

Schroefdraadverbindingen

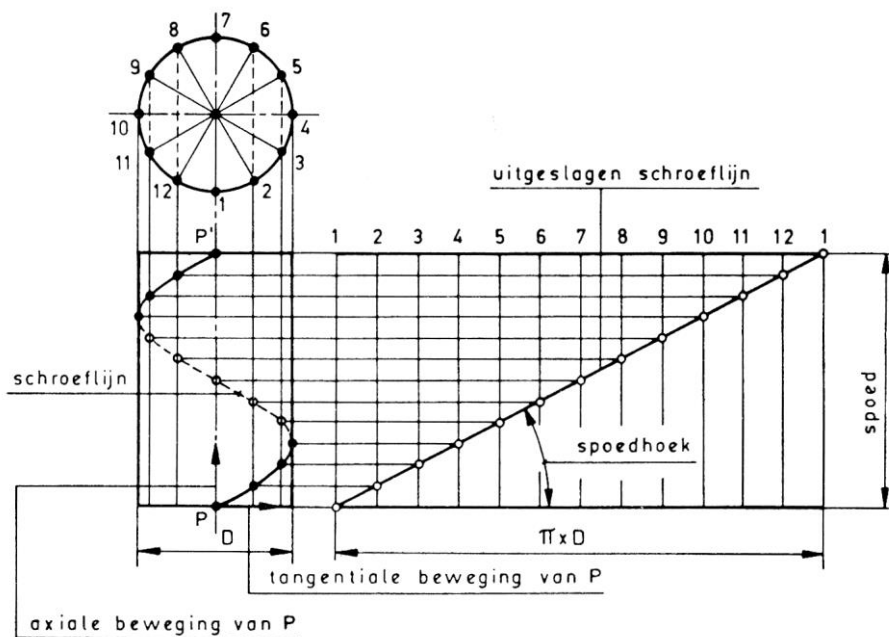
Verbindingen zijn onder te verdelen in:

- losneembare verbindingen.
- blijvende verbindingen.

Blijvende verbindingen zijn o.a. las verbindingen, terwijl schroefdraadverbindingen onder de losneembare verbindingen vallen.

Schroeflijn en schroefdraad

Een schroeflijn ontstaat wanneer een punt P langs de omtrek van een cilinder gelijktijdig een éénparige tangentele en een éénparige axiale beweging maakt, zie **fig.1**.



Figuur 1

Spoed

De weg die door P, na één omgang in tangentele richting, axiaal is afgelegd wordt de spoed van de schroeflijn genoemd.

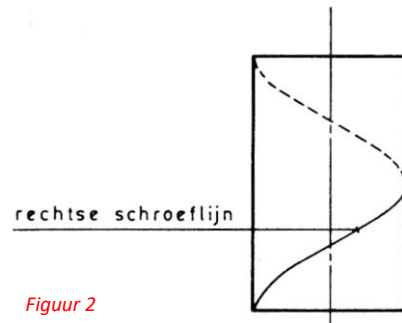
Spoeddriehoek

Een schroeflijn kan worden geconstrueerd op de in **fig.1** aangegeven manier. de driehoek op de uitgeslagen cilindermantel wordt spoeddriehoek genoemd.

Rechtse en linkse schroeflijn

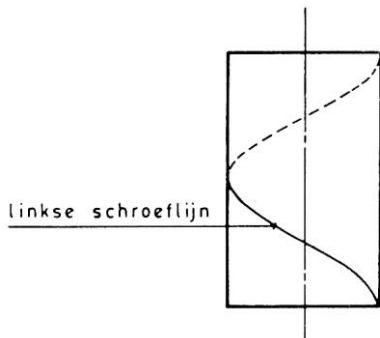
Een schroeflijn kan rechts zijn of links zijn, zoals afgebeeld in fig.2 en fig.3.

Een schroeflijn is rechts wanneer het zichtbare gedeelte ervan, van links naar rechts schuin oploopt, zoals te zien in fig.2.



Figuur 2

Een schroeflijn is links wanneer het zichtbare gedeelte ervan, van rechts naar links schuin oploopt, zoals te zien in fig.3



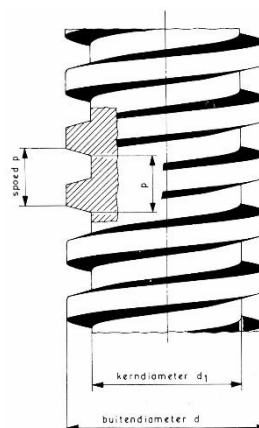
Figuur 3

Schroefdraad

Als we in punt P van fig.1 gelijktijdig een éénparige tangentielle en axiale beweging schrijven dan ontstaat er een schroeflijnvormige lijn, welke we schroefdraad noemen

In fig.4 zien we een trapezium schroefdraad.

De grootste diameter wordt aangeduid met de letter d , terwijl de kleinste diameter de kerndiameter wordt genoemd, en aangeduid wordt met de letter d_1 .



Figuur 4 Trapezium draad

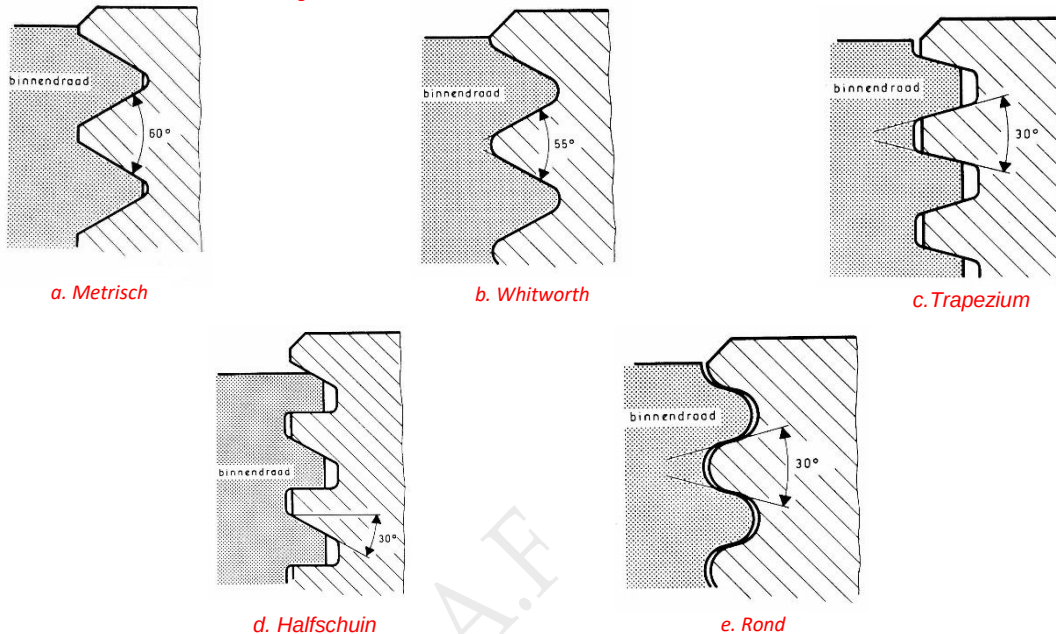
Schroefdraad profielen

Afhankelijk van het profiel van het schroefdraad, wordt er onderscheid gemaakt in rechthoekige, driehoekige, trapezium- en ronde schroefdraad.

De meest voorkomende draadprofielen zijn getekend in fig. 5a t/m 5e.

Verdere afmetingen zijn te vinden in diverse normbladen.

Figuur 5



Bevestigingsschroefdraad en bewegingsschroefdraad

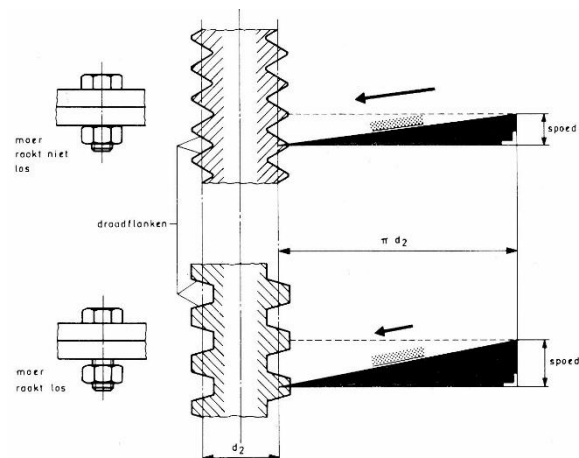
De schroefdraadsoorten met een driehoekige vorm lenen zich het beste voor bevestigingsschroefdraad, zoals o.a. bouten en moeren.

De andere schroefdraadsoorten lenen zich meer als bewegingsschroefdraad, zoals o.a. draadstangen van gereedschapswerktuigen.

