen. De weerstand van onze voltmeter is 10 M ohm, de stroom door de voltmeter zal dus zo goed als nul zijn (7,97 μA om exact te zijn). De voltmeter heeft dus praktisch geen invloed op de werking van het elektrisch circuit. Omdat de voltmeter geen invloed heeft op de meting, vanwege zijn hoge weerstand, is dit een meting die weinig risico's inhoudt.

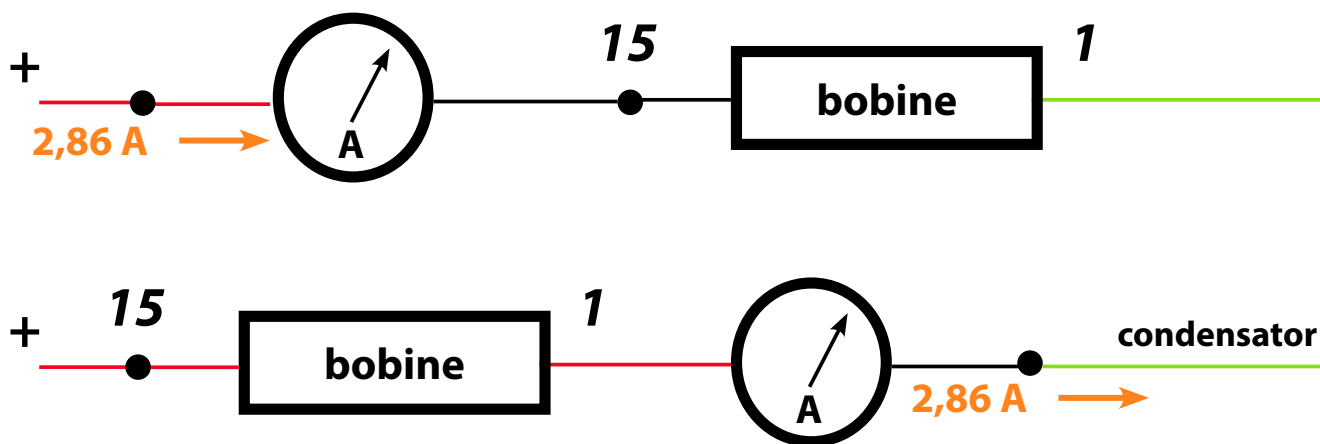


Ampèremeter

Het meten van stroom met een ampèremeter houdt veel meer risico's in. Om de stroom te meten moet je het circuit waardoor de stroom vloeit onderbreken. De ampèremeter moet in serie worden geschakeld, zoals we tonen op de tekening hieronder. We tonen hoe je de stroom kunt meten die door de primaire wikkeling van de bobine vloeit op de tekening hieronder. Je kunt de ampèremeter voor de bobine aansluiten, tussen klem 15 en de plusaansluiting (zoals op de foto rechts), of tussen klem 1 en de groene kabel van de condensator, dat maakt niets uit, de stroom voor of achter de bobine is gelijk.



De meetklemmen moeten in een andere aansluiting worden geschakeld in de multimeter om stroom te meten dan voor de meting van bijvoorbeeld een weerstand (ohmmeter) of een spanning (voltmeter) of mA (milliampère).



elektrische stroom meten

We hadden berekend dat de stroom 2,66 A moest zijn (met een bobine van 3 ohm), we meten 2,86 A. De bobine is uiteraard niet exact 3 ohm, de stroom zal ook variëren met de warmte van de bobine.

Ideaal heeft een ampèremeter een weerstandswaarde van 0 Ω om de meting niet te beïnvloeden, maar in de praktijk zal elke stroommeter een kleine weerstand hebben. De professionele ampèremeters zullen een veel lagere weerstand hebben en dus veel minder invloed hebben op de elektrische schakeling.

Het grootste probleem met deze ampèremeter is dat je het **circuit moet onderbreken**, om de ampèremeter in serie te schakelen. Voor de meting van de stroom door de primaire wikkeling valt dat nog mee. Gewoon klem 15 losmaken en de ampèremeter ertussen aansluiten. Maar wanneer er geen klemmen zijn, of ze zijn moeilijk bereikbaar, dan is een stroommeting met een klassieke ampèremeter lastig. Kabels doorknippen om de stroom te meten is geen goed idee, en veel te ingrijpend.

Daarom dat een stroomtang een betere oplossing is (foto links). Dit type stroommeter heeft geen invloed op het te meten circuit, het meet het magnetisch veld rond de geleider (inductieprincipe, zie [editie 26](#)).

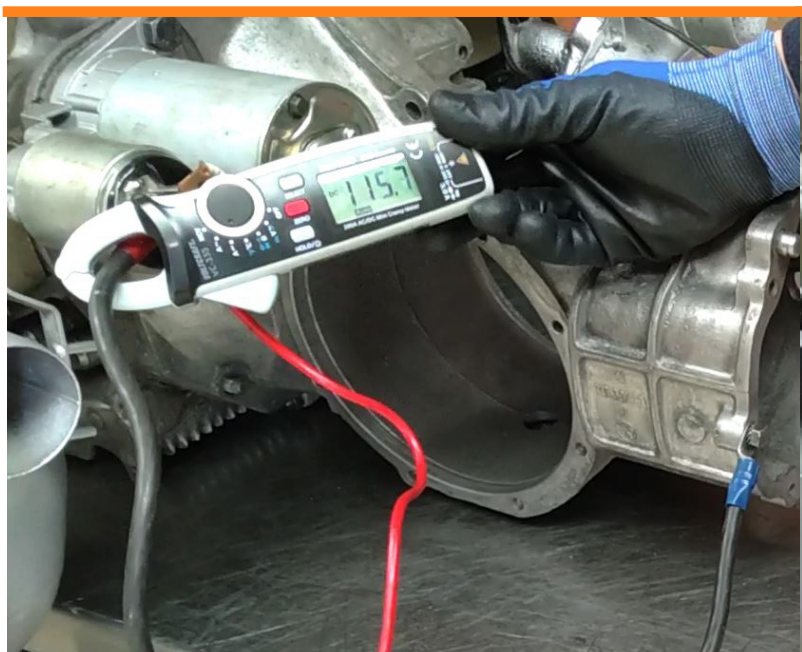
Met de stroomtang meten we een gelijkstroom van 2,93 A door de primaire wikkeling van de bobine (foto links).



Een ander probleem dat zich voordoet, is dat je niet altijd weet **hoeveel stroom** te verwachten.

Een doorsnee ampèremeter kan tot bijvoorbeeld maximaal 10 A of 40 A meten. Indien de gemeten stroom hoger is dan toegelaten, dan smelt de zekering door van je ampèremeter. Sommige ampèremeters hebben een elektronische stroombegrenzer, dan zie je gewoon een foutmelding staan. En, dat gebeurt allemaal terwijl de ampèremeter deel uitmaakt van het elektrisch circuit van je wagen. Geen goed idee dus.

