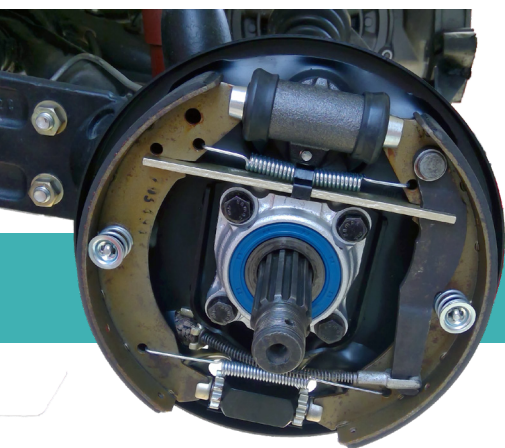


24



#70- Remmen: achterremmen monteren

pagina 02



#71- Elektrisch: kabeldiameter bepalen

pagina 26



#72- Techniek: metrische bouten

pagina 42



Introductie

In [editie 23](#) hebben we de achterremmen van onze VW 1303 gedemonteerd. Alle klassieke Volkswagens werden uitgevoerd met trommelremmen achteraan, de procedure voor andere modellen is vrij gelijkaardig. Indien je de vorige editie gebruikt hebt om de achterremmen van je VW te vervangen, dan zou je ongeveer moeten zien wat er op foto 1 getoond wordt.

Wij zijn iets verder gegaan en hebben de remankerplaat ook vervangen. Deze van onze VW 1303 waren in slechte toestand, veel corrosie en beschadigde inspectiegaten doordat er gebruikgemaakt werd van een banale schroevendraaier voor de afstelling (zie [editie 23 pagina 23](#)).



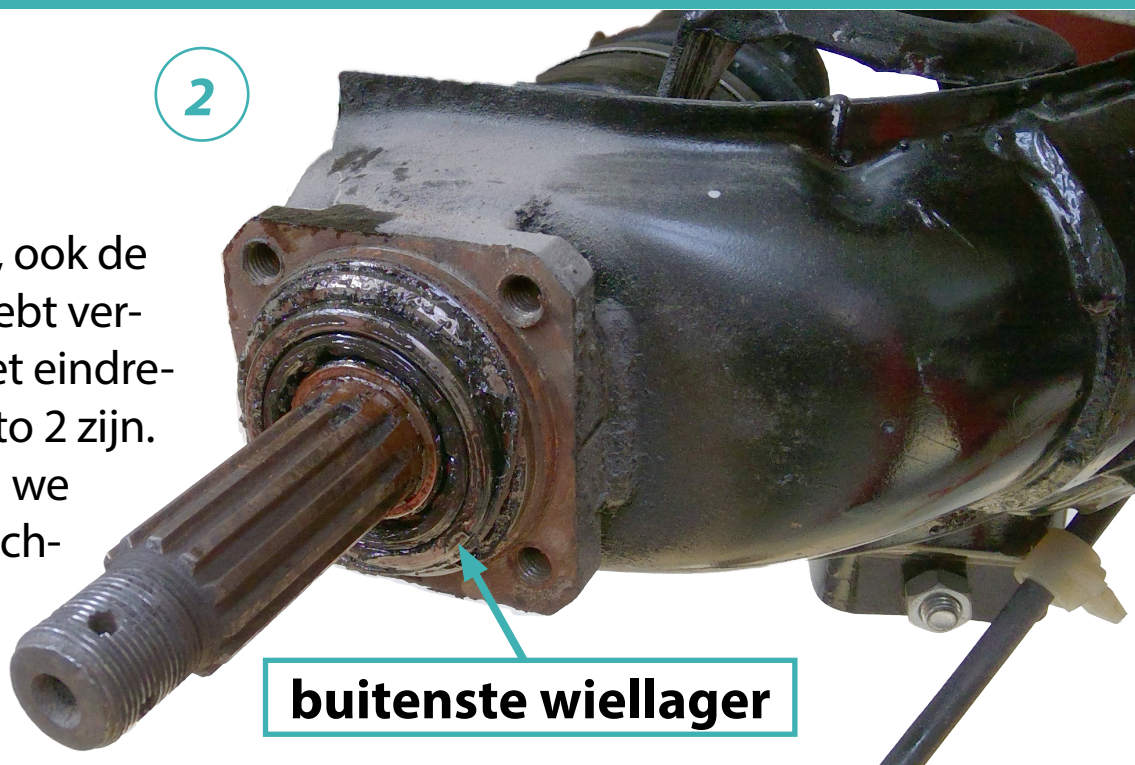
achterremmen monteren

2

Indien je, zoals wij, ook de remankerplaten hebt verwijderd, dan zal het eindresultaat zoals op foto 2 zijn.

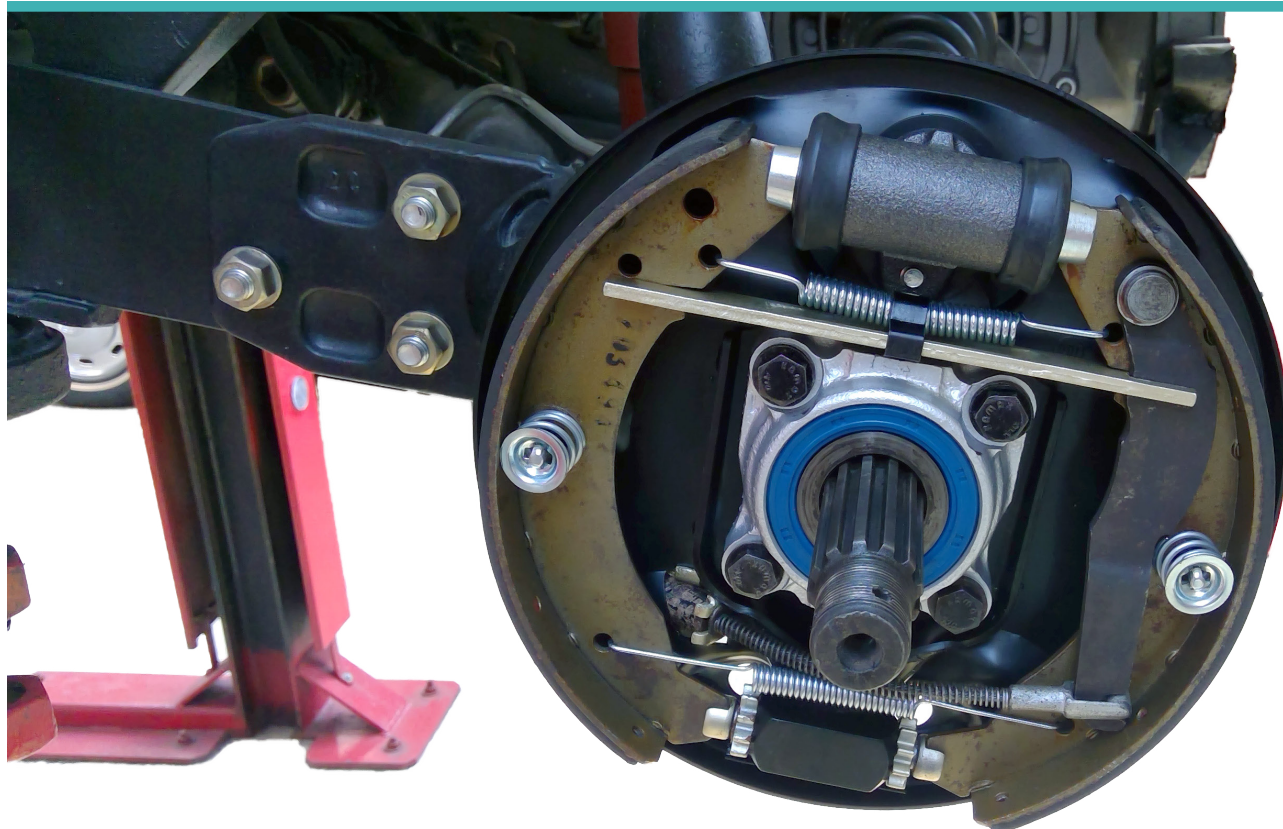
In dit artikel zullen we tonen hoe je alle achterremonderdelen monteert. Op foto 3 tonen we het eindresultaat.

We zullen in de volgende editie tonen hoe je de achterwiellagers moet vervangen.

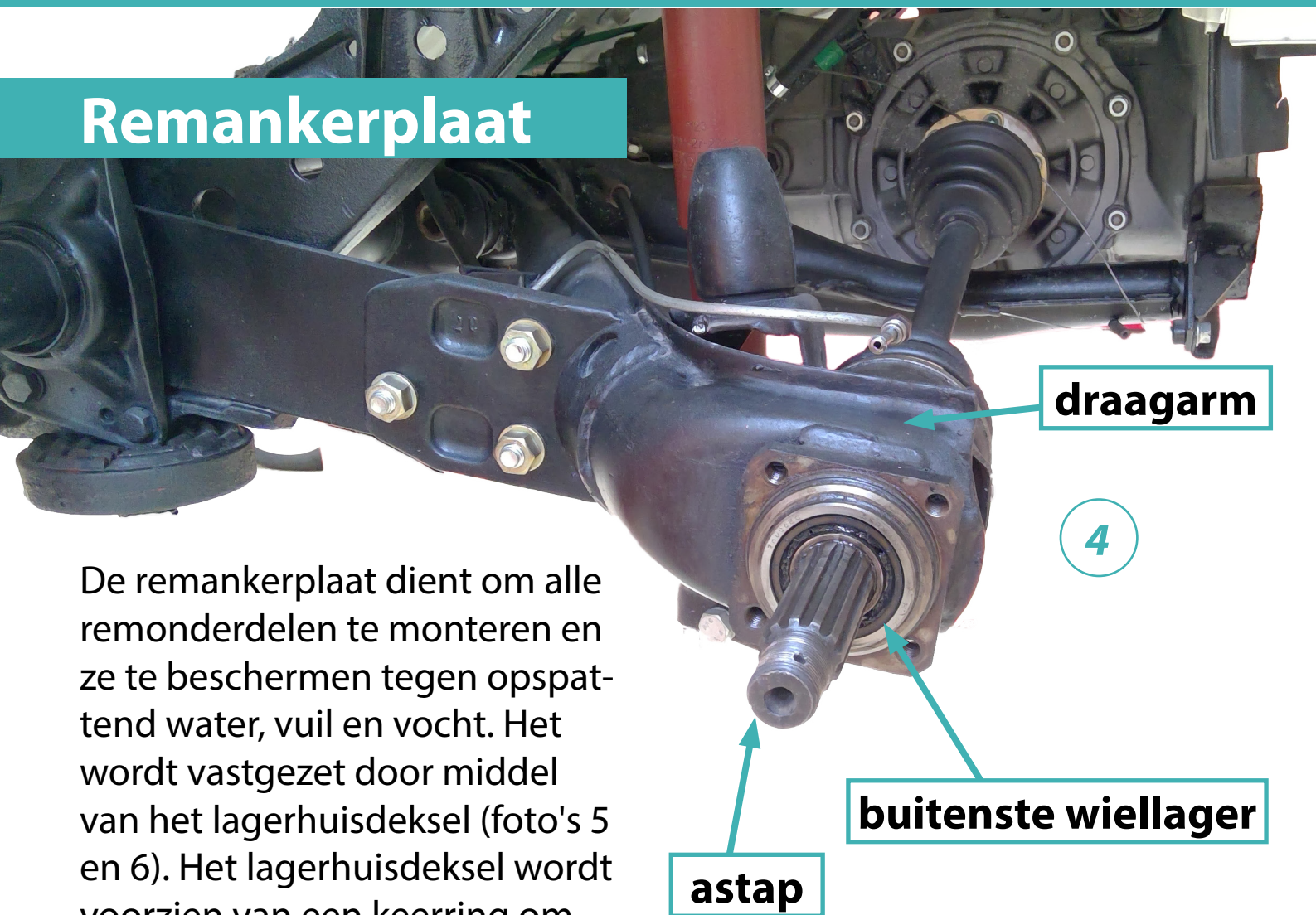


buitenste wiellager

3



Remankerplaat



De remankerplaat dient om alle remonderdelen te monteren en ze te beschermen tegen opspattend water, vuil en vocht. Het wordt vastgezet door middel van het lagerhuisdeksel (foto's 5 en 6). Het lagerhuisdeksel wordt voorzien van een keerring om het vet van de buitenste wiel-lager binnen te houden (bij een IRS transmissie, bij de steekas is het de versnellingsbakolie die moet tegengehouden worden).

We vervangen de achterwiellager niet in deze editie, dat doen we in editie 25. De wiellagers van onze VW 1303 vertoonden geen tekenen van slijtage of beschadiging, even schoonma-

Op foto 4 is de ankerplaat nog niet gemonteerd, dan doen we pas op pagina 8.

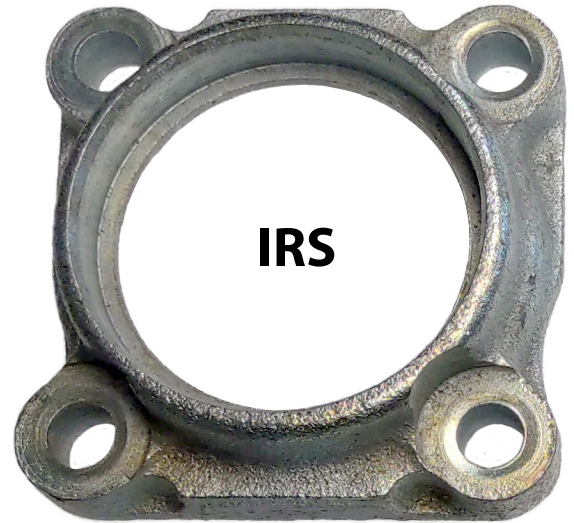
ken met een pluivrije doek en de wiellager opnieuw voorzien van nieuw wiellagervet was voldoende.

De foto hierboven toont het vertrekpunt voor dit artikel, de draagarm met astap en een schone buitenste wiellager.

achterremmen monteren

Het lagerhuisdeksel hoef je niet echt los te maken indien de wiel-lagers goed zijn, en indien je geen sporen van transmissieolie (bij een steekas) ziet of sporen van lagervet (bij een IRS). Maar het is geen slecht idee om het deksel los te maken indien je een klassieke Volkswagen voor je hebt waarvan je de onder-houdshistoriek niet kent. Bij de steekas worden de wiellagers gesmeerd door de versnellingsbakolie, indien de oliekeerring lekt, kan dat vernietigende gevolgen hebben voor je remonderdelen. Bij de IRS is dat iets minder omdat het gaat om dik wiellagervet dat niet zo snel zal verspreiden.

5



IRS

6



steekas

olieafvoer

7

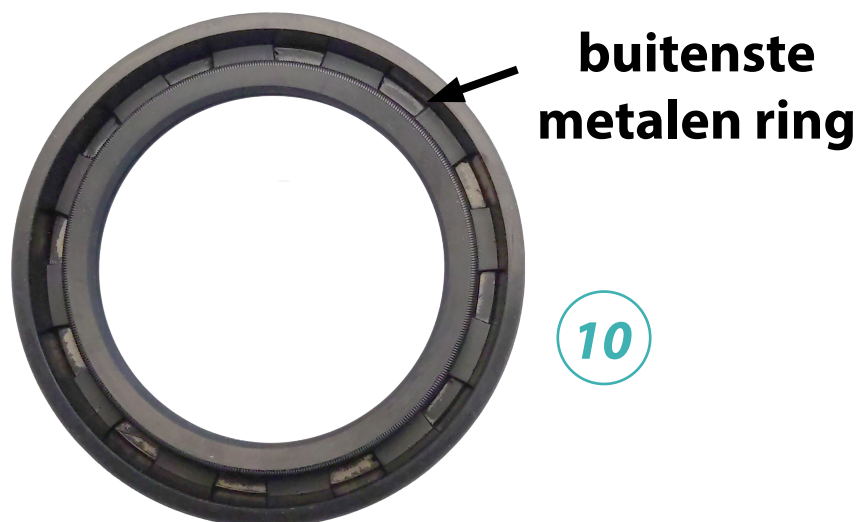
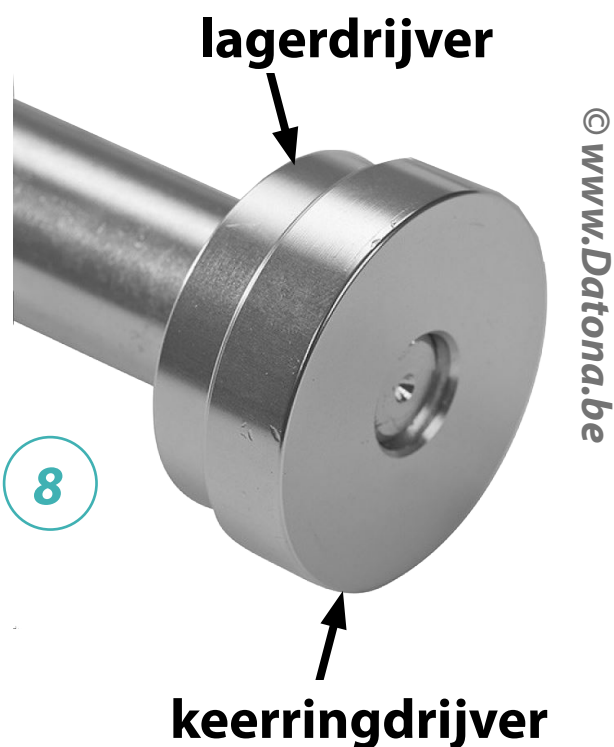


Voor IRS achterwiellagers raden wij dit universeel vet aan (foto 7). Bij steekassen, voor achterassen die zich op een standaard hoogte bevinden, worden de wiellagers gesmeerd door de versnellingsbakolie die door de holle steekasbuis naar beneden vloeit. Indien de wagen met steekas verlaagd is, worden gesloten lagers voorzien van vet aangeraden.

Maak het lagerhuisdeksel schoon voor montage, wij voorzien onze VW 1303 met een nieuw exemplaar daar het oude deksel in slechte staat was. Eenmaal schoongemaakt, voorzien we het lagerhuisdeksel van een nieuwe vetkeerring.

In [editie 21](#) hebben we al getoond hoe je een vetkeerring kunt monteren. Je kunt gebruikmaken van een passende dop of een keerringdrijver (foto 8 en 9). De keerringdrijver die we gebruikten voor onze VW Kever is 59 mm à 60 mm in diameter.