Vergelijken we de figuren 6a en 6b, dan valt op, dat een trapezium schroefdraad bij gelijke d , een grotere spoed heeft dan een driehoekige schroefdraad

Figuur 6a

Figuur 6b



In de uitslagen van de schroefdraden zoals is afgebeeld in fig. 6a en 6b is te zien, dat een schroefdraad in feite een hellend vlak is, waarop in gebruikstoestand een bepaalde belasting staat.

De schroefvlakken die een belasting kunnen opnemen, worden draadflanken genoemd. Bij bevestigingsschroefdraad is het belangrijk, dat de last, of te wel moer door de optredende wrijving moeilijk kan afglijden, de verbinding mag niet uit zich zelf loswerken.

Bij de schroefdraad van fig. 6b zal vanwege de grote hellingshoek, ook wel spoedhoek genoemd de last gemakkelijk langs het schroefvlak afglijden.

Bij de driehoekige schroefdraad van fig. 6a is de spoedhoek veel kleiner en is de kans daarop veel kleiner. Voor bevestigingsdoeleinden kiezen we dan ook veelal voor driehoekige schroefdraad.

Bij bewegingsschroefdraad gaat het vaak om een grote verplaatsing per omwenteling van draadspil of moer in de axiale richting. Daar deze verplaatsing per omwenteling gelijk is aan de spoed, zal voor bewegingsschroefdraad, draadprofielen gekozen worden met een grote spoed zoals trapeziumschroefdraad, fig. 6b of soms, rechthoekige schroefdraad.

Een grotere spoed kunnen we maken, door de profielafmetingen groter te kiezen fig. 7a.

Een nadeel hiervan is dat dan de kerndiameter d_1 meestal erg klein wordt, hetgeen uit het oogpunt van sterkte ongunstig is.

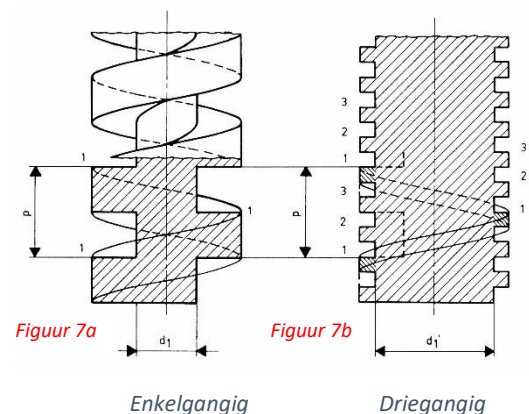
Meergangige schroefdraad

Dit nadeel kan worden opgeheven door toepassing van zogenaamde meergangige schroefdraad fig. 7b.

Bij de enkelgangige schroefdraad van fig. 7a is er over één spoedafstand één grof draadprofiel.

Over dezelfde spoedafstand is er in fig. 7b, met behoud van de grote spoed, echter drie fijne draadprofielen.

De schroefdraad in fig. 7b noemen we dan ook driegangig.



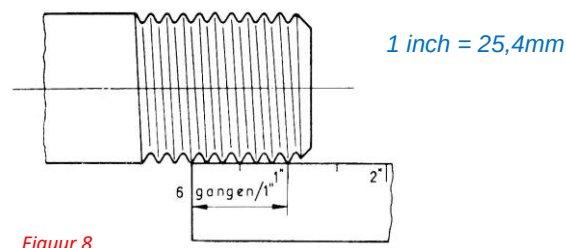
Spoedopgave

Bij de meeste schroefdraadsoorten wordt de spoed opgegeven in mm.

Een uitzondering hierop zijn de unie en whitworthschroefdraad.

Bij deze schroefdraad soorten wordt de spoed opgegeven in het gangen per inch fig. 8. De spoed in het getekende geval is:

$$\frac{25,4}{6} = 4,23mm$$

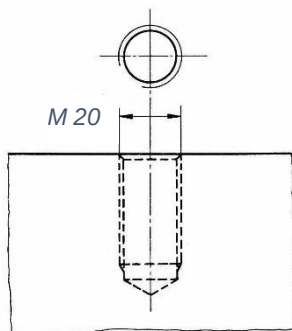


Figuur 8

Schroefdraadaanduidingen

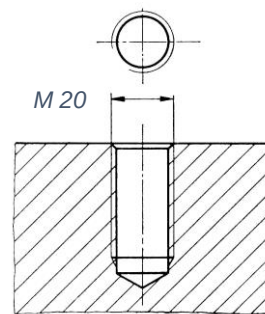
In de figuren 9 t/m 13 zijn genormaliseerde aanduidingen van schroefdraad getekend, volgens NEN-EN-ISO, <https://connect.nen.nl>

*Draadgat in vooraanzicht
en in bovenaanzicht*

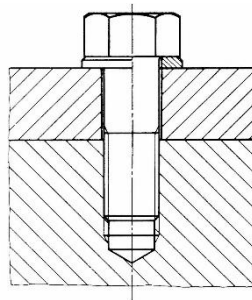


Figuur 9

*Draadgat in doorsnede
en in boven aanzicht*

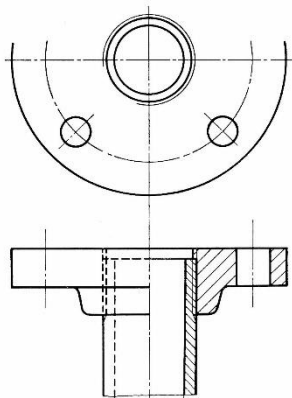


Figuur 10



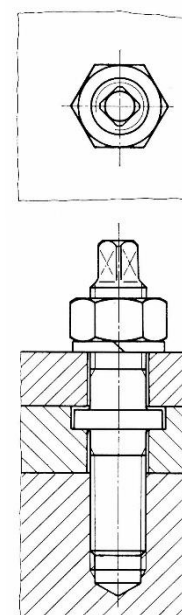
*Doorsnede van bout
in draadgat*

Figuur 11



*Schroefdraadverbinding
half vooraanzicht, half
doorsnede en
bovenaanzicht*

Figuur 12



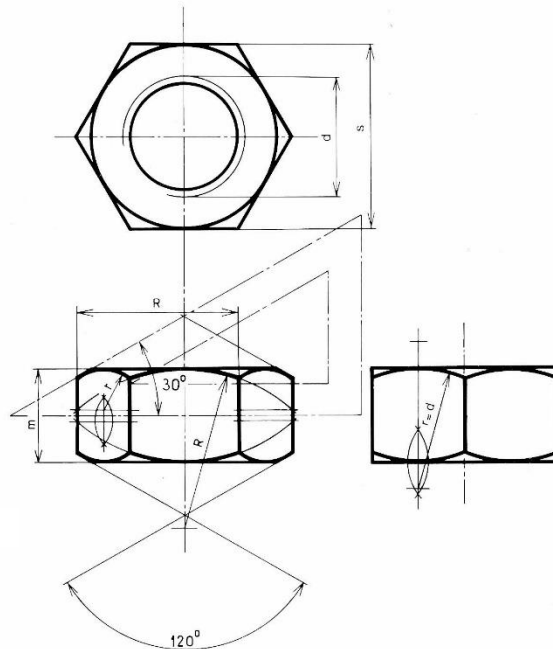
Figuur 13

*Schroefdraadverbinding
doorsnede en
bovenaanzicht*

Constructie zeskantmoer

Zeskantmoer in drie aanzichten.

De constructie van de bovenkant van een zeskantboutkop verloopt op dezelfde wijze als in fig. 14.



Figuur 14

Schroefdraadsoorten

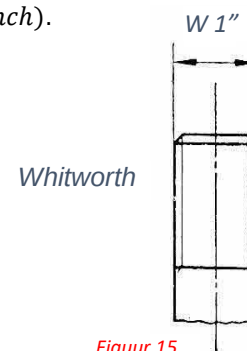
Bevestigingsschroefdraad die overwegend wordt toegepast is de metrische schroefdraad. De tophoek van de metrische schroefdraad is 60° , en van Whitworth schroefdraad 55° .

Maten voor de verschillende schroefdraadsoorten zijn te vinden in de normbladen.

Whitworth-draad werd vroeger veel gebruikt voor bevestigings doeleinden. Joseph Whithworth is begonnen met standaardiseren van schroefdraad als oplossing voor uitwisselbaarheid in de jonge spoorweg industrie.

In fig. 15 is de aanduiding van Whitworth-draad aangegeven, als $W 1''$ (inch).

https://nl.wikipedia.org/wiki/Joseph_Whitworth



Figuur 15

Whitworth-gasdraad kan uitgevoerd zijn als afdichtend, en niet afdichtend.

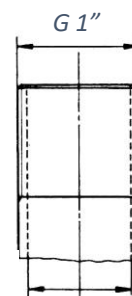
Zie hiervoor de normbladen.

In tegenstelling tot andere schroefdraadsoorten betekent de aanduiding $G 1''$ (*inch*), niet dat de buitendiameter van deze draad $1''$ is, maar dat deze de draad is gesneden op een pijp met een doorlaat van $1''$.

Het wil echter niet zeggen dat deze draad alleen voor pijpen kan worden toegepast.