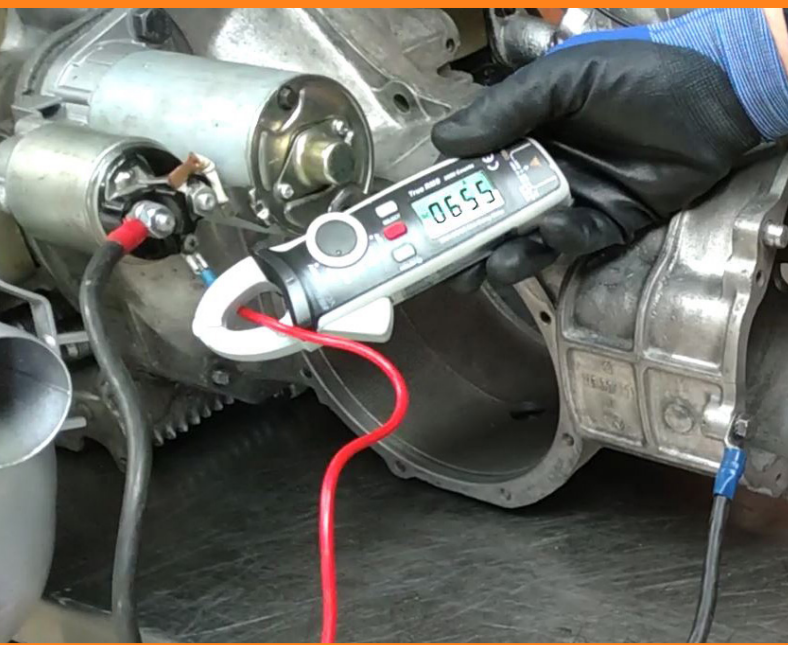
Bij de meting van de bobine hadden we wat voorbereidend werk gedaan, en we wisten dat de stroom ergens rond de 3 A zou zijn, maximaal 4 A. Onze ampèremeter kan tot 20 A, dus geen probleem. Maar als we niet weten hoeveel stroom door een kabel vloeit, dan hou je best een set reservezekeringen voor je ampèremeter binnen handbereik.



Willen we de stroom meten die door het anker van een startmotor vloeit, dan zullen de meeste ampèremeters niet geschikt zijn. Een normaal belaste startmotor, bijvoorbeeld tijdens het starten van een motor die al warmgelopen is (de motorolie is dan erg dun), zal tussen de 100 A en 150 A stroom vragen (115,7A, zie foto hierboven). Een zwaar belaste startmotor kan tot 400 ampère stroom vragen van de accu. Een ampèremeter in serie met de voedingskabel van de startmotor schakelen is niet zo'n goed idee.



elektrische stroom meten



Indien je een elektrische stroom wilt meten bij je klassieke Volkswagen, raden we aan om dat te doen met een **stroomtang**. Met een stroomtang hoef je de elektrische aansluitingen niet te onderbreken, je plaatst de stroomtang over de kabel waarvan je de stroom wilt kennen, dat is alles. Geen beschadigingen aan de klemmen of kabels, geen enkele invloed op de werking van je elektrisch circuit. Op de foto op pagina 26 meten we een startstroom van 115 A. We meten ook de stroom die door de contactschakelaar en de solenoïde vloeit, de contactstroom bedraagt 6,55 A (foto bovenaan).



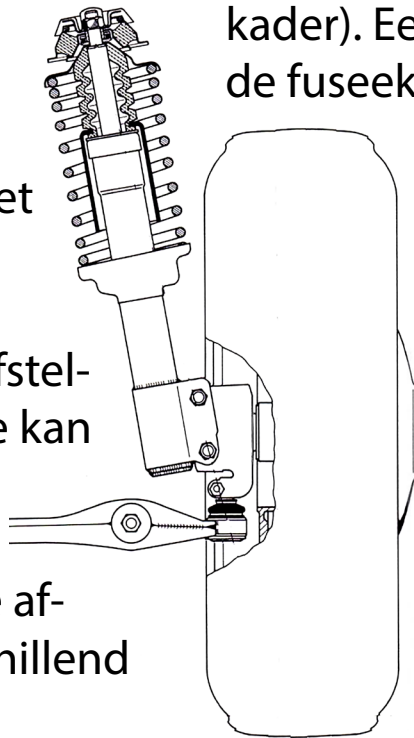
Schakel je stroomtang op gelijkstroom voor deze meting. Het meten van een elektrische spanning hebben de meeste liefhebbers al gedaan. Het meten van een stroom door een elektrische geleider is iets lastiger. Neem geen risico's om je kabelboom te beschadigen, gebruik altijd een stroomtang om een stroom te meten.

We testen de startmotor met de motor op de werkbank, je zult hiervoor een gereedschap moeten bouwen zoals op de foto's, daar de startmotor van onze VW gelagerd wordt in de versnellingsbak. Gebruik de startmotor nooit lost op de werkbank, dat zal het anker ernstig beschadigen.

wielgeometrie opmeten

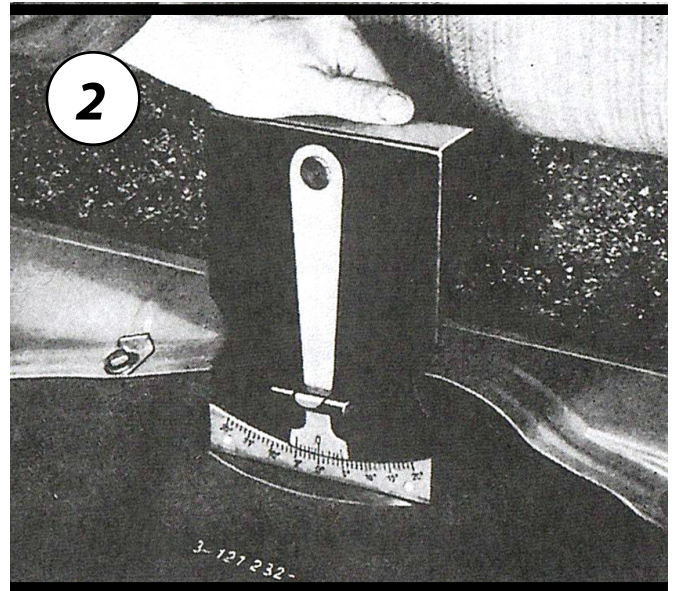
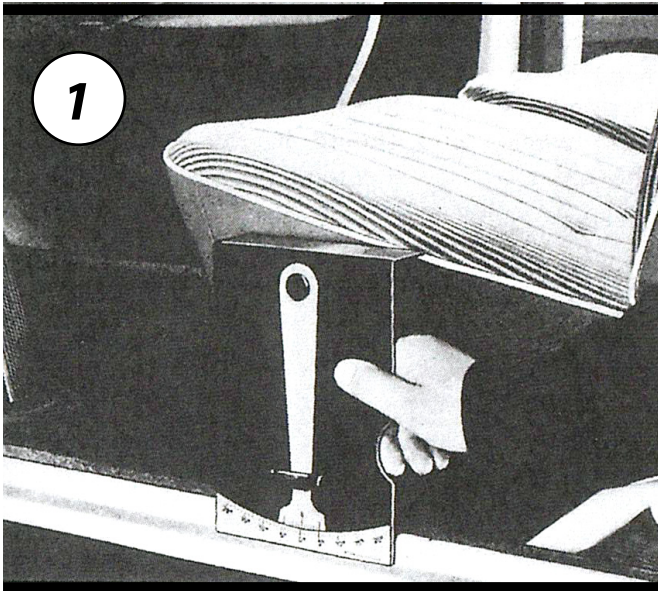
Vorbereidingen

In de vorige edities hebben we zowel het oude type bladveervoras getoond met fuseepennen, de nieuwere bladveervoras met fuseekogels en de modernere MacPherson (fuseedempers genoemd in de VW handboeken). Het is belangrijk om te weten welk type voras je hebt, omdat de meting en de afstelling van de wielgeometrie kan afhangen van het type voras. De achteras is altijd met torsiestaven, de afstelling ervan is wel verschillend over de jaren heen.