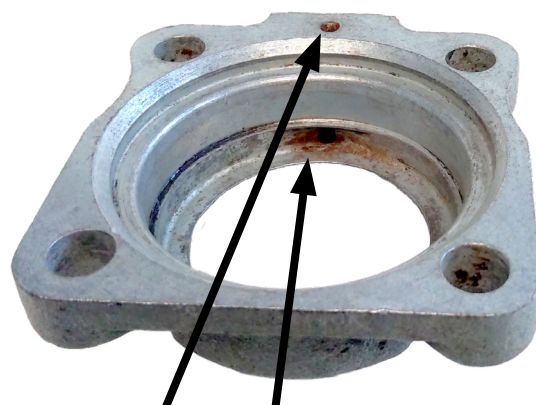
Vetkeerringen bestaan in diverse vormen en kleuren. Deze voor de buitenste lager van het achterwiel was op het moment van schrijven van dit artikel zwart in de webwinkel (foto 10), deze die we op voorraad hadden in de werkplaats was blauw (pagina 8). De kleur heeft verder geen enkele technische betekenis. Belangrijk is dat de lip aan de kant van de olie/vet wordt gemonteerd en dat je alleen tegen de buitenste metalen ring aandruwt (niet tegen binnenste ring of de lip).



achterremmen monteren

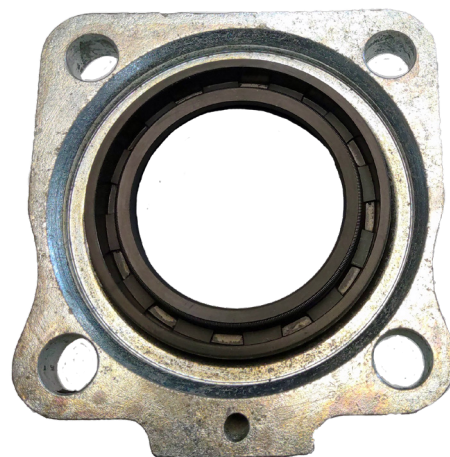
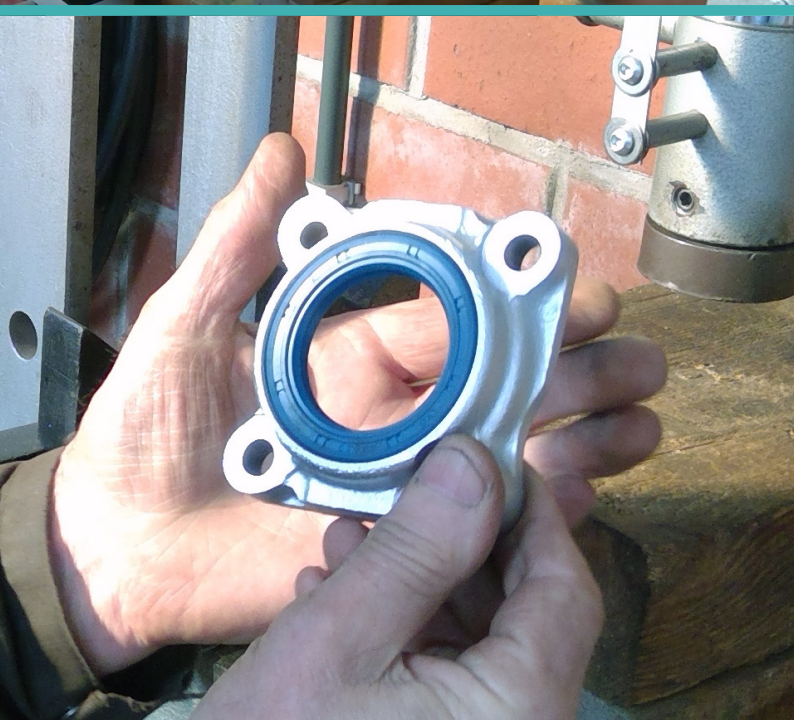


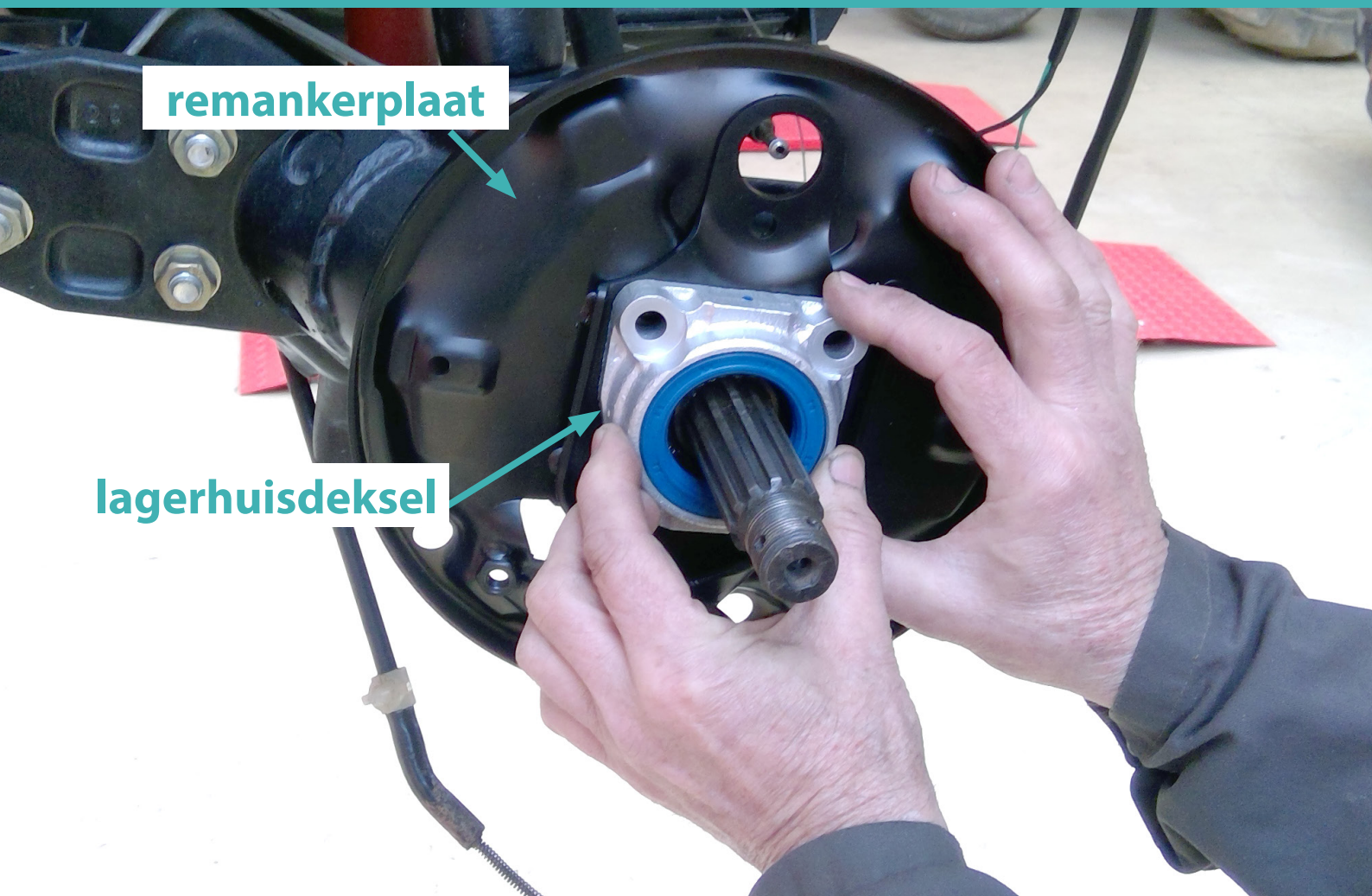
Wij gebruiken een hydraulische pers omdat we deze voorhanden hebben, ideaal voor deze toepassing. Bij elke techniek is het belangrijk dat de keerring er recht in wordt geduwd. Kijk dus erg goed na tijdens het induwen dat de keerring er aan alle kanten gelijkmatig inschuift.



olieafvoer

Bij de IRS wordt de keerring aan de buitenkant geplaatst (foto links), lip naar binnen. Bij de steekas wordt de keerring aan de binnenkant gemonteerd (foto hieronder), ook met lip naar binnen.





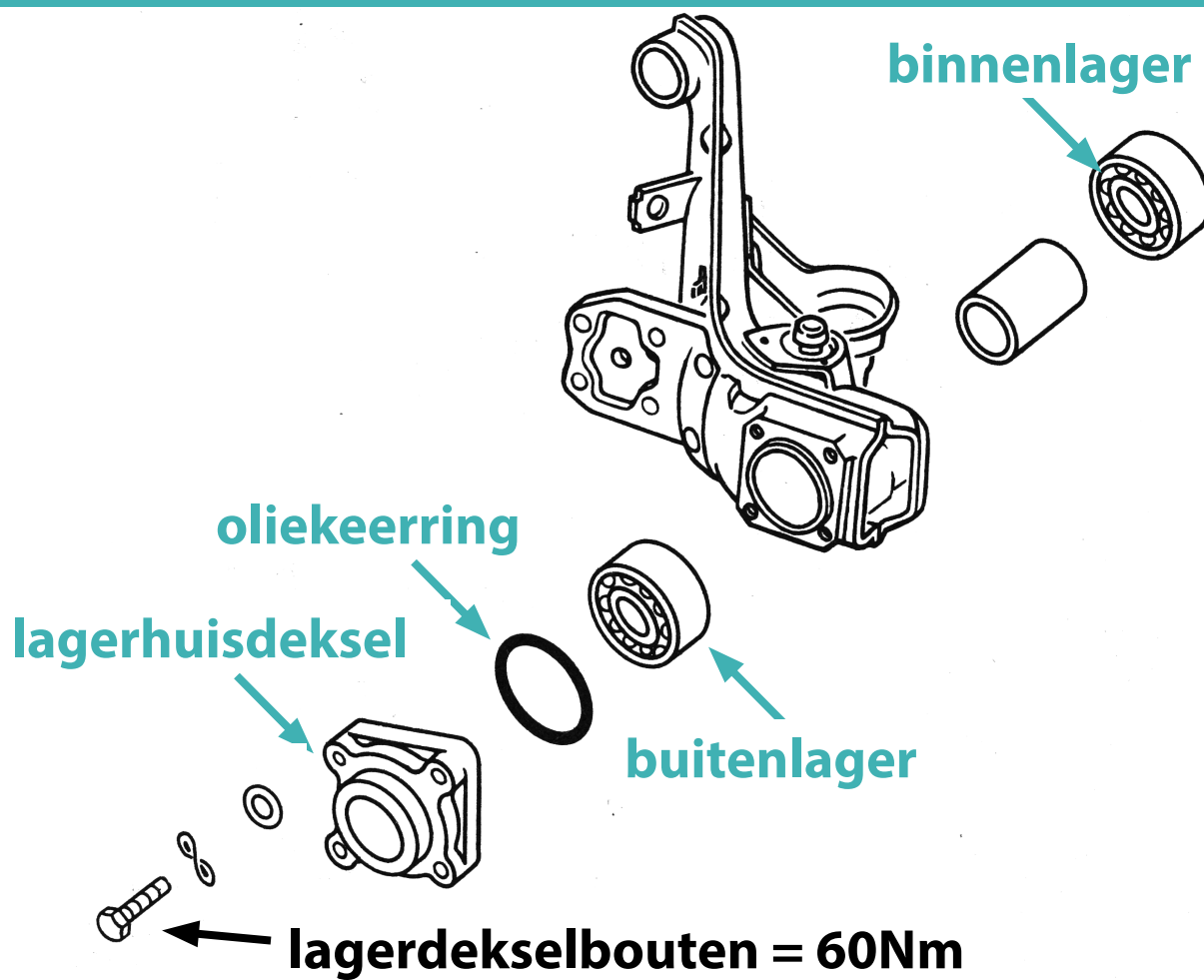
Monteer de ankerplaat, zorg ervoor dat het vlak waarop de ankerplaat wordt bevestigd schoon is, vlak en vrij van roest.

Let op! Bij het lagerhuisdeksel van een model met steekassen. Het drainagegat moet naar de onderkant worden gericht (zie foto's pagina 7). Dit gat zorgt ervoor dat de versnellingsbakolie kan afgevoerd worden zonder de remonderdelen te vervuilen, indien de oliekeerring lekt.

Het lagerhuisdeksel kan gemonteerd worden (foto hierboven) door middel van vier bouten met telkens een onderlegging en een veerring. De bouten worden vastgezet met 6 mkg ofwel 60 Nm door gebruik te maken van een momentsleutel. We tonen op de schets op de volgende pagina de onderdelen.

We zijn nu klaar om de remonderdelen te monteren.

achterremmen monteren



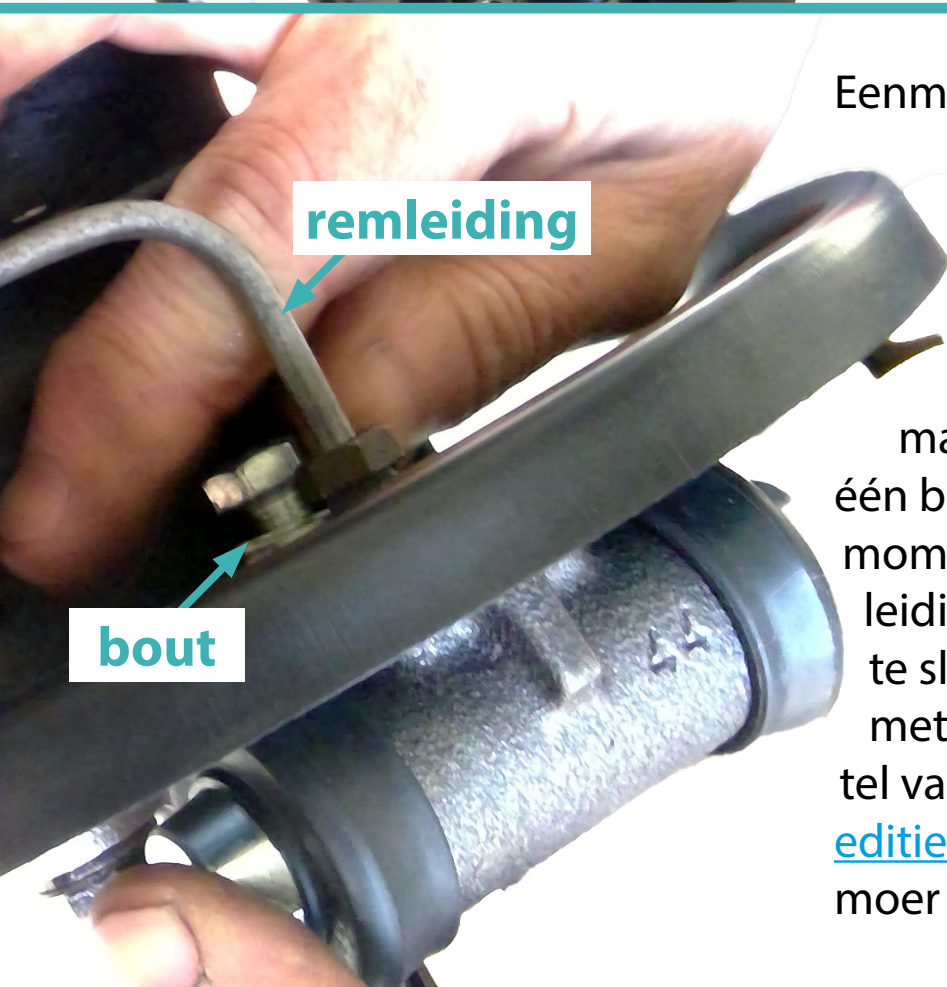
Remonderdelen monteren

Wielremcilinder

Het monteren van de remdelen loopt vrij gelijkaardig aan deze van de voorremmen. We hebben de voorremmen besproken in [editie 22](#). We beginnen met het monteren van de wielremcilinder. In editie 22 hebben we getoond hoe je een wielremcilinder voor de voorremmen moet klaarmaken voor montage. Dat is niet anders bij de achterremmen. De wielremcilinders moeten worden behandeld tegen corrosie. Lees [editie 22 vanaf pagina 39](#) om te leren hoe je de remcilinders moet voorbereiden voor montage.



achterremmen monteren

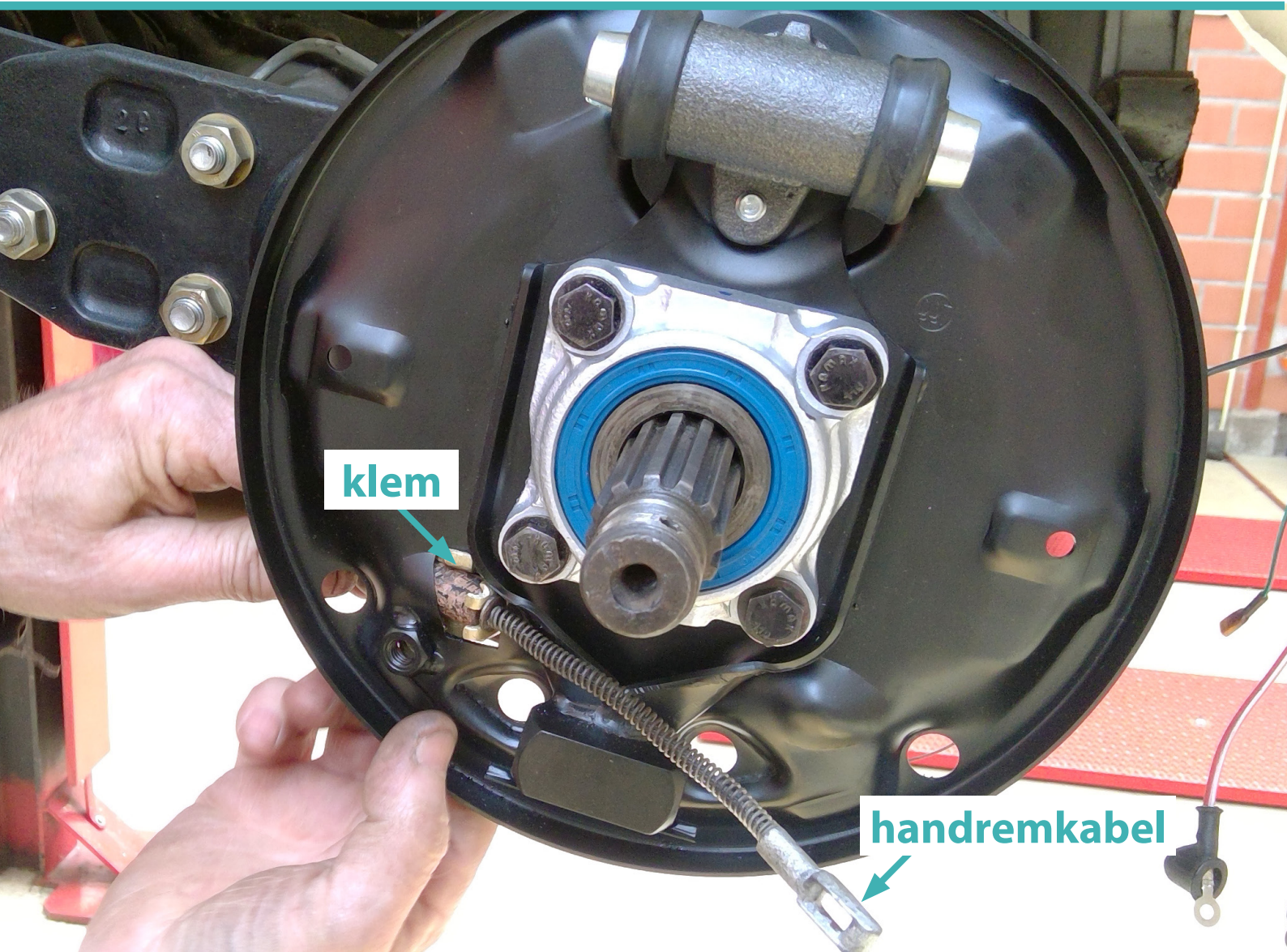


Eenmaal de wielremcilinder behandeld werd met de speciale pasta, kan het worden gemonteerd op de remankerplaat. Het wordt bij dit VW model vastgemaakt aan de achterkant met één bout. Het is ook een goed moment om de metalen aanvoerleiding voor de remvloeistof aan te sluiten. Vastzetten doe je best met een deels gesloten sleutel van 11 mm zoals getoond in [editie 23 op pagina 28](#), dit om de moer niet te beschadigen.