De aanduiding is niet logische, maar is het gevolg dat deze fijne gasdraad vroeger veel bij gaspijpverbindingen werd toegepast.

Whitworth gasdraad
(niet afdichtend)

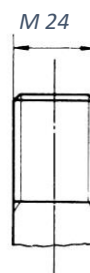


Figuur 16

Whitworth-draad werd niet alleen voor pijpverbindingen gebruik, maar ook voor bevestigingsdoeleinden, waarbij de kans op lostrillen tot een minimum wordt beperkt, met een kleine spoed en grote kerndiameter d_1 . zie fig. 16.

Metrisch wordt oa. gebruikt voor bevestigingsbouten, zie fig. 17.

Metrisch (ISO)

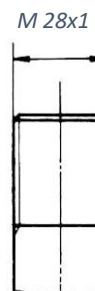


Figuur 17

Bij metrisch fijne schroefdraad wordt de spoed kleiner gekozen dan volgens de normbladen, bij een bepaalde diameter behorende spoed.

Toepassing hiervan zijn bevestigingsdraad waarvan de kans op lostrillen tot een minimum, en zonder gebruik van extra hulpmiddelen, zoals Loctite wordt beperkt, zie fig. 18.

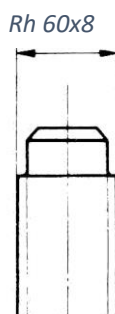
Metrisch-fijn



Figuur 18

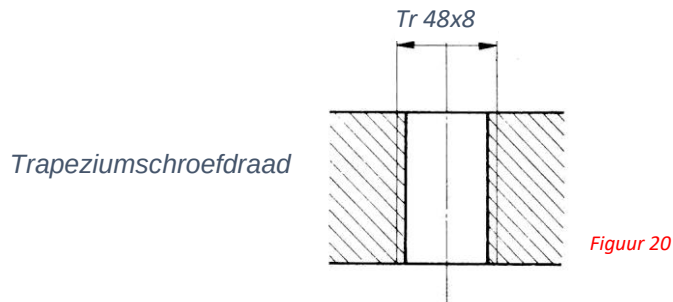
Rechthoekige schroefdraad, zoals afgebeeld in fig. 19 wordt als bewegingsschroefdraad weinig meer toegepast.

Rechthoekig
schroefdraad

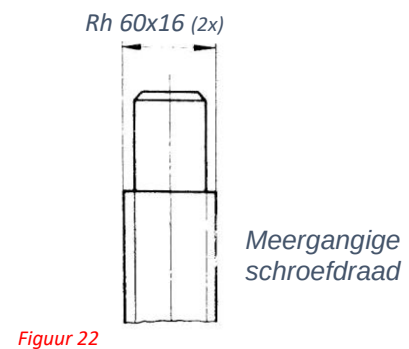
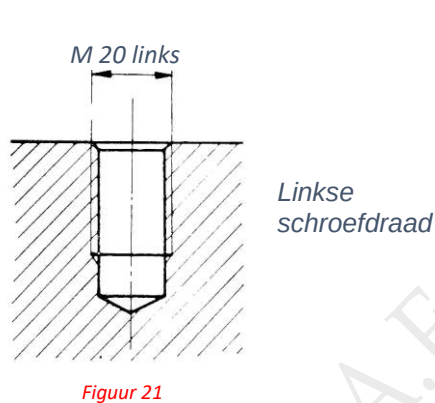


Figuur 19

Trapeziumschroefdraad, zoals afgebeeld in fig. 20 wordt als bewegingsschroefdraad toegepast.



In fig. 21 en 22 zijn respectievelijk linkse schroefdraad en meergangige schroefdraad afgebeeld.



Eenheid in schroefdraadsoorten

De grote verscheidenheid in schroefdraadsoorten kan vooral bij reparaties aanleiding geven tot moeilijkheden.

Zowel nationaal als internationaal moet dan ook worden gestreefd naar eenheid in schroefdraad.

Door het Nederlandse Normalisatie-Instituut wordt aanbevolen uitsluitend metrische schroefdraad volgens de normbladen te gebruiken.

Zie voor normbladen <https://connect.nen.nl>

Boutverbindingen, schroeven en moeren

Voor bevestigingsartikelen met metrische schroefdraad raadpleeg de normbladen

<https://connect.nen.nl>

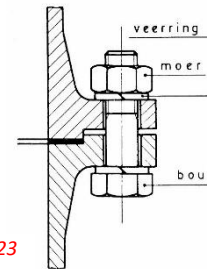
Normale boutverbinding

Een veel voorkomende boutverbinding geeft fig. 23.aan.

De boutkop is zeskantig, evenals de moer.

De bout bevindt zich met enige ruimte in het gat.

Om loswerken te voorkomen, zijn zowel onder boutkop als moer veerringen aangebracht. Door met een sleutel de moer aan te draaien worden de beide te verbinden delen tegen elkaar gedrukt.



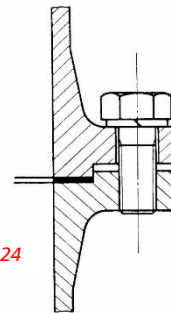
Figuur 23

Tapboutverbinding

De verbinding van fig.24 is tot stand gebracht met behulp van een tapbout.

De schroefdraad van de tapbout past in één van de te bevestigen delen.

De verbinding van fig.24 wordt alleen toegepast wanneer deze weinig of niet behoeft te worden losgenomen. Herhaaldelijk los- en vastdraaien zal vooral bij toepassing van gietijzer beschadiging van de schroefdraad in het onderdeel tot gevolg hebben.

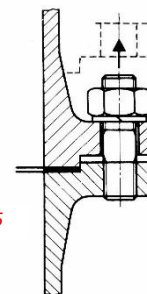


Figuur 24

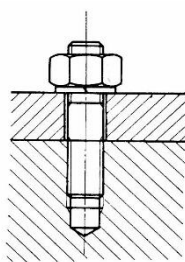
Tapeindverbinding

Een tapeindverbinding, zoals afgebeeld in fig. 25 zal bij herhaaldelijk los- en vastdraaien geen beschadigingen van de schroefdraad opleveren.

Bij deze verbinding wordt alleen de moer los- en vastgedraaid, terwijl het tapeind in de constructie blijft zitten.



Figuur 25



Figuur 26

Als in één van de onderdelen van de constructie geen doorgaand gat kan worden aangebracht, is een verbinding zoals afgebeeld in fig. 26 een optie.

Het draadgat moet dieper worden geboord dan de inschroeflengte van het tapeind.

Dit om mogelijk te maken hierin voldoende schroefdraad te snijden en verder om te

voorkomen dat, bij indraaien van het tapeind, de luchtdruk in het gat te hoog oploopt.

De bedoeling is dat het tapeind na eenmaal in het gat te zijn vastgedraaid, hieruit niet meer wordt verwijderd. Bij demontage van de verbinding wordt alleen de moer verwijderd. Een nadeel van een

tapeindverbinding is, dat de onderdelen na losdraaien van de moer pas dan t.o.v. elkaar kunnen worden verschoven, wanneer de aanrakingsvlakken ervan over een afstand gelijk aan de lengte van het uitstekende tapeindgedeelte van elkaar zijn getrokken.

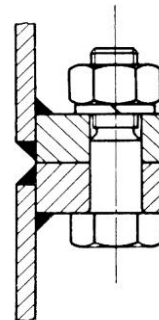
Pasbout verbinding

De pasboutverbinding van fig. 27 voorkomt dat onderdelen t.o.v. elkaar in een onjuiste positie komen (om de verbinding te fixeren).

De boutsteel past hier zuiver in het geruimde gat.

Een nadeel hierbij is, dat de pasbouten speciaal vervaardigd moeten worden.

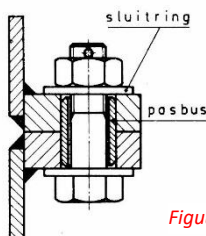
Pasbouten zijn in feite hele kleine constructies met een aparte functie om een positie te bepalen



Figuur 27

Boutverbinding met pasbus

Bij de verbinding van fig. 28 wordt verschuiven van de constructie delen t.o.v. elkaar voorkomen door een pasbus.



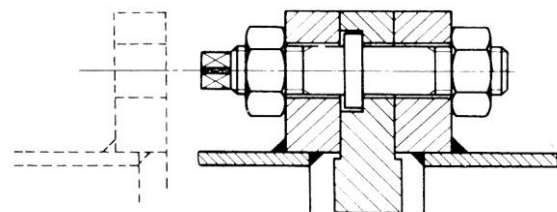
Figuur 28

De bout is hier een normale handelsbout.

De sluitringen onder kop en moer dienen ervoor om te zorgen, dat deze beide voldoende draagvlak krijgen.

