

Machines in onze omgeving	blz. 62
Wat is mechanica?	blz. 62
De elektromotor	blz. 62
Wormwieloverbrenging	blz. 63
Slagboom	blz. 63
Draaitafel	blz. 63
Tandwieloverbrenging	blz. 64
Krukasoverbrenging	blz. 64
Voertuigaandrijving (Voertuig 1-3)	blz. 65
Tandwieloverbrenging met kettingen	blz. 65
Voertuig met besturing	blz. 66
Schakeloverbrenging	blz. 67
Planeetwieloverbrenging	blz. 68
Conische tandwieloverbrenging	blz. 69
Keukenmachine	blz. 69
Differentieel	blz. 69
Schroefspindel	blz. 70
Wagenkrik	blz. 70
Schaarheftafel	blz. 71
Draaibank	blz. 71
Koppeloverbrenging	blz. 72
Ruitenwisser	blz. 72
Vierscharniersmechanisme	blz. 72
Beugelzaag	blz. 73
Hefboom	blz. 73
Balansweegschaal	blz. 73
Weegschaal met schuifgewicht	blz. 74
Katrollen – takels	blz. 74
De wereld van de statica	blz. 76
Tafel	blz. 76
Trapladder	blz. 77
Balkenbrug	blz. 77
Brug met onderslagbalken	blz. 78
Brug met bovenslagbalken	blz. 78
Jachtkansel	blz. 79
Kraan	blz. 79

Inhoud



Machines in onze omgeving

► Wie sleept vandaag de dag nog zware lasten door de wereld? Wie boort met pure spierkracht een gat in de muur? Wie wast zijn was met alleen maar een wasbord? Vrijwel niemand. De mens heeft vele apparaten uitgevonden, die het leven en het werk vergemakkelijken. Te beginnen bij het maalmechanisme van een molen via de straalmotor van een jumbojet tot aan de computer. Apparaten die je werk vergemakkelijken of zelfs kunnen overnemen, worden in de vaktaal machines genoemd.

Machines kunnen:	Voorbeeld:
● Lasten verplaatsen	● Vrachtwagen, personenauto, kraan, graafmachine,...
● Grondstoffen verwerken	● Deegmixer, betonmixer, mixer,...
● Elektrische energie in bewegingsenergie omzetten	● Elektromotor
● Gegevens verwerken	● Zakrekenmachine, computer,...

Wat is mechanica?

► In de mechanica gaat het om effecten en krachten, die invloed hebben op starre en bewegende elementen. De mechanica is onderverdeeld in verschillende deelgebieden, zoals bijv. statica, dynamica, kinetica of thermodynamica. Wij beperken ons tot twee gebieden: de dynamica en de statica.

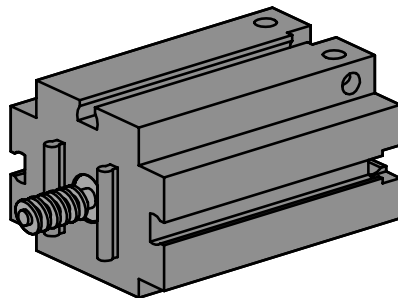
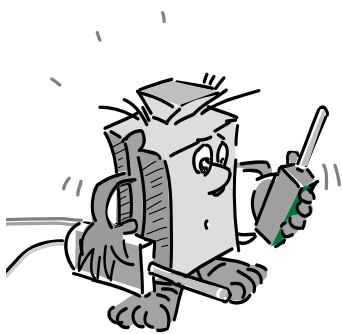
Al in de klassieke oudheid hebben wetenschappers de mechanicagebieden onderzocht. De oude kerkbouwmeesters hebben met steeds hogere kerken het evenwicht van de krachten tot het uiterste beproefd. Vandaag de dag zorgt een staticus voor de berekeningen voor de stabiliteit van een bouwwerk. Zijn beroep heeft zijn oorsprong – zoals de naam al aangeeft – in het mechanische deelgebied van de statica. Meer daarover vertellen wij je in het themadeel statica.