Daar de uitlijning soms gaat over tienden van millimeters, zijn onderstaande voorbereidingen van uiterst belang (zwarte kader). Een minimale speling op de fuseekogels bijvoorbeeld, zal de afstelling van de geometrie onmogelijk maken, of toch op zijn minst onnauwkeurig. Voordat je de wielgeometrie gaat opmeten, moet je een aantal voorzorgen nemen:

- monteer de velgen en banden die op de wagen zullen gebruikt worden
- de banden hebben de correcte druk en zijn alle vier nog in goede staat (niet krom)
- de wagen is helemaal leeg, en de benzinetank is vol tot halfvol
- het stuurhuis is in goede staat en correct afgesteld
- de torsieveren vooraan zijn in goede staat
- de torsiestaven achteraan zijn correct afgesteld en zijn minstens 500 km ingereden
- de speling op de voorwiellagers is correct afgesteld
- fuseepennen, fuseekogels of MacPherson zijn vrij van ongewenste speling
- alle doorsmeerpunten van de wielassen zijn gesmeerd met voldoende vet
- de voorwielen staan in rechthoekstand
- rijd de wagen op een vlakke ondergrond en zorg ervoor dat deze perfect pas staat

Waterpas - met voorwielen in rechttuitstand

Eén van de voorwaarden om de metingen te kunnen uitvoeren, is dat het chassis van je VW perfect horizontaal staat. In de VW werkplaatshandleiding doen ze dat met een protractor, een speciale gradenboog (foto's bovenaan, VW 245a gereedschap).

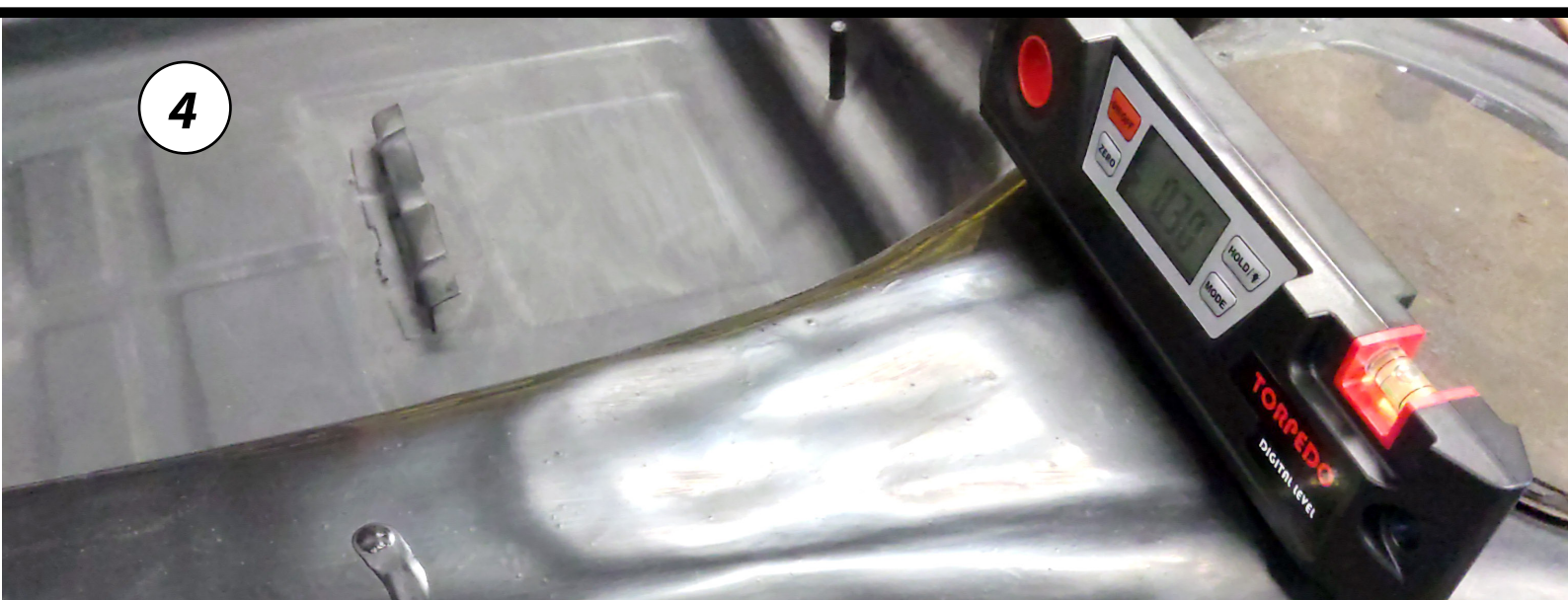
Je kunt dit ook met een moderne en zeer betaalbare uitvoering, namelijk de digitale waterpas (foto hieronder). Dit type waterpas is nauwkeurig tot op $0,05^\circ$, is helemaal niet duur, en je kunt het later voor andere toepassingen gebruiken.



wielgeometrie opmeten

Je moet zowel de waterpas meten in de langsrichting als in de dwarsrichting. Volkswagen raadt aan om in de langsrichting te meten op de kokerbalk (foto 1). In de oudere boeken wordt er op de tunnel vooraan gemeten (foto 3), maar dat kan soms lastig zijn wanneer het interieur is voorzien van teer voor geluidsisolatie en een dik tapijt. Of de auto pas staat in de breedte (dwarsrichting, foto 2 en foto 4), meet je op de tunnel achteraan, onder de achterbank.

We gebruiken onze digitale waterpas in de langsrichting op de tunnel van een VW Kever. De waterpas zou 0° graden moeten aangeven. Hier zien we 0,60°, met links een pijltje naar boven (foto 3), dat wil zeggen dat de voorkant 0,60° naar boven moet. In de dwarsrichting is de rechterkant 0,30° te hoog (foto 4). Probeer de wagen zo dicht als mogelijk tegen de 0° te positioneren met houten plaatjes onder de wielen bijvoorbeeld. Als liefhebber proberen we een idee te hebben of de wielgeometrie in orde is, een exacte meting en afstelling zal toch bij de bandenspecialist moeten gebeuren. Dus, bijna 0° is ook goed.



5



Bij de VW Bus kan je de waterpas onderaan op de linkse (foto 5) en rechtse chassisbalk plaatsen, om beurt, om de waterpas in de langsrichting te meten. Voor de dwarsrichting plaats je de waterpas tegen de voorasbuis (foto 6).

Rechtuitstand

Een andere voorwaarde voor het correct opmeten van de wielgeometrie vooraan is dat de voorwielen in rechtuitpositie staan. Dat kan je bereiken door de wagen vooruit te duwen, de voorwielen zouden vanzelf in rechtuitstand moeten draaien. Indien de voorwielen niet vanzelf in rechtuitstand komen, dan is de wielgeometrie ernstig fout.

6



wielgeometrie opmeten

Graden en minuten

De werkplaatshandboeken geven hoeken aan in graden en minuten. Niet te verwarren met decimale graden zoals onze digitale waterpas aangeeft. Je zult daarom een omzetting moeten maken wanneer je bijvoorbeeld de Camberhoek opzoekt in een handleiding. De meest gebruikte manier om een hoek aan te geven is als volgt:

10 graden 40 minuten 10 seconden

of met symbolen

$10^{\circ} 40' 10''$

met

$1^{\circ} = 60' = 3600''$

Wil je de hoek $10^{\circ} 40' 10''$ omzetten naar decimale graden, dan kan je deze formule gebruiken:

$$\begin{aligned} 10^{\circ} + 40'/60 + 10''/3600 &= \\ 10^{\circ} + 0,67 + 0,00278 &= 10,67^{\circ} \end{aligned}$$