Borstboutverbinding

De boutverbinding van fig. 29 is zodanig, dat het linkerdeel kan worden gedemonteerd, terwijl de verbinding van de beide andere delen intact blijft. Het vierkant aan het linker bouteinde dient om bij los- en vastdraaien van de rechtermoer de bout met een sleutel te kunnen tegenhouden.

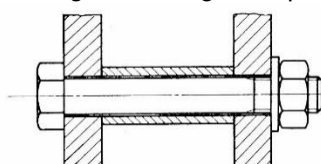


Figuur 29

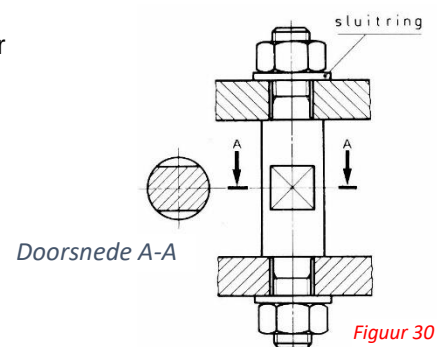
Afstandsboutverbinding

De verbinding van fig. 30 maakt het mogelijk twee onderdelen die zich op een bepaalde afstand van elkaar bevinden, te verbinden. De platte kanten in het midden van de kolombout dienen om deze bij het aandraaien van de moeren met een sleutel tegen te houden.

Om een groter draagvlak onder de moeren te verkrijgen, worden er sluitringen toegepast.



Figuur 31



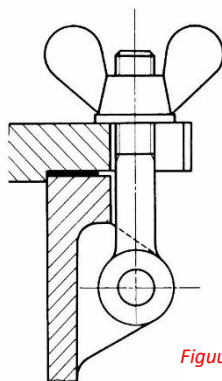
Figuur 30

Met de verbinding van fig. 31 wordt het zelfde bereikt, als in fig. 30. Deze uitvoering echter is goedkoper, maar minder solide.

Scharnierboutverbinding

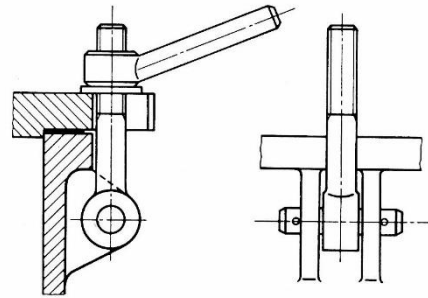
Deksels die vaak moeten worden verwijderd en weer aangebracht, worden vaak bevestigd met scharnierbouten, zie fig. 32a en fig. 32b.

De moeren kunnen met de hand worden bediend, en uitgevoerd zijn als vleugelmoer of als stangmoer.



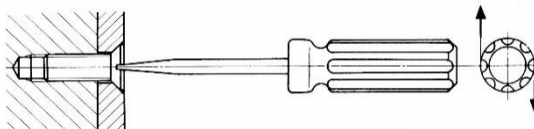
Figuur 32a

Figuur 32b



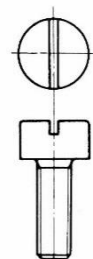
Schroefverbinding

De verbinding zoals weergegeven in fig. 33 is tot stand gebracht met behulp van een verzonken schroef.



Figuur 33

Figuur 34



Een schroef met cilindrische kop is getekend in fig. 34

Voor afmetingen voor schroeven, zie de normbladen. <https://connect.nen.nl>

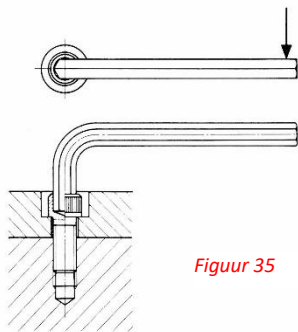
Verschil bout-schroef

Over het algemeen spreken we van een bout, als deze met een sleutel kan worden vastgezet. Van een schroef spreken we als deze met een schroevendraaier moet worden vastgedraaid. In de kop bevindt zich hiertoe een zaagsnede, zoals afgebeeld in fig. 33.

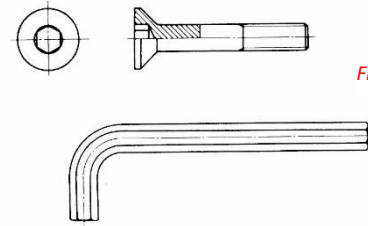
Voor belangrijke verbindingen moet het gebruik van schroeven met zaagsnede worden afgeraden. Het voldoende sterk aandraaien van een schroef met een schroevendraaier is, gezien het beperkte aandraaikoppel, niet mogelijk, zie fig. 34. Hetzelfde geldt ook voor schroeven met een z.g. kruisgleuf.

Schroeven met binnenzeskant

Veel beter is het voor belangrijke verbindingen schroeven te gebruiken met binnenzeskant, Dergelijke schroeven met een cilindrische of verzonken kop kunnen worden vastgezet met een sleutel van haaks omgebogen zeskant, zie fig. 35 en fig. 36.



Figuur 35



Figuur 36

Het gebruik van schroeven met zaagsnede of kruisgleuf moet worden beperkt tot lichte verbindingen waar de kans op loswerken gering is.

Zelf schroefdraad vormende schroeven

Voor verbindingen aan licht plaatwerk, zoals de carrosseriebouw wordt vaak gebruik gemaakt van zelf schroefdraad vormende schroeven, zie fig. 37. Bij gebruik van deze schroeven is meestal een gat in het plaatwerk te maken voldoende.

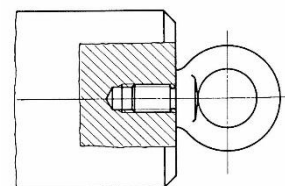
De hardstalen schroef kan hier zonder meer dan worden ingedraaid.



Figuur 37

Oogbout

De oogbout van fig. 38 wordt toegepast bij montage en demontage van zware onderdelen. De oogbout wordt in zo'n geval speciaal hiervoor in het werkstuk aangebracht draadgat gedraaid. Voor afmetingen oogbouten zie de normbladen. <https://connect.nen.nl>



Figuur 38

Moeren

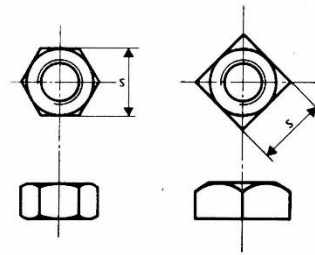
Voor afmetingen van moeren, zie de normbladen.

De meeste moeren zijn zeskantig uitgevoerd, zie fig. 39.

De afstand tussen sleutelvlakken wordt de sleutelwijdte genoemd.

De moerhoogte is meestal ca. 0,8 maal de buitendiameter van de schroefdraad, $m = 0,8d$.

In sommige gevallen worden moeren ook vierkant uitgevoerd.

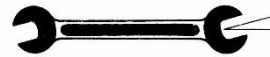


Figuur 39

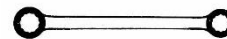
In fig. 40 is een steek en ringsleutel afgebeeld, voor de montage of demontage van zeskantige moeren, zoals afgebeeld in fig. 39.

De ringsleutel heeft echter wel de voorkeur boven de ringsleutel, omdat deze de gehele moer omsluit.

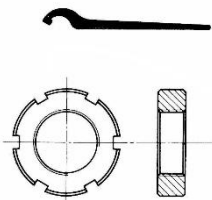
Voor de vierkante moer kan de steeksleutel worden gebruikt.



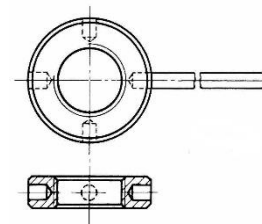
Figuur 40



Ook moervormen zoals die van fig. 41 en fig. 42 vinden soms toepassing, o.a. bij het monteren van lagers en assen. Deze moeren kunnen alleen met speciaal gereedschap worden los of vastgedraaid. Dit heeft als nadeel dat, wanneer het juiste gereedschap bij montage of demontage niet aanwezig is, deze moeren niet op de juiste wijze worden vastgezet.

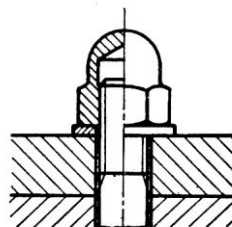


Figuur 41



Figuur 42

De dopmoer van fig. 43 wordt o.a. toegepast als siermoer voor het vastzetten van b.v. autowielen. Dopmoeren worden ook toegepast als de schroefdraad moet worden beschermd tegen bepaalde stoffen die zich aan de moerzijde bevinden.



Figuur 43

Het borgen van Schroefdraadverbindingen

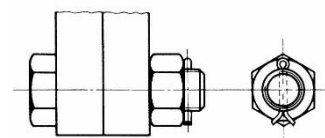
De afmetingen en benaming van platen en ringen voor bouten, schroeven, moeren en toebehoren zijn te vinden in de normbladen <https://connect.nen.nl>

Schroefdraadverbindingen kunnen o.a. door trillingen losraken. Vooral bij machines kan het losraken van een boutverbinding een ravage kan veroorzaken. Schroefdraadverbindingen waarbij de neiging tot lostrillen aanwezig is, moeten dan ook worden geborgd.