Altijd wanneer machines of overbrengingen in beweging worden gezet, zijn deze dynamisch. De **dynamica** beschrijft de verandering van de bewegingsgrootheden, bijv. tijdens het draaien van een as, tijdens een heen- en weergaande beweging of een tandwieloverbrenging. De dynamica is dus tevens de leer van de bewegingsveranderingen. Wat dat nu precies inhoudt, leer je in de onderstaande hoofdstukken kennen.

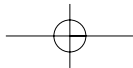
De elektromotor

► De motor is een mogelijke aandrijving voor een machine. Wij onderscheiden twee soorten motoren: verbrandingsmotoren en elektromotoren. Een auto bijv. wordt door een verbrandingsmotor aangedreven. Een dergelijk gecompliceerde motor heb jij natuurlijk niet in je bouwdoos, maar wel een elektromotor.

Elektromotoren zijn de aandrijvingen van de meeste alledaagse machines. Deze kunnen overal worden gebruikt waar elektrische energie beschikbaar is.



De elektromotor in jouw bouwdoos heeft een erg hoog toerental, dat wil zeggen dat deze zo snel draait, dat je een enkele omwenteling zelfs niet kunt herkennen. Jouw motor is echter uiterst „zwak“, hij kan dus geen lasten optillen en ook geen voertuig aandrijven. Om het snelle toerental te verminderen en om de motor „sterker“ te maken, heb je een overbrenging nodig.



► Om het hoge toerental van de motor te verminderen, is een wormwieloverbrenging de beste oplossing. Daarbij wordt op de motoras, dat is de stang, die uit de motorbehuizing steekt, een wormwiel geplaatst. Het wormwiel drijft een tandwiel aan. Dit soort overbrenging wordt daar gebruikt, waarbij in een kleine ruimte hoge toerentallen moeten worden verlaagd.

Een wormwieloverbrenging werkt zelfblokkerend. Dat wil zeggen dat het wormtandwiel weliswaar door het wormwiel kan worden aangedreven, maar dat de overbrenging in omgekeerde volgorde wordt geblokkeerd.

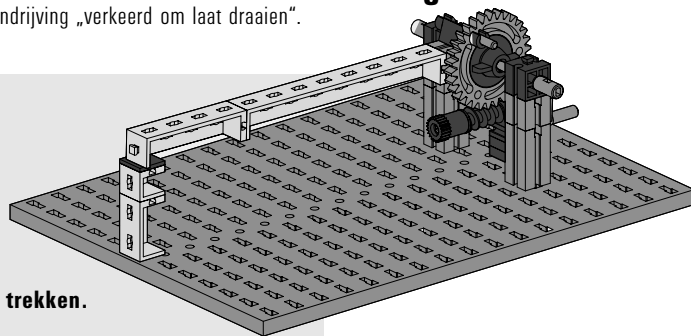
► Slagbomen en kranen gebruiken deze overbrenging, omdat de veilige blokkeerwerking van het wormwiel hier voorkomt dat de slagboom of de in de kraan hangende last de aandrijving „verkeerd om laat draaien“.

Wormwiel-overbrenging



Taak:

- **Bouw het model van de slagboom na.**
- **Draai de slagboom met de slinger naar boven.**
Hoe vaak moet je de slinger ronddraaien, om de slagboom rechtop te kunnen zetten?
- **Probeer om de slagboom met de vingers omlaag te trekken.**
Wat valt je hierbij op?



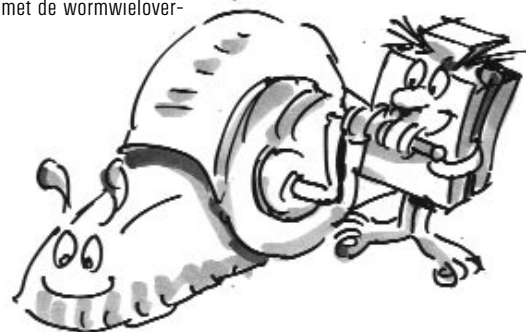
Slagboom

Je moest vast enkele keren de slinger ronddraaien, om de slagboom 90° te kunnen bewegen. Kon je de slagboom omlaag trekken? Zie je, dit wordt nu bedoeld met een zelfblokkerende overbrenging.