Als we dit toepassen op bijvoorbeeld de Camberhoek van de voorwielen van een VW Bus van 1950, de hoek is namelijk $0^{\circ} 40'$ met een toegelaten afwijking van $\pm 30'$, de waarde van de Camberhoek mag dan minimaal $0^{\circ} 10'$ zijn en maximaal $0^{\circ} 70'$, dan wordt dat in decimale graden:

ideaal $0^{\circ} 40' = 0,67^{\circ}$

maximaal $0^{\circ} 70' = 1,17^{\circ}$

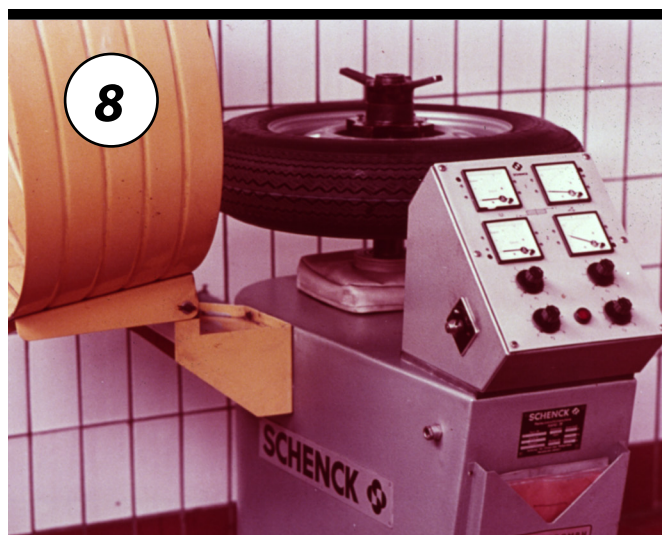
minimaal $0^{\circ} 10' = 0,17^{\circ}$

Dus altijd goed opletten of de hoek in graden en minuten wordt aangegeven, of in decimale graden. Is wiskunde niet je sterkste vak, dan kan je online wel een omzettingstool vinden van graden en minuten naar decimaalgraden.

Balanceren

Wanneer je banden monteert op je velgen, dan moeten die velgen met banden worden gebalanceerd. Banden (en velgen), zijn niet perfect en zullen niet rondom hetzelfde gewicht hebben. Op banden wordt een gele cirkel aangebracht (foto 7) om aan te geven waar de zwaarste plaats is (aan de andere kant van de stipjes namelijk), om de banden correct te monteren om zo weinig mogelijk onbalans te hebben. De nippel wordt ideaal aan de kant van de gele stip gemonteerd. De resterende onbalans wordt weggewerkt met kleine gewichtjes die op de velgen worden gekleefd of genepen.

Soms is er ook een rode stip aanwezig, dat geeft de plaats waar de band het dikste is, dus zwaarste. We zullen in een latere editie praten over banden en velgen, dan komt balanceren uitgebreid aan bod (foto 8: bandenbalanceertoestel uit VW cursus). Eenmaal een velg met band is gebalanceerd, dan zal deze gelijkmatig ronddraaien zonder te trillen. Een niet of slecht gebalanceerde velg/band combinatie is te herkennen aan het trillen van het stuur, trillen van de ganse auto en minder grip. Trillen kan ook andere oorzaken hebben zoals versleten of beschadigde banden, beschadigd stuurhuis of ophangingsonderdelen.



wielgeometrie opmeten

Uitlijnen = Wielgeometrie

Uitlijnen is wat we in dit artikel zullen uiteenzetten (niet te verwarren met balanceren), het is het afstellen van de wielvlucht (Camberhoek), King Pin Inclination (KPI), Caster of Sporing (Toe), kortom, het afstellen van de wielgeometrie. Dat hoeft niet bij elke bandenwissel, of op regelmatige tijdstippen, maar wel wanneer je een ander type velg monteert of een andere bandenmaat, of spoorverbreeders toevoegt of verwijdert, of de wagen verhoogt of verlaagt. Door het aanpassen van de velgen/banden-combinatie, verandert de wielgeometrie (zie editie 25 en editie 26). Ook wanneer je een ander type voor- of achteras monteert, moet de wielgeometrie opgemeten worden, of wanneer je de draagarmen en fuseepennen of fuseekogels vervangt.

Na een ongeluk, een zware schok op de ophanging (in een diepe put gereden) zou voor de zekerheid de wielgeometrie

moeten worden nagekeken. Na een totale restauratie moet de wagen absoluut uitgelijnd worden door een specialist. Wielgeometrie dient ook uitgevoerd te worden bij het ontstaan van één van de volgende fenomenen:

1. **het voertuig trekt naar één kant**
2. **ongewone bandenslijtage**
3. **stuur trekt scheef bij rechtuit rijden**
4. **banden schuren over de weg**

Niet alle besproken instellingen van de wielgeometrie zijn af te stellen, dat zal afhankelijk zijn van de type ophanging en het bouwjaar.

De wielgeometrie opmeten en afstellen is alleen mogelijk wanneer een aantal voorwaarden ingevuld zijn. De voorwaarden hebben we opgesomd op pagina 29. Zorg ervoor dat die voorwaarden zijn ingevuld voordat je aan deze klus begint.

Meetgereedschappen

Omdat sommige instellingen over tienden van een graad gaan, is het moeilijk om dat met huis- en tuingereedschap te doen. De bandenspecialist is uitgerust met moderne precisiegereedschappen om de wielgeometrie in te stellen, maar deze heeft helaas niet altijd de nodige kennis meer van oldtimers en heeft zeker niet de afstelgegevens van een automobiel van 60 jaar oud in zijn systeem zitten. Volkswagen adviseerde zijn fran-

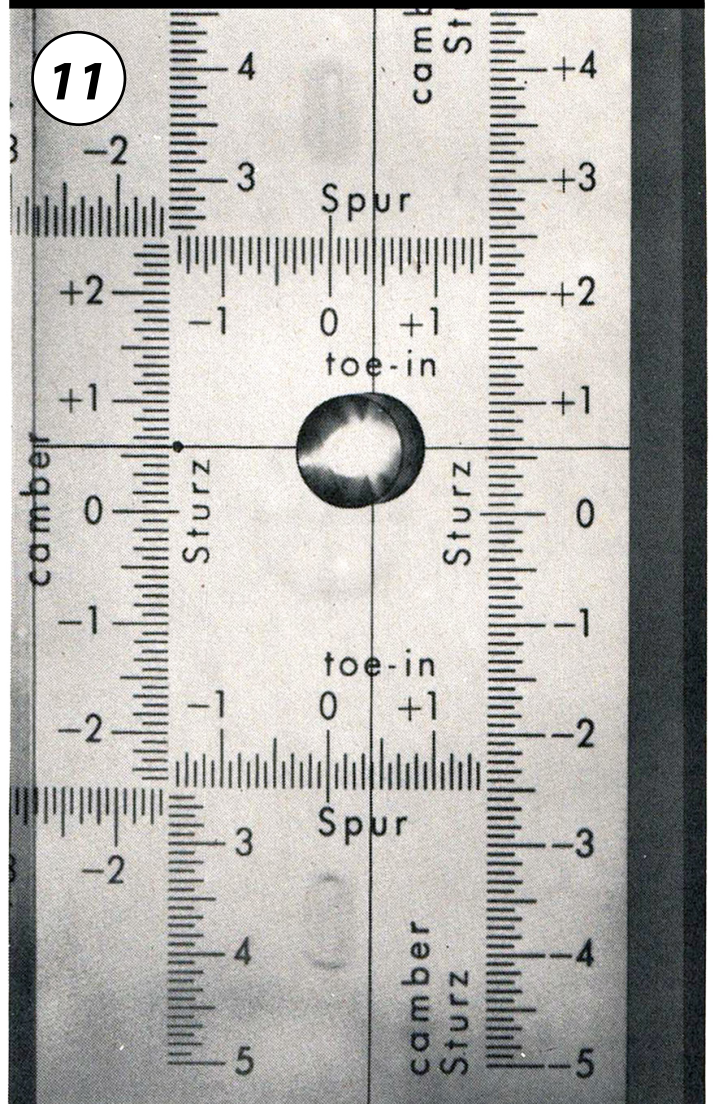
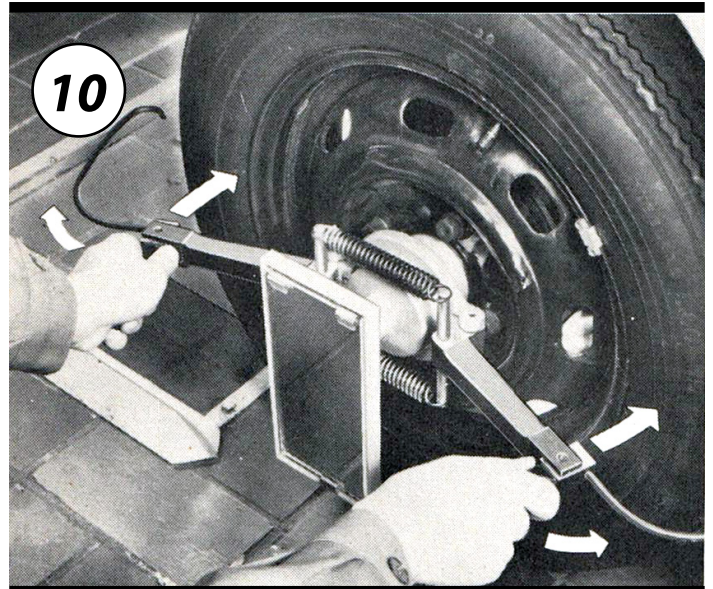
chisehouders met werkplaats-handboeken en speciale handleidingen met richtlijnen hoe de werkplaats in te richten en hoe de speciale gereedschappen te gebruiken. De techniekers moesten regelmatig bijgeschoold worden omdat nieuwe modellen, nieuwe gereedschappen en nieuwe technieken met zich meebrachten. Hieronder tonen we het afstellen van de Toespoor (Toe-In) zoals het in de VW werkplaatshandboek werd uitgelegd.