Het aantal manieren waarop schroefdraadverbindingen worden geborgd is groot. Veel borgconstructies zijn ingewikkeld, duur en soms bovendien nog ondoelmatig. Vaak worden schroefdraadverbindingen geborgd met borgboutjes, dus met weer een schroefdraadverbinding. Als we zeker willen zijn, dan moet ook het borgboutje weer tegen loswerken worden geborgd. De eenvoudigste borging is ook vaak het meest doelmatig.

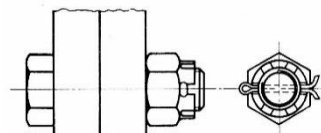
Borging met splitpen

Een eenvoudige en zeer doelmatige borging is die van fig. 44. Juist boven de moer is in de bout een doorlopend gaatje geboord. Door dit gaatje is een splitpen gestoken, waarvan de uiteinden zijn omgebogen. Bij borging volgens fig. 44 bestaat altijd nog de kans dat de moer iets gaat loswerken.



Figuur 44

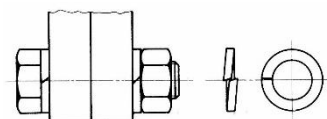
Bij de constructie van fig. 45 is ook dit uitgesloten. Hier is een z.g. kroonmoer toegepast.



Figuur 45

Borging met veerring

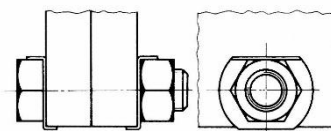
De boutverbinding in fig. 46 is geborgd met veerringen. De scherpe punten van deze hardstalen ringen dringen enigszins in de draagvlakken en voorkomen op deze manier loswerken van de verbinding. Voor het borgen van boutverbindingen die vaak moeten worden losgenomen is de veerring minder geschikt. De scherpe uitstekende punten aan de veerring zullen er vaak de oorzaak van zijn, dat bij losdraaien van de moer de veerring breekt, of dat de draagvlakken van moer en onderdeel worden beschadigd.



Figuur 46

Borging met borgplaatje

Een zeer betrouwbare borg is die met een borgplaatje fig. 47. Na vastdraaien van de moer wordt het borgplaatje op twee om geslagen nl. tegen een sleutelvlak en tegen het te bevestigen onderdeel. Deze borging is minder geschikt voor verbindingen die vaak moeten worden losgenomen. De omgebogen gedeelten van het borgplaatje zullen nl. na enige malen terugbuigen afbreken.

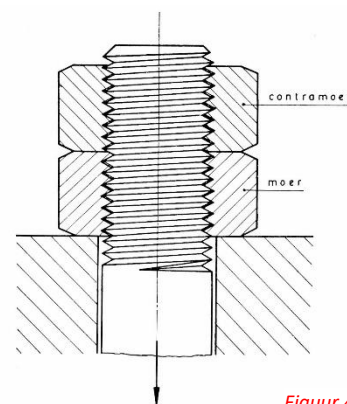
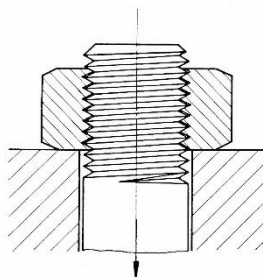


Figuur 47

Borging met contramoer

In sommige gevallen wordt er voor de borging een z.g. contramoer gebruikt, zie fig. 48. Bij normale boutverbindingen zit de ruimte, die altijd tussen de draad van bout en moer aanwezig is, aan één kant, zoals afgebeeld in fig. 49. Als we na aandraaien van de eerste moer nog een tweede moer aanbrengen fig. 48, dan is het de contramoer die de belasting draagt, mits deze contramoer voldoende is aangedraaid. De contramoer is a.h.w. klem gedraaid tegen de eerste moer en heeft de belasting die daarop stond overgenomen. De ruimte tussen de schroefdraad van de bout en de eerste moer in fig. 48 zit dan ook, vergeleken met fig. 49, aan de tegenovergestelde zijde.

Figuur 49



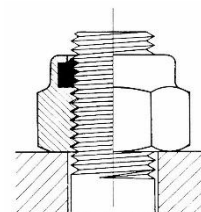
Figuur 48

NB Zeskantmoeren worden
In werktekeningen nooit in
doorsnede getekend

Soms werd vaak de fout gemaakt de contramoer een geringere hoogte te geven dan de moer. De contramoer neemt namelijk de belasting op, zoals hierboven is omschreven, Om zulke montagefouten uit te sluiten moet de contramoer de zelfde hoogte hebben als de moer, In fig. 48 is het dus de, door het op elkaar klemdraaien van de moeren, tussen de draadflanken van bout en moeren opgewekte wrijving, die loswerken van de schroefdraadverbinding moet voorkomen. Zekerheid geeft deze borging echter niet.

Speciale borgmoeren

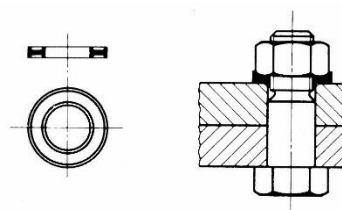
In fig. 50 wordt de borging verkregen door een boven in de moer aangebrachte ring van fiber. Ook hier is het de verhoogde wrijving tussen de draadflanken van bout en moer, die loswerken moet voorkomen.



Figuur 50

Borging van kunststof

Onder de naam van dubo-ring is een van kunststof vervaardigde borging in de handel, zie fig. 51. Bij het aandraaien van de moer wordt de ring vervormd, zodat deze om het zeskant van de moer en de schroefdraad van de bout stulpt. Behalve een goede borging hebben deze ringen een trillingdempend vermogen, dichten af en isoleren. De verbinding kan een nagenoeg onbeperkt aantal malen worden losgenomen, zonder dat de goede werking van de borging hierdoor noemenswaard achteruitgaat. Tegen hoge temperaturen is deze borging echter niet bestand.



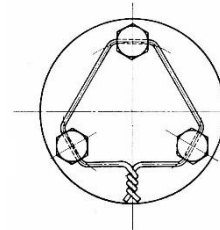
Figuur 51

Borging met staaldraadje

Tapbouten kunnen ook geborgd worden, zoals in fig. 52 is afgebeeld. Door de boutkoppen boort zijn gaatjes geboord. Na vastdraaien van de bouten wordt hierdoor een staaldraadje gestoken waarvan de uiteinden in elkaar worden gedraaid.

Een borging kan ook tot stand worden gebracht met vloeibare borgmiddelen zoals, Loctite.

<https://shop.eriks.nl/nl/loctite-schroefdraadborging#Problem>



Figuur 52

A.F.

Sterkteberekening van bouten

Uitvoering

Volgens de NEN normen wordt er onderscheidt van bouten en schroeven, wat betreft in de uitvoering in:

- Voor de meest nauwkeurige afwerking uitvoering *m*.
- Voor de minst nauwkeurige afwerking uitvoering *g*.
- Voor een afwerking welke ligt tussen *m* en *g* uitvoering *mg*.

Kwaliteitsklassen

De klasse aanduiding van de mechanische eigenschappen van bouten, schroeven, en van moeren is aangegeven in de [tabellen 1 en 2](#).

Voor bouten, schroeven, bestaat de klasseaanduiding uit twee, door een punt gescheiden getallen. Beide getallen met elkaar vermenigvuldigd geeft $\frac{1}{10}$ van de minimum rek- of vloeigrens van het materiaal.

Het eerste getal is $\frac{1}{100}$ van de minimum treksterkte in N/mm^2 .

Het tweede getal is: $\frac{\text{minimum rekgrens}}{\text{minimum treksterkte}} \cdot 10$.

Voorbeeld

$$\begin{aligned} \text{Klasse 5.6} \quad & \frac{1}{100} \cdot \text{minimum treksterkte} = 5N/mm^2 \\ & \text{minimum treksterkte} = 500N/mm^2 \\ & \frac{1}{10} \cdot \text{minimum rekgrens} = 5 \cdot 6N/mm^2 \\ & \text{minimum rekgrens} = 300N/mm^2 \end{aligned}$$

Stalen bouten en schroeven

klasse	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
minimum treksterkte in N/mm^2	350	400		500		600			800	1.000	1.200	1.400
minimum vloe- of rekgrens $\sigma_{tR} N/mm^2$	180	240	320	300	400	360	480	540	640	900	1.080	1.260

Tabel 1

Stalen moeren met een effectieve schroefdraadlengte van tenminste 0,6 maal de uitwendige draaddiameter ($\geq 0,6d$) en een sleutelwijdte 1,5d.

Stalen moeren

klasse	4	5	6	8	10	12	14
proefspanning in N/mm^2	400	500	600	800	1.000	1.200	1.400

Tabel 2

De klasseaanduiding van de mechanische eigenschappen van moeren wordt aangegeven door een getal dat overeenkomt met $\frac{1}{100}$ van de proefspanning N/mm^2 .