Met de kleine slinger kon je de grote slagboom gemakkelijk rechtop zetten, je hebt dus met de wormwieloverbrenging de aandrijfkraft vergroot

De wormwieloverbrenging heeft vele voordelen:

- **Hij is plaatsbesparend**
- **Hij vermindert het toerental van de aandrijving vele malen**
- **Hij is zelfblokkerend**
- **Hij vergroot de kracht van de aandrijving**
- **Maar hij verandert ook de richting van de draai beweging 90°**



► Het mechanisme van de wormwieloverbrenging wordt in veel machines gebruikt. De draaitafel is daarvoor een goed voorbeeld, jou volgende model.

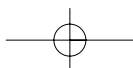
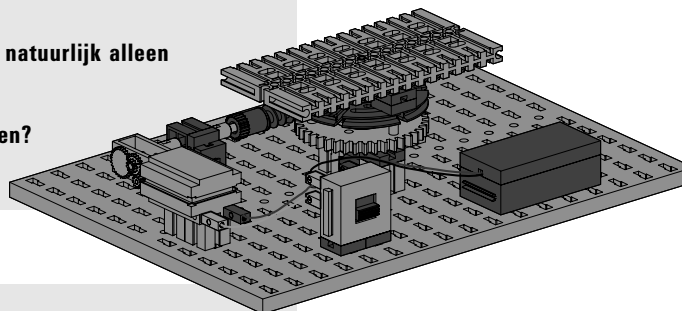
Bij dit model moet het toerental verminderd en de draairichting veranderd worden. De weerstand van de belaste draaitafel mag de motor niet laten stoppen.

Draaitafel



Taak:

- **Bouw de draaitafel na.**
- **Zet een pot met water of aarde op de draaitafelplaat, natuurlijk alleen een pot, die ook op de plaat past.**
- **Kan de kleine motor de grote pot daadwerkelijk draaien?**



Tandwiel- overbrenging

► In dit hoofdstuk leer je de overbrengingen met tandwielen nader kennen. Tandwielen behoren tot de oudste en sterkste machineonderdelen. Er zijn tandwielen in allerlei soorten en maten.

Van je fiets ken je al een vergelijkbare functie van een tandwieloverbrenging. Uiteraard zijn hier de tandwielen vervangen door kettingwielen en een ketting.

Met tandwieloverbrengingen kun je draaiende bewegingen overbrengen en veranderen.

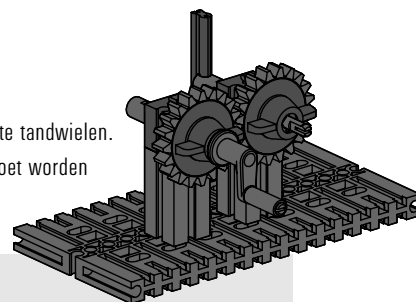
Een tandwieloverbrenging kan:

- een draai beweging doorgeven
- een toerental veranderen
- een draaikracht vergroten of verminderen
- of een draairichting veranderen

Krukasover- brenging

► In de onderstaande modellen bouw je tandwieloverbrengingen met rechte tandwielen.

Rechte tandwielen worden altijd daar gebruikt, waar een draai beweging moet worden overgedragen op een parallel liggende as.