Handremkabel

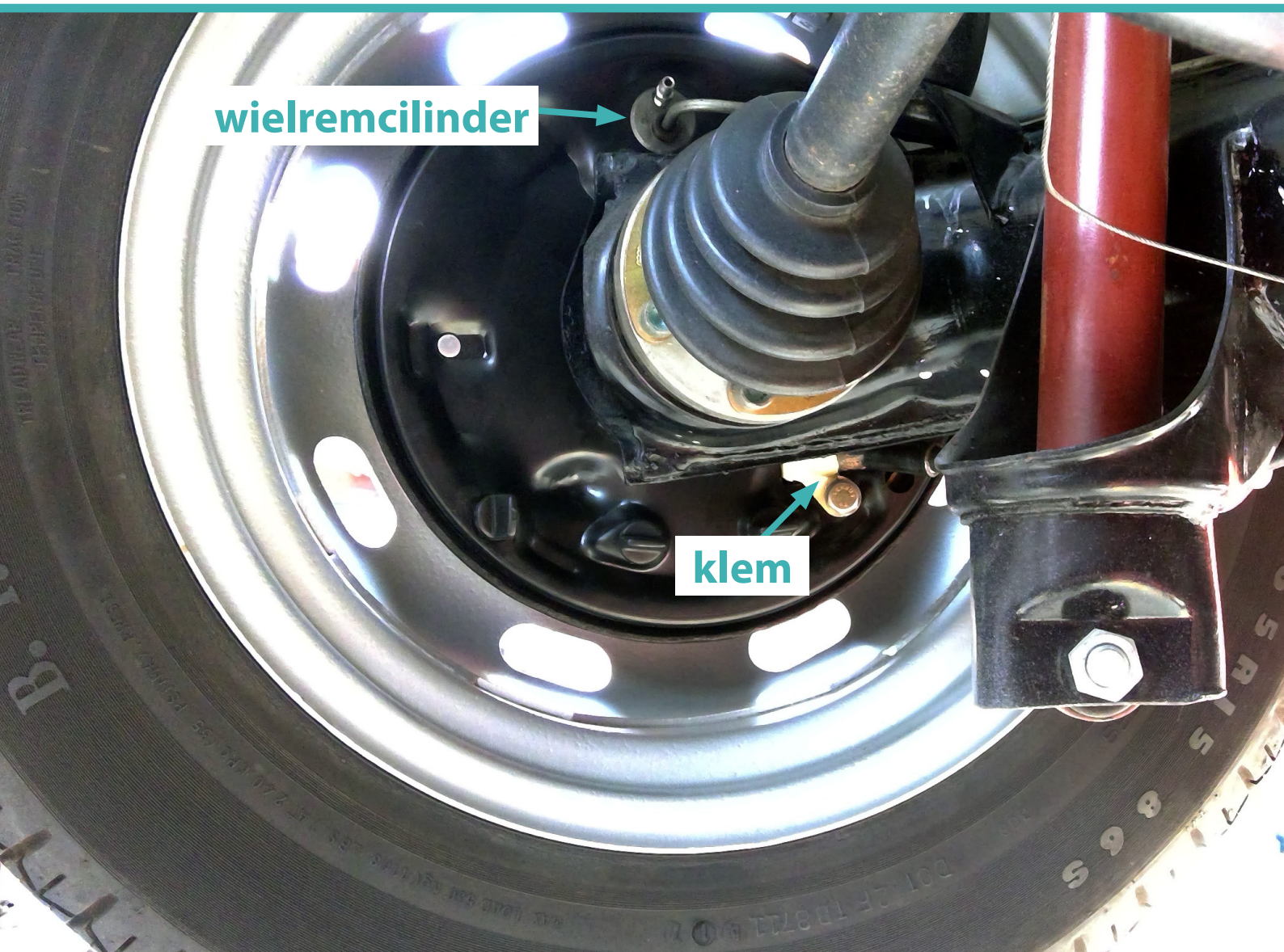
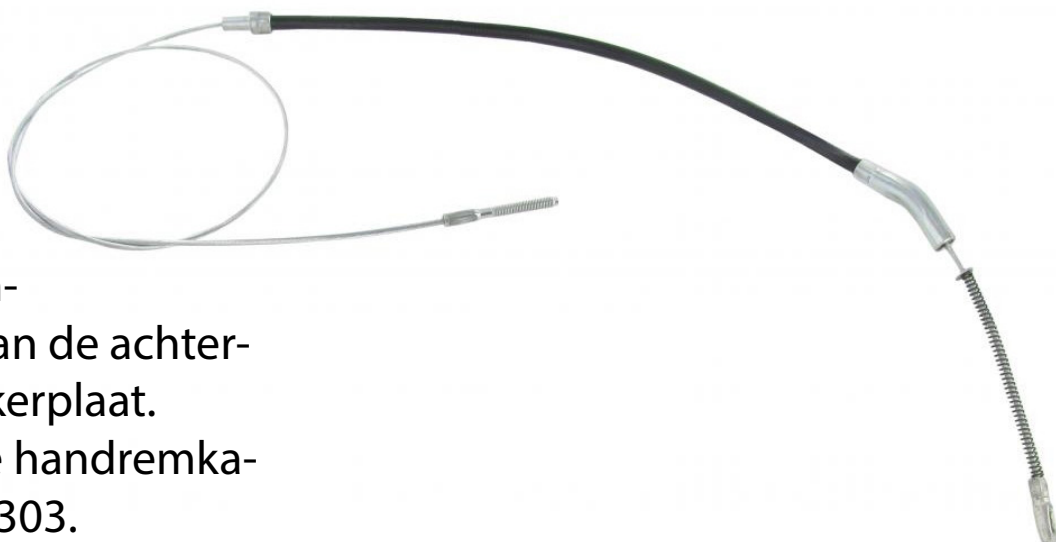
Dit deel van de montage is anders dan bij de voorremmen. De handremhendel tussen de twee voorstoelen bedient een kabel die op de remankerplaat wordt vastgemaakt. De bevestiging ervan is anders voor elk model, maar het principe blijft hetzelfde.

De handremkabel wordt doorheen de remankerplaat geschoven en mits een speciale klem bevestigd (foto's hieronder).



achterremmen monteren

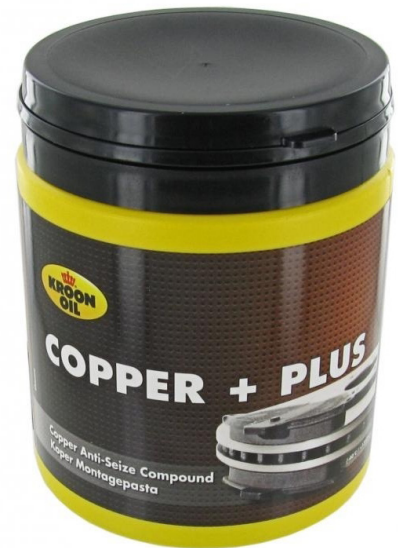
Op de foto hieronder zijn de handremkabel met klem en de wielremcilinder zichtbaar aan de achterkant van de remankerplaat. Rechts is de nieuwe handremkabel voor onze VW 1303.



Stelbouten

Het monteren van de stelbouten van de achterremmen is gelijkwaardig aan de voorremmen. Wij hebben dit uitvoerig besproken in [editie 22](#). Gebruik kopervet met voorzichtigheid (foto 11, echt niet veel om de remschoenen niet te vervuilen) op de be-

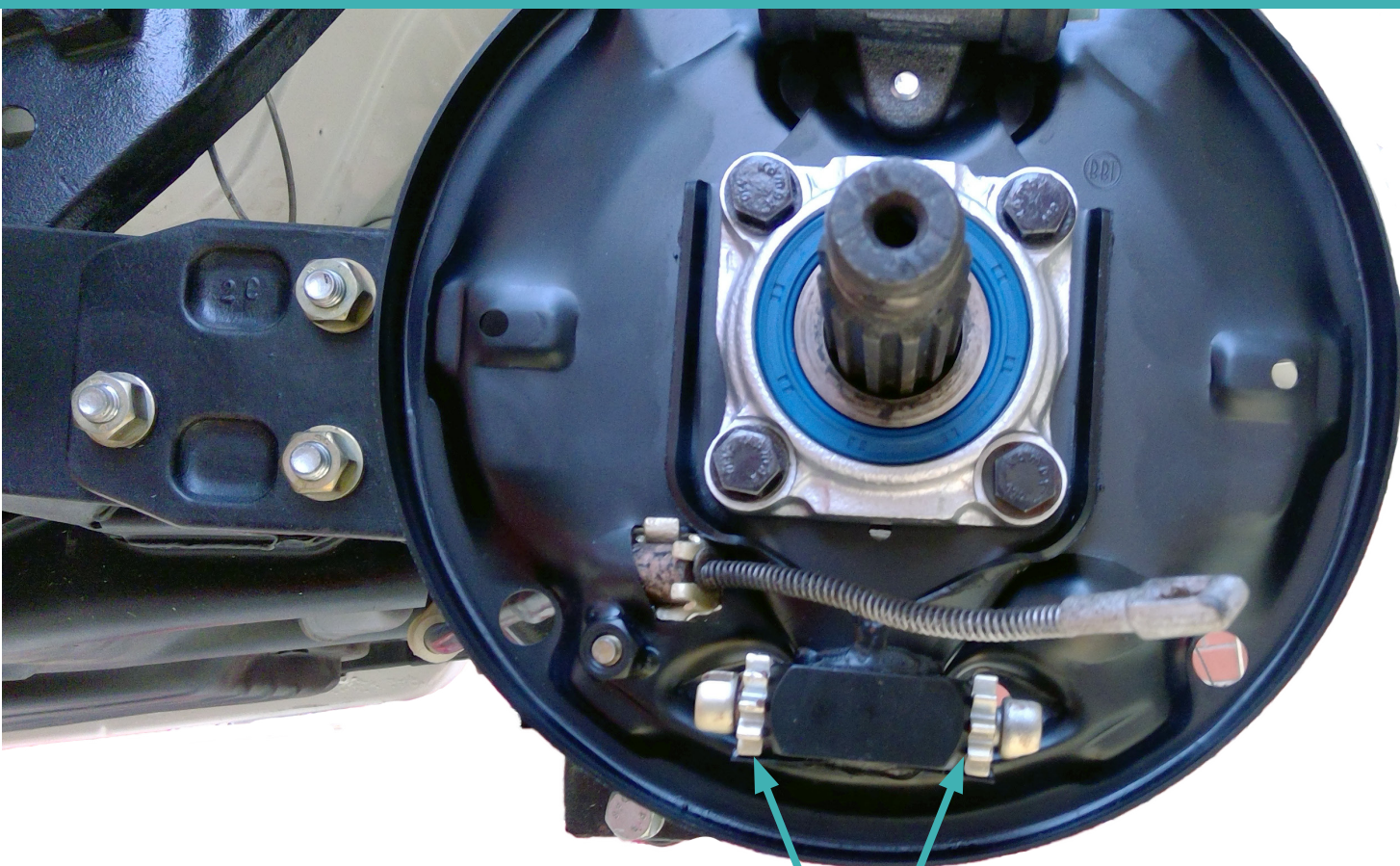
11



wegende delen om piepen en vastlopen te vermijden door corrosie. De remschoenen bevatten metaaldeeltjes die vrijkomen tijdens het remmen en zich zullen vastzetten op de remonderdelen. Het kopervet zal de stelbouten beschermen tegen corrosie.

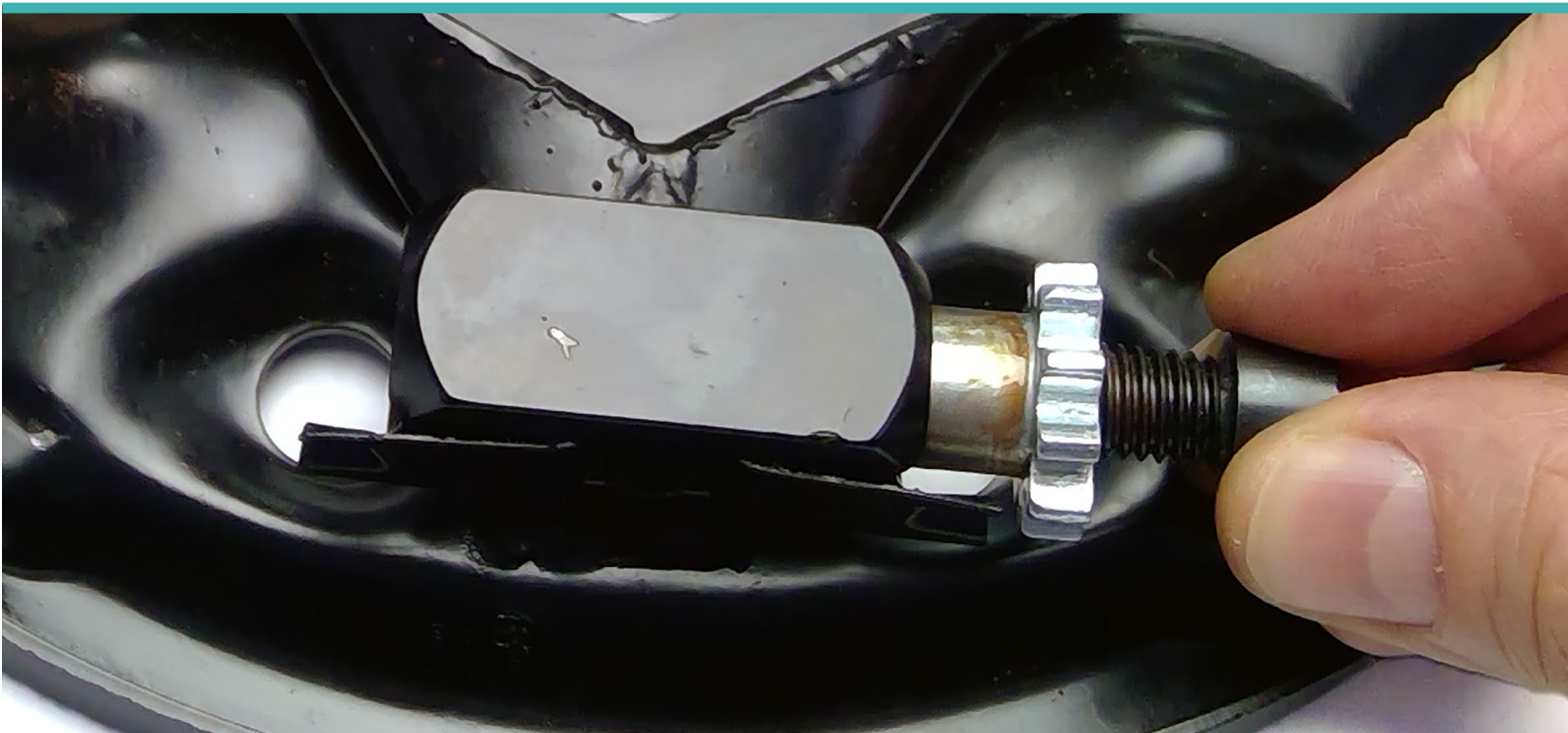


achterremmen monteren



Raadpleeg [editie 22](#) voor gedetailleerde uitleg over de montage van de stelbouten.