wielgeometrie opmeten

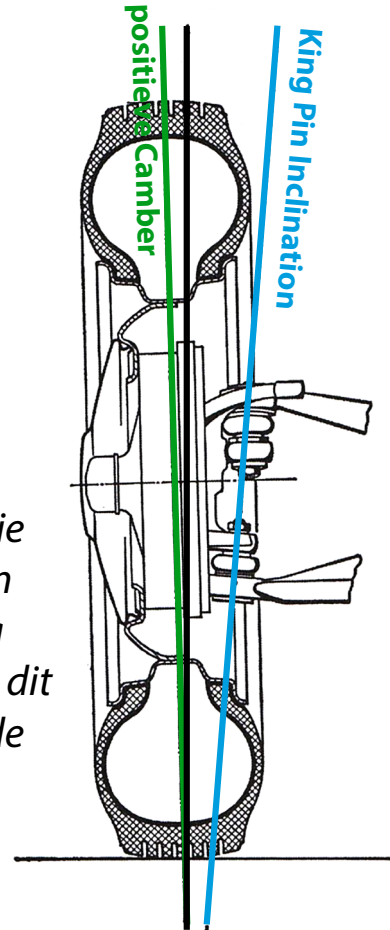
Rechts (foto 10) tonen we het toestel met spiegelsysteem dat door Volkswagen werd gebruikt om de Camberhoek (wielvlucht) en de Toespoor (Toe-In) af te stellen. Op foto 11 zie je de schaal waarop de meting wordt geprojecteerd, zowel Toe-In als Camber kon hierop afgelezen worden. De kans is erg gering dat een liefhebber dit gereedschap in zijn werkplaats heeft, maar, niet te vroeg opgeven. Uiteraard is het altijd leuker voor de hobby als je zelf één en ander kunt opmeten.

We zullen daarom advies geven over betaalbare gereedschappen die je kunt kopen om je VW klassieker een basisinstelling te geven. Je kunt namelijk met een gradenboog en een waterpas al een heel eind geraken, net genoeg, om tot bij de bandenspecialist te rijden om daar de nauwkeurige afstelling te laten uitvoeren.



Camberhoek of wielvlucht

Dit is een tekening van editie 25 van een voorwiel met fuseekogels. De kanteling of hoek van het wiel is de Camberhoek. Het is in feite de combinatie van de kanteling van het wiel plus de King Pin Inclination (KPI), dit is de kanteling van de fuseekogels.



VOORWIELEN CAMBER	Bouwjaren	Type vooras	Camberhoek	Marge
Type 11, 14, 15	1952-1957	fuseepennen	0°40'	+/-30'
	1958-1960	fuseepennen	0°40'	+/-30'
	1961-1965	fuseepennen	0°40'	+/-30'
	1966-1969	fuseekogels	0°30'	+/-20'
	1970-1979	fuseekogels	0°30'	+/-20'
	VW1302/1303	MacPherson	1°	+20' -40'
Type 2	1950-1962	fuseepennen	0°40'	+/-30'
	1963-1967	fuseepennen	0°40'	+/-30'
	1968-1979	fuseekogels	0°40'	+/-15'
Type 3	1967-1970	fuseekogels	1°20'	+/-10'
Type 4 (VW411/412)	1971-1974	MacPherson	1°10'	+25' -30'
VW Golf/Jetta/Scirocco	1974-1984	MacPherson	0°20'	+/-20'

wielgeometrie opmeten

Om de Camberhoek te meten moeten de volgende voorwaarden voldaan zijn:

- **chassis staat pas**
- **de wielen op de grond**
- **auto is helemaal leeg**
- **voorwielen in rechthoekstand**

We hebben de waarden van een aantal VW-modellen uit de VW werkplaatshandboeken samengevat in één tabel hieronder. De kolom "**links/rechts**" geeft aan hoeveel verschil er mag zijn tussen het linkse en het rechtse voorwiel. We hebben in de kolom "**decimaal**" de omrekening

van graden/minuten naar decimale graden berekend (zie ook pagina 33). Ook de maximale waarde en minimale waarde in decimale graden wordt in de tabel berekend.

Heb je bijvoorbeeld een VW Kever (Type 11) van 1959 met fuseepennen, dan is de Camberhoek $0,67^\circ$, de maximaal gemeten Camberhoek mag $1,17^\circ$ zijn en de minimale toegelaten Camberhoek is $0,17^\circ$. De uiterst rechts kolom geeft aan of de Camberhoek kan afgesteld worden. De afstelling van de Camberhoek bespreken we in editie 29.

links/rechts	decimaal °	maximaal °	minimaal °	afstellen
30'	0,67	1,17	0,17	vast
30'	0,67	1,17	0,17	vast
30'	0,67	1,17	0,17	vast
30'	0,50	0,83	0,17	regelbaar
30'	0,50	0,83	0,17	regelbaar
30'	1,00	1,33	0,33	regelbaar
ideaal 0'	0,67	1,17	0,17	vast
30'	0,67	1,17	0,17	vast
30'	0,67	1,00	0,33	regelbaar
20'	1,33	1,50	1,17	regelbaar
30'	1,17	1,58	0,67	regelbaar
30'	0,33	0,83	-0,17	regelbaar

De Camberhoek van de voorwielen is altijd een positieve waarde bij onze VW's (positieve Camber, zie editie 25), dit betekent dat de voorwielen aan de bovenkant verder uit elkaar liggen vergeleken met de onderkant.

Je kunt de Camberhoek opmeten met een digitale waterpas. Dit gereedschap zal je een idee geven of de Camberhoek redelijk binnen de voorgeschreven waarden zit. Een exacte meting en afstelling kan je dan laten uitvoeren door een specialist.

Zorg dat de auto horizontaal staat (zie voorbereidingen op pagina 29). Demonteer de wiel dop en indien nodig de naafdop. Markeer de onderkant van de velg met krijt of tape (foto 12).