Deze proefspanning moet overeen te komen met de minimum treksterkte van de bout of schroef waarmee de moer wordt gecombineerd.

Bij een combinatie bout-moer, dient het klassegetal van de moer hetzelfde te zijn als het eerste getal van de klasseaanduiding van de bout, zie hier voor de NEN normen.

Statische en dynamische belastingen

Statische belastingen, d.w.z. onveranderlijke belasting is veel gunstiger dan dynamische belastingen.

Bij dynamische belastingen kan weer onderscheid worden gemaakt tussen veranderlijke trek- of drukbelastingen en wisselbelastingen. Wisselbelastingen zijn het meest ongunstig.

Het zijn belastingen waarbij beurtelings trek- en drukkrachten optreden.

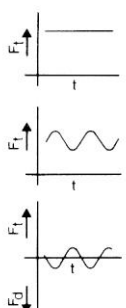
Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat een belasting beurtelings verandert van een trekkracht van $5kN$ in een drukkracht van $5kN$.

Toelaatbare trekspanningen

Voor in bouten toelaatbare materiaalspanningen, zie tabel 3.

De toelaatbare spanning bij constante belasting is gebaseerd op de rekgrens en die bij veranderlijke en wisselbelasting op de uitkomsten van vermoeidheidsproeven.

Toelaatbare trekspanning $\bar{\sigma}_t$ in stalen bouten



boutuitvoering	g	mg	m
constante belasting normaal aangedraaid	$0,4 \sigma_{tR}$	$0,45 \sigma_{tR}$	$0,5 \sigma_{tR}$
veranderlijke belasting sterk aangedraaid	$0,25 \sigma_{tR}$	$0,35 \sigma_{tR}$	$0,4 \sigma_{tR}$
wisselbelasting normaal aangedraaid		$0,1 \sigma_{tR}$	$0,15 \sigma_{tR}$

Tabel 3

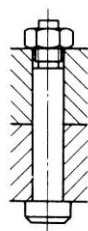
Extra spanningen door sterk aandraaien

Bij sterk aangedraaide bouten treedt in het boutmateriaal behalve trek, ook wringing op.

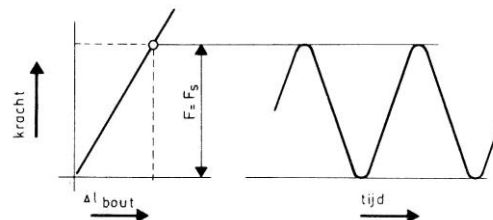
Gunstige invloed van sterk aandraaien bij veranderlijke belastingen.

De boutverbinding van fig. 53a moet een sprongbelasting overbrengen, d.w.z. de belasting op de verbinding loopt op van 0 tot F en neemt daarna weer af van F tot 0, enz. Wordt de boutverbinding met de hand aangedraaid, niet op moment dan zal hierdoor in de bout geen trekkracht optreden.

Als we op de verbinding een sprongbelasting laten werken, dan zal ook de bout afwisselend worden belast met $0 - F - 0 - F$, zoals te zien is in fig. 53a. De kans is in zo'n geval groot dat het boutmateriaal door deze grote belastingsschommeling op den duur vermoeid raakt en bezwijkt.



Figuur 53a

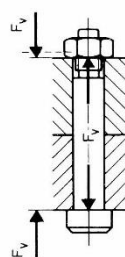


In fig. 53b is de moer zodanig aangedraaid dat in de bout reeds hierdoor een trekkracht F_v optreedt. Het gevolg hiervan is een elastische verlenging van de boutsteel en een eveneens elastische indrukking van de flenzen, zie fig. 53b.

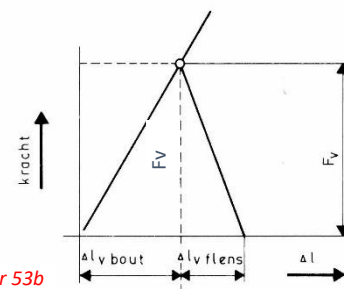
Werkt op de verbinding nu de sprongbelasting $0 - F - 0 - F$, dan zal telkens bij het tijdelijk optreden van de belasting F de trekkracht in de bout oplopen tot F_{bmax} , waardoor de bout nog meer elastisch zal uitrekken. Dit laatste heeft echter tot gevolg dat de elastische indrukking van de flenzen kleiner wordt wat inhoudt dat de kracht tussen de flenzen afneemt tot F_{fmin} .

De trekkracht in de bout loopt dus maximaal op tot $F_{bmax} = F_{fmin} + F$, zie fig. 53c.

De trekbelasting in de bout schommelt in dit geval derhalve tussen $F_v = F_{bmin}$ en F_{bmax} , zie fig. 53c.

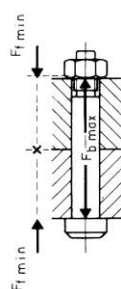


Figuur 53b

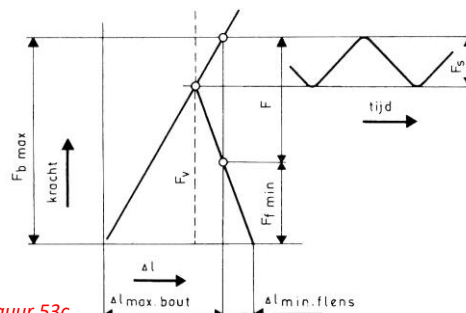


De belastingsschommeling bij de sterk aangedraaide bout, zie fig. 53c blijkt dan ook veel geringer te zijn dan bij de niet aangedraaide bout, zie fig. 53a.

Ondanks de veel hogere maximumbelasting is de kans op materiaalvermoeidheid bij de sterk aangedraaide bout, fig. 53b en c veel geringer dan bij de niet, of in geringe mate aangedraaide bout, fig. 53a.



Figuur 53c



Verschraalde bouten

Bouten die weerstand moeten kunnen bieden aan veranderlijke belastingen, worden vaak uitgevoerd, zoals in fig. 54a is aangegeven. Deze bouten worden ook wel verschraalde bouten genoemd, omdat de boutsteel over een groot gedeelte van de lengte is afgedraaid tot een diameter gelijk of kleiner dan de kerndiameter van de schroefdraad.

Verschraalde bouten zijn elastischer dan de niet verschraalde bouten, zoals afgebeeld in fig., 54b.

Bij drijfstanen van b.v. motoren worden de veranderlijke belastingen meestal veroorzaakt door massakrachten. De dan optreden van materiaalvermoeidheid kan dan worden voorkomen door bouten toe te passen die gemakkelijk elastisch vervormen, zoals verschraalde bouten.

Bij dezelfde voorspanning F_v , en sprongbelasting $0 - F - 0 - F$, zijn $F_{b,max}$ en de belastingsschommeling in de verschraalde bout van fig. 54a geringer dan die in de niet verschraalde bout van fig. 54b, zie diagram 1.

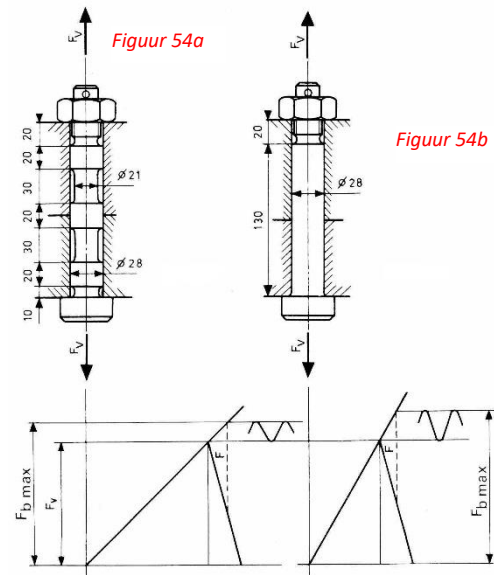


Diagram 1

Berekening van elastische boutverlenging

Bij een belasting $F = 15kN$, is volgens de wet van Hooke de elastische verlenging van de bout, zoals afgebeeld in fig. 54a gelijk aan:

$$\Delta_l = \frac{F \cdot l}{A \cdot E}$$

$$\Delta_l = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (10 + 30 + 30 + 20)}{\frac{1}{4}\pi \cdot 21^2 \cdot 21 \cdot 10^4} + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (20 + 20 + 20)}{\frac{1}{4}\pi \cdot 28^2 \cdot 21 \cdot 10^4} \Rightarrow$$

$$\Delta_l = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (10 + 30 + 30 + 20) \cdot 4}{\pi \cdot 21^2 \cdot 21 \cdot 10^4} + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (20 + 20 + 20) \cdot 4}{\pi \cdot 28^2 \cdot 21 \cdot 10^4} \Rightarrow$$

$$\Delta_l = 0,0186 + 0,0069 \Rightarrow$$

$$\Delta_l = \underline{\underline{0,0266mm}}$$

Bij dezelfde belasting $F = 15kN$ geeft de bout van fig. 54b een elastische verlenging van:

$$\Delta_l = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (20)}{\frac{1}{4}\pi \cdot 21^2 \cdot 21 \cdot 10^4} + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (130)}{\frac{1}{4}\pi \cdot 28^2 \cdot 21 \cdot 10^4} \Rightarrow$$

$$\Delta_l = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (20) \cdot 4}{\pi \cdot 21^2 \cdot 21 \cdot 10^4} + \frac{15 \cdot 10^3 \cdot (130) \cdot 4}{\pi \cdot 28^2 \cdot 21 \cdot 10^4} \Rightarrow$$

$$\Delta_l = 0,00412 + 0,0151 \Rightarrow$$

$$\Delta_l = \underline{\underline{0,0192mm}}$$

We kunnen hieruit concluderen dat de bout van fig. 54a meer elastisch is dan de bout van fig. 54b. De vervorming van boutkop en moer is hierbij verwaarloosd.