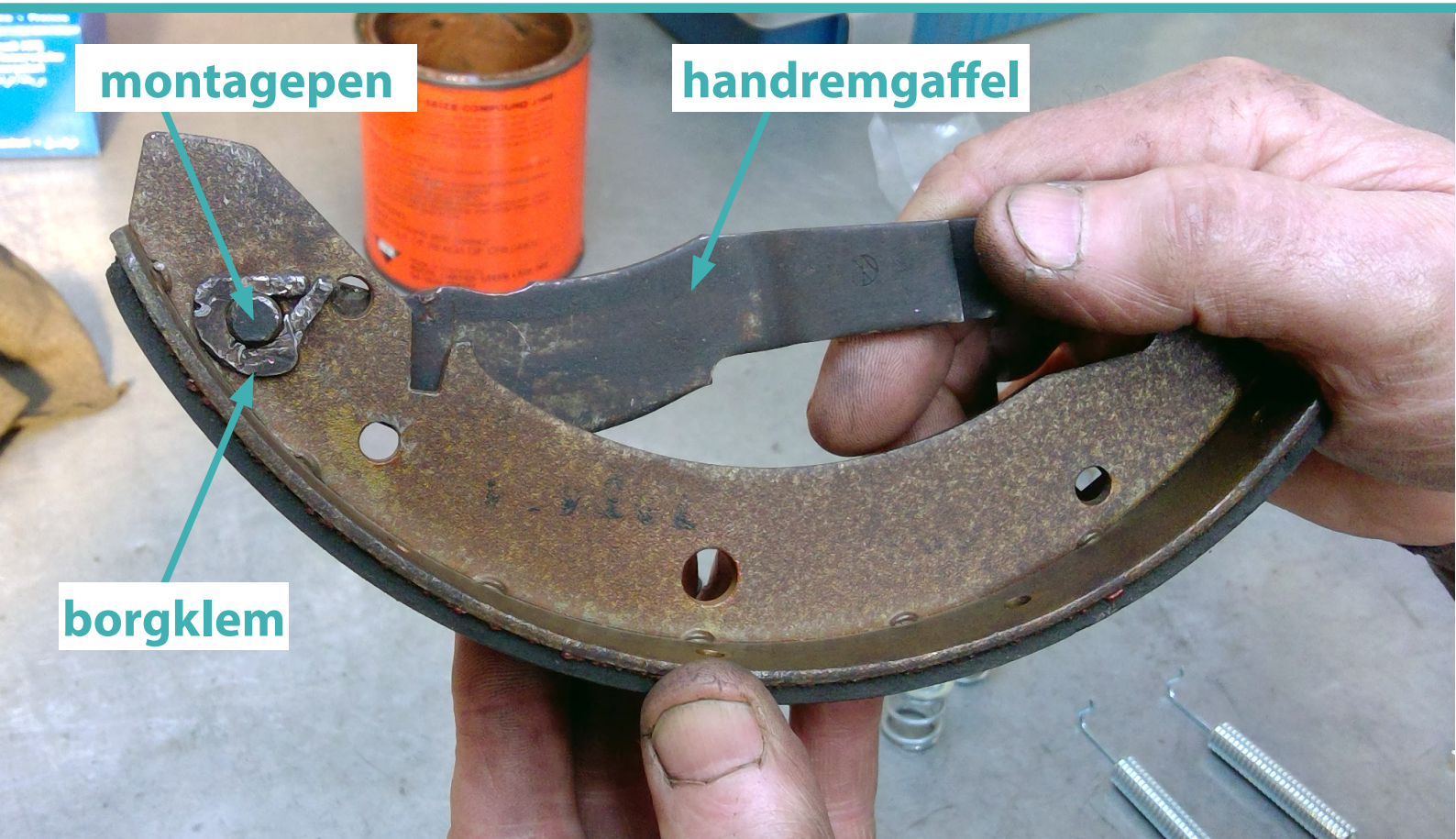
stelbouten



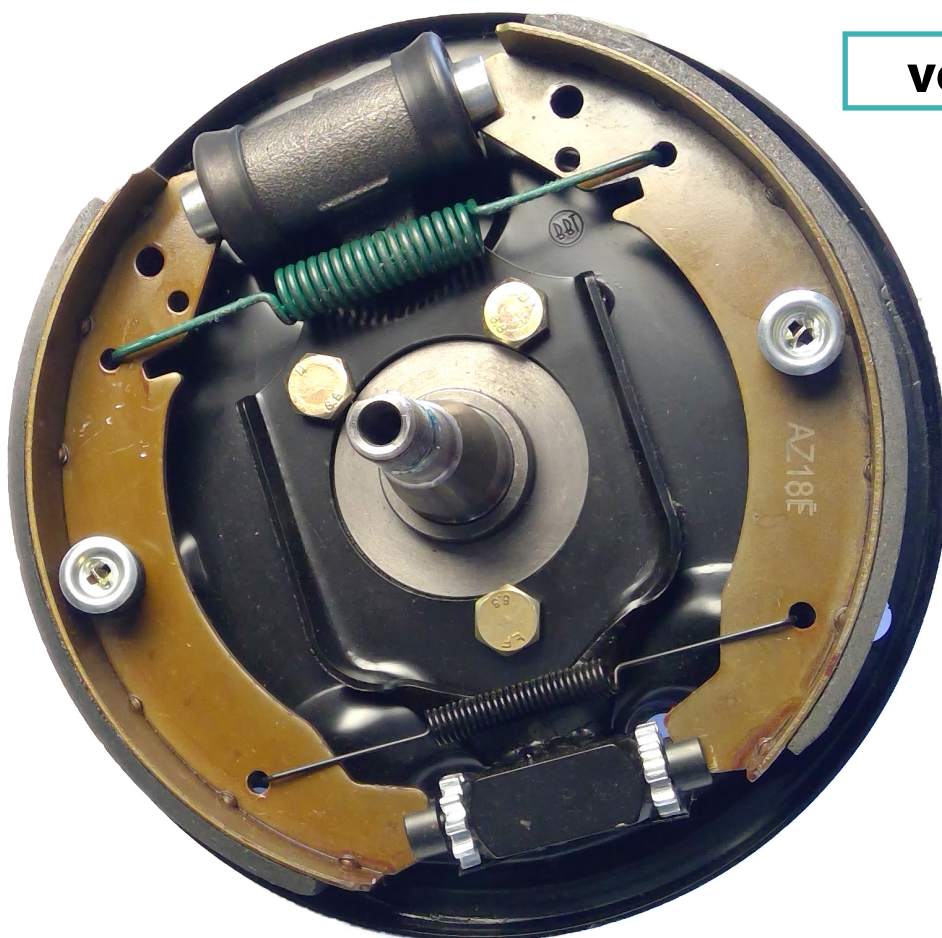
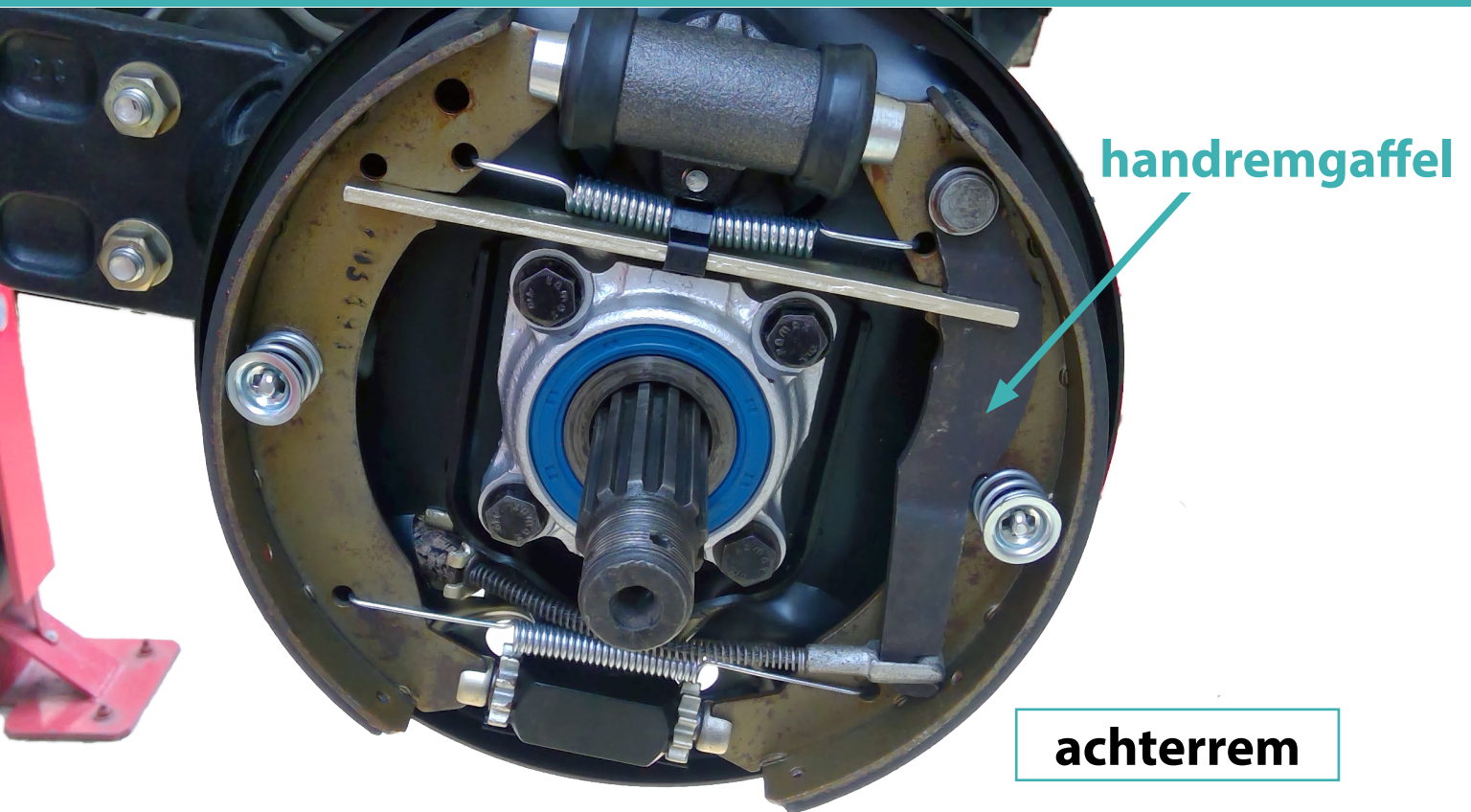
Remschoenen

Vanaf nu is de montage van de achterremdelen anders dan voor de voorremmen, en dat komt door de handrem. De handrem wordt bediend door de handremkabel (zie pagina 12), deze kabel bedient op zijn beurt de handremgaffel. We tonen op de volgende pagina opnieuw het beoogde eindresultaat alsook een foto van de voorrem ter vergelijking. Het verschil tussen voor en achter zijn de handremkabel, de gaffel en de drukstang.

Op de foto hieronder zie je een remschoen die wij uit onze VW 1303 haalden. De borgklem werd duidelijk verprutst in het verleden. Wij gebruiken een nieuwe montagepin met borgklem om de handremgaffel op de remschoen te bevestigen. Dit zijn erg goedkope onderdelen, het loont echt niet de moeite om op deze onderdelen te besparen.



achterremmen monteren



Gebruik opnieuw een beetje kopervet op de as van de montagepin, en duw deze door de handremgaffel en door de remschoen. Gebruik een nieuwe borgklem, borg de klem door middel van bijvoorbeeld een grijptang. Controleer of de handremgaffel vrij kan bewegen, zonder weerstand en zonder kraken of piepen.

montagepen



borgklem

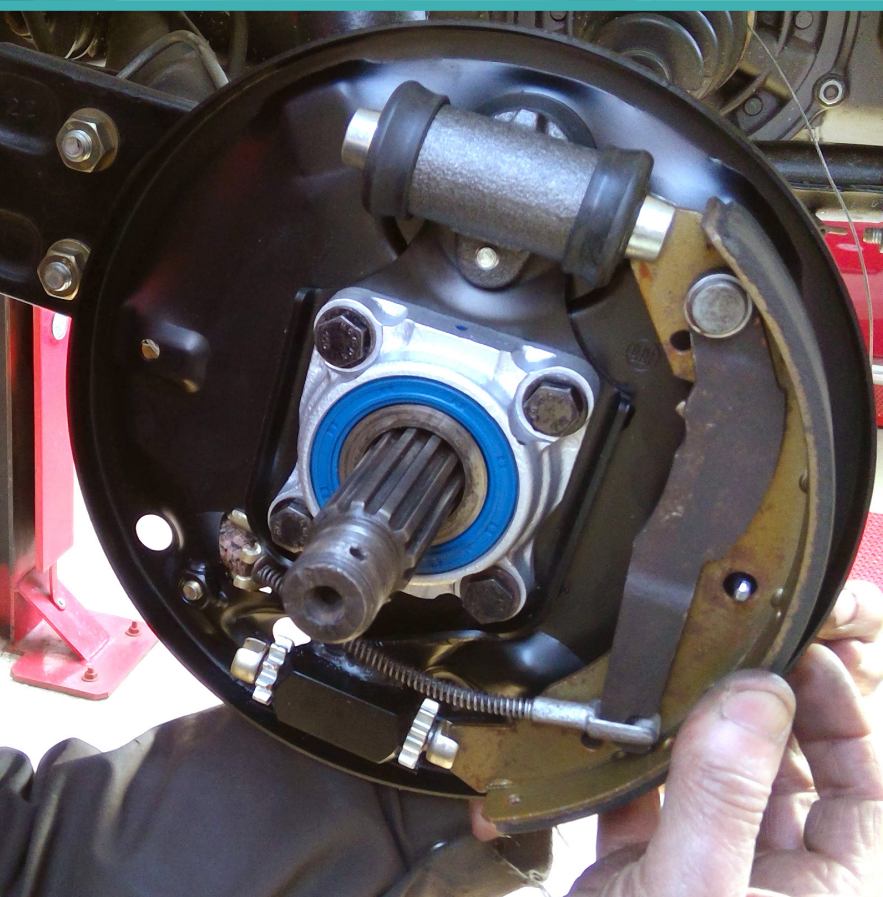
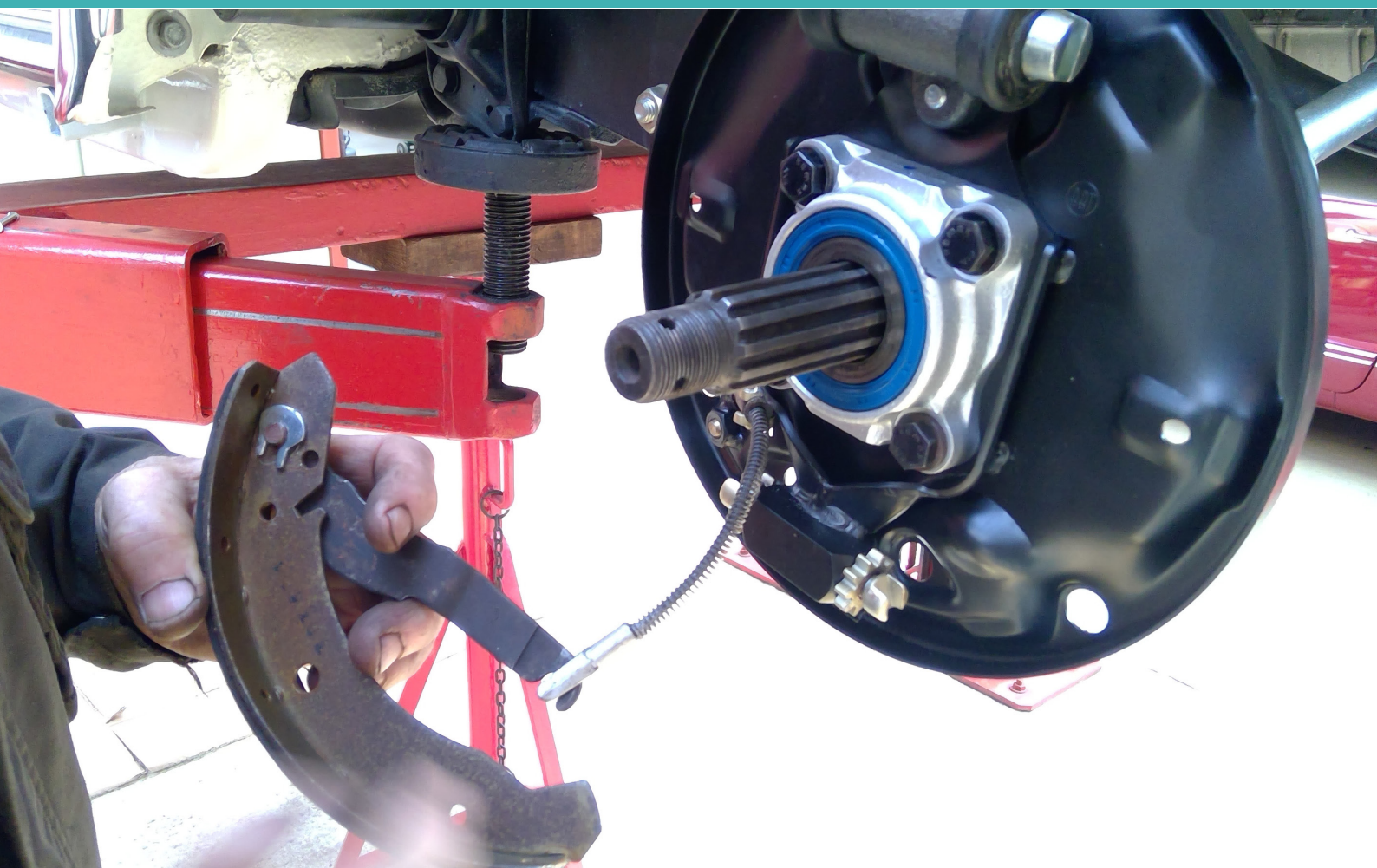


handremgaffel

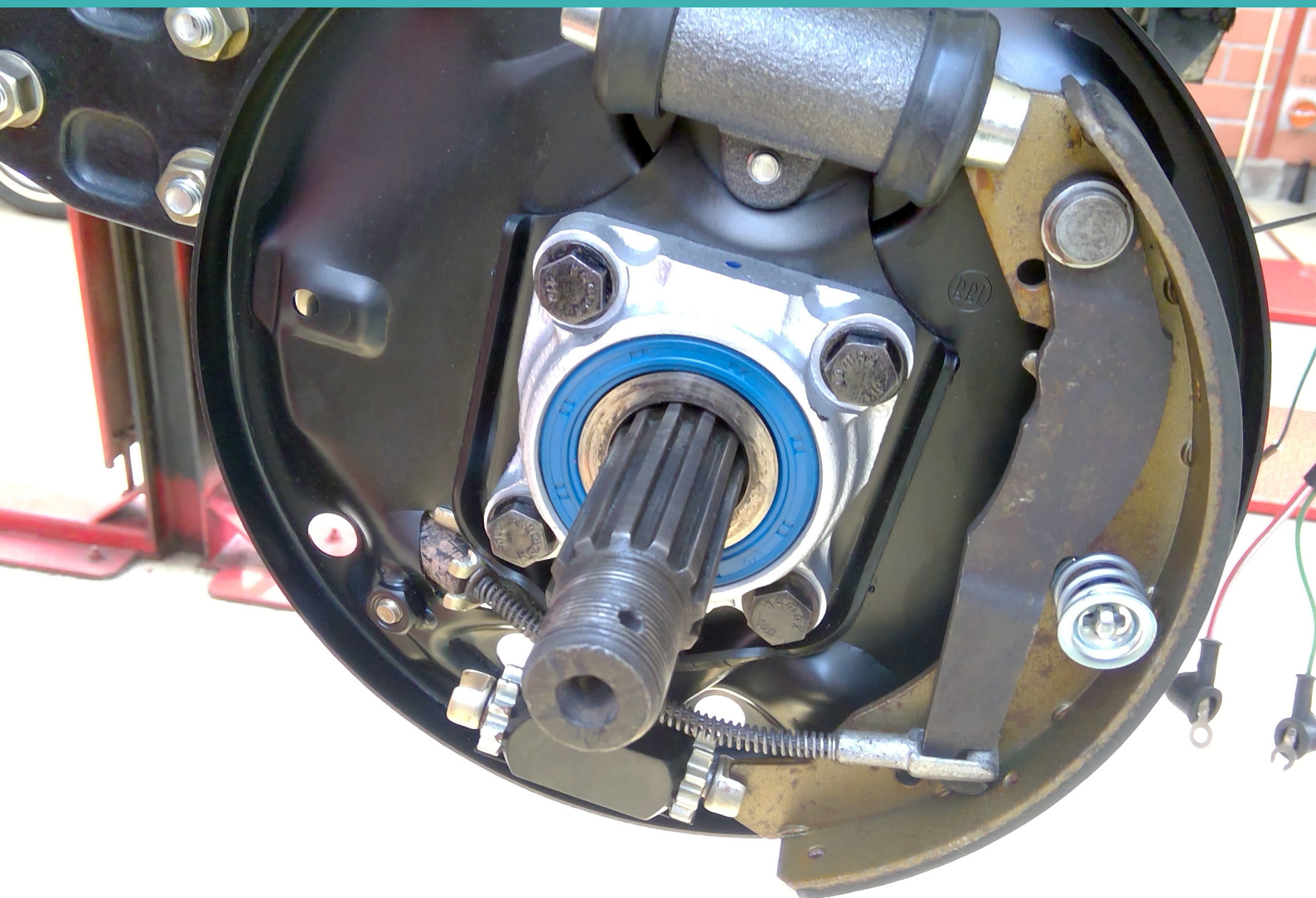
Houd het oppervlak van de remschoen die tegen de remtrommel aandrukt (de remvoering) vrij van vet of olie. Eenmaal gecontamineerd met vet verliest de remvoering zijn functie als frictiemateriaal.



achterremmen monteren



Bevestig de handremkabel aan de handremgaffel zoals op de foto hierboven. Plaats daarna de remschoen op de ankerplaat (foto links). Let goed op de correcte montage van de remschoenen (elke kant heeft een verschillende hoek) en de stelbouten. In [editie 22 op pagina 45](#) kan je de uitleg hierover raadplegen.