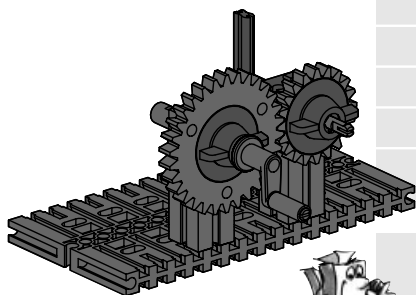
T a a k :

- **Bouw de krukasoverbrenging 1 na.**
- **Draai de kruk eenmaal rond. Hoe vaak draait de as met het tweede tandwiel rond?**
- **Draai de kruk in de richting van de wijzers van de klok. Welke kant draait het aandrijfwiel op en zodoende ook de tweede as?**

Wanneer je op deze manier een voertuig wilt laten bewegen, zou deze slechts heel langzaam van zijn plaats komen. Bovendien zou het voertuig achteruit rijden. Dit model moet jou ook laten zien, hoe je een eenvoudige overbrenging opbouwt en berekent.

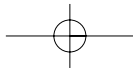
Berekening van de overbrengingsverhouding van tandwieloverbrengingen

	Aandrijfwiel	Aandrijfwiel
Tandwielnr.	1	2
Aantal tanden van een tandwiel	Z_1	Z_2
Toerental	n_1	n_2
Draairichting (links/rechts)		



T a a k :

- **Bouw de krukasoverbrenging 2 na.**
- **Draai de kruk eenmaal rond. Hoe vaak draait de as met het tweede tandwiel rond?**
- **Draai de kruk in de richting van de wijzers van de klok. Welke kant draait het aandrijfwiel op en zodoende ook de tweede as?**



Wanneer je op deze manier een voertuig wilt laten bewegen, zou je al wat sneller van de plaats komen dan met je eerste model. Bereken ook voor deze overbrenging de overbrengingsverhouding.

Berekening van de overbrengingsverhouding van tandwieloverbrengingen

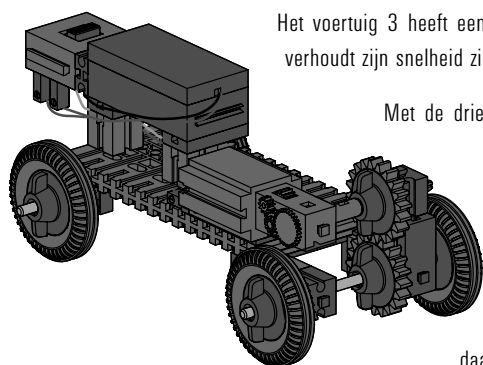
	Aandrijf wiel	Aandrijf wiel
Tandwielnr.	1	2
Aantal tanden van een tandwiel	Z_1	Z_2
Toerental	n_1	n_2
Draairichting (links/rechts)		



► Je hebt nu al erg veel over overbrengingen geleerd en kunt het geleerde op een nieuw model uitproberen. Bouw het voertuig 1 op. Je hebt nu samen met de motor en de overbrenging een echte voertuigaandrijving.

Om het nog sneller te laten gaan, kun je nu voertuig 2 nabouwen. Je mobiel rijdt nu 1,5 maal zo snel als zijn voorganger. Daartegenover staat dat deze overbrenging bepaald niet zonder problemen is.

Voertuig-aandrijvingen



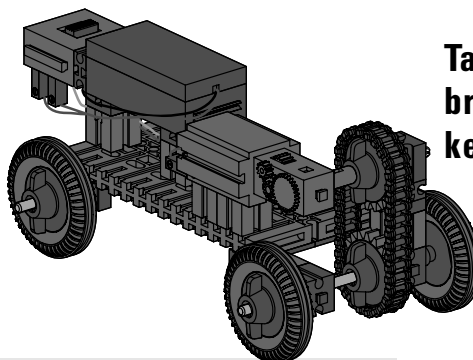
Het voertuig 3 heeft een „omgekeerde“ overbrengingsopbouw als voertuig 2. Hoe verhoudt zijn snelheid zich tot die van de andere modellen?