Plaats de digitale waterpas verticaal tegen de velg. Indien de velg wat beschadigingen vertoont, of er zijn wat verfdruppeltjes, kies een plaats waar de velg in perfecte staat is. Onze waterpas heeft een magnetische onderkant, wat erg handig is. Daar de waterpas te kort is voor de 15 inch velgen, gebruiken we een hulpgereedschap om tegen de velg aan te plaatsen, om een goed meetvlak te verkrijgen. Wij gebruiken de as van ons wielbalanceertoestel.



wielgeometrie opmeten

Wij noteren voor deze T2b Bus een hoek van $88,20^\circ$, ofwel $+1,80^\circ$ Camber voor het linkerwiel (foto 12). Duw de wagen vooruit zodat het wiel een halve draai ronddraait, totdat de markering die je hebt aangebracht op de velg (in ons geval een stukje gele tape) aan de bovenkant staat. Doe de meting opnieuw. We meten nu ook $+1,80^\circ$ (foto 13). Bereken het gemiddelde van de twee metingen, indien ze verschillend zijn, dit geeft een bruikbare waarde voor de Camberhoek van het linker voorwiel. Voor deze VW Bus is het $+1,80^\circ$. We raadplegen de tabel met de Camberwaarde voor de VW Bus tussen 1967 en 1979 (model met fuseekogels), dan zien we dat de minimale Camberhoek $+0,33^\circ$ moet zijn en maximaal $+1,00^\circ$ (we gebruiken de graden uitgedrukt in decimalen). De meting van $+1,70^\circ$ Camberhoek op het linkerwiel zegt dat onze VW Bus $0,70^\circ$ boven de maximale waarde zit. Doe daarna hetzelfde voor het rechter voorwiel.

In de tabel wordt er ook het maximaal verschil tussen links en rechts aangegeven. Voor deze VW Bus is dat $30'$, of $0,50^\circ$ decimaal. In de handboeken wordt de Camberhoek ook gemeten met de voorwielen 20° gedraaid.



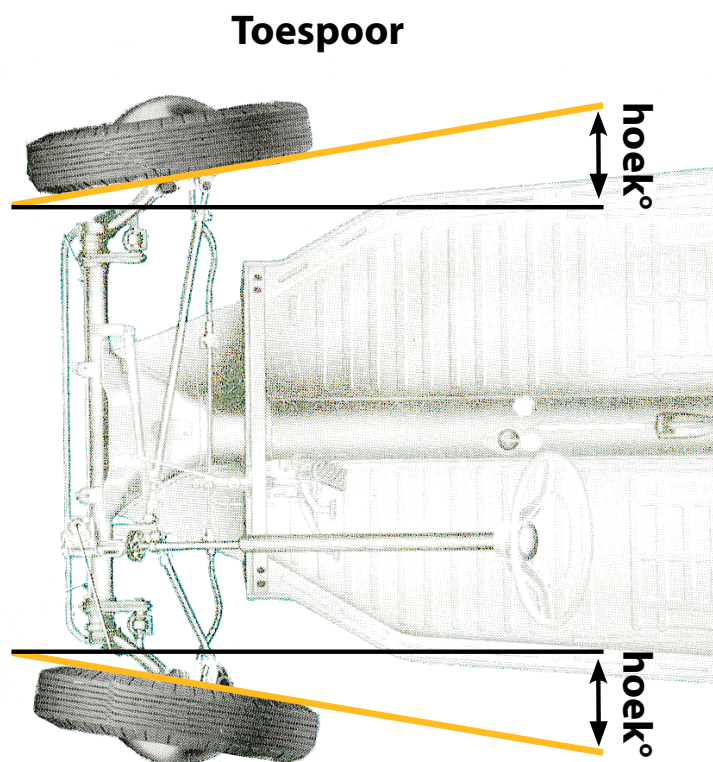
Zijn de metingen buiten de voorgeschreven waarden, dan zal je de Camberhoek moeten afstellen, als dat mogelijk is bij jouw model (zie tabel). In editie 29 tonen we hoe je de Camberhoek kunt afstellen, een basisafstelling kan je zelf uitvoeren, een definitieve en nauwkeurige afstelling gebeurt bij een specialist met precisiegereedschappen. Indien een afstelling niet mogelijk is, dan zal je de voorasonderdelen moeten nakijken en mogelijk vervangen.

Sporing (Toe)

Een tweede belangrijke meting is de Sporing, of Toe in het Engels. Om de Sporing te meten op de voorwielen moeten volgende voorwaarden voldaan worden:

- **chassis staat pas**
- **de wielen op de grond**
- **auto is helemaal leeg**
- **voorwielen in rechttuitstand**

We hebben in editie 26 uitgelegd wat Sporing is (tekening rechts). Bij een **achterwielaangedreven** wagen worden de



VOORWIELEN SPORING	Bouwjaren	Type vooras	Toe (mm)	Marge	afstellen
Type 11, 14, 15	1952-1957	fuseepennen	1 tot 3mm		regelbaar
	1958-1960	fuseepennen	1 tot 3mm		regelbaar
	1961-1965	fuseepennen	2 tot 4 mm		regelbaar
	1966-1969	fuseekogels	1,8 tot 5,4 mm	+30' +/-15'	regelbaar
	1970-1979	fuseekogels	1,8 tot 5,4 mm	+30' +/-15'	regelbaar
	VW1302/1303	MacPherson	1,8 tot 5,4 mm	+30' +/-15'	regelbaar
Type 2	1950-1962	fuseepennen	0 mm +/-1mm		regelbaar
	1963-1967	fuseepennen	0 mm +/-1mm		regelbaar
	1968-1979	fuseekogels	0 tot 3,3mm		regelbaar
Type 3	1967-1970	fuseekogels	4 tot 6mm	+40' +/-15'	regelbaar
Type 4 (VW411/412)	1971-1974	MacPherson		+20' +/-15'	regelbaar
VW Golf/Jetta/Scirocco	1974-1984	MacPherson	-0,5 tot -3mm	-5' tot -30'	regelbaar



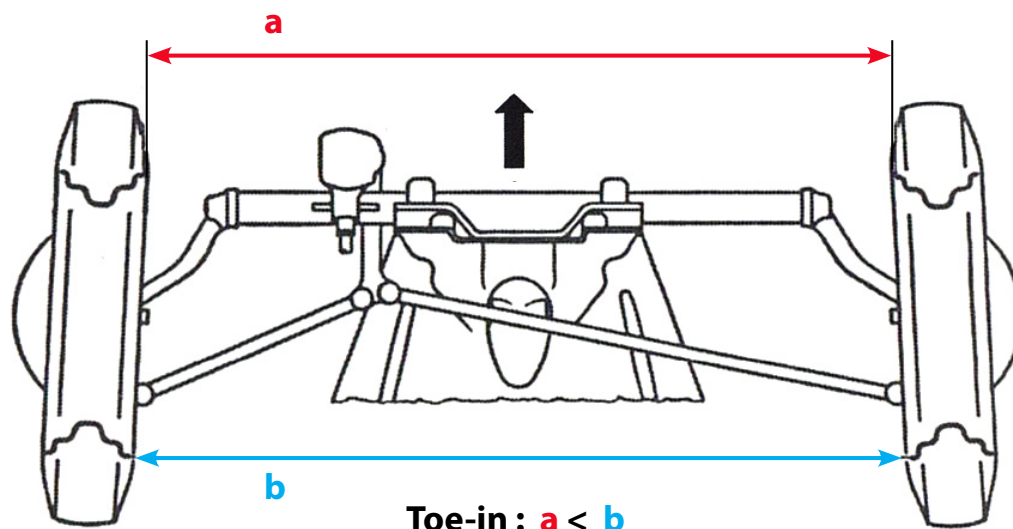
wielgeometrie opmeten

voorwielen vooraan naar buiten geduwd tijdens het rijden, door de voorwielen een beetje naar binnen in te stellen bij stilstand, dit is Toespoor of Toe-In, wordt er gestreefd om de wielen tijdens het rijden zo recht mogelijk te krijgen. De VW Golf is een **voorwielaangedreven** wagen, en zal net het omgekeerde doen. Een basisinstelling met Uitspoor (Toe-Out) zal bij de VW Golf en afgeleiden noodzakelijk zijn, Uitspoor is een negatieve waarde.