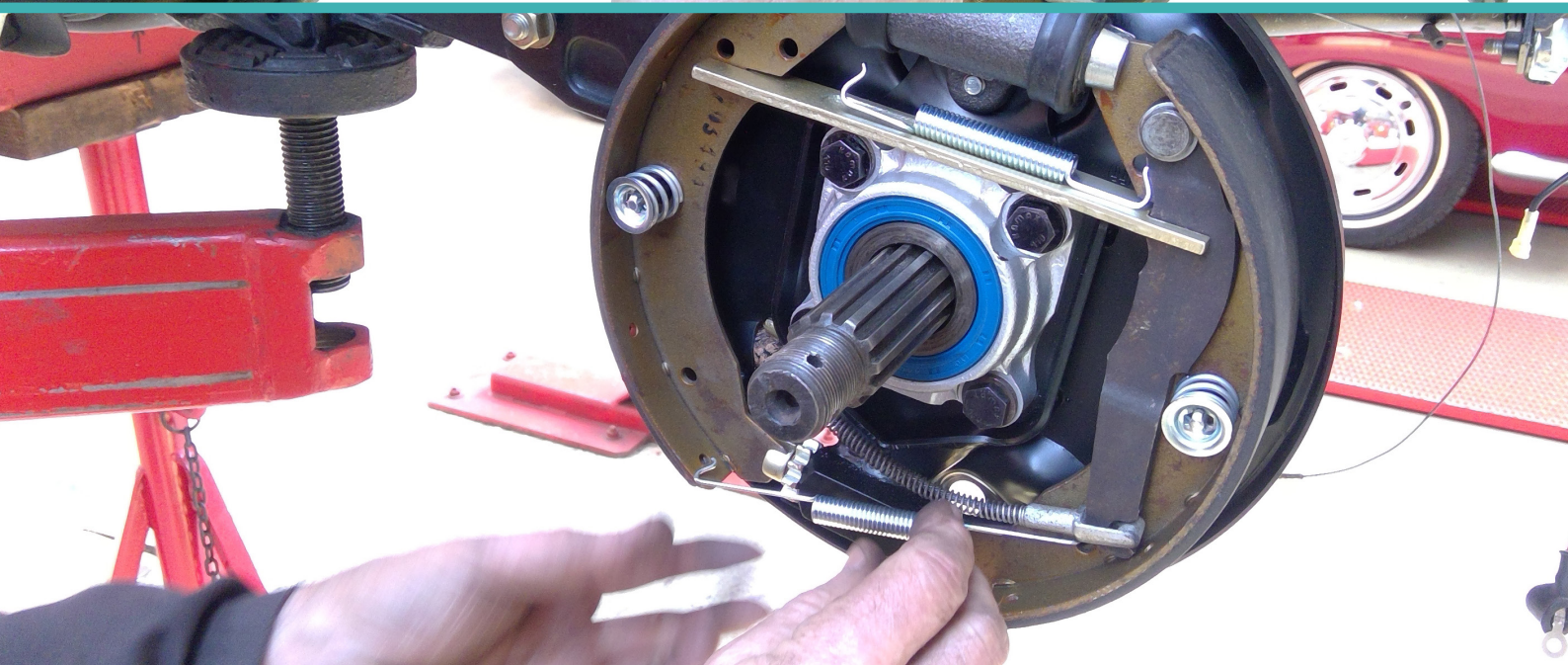
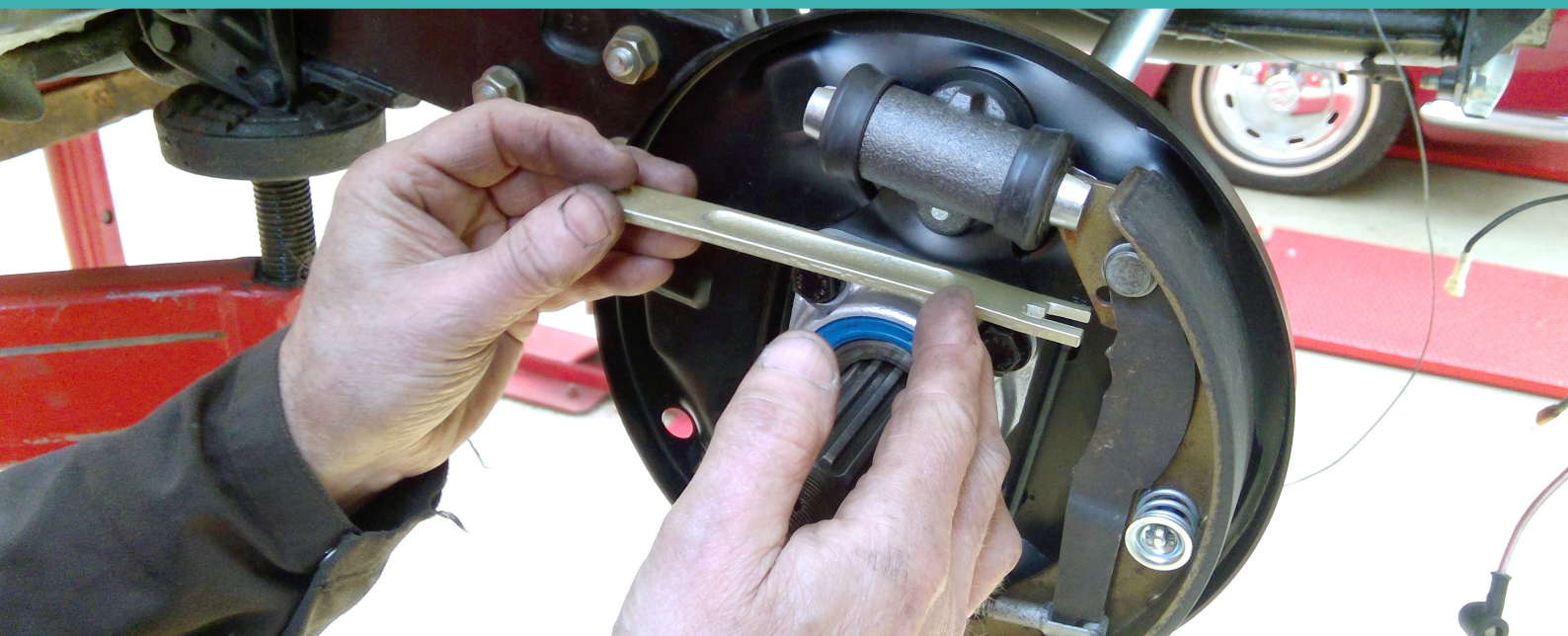
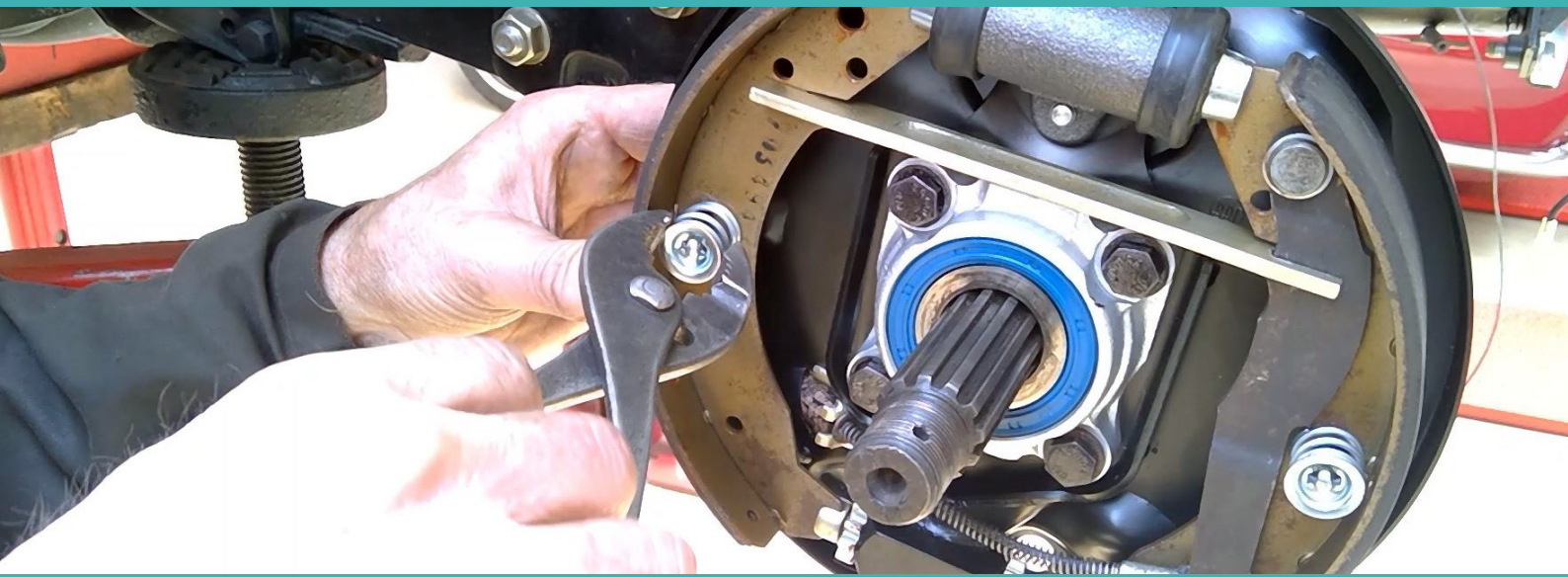
Maak de remschoen vast met de borgveer. In [editie 22](#) hebben we getoond welke gereedschappen je best hiervoor kunt gebruiken om niets te beschadigen (foto 12). Je kunt ook een tang gebruiken zoals we tonen op pagina 21 bovenaan, dat vraagt wat handigheid en ervaring. Op de foto hierboven zie je de remschoen met handremgafel klaar voor gebruik.



Nu moet nog de andere remschoen worden gemonteerd met de drukstang die dient om beide remschoenen gelijkmatig te laten bewegen bij het aantrekken van de handremhendel. De drukstang heeft twee uiteinden die verschillend zijn, zoals je op foto 13 kunt zien.



achterremmen monteren



Remtrommel

De remtrommel mag nu eindelijk worden gemonteerd. De 36 mm kroonmoer (foto 14, 46 mm voor VW Bussen na juli 1963) van onze IRS Kever die gebruikt wordt om de trommel vast te maken, moet met 300 Nm aangedraaid worden (300-350 Nm voor steekassen), dat is erg veel kracht. Dat zal niet lukken wanneer de auto niet op de grond staat. Je zult het wiel moeten monteren en de auto laten zakken om gebruik te maken van het gewicht van de auto om kracht te kunnen zetten op de moer (foto hieronder). Een momentsleutel met een bereik van 300 Nm is vereist voor deze handeling.

14



36 mm



300 Nm



achterremmen monteren



15

Een handig gereedschap dat beschikbaar is in onze webwinkel is dit hulpstuk (foto 15 en hieronder) waarmee je de remtrommel vast kunt zetten zonder het wiel te monteren en dus met de wagen op de hefkrik of hefbrug. Hiermee kan je maximale kracht uitoefenen op de 36 mm kroonmoer.

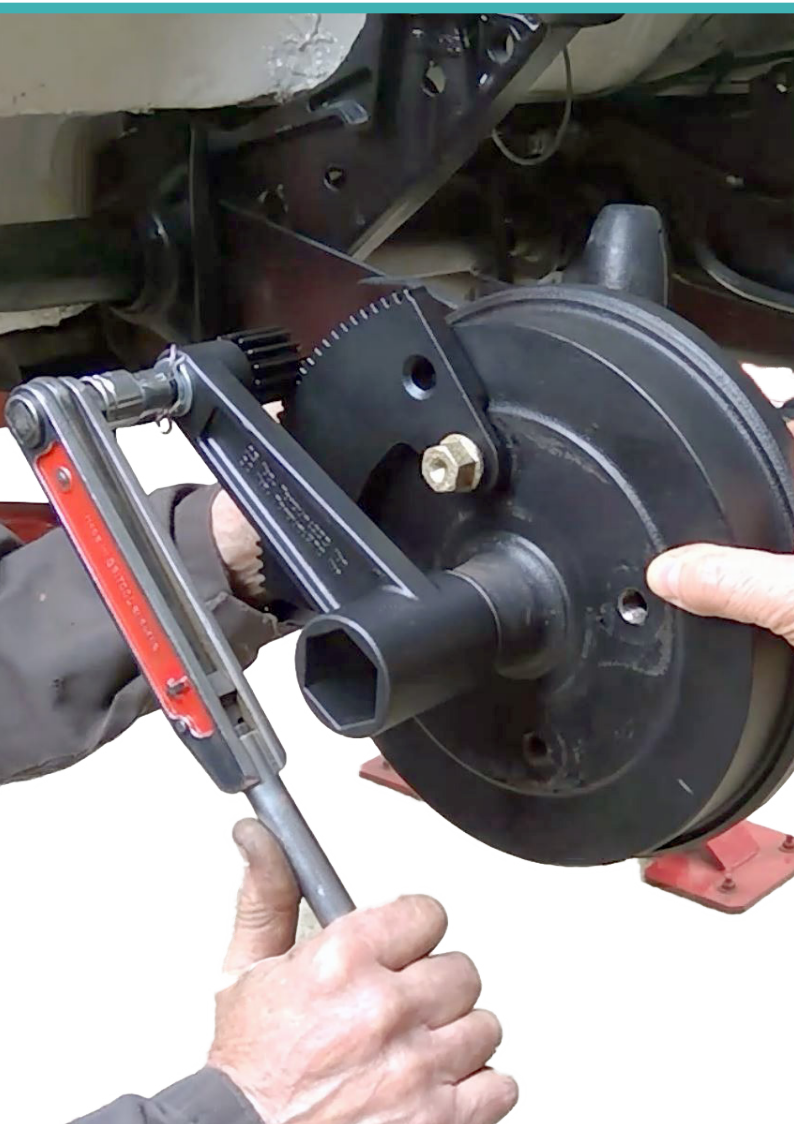
Zorg ervoor dat de kroonmoer in een positie eindigt zodanig dat je straks de splitpen kunt plaatsen om de kroonmoer te borgen. Indien dat niet zo is, draai de kroonmoer dan liefst nog iets meer aan dan los.

De moer van het achterwiel wordt gemonteerd zonder speling, in tegenstelling tot het voorwiel.

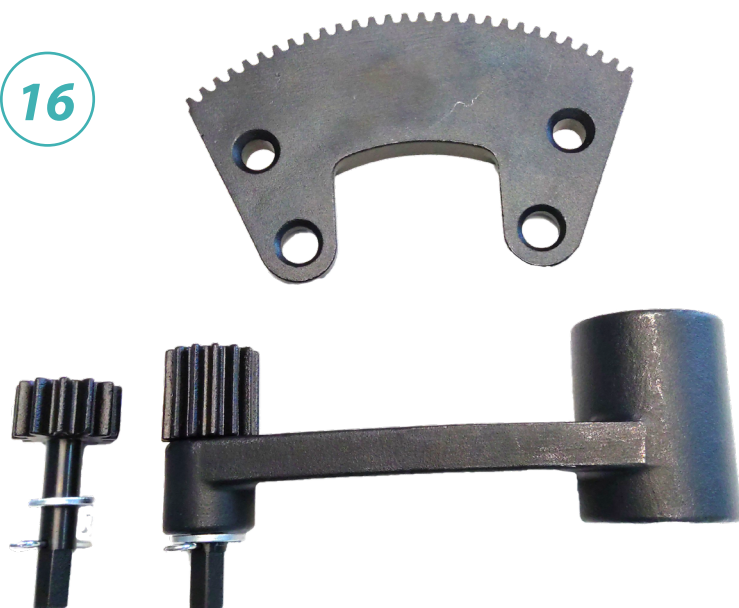
We raden aan om dit gereedschap alleen te gebruiken in combinatie met een degelijke garagekrik of een hefbrug, niet met de standaard meegeleverde VW schaar-krik. Bevestig het gereedschap zoals getoond op de foto's, en stel de momentsleutel in op 300 Nm (voor IRS). Je kunt nu kracht uitoefenen op de kroonmoer zonder dat de trommel ronddraait.