Met de drie tandwieloverbrengingen heb je een keer een overbrengingsverhouding van 1:1 met een gelijkblijvend toerental en een gelijk koppel gemaakt. Je tweede model heeft een overbrengingsverhouding van 1:1,5 en een verminderd koppel. Dat betekent dat dit model sneller is, maar ook minder „kracht“ heeft. Het voertuig 3 heeft een overbrengingsverhouding van 2:1 en rijdt daarmee langzamer dan de beide andere, dit noemt men dan ook een vertraging. Dit soort overbrenging heeft als voordeel, dat deze „sterker“ is, dus een groter koppel heeft. Dit effect wordt bijv. bij een tractor gebruikt. Hoewel een dergelijk voertuig langzamer rijdt dan een personenauto, is deze echter wel veel sterker.

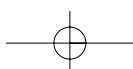
Alle drie overbrengingsverhoudingen ken je van het versnellingsapparaat van je eigen fiets. Ook hier drijf je aan de voorkant een groot en achter een klein tandwiel aan, om op het vlakke sneller te kunnen fietsen. Bergop echter gebruik je hoogstwaarschijnlijk een kleinere overbrengingsverhouding (lagere versnelling) zoals bijv. 1:1, of wanneer het heel steil wordt, misschien wel 2:1.



► Wanneer tussen twee assen grotere afstanden moeten worden overbrugd, wordt gebruik gemaakt van zogenaamde riem- of kettingoverbrengingen. Hier worden riemen of kettingen als krachtoverbrengingsmiddelen gebruikt. Deze verbinden de aandrijf- en aangedreven tandwielen over langere afstanden met elkaar, door de machineonderdelen samen te laten werken



Tandwieloverbrenging met kettingen





Taak :

- Bouw het voertuig met de kettingaandrijving eerst na met een kruk in plaats van met de motor.
- Draai de kruk één keer rond. Hoe vaak draait het wiel rond?
- Draai de kruk met de wijzers van de klok mee. Welke kant draait het wiel op?

Berekening van de overbrengingsverhouding van tandwieloverbrengingen

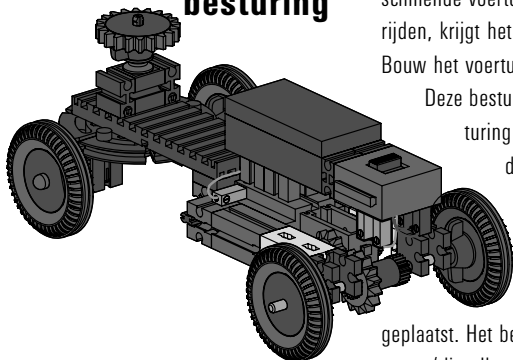
	Aandrijfwiel	Aandrijfwiel
Tandwielnr.	1	2
Aantal tanden van een tandwiel	Z_1	Z_2
Toerental	n_1	n_2
Draairichting (links/rechts)		

Een dergelijk overbrenging zit ook op je fiets. De afstand tussen de pedaal aandrijving en het achterwiel wordt daarbij met een ketting overbrugd. Op een mountainbike of een racefiets heb je natuurlijk niet slechts één versnelling, maar kun je tussen vele versnellingen kiezen. Dat wil zeggen dat jij je snelheid afhankelijk van de nodige krachtsinspanning en overgebrachte kracht en toerental aanpast. De tandwielen worden in dit geval niet meer rechte tandwielen genoemd, maar kettingtandwielen.

Bouw de motor in je voertuig met kettingaandrijving. Op dezelfde manier werkt de overbrenging ook bij een brommer of motorfiets.

Nu kun je vast je eigen motorfiets met behulp van je fischertechnik-onderdelen bouwen.

Voertuig met besturing

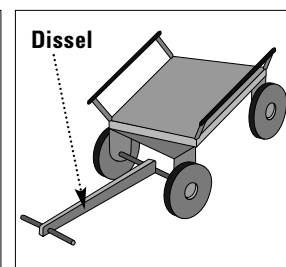
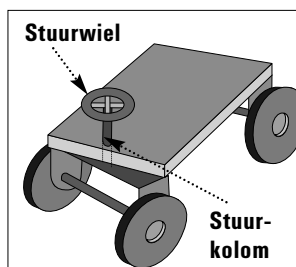
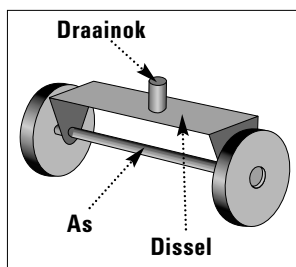


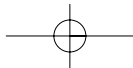
► Bij de verschillende heb je kunnen herkennen, hoe belangrijk de juiste tandwielverhouding is voor de verschillende voertuigtypen en snelheden is. Om ervoor te zorgen dat je voertuig niet altijd dezelfde kant op moet rijden, krijgt het nu een besturing.