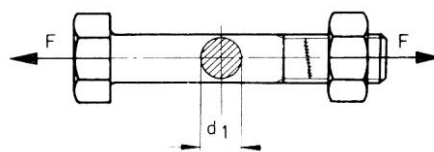
Overgangs afrondingen

Bij wisselend of veranderlijk belaste bouten zijn de overgangen van grote naar kleine diameters belangrijk. Dergelijke overgangen moeten geleidelijk en goed afgerond zijn, zie fig. 54a en 54b. Een scherpe overgang betekent een plaatselijke spanningsverhoging, wat een vermoeidheidsbreuk tot gevolg kan hebben.

Zwakste boutdoorsnede op trek

Een op trek belaste bout heeft zijn kleinste doorsnede ter plaatse van de schroefdraad. Een doorsnede $A = \frac{1}{4}\pi d_1^2$, moet weerstand bieden aan de trekkracht, zie fig. 55.

Bij een op trek belaste bout is de kerndiameter d_1 van de schroefdraad bepalend voor de sterkte van de bout.



Figuur 55

Voorbeeld 1

Geg.: De zeskantbout, met moer $M24 \times 90$ -St uit fig. 55 wordt met een constante trekkracht belast.
De bout klasse is 4.6. uitvoering g

Gevr.: De maximale treksterkte van de bout.

Opl.: $\bar{\sigma}_t = 0,4 \cdot \sigma_{tR} \Rightarrow$ Zie tabel 1 Blz. 17, en tabel 3 Blz. 18

$$\bar{\sigma}_t = 0,4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 6 \Rightarrow$$

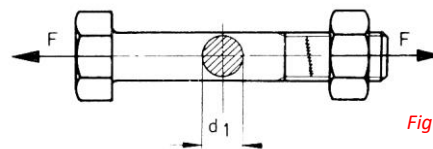
$$\bar{\sigma}_t = 96N/mm^2$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$96 = \frac{F}{\frac{1}{4}\pi d_1^2} \Rightarrow$$

$$F = \frac{1}{4}\pi \cdot 20,319^2 \cdot 96 \Rightarrow$$

$$F = \underline{\underline{31129N}} = \underline{\underline{31.1kN}}$$



Figuur 55

Berekening op afschuiven

Bouten kunnen in een boutverbinding niet alleen op trek worden belast, maar ook op afschuiving ook op afschuiven, zie fig. 56. De ronde doorsnede van de bout moet weerstand bieden aan de afschuivende kracht, gelijk aan de diameter van de boutsteel. Om verschuiven van de onderdelen te voorkomen, wordt de boutsteel meestal passend in het gat gemaakt. De toelaatbare schuifspanning $\bar{\tau}_d$ wordt voor bouten meestal 0,6 maal de toelaatbare trekspanning genomen, zie tabel 3 op blz. 18.

$$\bar{\tau}_d = 0,6 \cdot \bar{\sigma}_t.$$

Voorbeeld 2

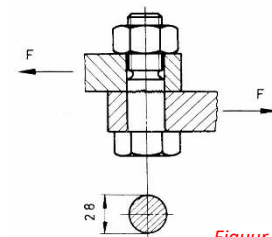
Geg.: Een stalen bout, volgens fig. 56 met een veranderlijke kracht F
Boutklasse 4.8 uitvoering m, normaal aangedraaid.

Gevr.: Bereken de maximale kracht welke de bout mag opnemen.

Opl.: $\bar{\tau}_d = 0,6 \cdot \bar{\sigma}_t$ $\bar{\sigma}_t = 0,5 \cdot \sigma_{tR}$ Zie tabel 1 Blz. 17, en tabel 3 Blz. 18

$$\bar{\tau}_d = 0,4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 6 \Rightarrow$$

$$\bar{\tau}_d = 96N/mm^2$$



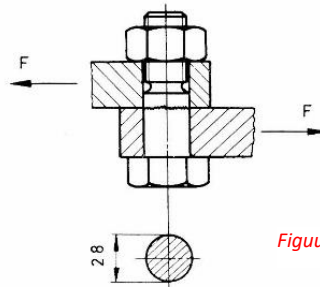
Figuur 56

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$96 = \frac{F}{\frac{1}{4}\pi d_1^2} \Rightarrow$$

$$F = \frac{1}{4}\pi \cdot 28^2 \cdot 96 \Rightarrow$$

$$F = \underline{\underline{5911N}} = \underline{\underline{59kN}}$$



Figuur 56

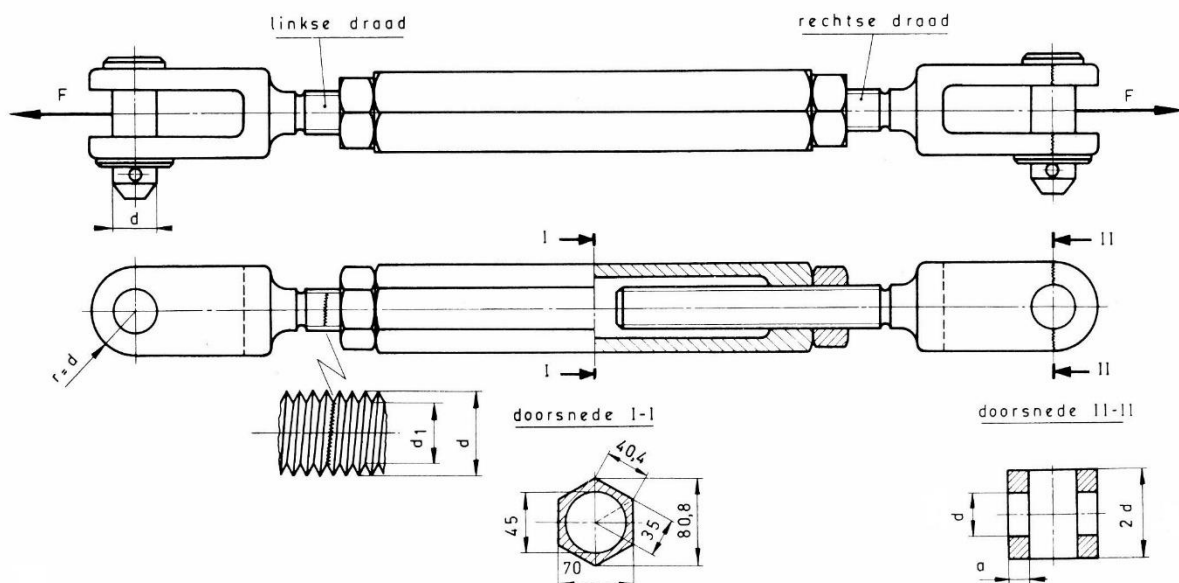
Voorbeeld 3

Geg: Een spanschroef 3.6, uitvoering *g*, van onderstaand fig.57 dient voor het spannen van een staalkabel.

De veranderlijke trekkracht is maximaal 30kN.

Materiaal Fe 360.

Voor de pennen geldt: $\bar{\tau}_d = 25N/mm^2$.



Figuur 57

- Gevr:
- De schroefdraadafmetingen.
 - De diameter van de pennen.
 - De afmetingen van de draadstangkoppen.
 - De optredende trekspanning in de spanmoer.

Opl: a. De schroefdraadafmetingen.