Een nog handiger en veiliger gereedschap is deze Torquemeister (foto 16). We verwijzen naar [editie 13](#) waarin we ditzelfde gereedschap gebruikt hebben om het vlieg wiel vast te zetten. Hieronder tonen we de Torquemeister in actie, waarbij je je VW op een hefbrug of een garagehefkrik kunt laten rusten terwijl je de 36 mm kroonmoer vastdraait.



16



De complete set van Torquemeister, inclusief additioneel tandwiel voor het oude type vlieg wiel (109 tanden). Dit gereedschap is voorzien voor 4- en 5-gaats velgen.

Voor het vastzetten van de wielmoer gebruiken we het extra gereedschap van Torquemeister dat met twee wielbouten wordt vastgemaakt aan de trommel. Om 300 Nm te bereiken moeten we de momentsleutel op 33 Nm afstellen, daar de Torquemeister een verhouding van 9 biedt. Met een kleine kracht van 33 Nm bereiken we hetzelfde effect dan met 300 Nm.



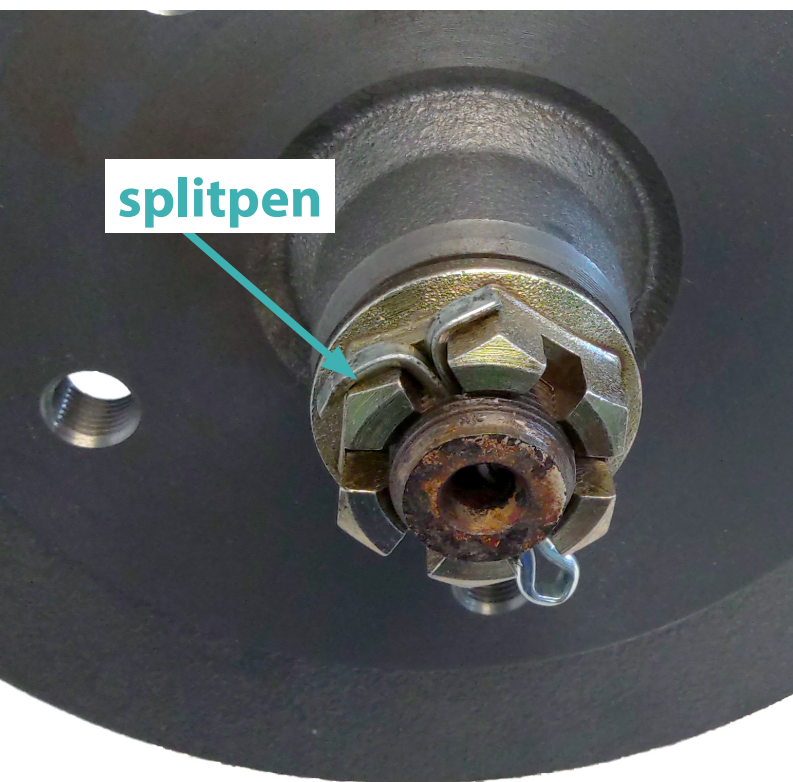
achterremmen monteren



splitpen

Nu nog de kroonmoer borgen met een nieuwe splitpen (foto 17). Hergebruiken van de oude splitpen is geen goede praktijk. Iedere keer dat de remtrommel wordt verwijderd, is het noodzakelijk dat de splitpen wordt vernieuwd. De splitpen zorgt ervoor dat de kroonmoer wordt geborgd, zodat ze nooit los kan komen.

17



splitpen

Klop met een rubberen hamer de kop van de splitpen stevig tegen de kroonmoer aan, buig dan het langste deel van de splitpen en klop beide delen tegen de kroonmoer aan. Indien de kroonmoeren met 300 Nm vastgedraaid zijn en de splitpennen zijn correct geborgd, dan zijn de trommels veilig vastgemaakt aan de astappen.

Conclusie

In een volgend artikel zullen we de remmen ontluchten en de voorremmen, achterremmen en handrem afstellen.

Introductie

In de vorige editie hebben we spanningsverliezen bestudeerd. Deze zullen voorkomen wanneer bijvoorbeeld de contacten van een schakelaar gecorrodeerd zijn of wanneer de veerspanning van een schakelaar of zekeringhouder niet meer is zoals het toen uit de fabriek kwam. Hoe ouder uw Volkswagen hoe groter de kans is dat de elektrische verbruikers de volle 6 volt of 12 volt niet meer krijgen vanwege spanningsverliezen tussen de accu en de verbruiker.

Hoe kleiner de elektrische weerstand van de verbruiker, hoe meer deze zal verbruiken maar hoe meer het zal afhankelijk zijn van spanningsverliezen over de kabels. Zoals de meesten onder ons al ondervonden hebben, zijn de startmotor, de ruitenwissermotor en de koplampen de eerste slachtoffers van een elektrisch circuit dat spanningsverliezen vertoont.

De elektrische verbindingen tussen de verbruikers zouden in theorie geen weerstand mogen bieden, en dus geen spanningsverliezen. We weten allemaal dat dit bij een oldtimer meestal niet zo is. Het nakijken van alle contacten op corrosie of slechte verbindingen is daarom erg belangrijk.

Aan de verbindingenkabels wordt er niet altijd aandacht geschonken. Een kabel heeft zelf een elektrische weerstand die afhankelijk is van de **diameter** van de kabel, de **lengte** en het gebruikte **materiaal**. En daar kan natuurlijk heel wat verkeerd mee gaan. Oude kabels zullen uitrafelen, het isolatiemateriaal zal verhard en breken, verbindingen zullen loskomen. De meeste



kabeldiameter bepalen



Tijdens het herstellen of vervangen van elektrische kabels is het belangrijk om het VW werkplaatshandboek te raadplegen om te weten welke diameter kabel bij welke vertakking van de kabelboom hoort.

Wanneer je accessoires gaat toevoegen, is het zelf bepalen van de juiste kabeldiameter uiterst belangrijk. Dat is wat we in dit artikel zullen doen, zelf berekenen welke diameter een kabel moet hebben. Het bepalen van welke zekering daarbij hoort, doen we in een volgend artikel.

Ben je niet zo'n liefhebber van berekeningen, en was wiskunde niet je favoriete vak, dan zal het misschien nu wel interessant lijken, of niet. Indien je alleen over de praktische kant wilt lezen, ga dan direct naar [pagina 38](#).

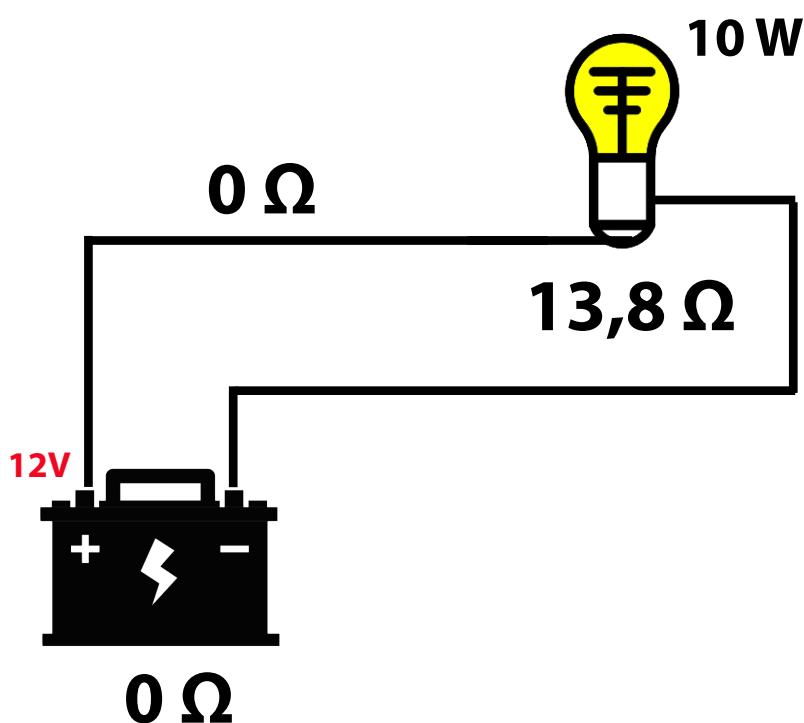
In de Paruzzi webwinkel vind je nieuwe kabelbomen voor elk type Volkswagen. In sommige gevallen zal je nog kabels moeten aanpassen of toevoegen. Het is dan erg belangrijk dat je de benodigde kabeldiameter zelf kunt berekenen.

VW's hebben een (meestal onbekende) historiek van 50 jaar. Vorige eigenaars hebben kabels vervangen, verlengd, ze hebben elektrische verbruikers toegevoegd (radio/CD, mistlampen, extra verwarming, ...) zonder goed stil te staan bij de gevolgen voor het elektrisch circuit.

Kabelweerstand

Ideaal heeft een kabel een weerstand nul, alleen in dit geval zal het geen spanningsverlies genereren. Een ideale wereld bestaat uiteraard niet, helaas, we weten dat een elektrische geleider een bepaalde weerstand zal hebben. Als die weerstand vele keren kleiner is als deze van de elektrische verbruiker, verwaarloosbaar dus, dan is er niets aan de hand.

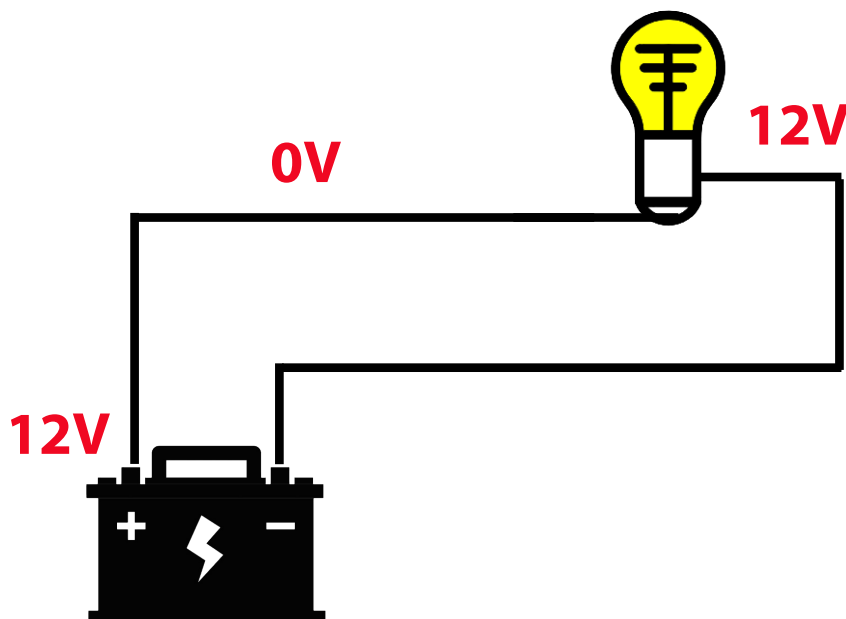
In de vorige editie toonden we al deze eenvoudige opstelling hieronder van een 12 V accu met een gloeilamp van 10 W. Een gezonde accu heeft een interne weerstand van 0 ohm. Indien dit niet zo is, dan zal de accu een spanningsverlies hebben, vermogen opnemen en warm worden en niet meer de 12 V afleveren die noodzakelijk is voor de gloeilamp. Ideaal heeft de elektrische kabel ook een weerstand van 0 ohm.



kabeldiameter bepalen

Indien dat niet zo is, dan zal de kabel vermogen van de accu opeisen, vermogen opnemen, warm worden, de gloeilamp zal niet het volle vermogen krijgen. Maar, in de praktijk is een geleider met weerstand nul niet te verwezenlijken, toch niet in een auto. Er bestaan oplossingen om de weerstand van een geleider naar nul te brengen (lage temperatuur, supergeleiders, ...) maar die zijn niet haalbaar in een auto, en ook niet echt nodig.

Indien de weerstand van de elektrische geleider vele malen kleiner is dan deze van de verbruiker, dan zal de invloed verwaarloosbaar worden. We moeten dus streven naar een elektrische geleider met een weerstand die vele malen kleiner is dan de weerstand van de verbruiker. De tekening hieronder toont een ideale wereld waarin de verbruiker het volledig vermogen van de accu zal krijgen. We zullen straks zien hoe het in de praktijk verloopt.



Hoe wordt de weerstand van een kabel berekend? De volgende formule (dit is de formule van Pouillet) toont aan dat de weerstand van een kabel groter zal worden naarmate de **lengte** (L) van de kabel groter is en naarmate de **doorsnede** (A) van de kabel kleiner is, als volgt:

$$R = \rho \times L / A$$

Laten we nu kijken wat deze formule ons vertelt.

L: lengte van de kabel

De formule zegt dat de weerstand van de kabel nul wordt wanneer de lengte (L) nul is:

$$R = \rho \times 0 / A = 0 \Omega$$

Of praktischer, wanneer de kabel erg kort is. Je moet dus altijd proberen een **zo kort mogelijke verbinding** te maken van spanningsbron (accu) tot verbruiker. Extra lengtes kabel zijn uit den boze, elke bijkomende centimeter kabel zal een bijkomende weerstand creëren, en dus een verlies aan spanning voor de verbruiker.

Hoe langer de kabel, hoe meer weerstand het zal bieden. Dat klinkt aannemelijk. Twee keer zo lang wilt zeggen een twee keer grotere weerstand. Ik weet dat het verleidelijk is om de kabel iets langer te maken dan nodig, maar de formule is duidelijk, maak de kabel net zo lang als nodig om de verbinding te maken, geen centimeter langer.



lengte = L



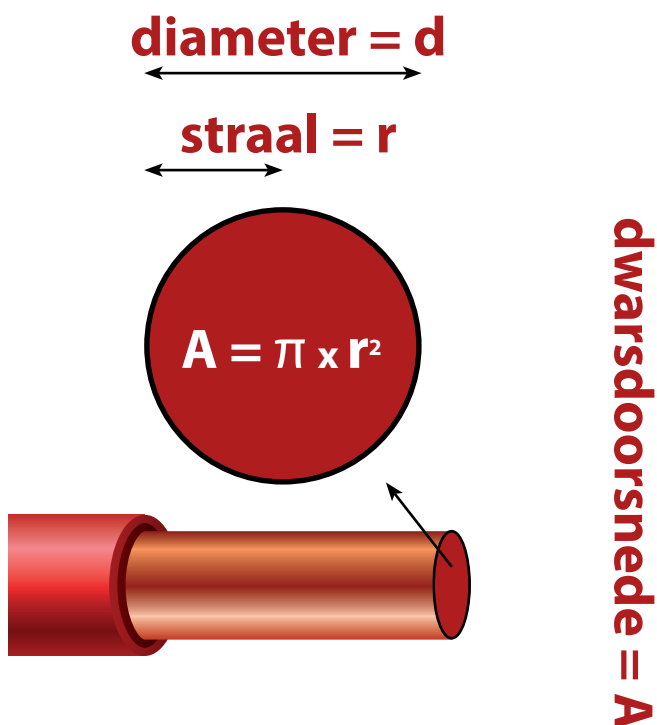
kabeldiameter bepalen

A: dwarsdoorsnede

In de formule staat de dwarsdoorsnede onderaan in de breuk, dus, hoe groter de dwarsdoorsnede (hoe dikker de kabel), hoe kleiner de weerstand. De formule zegt dat de weerstand nul wordt wanneer de dwarsdoorsnede zeer groot wordt:

$$R = \rho \times L / \infty \approx 0 \Omega$$

In de praktijk betekent deze stelling dat de kabel zo dik als mogelijk moet zijn.



Wat is nu het verband tussen dwarsdoorsnede en diameter. De doorsnede A kan berekend worden door het kwadraat van de straal met π te vermenigvuldigen, als volgt:

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times r \times r$$

De diameter is twee maal de straal, we kunnen A dus schrijven als:

$$A = \pi \times d/2 \times d/2$$

Hieruit kunnen we de diameter afleiden in functie van de doorsnede:

$$d = 2 \times \sqrt{(A / \pi)}$$

Een formule die we straks zullen gebruiken om de diameter van een kabel te meten met een micrometer.

De kabels in je VW mogen natuurlijk ook niet te dik worden, dat zou een probleem met het totaalgewicht van de auto met zich meebrengen, uiteraard ook de kost en er zou een gebrek aan plaats zijn voor de bedrading. Dus wordt er gekozen voor kabels die ruimschoots de stroom kunnen verdragen die de aangesloten verbruikers nodig hebben.

Een praktische toepassing van de formule is het gebruik van de carrosserie en het chassis, versnellingsbak en motorcarter als massa voor het elektrisch circuit. In plaats van een massakabel, die naar de min gaat van de accu, te maken voor elke verbruiker, worden de meeste verbruikers aan het chassis aangesloten (zie foto hieronder).



kabeldiameter bepalen



massakabel

Het chassis is een erg goede, dikke geleider, met minimale elektrische weerstand. De dwarsdoorsnede van het chassis is groter dan welke andere kabel dan ook, dat is duidelijk, en het kost geen extra gewicht. Het is dan ook erg belangrijk dat alle koppelingen aan het chassis of de carrosserie erg zuiver zijn. Een vers gepoederlakt chassis kan hier roet in het eten gooien. Schuur dus eerst de lak weg voordat je de massakabels aansluit.

Hoe dikker de kabel hoe lager de weerstand. Dat is makkelijk, laten we dan altijd de dikste kabel die we liggen hebben gebruiken.

Dat is helaas niet mogelijk voor autofabrikanten, er is een beperking in beschikbare ruimte en een beperking in het budget. Hoe dikker de kabel hoe duurder. De doelstelling is om de meest geschikte kabel te gebruiken, die nog net dik genoeg is om geen weerstand te bieden.

Vergeet onze vorige opmerking niet, wanneer een kabel te veel weerstand biedt vergeleken met de weerstand van de gebruiker, dan zal het vermogen opnemen, warm worden, in een extreem geval zal de kabelisolatie smelten of de geleider zelf doorbranden. Gebruik dus niet om het even welke kabeldiameter, volg de richtlijnen in dit artikel.

Kort samengevat, hoe **korter** de kabel hoe beter, hoe **dikker** de kabel hoe beter. Wat zijn de andere zaken waarop we moeten letten?

ρ : Soortelijk weerstand

In de formule voor kabelweerstand zie je ook het symbool ρ . Deze staat voor de soortelijke weerstand (of resistiviteit) van een geleider. Elk materiaal heeft een andere soortelijke weerstand, je wilt dus een materiaal kiezen voor de elektrische geleiders van je auto met een zo laag mogelijk soortelijke weerstand, uiteraard speelt de materiaalprijis en de sterkte van het materiaal ook een rol.