Bouw het voertuigmodel met besturing.

Deze besturing is de meest eenvoudige en oudste, die de mens heeft ontwikkeld. Dit wordt een **disselbesturing** genoemd. De Kelten ontwikkelden deze besturing voor hun wagens om de voorste as en daarmee het voertuig te kunnen besturen. Zij vonden de **disselbesturing** uit, die ook vandaag de dag nog op vele aanhangwagens, handkarren en paardenwagens wordt toegepast.

De disselbesturing is een besturingssysteem met een disselvormige drager voor as en wielen. Deze is op een draaibaar gelagerde nok in het wagenframe (bodemplaat, chassis) geplaatst. Het besturingssysteem kan of via de verlengde draainok als stuurkolom worden gestuurd of met een stang (disselboom) die op de dissel is bevestigd. In een zeepkist kan de disselbesturing ook met de voeten of twee touwtjes worden bediend

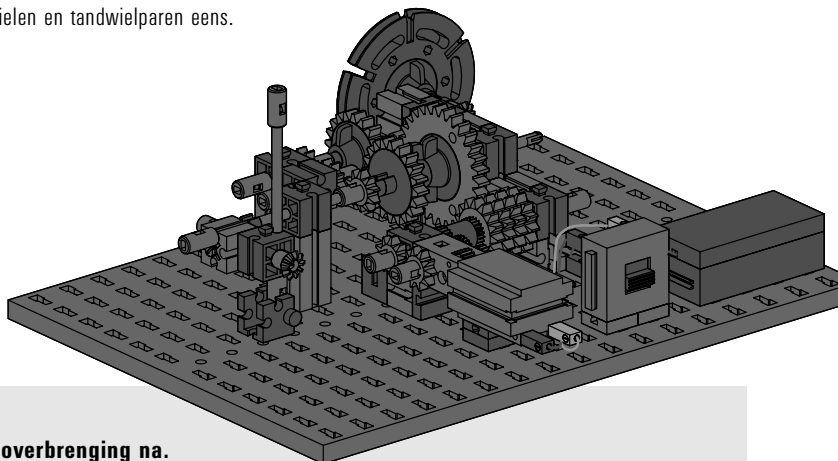




► Met het volgende model breid je de eenvoudige tandwieloverbrengingen uit met een overbrenging met meerdere versnellingen. Hierdoor ontstaat een overbrenging, net zoals in een auto, een boormachine of een brommer. Bij dit model gaat het om een combinatieoverbrenging, dat wil zeggen een overbrenging, die uit meer dan twee tandwielen bestaat.

Onderzoek de overbrengingswerking van achter elkaar geschakelde tandwielen en tandwielparen eens.

Schakeloverbrenging met meerdere versnellingen



Taak:

- **Bouw de overbrenging na.**
- **Schakel de motor in en beweeg de „versnellingspook“ langzaam van versnelling 1 naar versnelling 3. Let er op dat de tandwielen van een versnelling precies in elkaar passen.**
- **Noteer wat je ziet.**



Wat gebeurt er in de afzonderlijke versnellingen

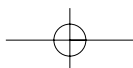
Versnelling nummer	1	2	3
Wat gebeurt er sneller/langzamer			
Draairichting gelijk/tegenover-gesteld			

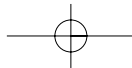
Deze overbrenging laat de tandwielen in versnelling 3 een ander richting op draaien als in versnelling 1 en versnelling 2. Dat komt doordat hier drie tandwielen in lijn staan.