In de tabel hebben we de waarden van de Sporing van de voorwielen opgelijst. Een positieve waarde voor de Sporing op de voorwielen betekent Toespoor

(Toe-In, typisch voor achterwielaandrijving) en een negatieve waarde Uitspoor (Toe-Out, typisch voor voorwielaandrijving).

De hoekwaarden voor de Sporing zijn zo klein, bijvoorbeeld tien seconden (5'), dat is 5 gedeeld door 3600 of 0,001389°, dat we dat met de waterpas of gradenboog niet kunnen meten, dat kan alleen met precisiegereedschap. We zullen daarom de voorgeschreven waarden in millimeters gebruiken, dat kunnen we zelf meten. De waarden schommelen rond enkele millimeters.



Deze tekening komt uit editie 26. Dit is de vooras in bovenaanzicht. Wanneer de afstand tussen de wielen aan de voorkant (a) kleiner is dan de afstand aan de achterkant van de wielen (b) dan spreken we van Toespoor of Toe-In.

Om de Sporing (Toe) te meten, kan je zelf een gereedschap maken, bijvoorbeeld met een metalen buis die net niet breed genoeg is om tussen de twee velgen te plaatsen, of twee metalen buizen die in elkaar schuiven. We vonden deze erg goedkope telescopische meter die erg praktisch

bleek voor deze toepassing. We tonen de opstelling op foto 14 op een VW Kever chassis, omdat het makkelijker werkt om foto's te maken van de opstelling. In de praktijk wordt de Sporing gemeten wanneer de wagen compleet is, met carrosserie en motor gemonteerd (zie voorbereidingen).

Met behulp van twee assteunen positioneren we de telescopische meter aan beide kanten tegen het midden van de voorkant van de velgen.



wielgeometrie opmeten



Bij de meeste VW-modellen zal het moeilijk zijn om het meetgereedschap exact in het midden van de velg te plaatsen, omdat de vooras in de weg zit. Een beetje uit het center meten is weliswaar niet zo erg. Indien de voorasonderdelen te veel in de weg zitten, kan je een verlengstukje maken zoals we tonen op foto 15.

Om de Sporing te meten voor-
aan bij een achterwielaangedreven wagen, raadt het VW werkplaatshandboek aan om de voorwielen, voordat de meting uitgevoerd wordt, aan de voor-

kant uit elkaar te trekken (foto 16) om de (toegelaten) speling van de fuseepennen of fuseekogels en stuurstangen op te heffen, om de meting nauwkeuriger te maken.



Meet nu de afstand tussen de velgen ter hoogte van het midden van de velg aan de voorkant van de velg. Markeer dit punt op de velg met een likje verf of tape. Duw de wagen vooruit, totdat het gemarkeerd punt op de velg 180° gedraaid is. Duw voor de zekerheid de velgen nogmaals uit elkaar aan de voorkant. Meet nu de afstand tussen de velgen aan de achterkant. Deze afstand zou groter moeten zijn dan de eerste meting tegen de voorkant van de velgen, wil je Toespoor (Toe-In) hebben. De waarde moet overeenkomen met de waarde in de tabel, plus of min de toegelaten afwijking.

Onze demo-Kever met fuseeko-gels is van 1971 en mag, volgens de tabel op pagina 42, een Toe-In hebben tussen de 1,8 mm en 5,4 mm. Indien de Toespoor niet binnen de toegelaten waarde zit, dan kan je zelf een tijdelijke afstelling uitvoeren, het afstellen van de Sporing (Toe) wordt in editie 29 uitgelegd.

Er worden door VW ook waarden gegeven met kracht uitgeoefend op het wiel, met een bepaald gewicht, deze meting hebben we niet uitgevoerd. Ook wordt de Sporing gemeten met gedraaide voorwielen (hoek van 20°), de Toespoor moet in deze toestand ook aan bepaalde waarden voldoen. We hebben voor de eenvoud alleen de voorwielen opgemeten in rechthoekstand zonder extra belasting/gewicht.



Bij een voorwielaangedreven wagen, bijvoorbeeld de VW Golf van 1974, begin je met de afstand van de wielen aan de achterkant van de velgen, deze afstand zou namelijk kleiner moeten zijn dan aan de voorkant. Dit type wagen zou Toe-Out (Uitspoor) moeten hebben zoals je uit de negatieve waarde in de tabel op pagina 42 kunt zien. Op foto 17 tonen we een dia uit de introductiecursus voor de Volkswagen Golf in 1973.



wielgeometrie opmeten

Casterhoek

Casterhoek (Askanteling, ook wel Fuseelangshelling of Naspoor genoemd, niet te verwarren met Sporing) is een instelling die alleen voor de voorwielen van toepassing is.

Om de Casterhoek te meten van de vooras moeten volgende voorwaarden voldaan worden:

- **chassis staat pas**
- **de wielen op de grond**
- **auto is helemaal leeg**
- **voorwielen in rechttuitstand**

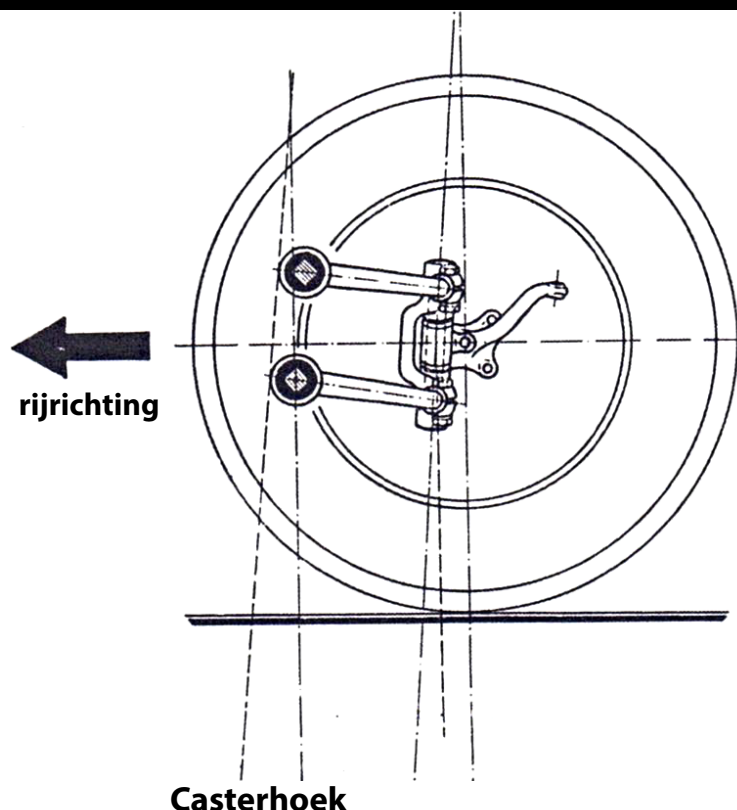
Onderaan tonen we de tabel met de waarden voor de Casterhoek voor onze klassieke VW's. Bij de voorassen met torsieveeren, is er voor het opmeten van de Casterhoek een verschil tussen fuseepennen en fuseekogels.