Materiaal	Resistiviteit ρ (Ωm)
Aluminium	$2,65 \cdot 10^{-8}$
Goud	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Koper	$1,68 \cdot 10^{-8}$
Zilver	$1,59 \cdot 10^{-8}$
Bakeliet	10^5
Porselein	10^{12}
Glas	10^{12}
Rubber	10^{15}

De soortelijke weerstand van diverse materialen vind je in tabellen, meestal gegeven bij omgevingstemperatuur (20°C). We tonen in de tabel de resistiviteit voor een aantal goede elektrische geleiders zoals aluminium, goud, koper, zilver en voor een aantal goede elektrische isolatoren zoals bakeliet, porselein, glas, rubber. In de automobiellindustrie werd er gekozen voor koper omdat dit materiaal betaalbaarder is en beter bestand tegen trekkrachten is dan de beter geleidende aluminium.

De resistiviteit van koper is zoals in de tabel te zien $1,68 \cdot 10^{-8}$. Dat is hetzelfde als: $0,0000000168 \Omega\text{m}$.

Heb je moeite met het omzetten van mm naar m, of met de wetenschappelijke weergave van getallen ($1,68 \cdot 10^{-8}$), neem dan een kijkje online, er bestaan tal van conversiegereedschappen die je kunnen helpen. Er bestaan ook online calculators om de weerstand van de kabel te berekenen.



kabeldiameter bepalen

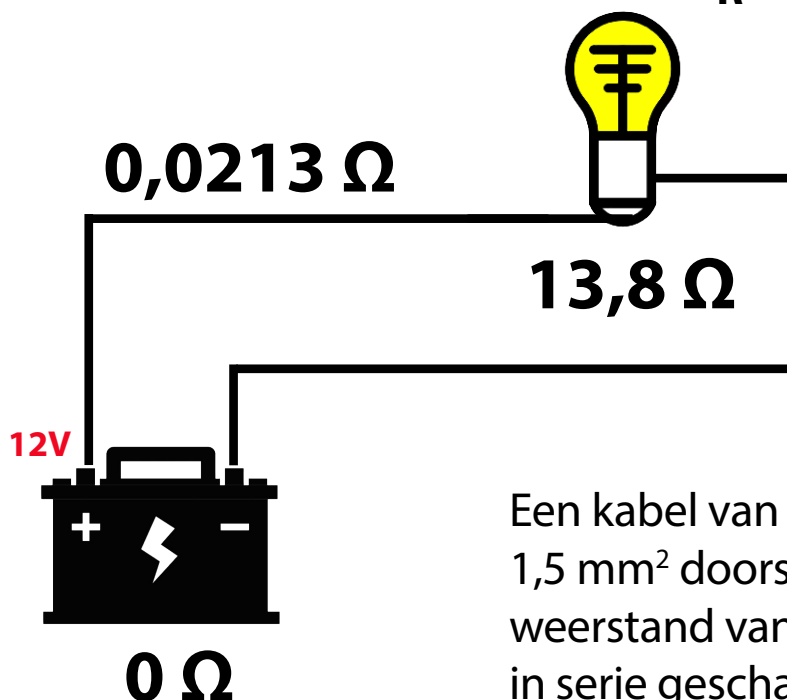
Hieronder wordt de formule van Poisson herhaald (zie pagina 30):

$$R = \rho \times L / A$$

We kunnen met de formule nu eenvoudig de weerstand berekenen van een kabel van onze Volkswagen om beter in te schatten welke rol die zal spelen in de verdeling van de spanning.

We nemen de kabel die van de lichtsakelaar op het dashboard naar het achterlicht loopt (10 W). Volgens het elektrisch schema is dat een koperen kabel met een doorsnede van 1,5 mm² (alles moet in meters omgezet worden, dit is 0,0000015 m² of 1,5 10⁻⁶). De lengte van de kabel van dashboard naar achterlicht is ongeveer 2 meter. De weerstand van de kabel is dus (bij 20°C):

$$R = 0,0000000168 \times 2 / 0,0000015$$
$$R = 0,0213 \Omega$$



Een kabel van 2 meter en 1,5 mm² doorsnede heeft een weerstand van 0,0213 Ω en wordt in serie geschakeld met de gloeilamp (zie tekening). De gloeilamp is 13,8 ohm (zie [editie 23](#)).

Indien we de berekening opnieuw uitvoeren zoals in de vorige editie, dan krijgt de gloeilamp een spanning van:

$$U_{\text{gloeilamp}} = U_{\text{accu}} \times (R_{\text{gloeilamp}} / R_{\text{totaal}})$$

$$U_{\text{gloeilamp}} = 12\text{V} \times (13,80 \Omega / 13,8213 \Omega)$$

$$U_{\text{gloeilamp}} = 11,98 \text{ V}$$

De gloeilamp krijgt met een 1,5 mm² kabel van 2 meter zo goed als de volle 12 V, namelijk 11,98 V. Indien de kabel 0,5 mm² zou zijn dan is de weerstand drie keer zo groot namelijk, de gloeilamp krijgt nu maar 11,94 volt. Elke tiende volt zal een zichtbaar rendementverlies betekenen van de verlichting. Dit is een bekend fenomeen bij de 6 volt Volkswagen, ze zijn berucht geworden voor de zwakke verlichting.

t: Invloed van temperatuur

Maar een nog belangrijker gevolg van de stijging van de weerstand van de kabel is het vermogen dat de kabel zal opslorpen, en de (soms desastreuze) gevolgen voor de kabeltemperatuur.

Een koperen kabel zal altijd een bepaalde weerstand bieden, al is het erg klein. Wanneer een elektrische stroom (I) door de draad loopt, zal een hoeveelheid vermogen (P) verbruikt worden:

$$P = U \times I$$

Dit opgenomen vermogen zal de draad doen opwarmen. Er treedt bij een temperatuurstijging bij een koperen geleider een toename van de weerstand op. De weerstandstoename is binnen bepaalde temperatuurgrenzen, praktisch evenredig met de temperatuurstijging. De verandering van weerstandswaarde wordt uitgedrukt door α , dit is de temperatuurcoëfficiënt.



kabeldiameter bepalen

Voor koper is α 0,0038. Indien de kabel opwarmt van 20°C naar bijvoorbeeld 100°C omdat er bijvoorbeeld te veel stroom door loopt, doordat er te veel verbruikers aangesloten zijn of dat de kabel te dun is, dan stijgt de weerstand van de kabel als volgt:

$$\alpha \times (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$
$$0,0038 \times (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 30\%$$

De weerstand van onze kabel van 2 meter en 1,5 mm² was 0,0213 Ω en wordt door de opwarming 30% groter, namelijk 0,0277 Ω . De opwarming van de draad zal echter sterker toenemen dan het vermogen. Dit komt omdat voor metalen de ρ -waarde, en dus ook de weerstand stijgt bij toenemende temperatuur. Door de stijging van weerstand zal er meer vermogen worden opgenomen en de kabel warmt nog meer op ... de verbruiker zal minder en minder stroom krijgen, de kabel warmt meer op, totdat de isolatie smelt of de kabel doorbrandt.

De hoeveelheid stroom die door een geleider met dwarsdoorsnede A mag lopen is daardoor ook beperkt. Bij overschrijden van de bovengrenswaarde warmt de draad te veel op zodat de isolatie smelt en de kans op kortsluiting stijgt.

Het is dus erg belangrijk dat de elektrische geleider koel blijft, zodanig dat het volledige vermogen naar de verbruiker gaat. Om dat te bereiken, moet je ervoor zorgen dat de dwarsdoorsnede van de kabel groot genoeg is om het ontwikkeld vermogen van de kabel laag te houden. Als we kijken naar de formule $P = I^2 \times R$ dan zien we dat hoe groter de gewenste stroom, dus hoe zwaarder de verbruiker, hoe kleiner de weerstand van de kabel moet zijn om hetzelfde vermogen te bereiken. Hoe kleiner de weerstand hoe groter de dwarsdoorsnede van de kabel.

Maar hoe kan ik de dwarsdoorsnede bepalen?

Kabeldiameter bepalen

Nu komen we tot het praktisch gedeelte van dit artikel, hoe bepaal je hoe dik een elektrische geleider moet zijn? We zullen uitleggen hoe je dat praktisch kan doen, al heb je de uitleg op de vorige pagina's niet gevolgd.

Een spanningsverlies over de elektrische geleider is onvermijdelijk, we hebben te maken met koper en we kunnen de dwarsdoorsnede van de kabel niet oneindig groot maken.

Een totaal spanningsverlies van 5% wordt over alle contacten en schakelaars als acceptabel gezien. Er blijft dan 95% over voor de verbruiker. Indien de accu onbelast 12,5 volt geeft, blijft er 11,88 volt over voor de verbruiker. Van de 5% verliezen zullen we aannemen dat 0,5% van de elektrische kabel komt en 4,5% van de contacten, zekeringen, schakelaars ...

0,5% als maximaal spanningsverlies over de kabel is voor zowel 12 V als 6 V bruikbaar.

Als voorbeeld nemen we het toevoegen van 55 W mistlampen zoals deze hieronder. We nemen aan dat we exact 12 V aan de plus van de zekeringskast hebben. We nemen een kabellengte van 2 meter vanaf de zekeringskast naar een verstraler. De aansluiting aan de massa gebeurt via het chassis, deze verbinding zal dus een minimale weerstand bieden (verwaarloosbaar).



kabeldiameter bepalen

Indien we rekening houden met een maximaal spanningsverlies van 0,5% over de geleider dan zou er over deze geleider maximaal 0,06 volt mogen verloren gaan. De stroom die elke verstraler zal verbruiken, indien er 12 volt wordt aangesloten (min het verlies van 0,06 volt), is:

$$I = P / U$$
$$I = 55 \text{ W} / 11,94 \text{ V} = 4,61 \text{ A}$$

Je zult de mistlichten met een relais moeten schakelen.

We gebruiken de wet van ohm om de gewenste weerstand van de kabel te bepalen voor een maximaal spanningsverlies van 0,5%:

$$R = U / I$$
$$R = 0,06 \text{ V} / 4,61 \text{ A} = 0,01 \Omega$$

We weten nu dat de kabel maximaal 0,01 ohm weerstand mag bieden.

Met de formule van Poisson kunnen we de dwarsdoorsnede bepalen, als volgt:

$$A = \rho \times L / R$$

$$A = 0,000000168 \times 2 / 0,01$$
$$A = 0,0000032 \text{ m}^2$$

Alles was tot nu toe in meters, we willen alles omzetten in mm, omdat de dwarsdoorsnede van kabels in mm² wordt uitgedrukt, moeten we m² omzetten naar mm², dat doe je door A te vermenigvuldigen met 1.000.000.

$$A = 3,2 \text{ mm}^2$$

De kabel voor de verstraler moet dus minstens 3,2 mm² bedragen willen we minder dan 0,5% spanningverlies hebben. We houden rekening met 2 meter kabel omdat de massa aan het chassis wordt verbonden (anders 2 maal 2 meter).

We moeten dus een marge nemen om rekening te houden met warmte waaraan onze kabels worden blootgesteld. Als we kijken naar welke doorsnede Volkswagen gebruikte in een VW 1300 (schema hieronder), dan zal dat ons een idee geven van hoe ver we zitten van de berekeningen die de fabriek gemaakt heeft:

onze verstraler 55 W => 3,2 mm²



kabeldiameter bepalen

Indien de doorsnede niet vermeld is op de kabel, kan je dat nameten met een micrometer. Meestal is een kabel cilindrisch, de formule om van de diameter (d) in functie van de dwarsdoorsnede is als volgt (zie pagina 31). Wanneer we de berekende dwarsdoorsnede 3,2 mm² gebruiken van pagina 39, dan kunnen we de diameter berekenen:

$$d = 2 \times \sqrt{(A / \pi)}$$
$$d = 2 \times \sqrt{(3,2 / 3,14)} = 2,02 \text{ mm}$$

De dunste kabel die we in onze VW tegenkomen is 0,5 mm². Hoewel dunner zou kunnen, is het niet aangeraden omdat de kabel te breekbaar wordt.



Indien je de diameter van een kabel niet kent, kan je dat met een micrometer bepalen. Is je kabel minstens 2,02 mm dik, dan zou deze inzetbaar zijn voor de verstralers. In de praktijk nemen we een draaddiameter die standaard leverbaar is. De foto onderaan toont hoe we een 2,5 mm² kabel meten, de diameter is 1,7 mm. Reken maar na met de formule links.

Conclusie

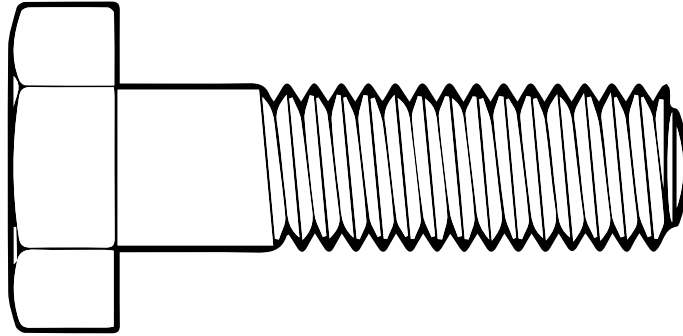
Dit artikel heeft getracht duidelijk te maken dat je niet zo maar om het even welke kabels kunt gebruiken, en, probeer de lengte zo kort als mogelijk te houden en bereken de diameter van de kabel in functie van de verbruiker. En, natuurlijk zullen deze verbruikers een aparte zekering nodig hebben. Een bijkomende zekering in de originele zekeringskast indien er nog plaats is, of een lijnzekering, lees hier alles over in [editie 05](#)..

A close-up photograph of a metal bolt. The bolt has a hexagonal head on the left and a threaded shaft extending to the right. The metal surface is dark and shows signs of wear and corrosion. The background is plain white.

Volgens Wikipedia is een bout een ronde staaf van metaal of ander materiaal waarop schroefdraad is aangebracht en die voorzien is van een kop. In combinatie met een moer is het een middel om twee of meer voorwerpen met elkaar te verbinden. Wanneer de kop voorzien is van een sleuf, een kruis, een inbus ... dan spreekt men van een schroef.

Dit artikel heeft als primair doel om de lezer bewust te maken dat bouten in verschillende uitvoeringen bestaan. Het is zeker niet de bedoeling om alle type bouten op te sommen, maar wel om aan te geven welke de belangrijkste eigenschappen zijn waarmee je rekening moet houden.

Bouteigenschappen

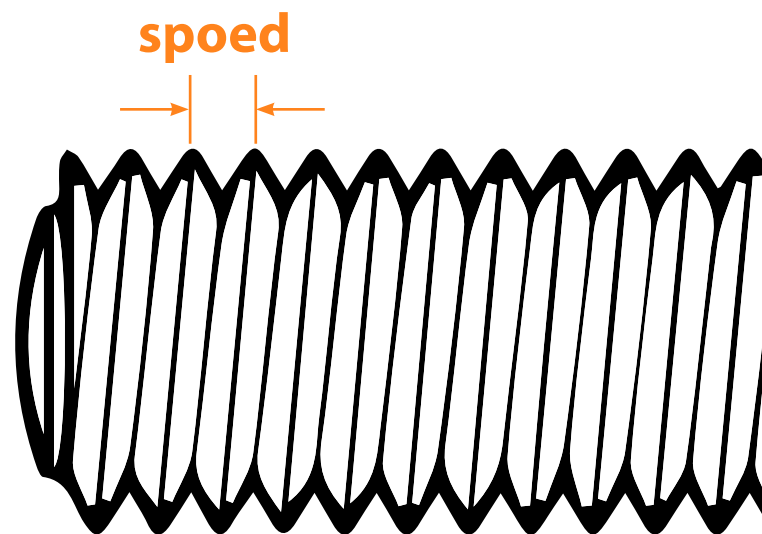


Spoed

De spoed van een bout is waarschijnlijk de meest onbekende eigenschap bij liefhebbers. In de bouwmarkt zal je voornamelijk metrische bouten vinden met een standaard spoed zoals beschreven door DIN-ISO standaarden. Onze Volkswagens gebruiken metrische bouten maar de spoed kan weleens afwijken van de DIN standaard. De spoed wordt bij metrische schroefdraad aangeduid in millimeter (bij Engelse draad wordt dit aangegeven in het aantal gangen per inch).

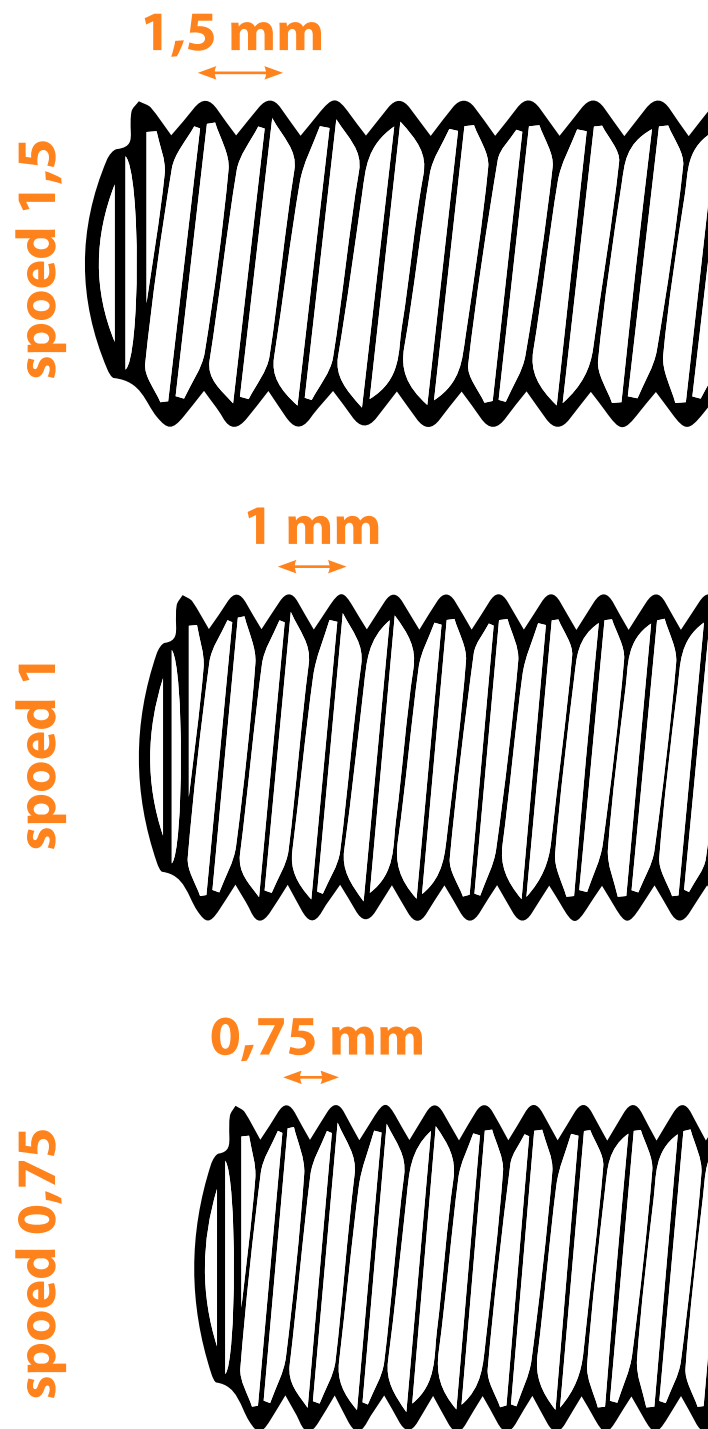
Maar wat is spoed?