Uitvoering bout 3.6

Zie tabel 1 Blz. 17, en tabel 3 Blz. 18

Min. vloeï- of rekgrens = 180 N/mm²

De belasting is veranderlijk, uitvoering g

$$\bar{\sigma}_t = 0,25\sigma_{tR}$$

$$\bar{\sigma}_t = 0,25 \cdot 180 \Rightarrow$$

$$\bar{\sigma}_t = \underline{45 \text{ N/mm}^2}$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}_t} \Rightarrow$$

$$A = \frac{30 \cdot 10^3}{45} \Rightarrow$$

$$A = \underline{666,67 \text{ mm}^2}$$

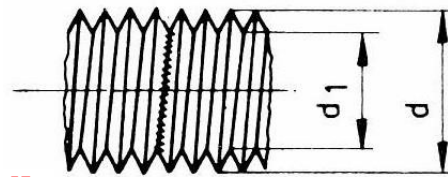
$$A = \frac{\pi}{4} d_1^2 \Rightarrow$$

$$666,67 = \frac{\pi}{4} d_1^2 \Rightarrow$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{666,67 \cdot 4}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d_1 = \underline{29,135 \text{ mm}}$$

Neem M36, $d_1 = 31,1 \text{ mm}$



Figuur 57

b. De diameter van de pennen.

$$\bar{\tau}_d = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$A = \frac{F}{\bar{\tau}_d} \Rightarrow$$

$$A = \frac{30 \cdot 10^3}{25} \Rightarrow$$

De pennen worden behalve op afschuiven ook op buigen belast, hierdoor wordt er gerekend met een lage schuifspanning van $\bar{\tau}_d = 25 \text{ N/mm}^2$.

$$A = 1200 \text{ mm}^2$$

Er wordt dubbel snedig afgeschoven

$$A = \frac{1200}{2} \Rightarrow$$

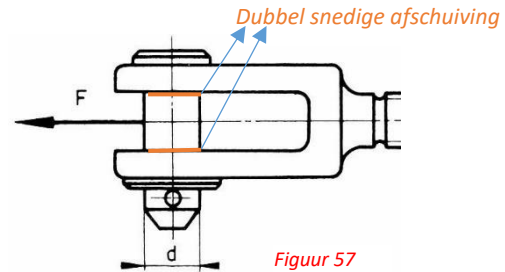
$$A = 600 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \Rightarrow$$

$$600 = \frac{\pi}{4} d^2 \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{600 \cdot 4}{\pi}} \Rightarrow$$

$$d = 27,6 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$$



Figuur 57

c. De afmetingen van de draadstangkoppen.

De draadstang koppen worden alleen op trek belast.

$$\bar{\sigma}_t \text{ Fe 360} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}_t} \Rightarrow$$

$$A = \frac{30 \cdot 10^3}{40} \Rightarrow$$

$$A = 750 \text{ mm}^2$$

Zie doorsnede II – II

$$A = 2(2d \cdot a - d \cdot a) \Rightarrow$$

$$A = 2 \cdot d \cdot a \Rightarrow$$

$$750 = 2 \cdot 28 \cdot a \Rightarrow$$

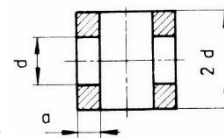
$$a = \frac{750}{56} \Rightarrow$$

$$a = 13,39 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$$

Er wordt aangenomen, dat r van de draadstangkoppen gelijk is aan d van de pennen.



Figuur 57



- d. De optredende trekspanning in de spanmoer.

Zie doorsnede I – I

$$A_{driehoek} = \frac{b \cdot a}{2}$$

$$A = A_{zesk.} - A_{gat} \Rightarrow$$

$$A = 6 \cdot 40,4 \cdot \frac{35}{2} - \frac{\pi}{4} 45^2 \Rightarrow$$

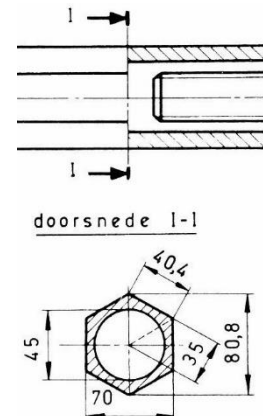
$$A = 4242 - 1589,625 \Rightarrow$$

$$A = \underline{2652mm}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \Rightarrow$$

$$\sigma_t = \frac{30 \cdot 10^3}{2652} \Rightarrow$$

$$\sigma_t = \underline{\underline{11,31N/mm^2}}$$



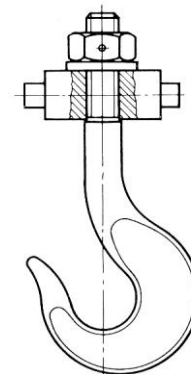
Figuur 57

*De spanmoer is zeskant,
met een sleutelwijdte van
70 mm*

Opgaven

- Geg.: Een lasthaak, zie fig. 58 waarvan de maximale belasting 150kN is.
De lasthaak is vervaardigd van FE490.
De belasting is veranderlijk, met een schroefdraad uitvoering m.
Met het verschieten van strop in de haak wordt er met $\frac{3}{4}$ van de toelaatbare trekspanning gerekend

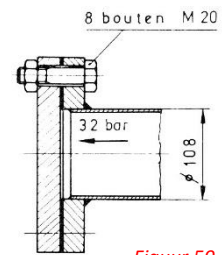
Gevr.: Bereken de middellijn van de metrische schroefdraad.



Figuur 58

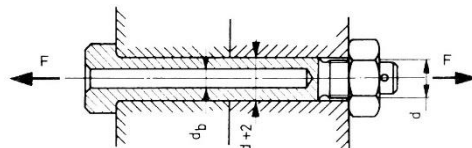
2. Geg.: In een pijp, zie nevenstaand fig. 59 heerst een overdruk van 32 bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$).

- Gevr.: a. De kracht op het deksel tgv. de kracht.
b. De maximaal optredende trekspanning in de bouten als de bouten om flenslekkage te voorkomen, gezamenlijk een kracht uitoefenen gelijk een tweemaal de onder a gevraagde kracht.



Figuur 59

3. Geg.: De 4.6 bout, uitvoering m, van onderstaand fig.60 wordt belast met een veranderlijke Kracht $F = 16 \text{ kN}$.



Figuur 60

- Gevr.: Bereken d en d_b . (Metrische schroefdraad toepassen).

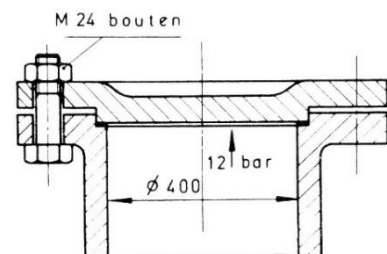
3. Geg.: Een draadstang wordt belast met een constante drukkracht van 20 kN .
De buitendiameter van de stang is 40 mm .
De spoed van de vierkante schroefdraad is 10 mm .

- Gevr.: a. De kerndiameter van de schroefdraad.
b. De maximaal optredende drukspanning.

5. Geg.: In de cilinder van onderstaand fig. 61 heerst een overdruk van, 12 bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/mm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$).
Het deksel is bevestigd met 4.6 zeskantbouten met stalenmoeren $M24$ uitvoering g .
De bouten zijn aan een veranderlijke belasting blootgesteld en moeten strek worden aangedraaid

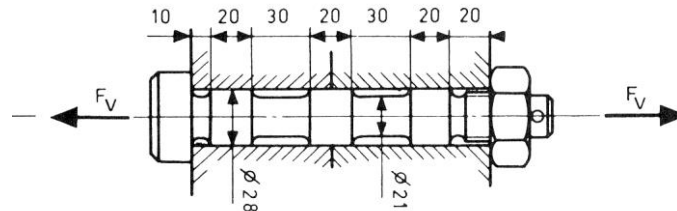
- Gevr.: a. De totale kracht op het deksel tgv. de druk.
b. De kracht die iedere bout kan opnemen.
c. Het benodigde aantal bouten.

Om deksellekkage te voorkomen het berekende aantal bouten met 1,5 vermenigvuldigen.



Figuur 61

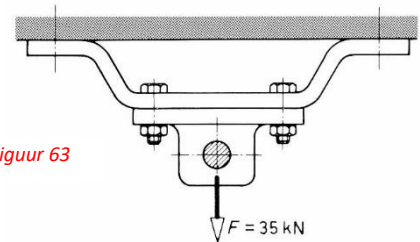
6. Geg.: Een verschraalde bout met de zelfde lengteafmetingen als onderstaand **fig. 62** heeft diameters van resp. 22 en 16mm.
De schroefdraad is M20.
De bout wordt belast door een constante kracht van 13kN.



Figuur 62

- Gevr.: a. De maximaal optredende trekspanning.
b. De elastische verlenging. $E = 21 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$.
7. Geg.: Een lager van een drijfwerk as wordt met twee bouten aan een lager stoel bevestigd. Materiaalklasse bouten 4.6. uitvoering g, zie **fig. 63**.
De maximale belasting $F = 38 \text{ kN}$.

Gevr.: Bereken de kerndiameter van de metrische schroefdraad.



Figuur 63

8. Geg.: De middellijn van luchtcompressor is 320mm.
Het cilinderdeksel wordt met 8 tapeinden op de cilinder bevestigd.
De maximale overdruk aan het eind van de compressie slag is 8 bar.
Materiaalklasse van de tapeinden 5.6, uitvoering m.
De aanhaalbelasting wordt 25% hoger dan door de druk veroorzaakte belasting.

Gevr.: Bereken de kerndiameter van de metrische schroefdraad.