VOORWIELEN CASTER	Bouwjaren	Type vooras	Caster	Marge	afstellen
Type 11, 14, 15	1952-1957	fuseepennen	2°30'	+/-30'	vast
	1958-1960	fuseepennen	2°30'	+/-15'	vast
	1961-1965	fuseepennen	2°	+/-15'	vast
	1966-1969	fuseekogels	3°20'	1°	vast
	1970-1979	fuseekogels	2°	+/-35'	vast
	VW1302/1303	MacPherson	2°	+/-35'	vast
Type 2	1950-1962	fuseepennen	0°		vast
	1963-1967	fuseepennen	0°		vast
	1968-1979	fuseekogels	3°	+/-40'	vast
Type 3	1967-1970	voorhuiskanteling	11°50'		vast
Type 4	1971-1974	MacPherson	1°45'	+/-35'	vast
VW Golf/Jetta/Scirocco	1974-1984	MacPherson	1°50'	+/-30'	vast

Vooras met fuseepennen

De Casterhoek wordt bij een vooras met fuseepennen gegeven als de hoek van de voorasbuizen (huis waarin de torsieveren zitten). We tonen dit op de tekening rechts. Om dat te meten, plaats je de digitale waterpas tegen de voorasbuizen zoals getoond op de foto hieronder. Vergelijk de waarde met de voorgeschreven waarde.



We meten de Casterhoek van onze 1953 VW Kever, deze bedraagt aan de linkerkant 2° (zie foto 18 hieronder, we lezen 88° af op de waterpas, 90° min 88° is 2°). We doen hetzelfde aan de rechterkant, we meten $87,95^\circ$,

ofwel $2,05^\circ$. Volgens de tabel op de vorige pagina, moet de Casterhoek $2^\circ 30'$ zijn met een marge van $30'$. Onze 1953 Kever heeft een Casterhoek van 2° , net binnen de toegelaten waarde.

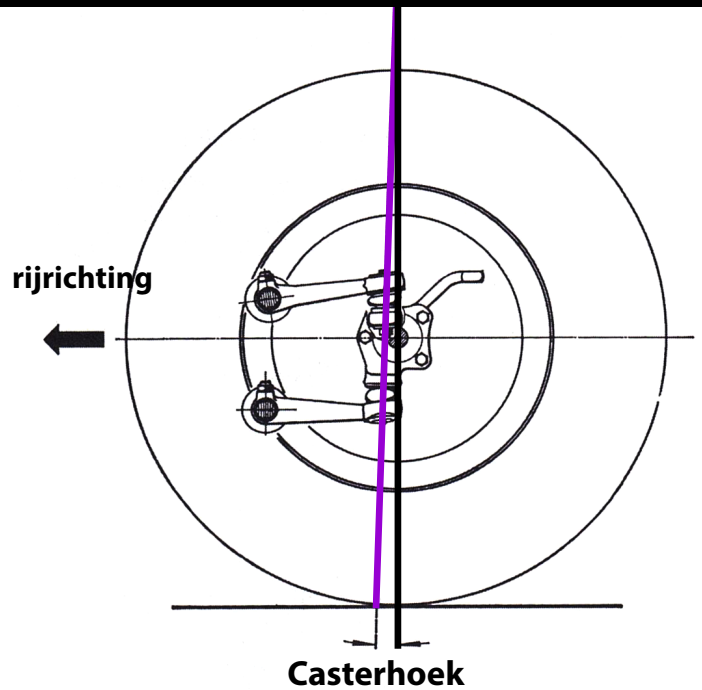
18



wielgeometrie opmeten

Vooras met fuseekogels

Bij fuseekogels wordt Casterhoek gegeven als de hoek waar rond het wiel draait. Dat is de combinatie van de voorasbuisenkanteling en de kanteling van de fusee zelf (zie tekening rechts). Dat is wat lastiger om te meten. We doen dat met de digitale waterpas, tegen de fuseekogels (foto 19). De tekening rechts zou wat moeten helpen om te begrijpen wat je exact moet meten. We meten een Casterhoek van $82,30^\circ$, ofwel $7,70^\circ$ (zie foto hieronder), bij onze Karmann Ghia van 1969. Omgerekend naar graden en minuten is dit $7^\circ 42'$. De tabel op pagina 47 zegt dat voor de Type

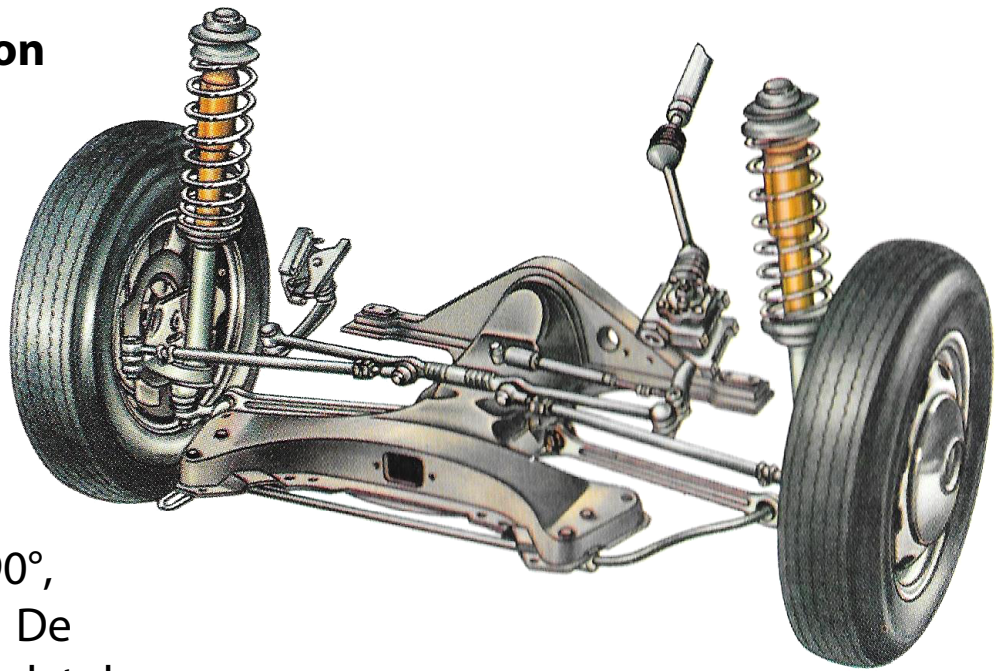


14 van 1966 t/m 1969 de Casterhoek 3° en $20'$ mag zijn, met een toegelaten marge van 1° . Het besluit is dat bij deze Ghia de Casterhoek veel te groot is. Let op, de afstelling van de torsiestaven achteraan hebben een invloed op de Casterhoek vooraan! Werk aan de winkel dus!



Vooras met MacPherson

De Casterhoek van de MacPherson veerpoot wordt gegeven als de hoek van de veerpoot. Dat kan je meten door de waterpas tegen de onderkant van de veerpoot te houden. We meten $87,90^\circ$, ofwel $2,10^\circ$ Casterhoek. De tabel op pagina 47 zegt dat de Casterhoek 2° moet zijn, met een marge van $35'$. De gemeten waarde (foto 20) ligt dus binnen de toegelaten waarde.



Vergeet niet de omrekening te doen tussen graden/minuten en decimaal graden indien nodig (zie pagina 33).



wielgeometrie opmeten

Conclusie

De Casterhoek is bij geen enkele klassieke VW af te stellen. Het wordt bepaald door de onderdelen zelf en hun montage. Indien de meting erg afwijkt van de waarde in de tabel, dan zijn ze waarschijnlijk vervormd of beschadigd en is vervanging de enige oplossing, helaas. Uiteraard zouden we allemaal graag de professionele toestellen hebben die Volkswagen in zijn cursussen liet zien (foto 21), maar die waren erg kostbaar en voorbehouden voor de officiële

VW verdelers helaas. Hieronder tonen we een foto uit de VW cursus van begin jaren zeventig. Deze reeks artikels over de wielgeometrie heeft als bedoeling om de liefhebber bewust te maken over het belang van het correct afstellen van het chassis tijdens een restauratie maar ook om de waarden na te kijken na aankoop. In de volgende editie zullen we de achteras bespreken, en in editie 29 zullen we uitleggen hoe de afstelling gebeurt van zowel de vooras als de achteras.





www.Paruzzi.com

BE-79-64

XV-3

591827