Spoed is de rechtlijnige afstand tussen twee overeenkomstige punten van dezelfde schroeflijn, het is de verplaatsing langs de as per omwenteling. Of, spoed is de mate van verplaatsing van de schroeflijn bij één omwenteling zoals we tonen op de tekening hieronder.



Spoed wordt bij metrische bouten uitgedrukt in millimeters. Bij een bout met een spoed gelijk aan 1 bevinden de topjes van de schroefdraad zich exact 1 mm van elkaar verwijderd. Bij een spoed van 1,5 is dat 1,5 mm, bij 0,75 is dat 0,75 mm, en zoverder. Indien je een bout met spoed 1,5 in een moer met spoed 1 probeert te monteren, dan zullen beiden onherroepelijk beschadigd worden. Indien het om een moer gaat, kan je snel een andere moer (en bout) zoeken. Maar als het om een moeilijker te vervangen onderdeel gaat, zoals een motorcarter of een rotule, dan lopen de kosten snel op. De boodschap is dus, eerst meten en dan monteren.

Er bestaan bouten met standaard metrische spoed, fijne schroefdraad (kleinere spoed is sterker omdat bout meer materiaal behoudt, heeft ook lager aandraaimoment) en grove schroefdraad (grotere spoed dan standaard).



Maar, hoe kan je de spoed meten?



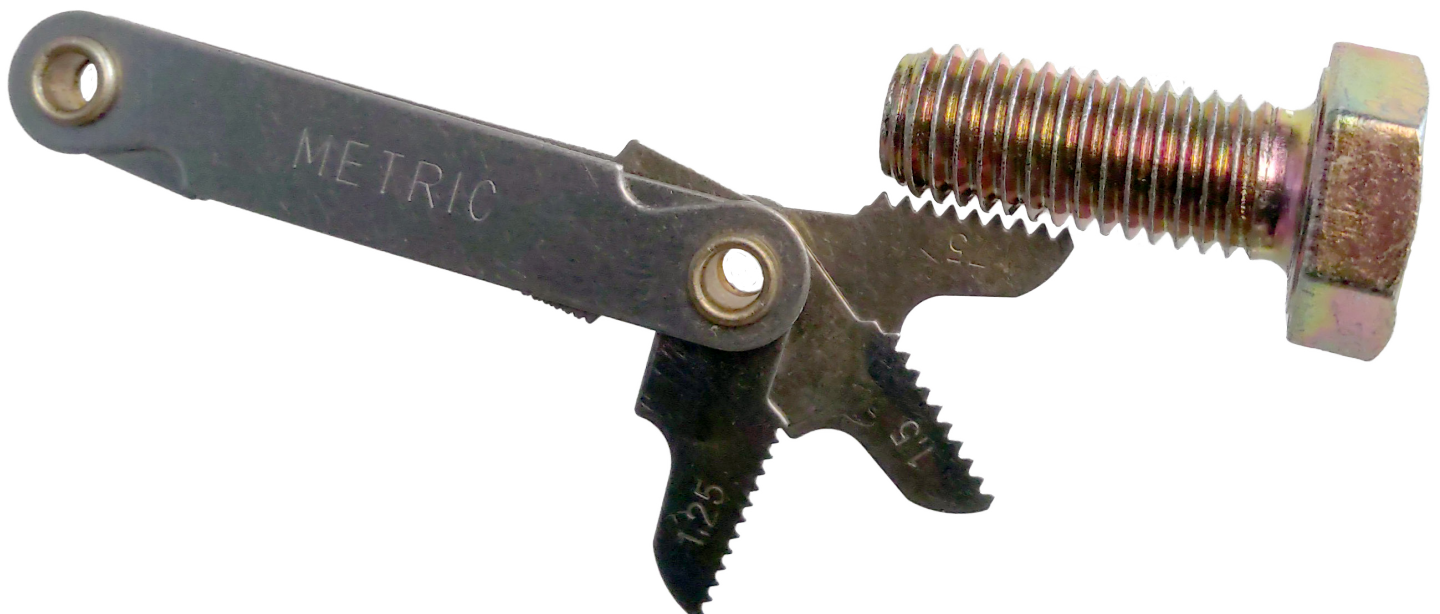
metrische bouten

Het meest nauwkeurige is om gebruik te maken van een schroefdraadspoedmeter zoals we tonen op de foto rechts. Deze bestaan in diverse vormen, maar wat je moet kopen is een metrische spoedmeter. Je ziet de verschillende zaagtandjes met spoed gaande van 0,5 tot 2,0.

Het gebruik ervan is erg eenvoudig, je plaatst de zaagtandjes tegen de schroefdraad van de bout totdat je een match hebt. Hieronder tonen we een standaard M12 bout met spoed 1,75.

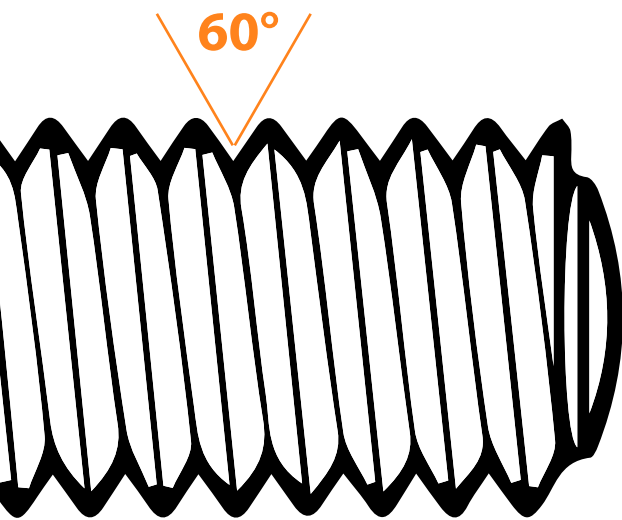


Indien je niet zo'n meetgereedschap in huis hebt, kan je de afstand meten tussen 10 omwentelingen van de schroefdraad, en dat delen door 10. Of een moer 10 keer laten ronddraaien op de bout en de afgelegde afstand meten. Voor onze bout hieronder legde de moer exact 1,75 cm af, deel je dat door 10 dan kom je op een spoed van 1,75 (mm). Maar je kunt de tophoek op deze manier niet nakijken.



Tophoek

Het wordt aangeraden om een spoedmeter te gebruiken omdat de tophoek verschillend kan zijn. Bij metrische draad is de tophoek 60° .



De tophoek wordt afgebeeld op de tekening hierboven. Niet alle schroefdraden hebben een tophoek van 60° . Bij de Engelse versie (Whitworth) is dat 55° . Met de spoedmeter kan je, als je goed kijkt bijvoorbeeld

met een vergrootglas, zien dat de tophoek van de bout gelijk loopt met de tophoek van de spoedmeter. Indien niet, moet je proberen met een Whitworth spoedmeter zoals afgebeeld hieronder (deze kan zowel metrisch als Whitworth aan).

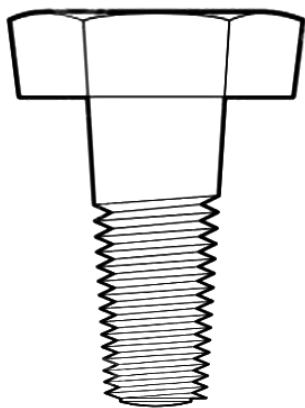
Conische schroefdraad

De meeste bouten hebben een rechte schroefdraad, dit is een cilindrische draad, dat wil zeggen dat de breedte van de buitendraad gelijk is over de volledige lengte. Standaard metrische bouten hebben altijd een cilindrische schroefdraad.



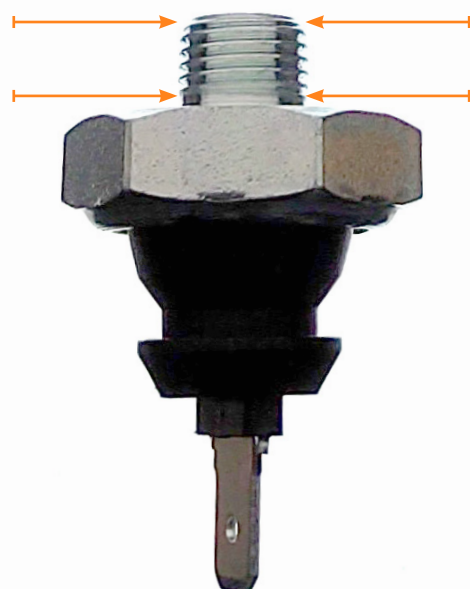
metrische bouten

Er bestaan ook conische bouten (of tapse bouten) waarbij de schroefdraad conisch afloopt (tekening hieronder, een beetje overdreven om duidelijk te maken wat we bedoelen).



Deze type bouten wordt gebruikt voor het afdichten van de olieafvoer van de versnellingsbak of van het motorcarter. Ze dichten vanzelf af, zonder pakkingring, door ze op de voorgeschreven koppel aan te draaien. Bij te hard aandraaien kan dit type bout het carter van de motor of versnellingsbak doen barsten, volg dus goed de voorschriften van het VW werkplaats-handboek!

Een ander voorbeeld bij onze klassieke Volkswagen is de oliedruksensor (foto's hieronder) die in het motorcarter wordt geschroefd zonder pakkingring (zoals de vulplug en de afvoer van de versnellingsbak). Handmatig vastdraaien totdat er weerstand wordt gevoeld is voldoende om af te dichten. Indien je deze helemaal tot tegen het carter gaat aandraaien dan riskeer je de sensor te beschadigen en erger, het carter.



9,7 mm

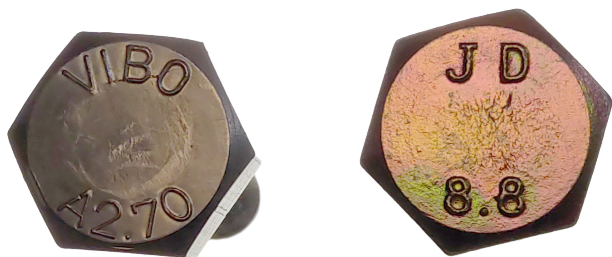
9,9 mm

Treksterkte

Dit is de bouteigenschap waarmee soms losjes wordt mee omgegaan, helaas. De technische details hiervan zijn weggelegd voor ingenieurs gespecialiseerd in mechanica en sterkteleer.

Maar wat moeten wij als VW liefhebber hierover onthouden?

Op de kop van de bout wordt de ISO code van treksterkte aangegeven (foto hieronder, links een 2.70 bout, rechts 8.8).



Op de verpakking van de bouten die we gebruiken in dit artikel zie je de treksterkte en materiaal rechtsboven vermeld. Dit zijn M10 bouten met een treksterkte van 8.8.

Volkswagen geeft nergens aan welke treksterkte noodzakelijk is, het is daarom erg belangrijk dat je in onze webwinkel de bout, schroef en moer kiest voor de juiste toepassing. Wij hebben dat allemaal voor u uitgezocht door de originele bouten na te kijken bij elk type VW. Heb je zelf een bout gedemonteerd, lees dan de treksterkte af op de boutkop voordat je bestelt (dat is

natuurlijk geen garantie, een vorige monteur zou de bout kunnen vervangen hebben).

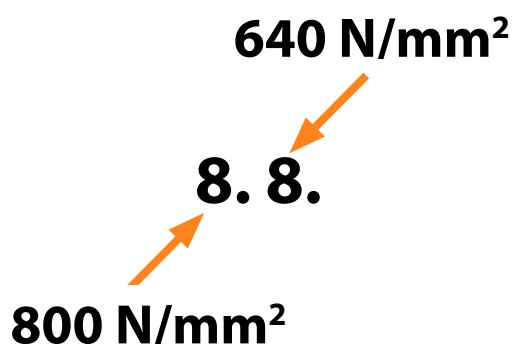
Maar wat betekent 8.8.?



metrische bouten

Het getal voor de punt staat voor 1% van de treksterkte uitgedrukt in N/mm^2 . Een 8.8 bout heeft dus een treksterkte van 800 N/mm^2 .

Het getal achter de punt is de vloeispanning. Deze wordt uitgedrukt in tiende van het percentage van de treksterkte. In dit geval is dat 80% van $800 = 640 \text{ N/mm}^2$.



Een bout met aanduiding op de kop 12.9. heeft een treksterkte van 1200 N/mm^2 en een vloeigrens van 90% van 1200 (dat is gelijk aan 1080 N/mm^2).

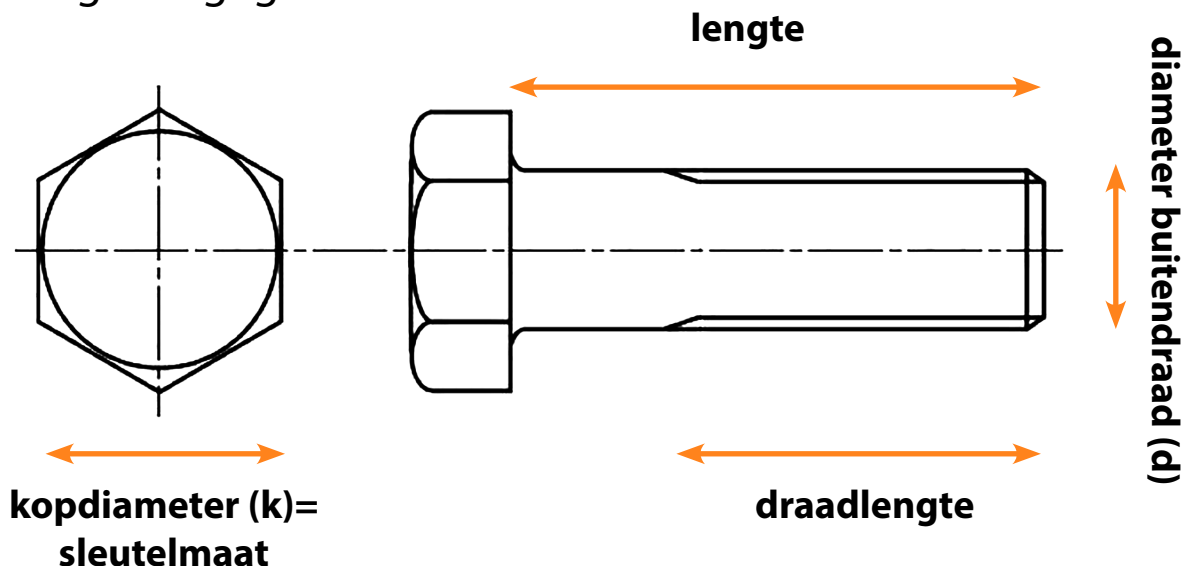
De **treksterkte** is de trekkracht die nodig is om de bout definitief van vorm te doen veranderen. Dit wil zeggen dat de bout zal uitrekken en zijn oorspronkelijk vorm niet meer aannemen. De bout is onherroepelijk beschadigd en zal breken.

De **vloeispanning** (of vloeigrens) is de kracht die nodig is om de bout van vorm te doen veranderen, een plastische vervorming. Indien deze kracht niet te lang wordt aangehouden, zal de bout zijn oorspronkelijke vorm opnieuw aannemen.

Fabrikanten zullen bouten gebruiken die onder de vloeigrens wordt belast. Bij sommige toepassingen waarbij er grote belastingen zijn, zoals vlieg wiel, koppeling of aandrijfassen, wordt een treksterkte van bijvoorbeeld 12.9 gebruikt.

Afmetingen

De afmetingen van bouten worden als volgt aangegeven:



Metrische bouten zijn gestandaardiseerd, de tabel op de volgende pagina toont veel voorkomende waarden. Je kunt van standaard metrische bouten uit de tabel afleiden welke spoed ze normaal hebben en met welke sleutel je ze moet vastzetten.

Heb je te maken met standaard metrische bouten, dan kan je ook het aanhaalmoment afleiden uit de tabel. Let wel op dat hoe hoger de treksterkte hoe groter het aanhaalmoment is.



Hierboven tonen we de bout van pagina 48, een M10, deze wordt volgens de tabel met een sleutel 17 vastgemaakt. Ik wou tegen even nakijken of mijn verhaal klopte.



metrische bouten

Afwijkende maten

Zoals in het begin van dit artikel vermeld, het is niet de bedoeling om alle type bouten te gaan opsommen. We wilden de lezer meegeven dat een bout niet alleen een andere lengte of dikte kan hebben, maar andere eigenschappen zijn minstens even belangrijk. De diameter van de buitendraad wordt door Volkswagen vermeld in de onderdeelboeken, alsook de lengte en de spoed maar niet de treksterkte helaas.

Ga je ook met andere merken werken, dan kan het zijn dat je de meest exotische formaten tegenkomt, bijvoorbeeld een M10 met een dunnere kop en fijne draad (foto hieronder).



In volgende artikels zullen we onder andere kijken hoe we schroefdraad kunnen herstellen en hoe bouten geborgd worden.

				treksterkte 6.8	treksterkte 8.8	treksterkte 10.9	treksterkte 12.9
	d	spoed	k	aanhaalmoment (Nm)			
M5	5	0,8	8	4,8	6,4	9,4	11
M6	6	1	10	8,3	11,1	16,3	19,1
M8	8	1,25	13	20	27	39	46
M10	10	1,5	17	40	53	78	92
M12	12	1,75	19	69	92	136	159
M14	14	2	21	111	148	218	255
M16	16	2	24	174	232	341	399
M18	18	2,5	27	239	330	469	549
M20	20	2,5	30	341	471	667	781