Altijd wanneer een oneven aantal tandwielen achter elkaar zijn geplaatst, draait het aangedreven tandwiel dezelfde kant op als het aandrijvende tandwiel. Bij een auto wordt dit effect gebruikt om achteruit te kunnen rijden.

Overige experimenten:

- **Bouw je eigen model met verschillende aantallen tandwielen die achter elkaar zijn geplaatst.**
- **Vervang de draairing door een kabeltrommel. Nu heb je een lier, net als bij een kraan, voor verschillend zware lasten.**
- **Kun je nog meer versnellingen in je overbrenging inbouwen? Experimenteer met de tandwielen uit je fischertechnik-bouwdoos.**
- **Taak voor experts: bouw een overbrenging met een ketting.**

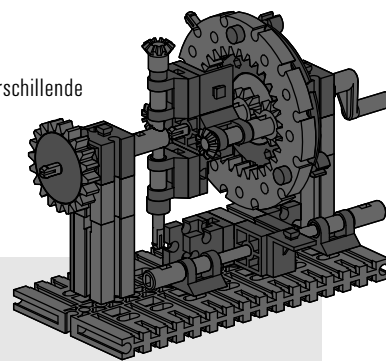




De planeetwieloverbrenging



► Een planeetwieloverbrenging is een uiterst complex systeem van verschillende soorten tandwielen. Deze overbrenging wordt op vele gebieden toegepast, bijv. als mixeraandrijving in een keukenmachine of als automatische versnellingsbak in een auto. Daar is de opbouw uiteraard iets gecompliceerder.



Taak :

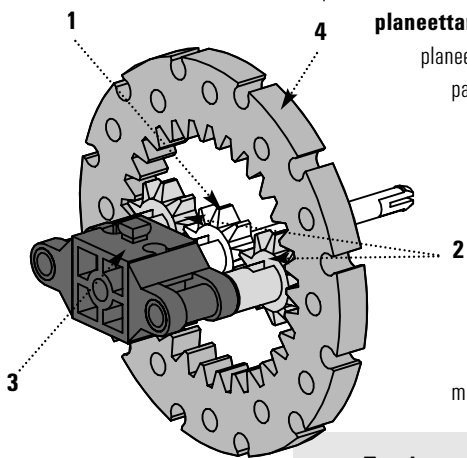
- **Bouw de planeetwieloverbrenging na.**
- **Draai aan de kruk, de „aandrijving”, en kijk welke assen, tandwielen en tandwielcombinaties jij daardoor laat draaien.**

Met de schuif, zo noem je de hendel in het onderste gedeelte van jouw model, kun je de planeetwieldrager of het tandwiel met inwendige vertanding vasthouden, waardoor steeds één van beide onderdelen niet meer kan draaien.



De taak van een planeetwieloverbrenging is simpel. De overbrenging maakt een verandering van de overbrengingsverhouding mogelijk, terwijl de overbrenging belast is. Dat wil zeggen dat de krachtoverbrenging tussen de aandrijvende en aangedreven tandwielen niet wordt onderbroken. Door de inwendige tandwielen van het tandwiel met inwendige vertanding zijn de tandwielen bijzonder compact bij elkaar geplaatst. Voor de achteruit is bij een planeetwieloverbrenging geen extra as met achteruitrijtandwiel nodig.

De planeetwieloverbrenging bestaat in zijn meest simpele vorm uit een **zonnewiel (1)**, **planeettandwielen (2)**, **planeettandwieldrager (3)** en tandwiel met inwendige **vertanding (4)**. Bij deze eenvoudige planeettandwielset is een zonnwiel in het midden via meerdere planeettandwielen nauwkeurig passend verbonden met een tandwiel met inwendige vertanding. Zonnwiel, planeettandwieldrager of tandwiel met inwendige vertanding kunnen zowel aandrijvend, aangedreven of geblokkeerd zijn. Om jouw overbrenging goed uit te kunnen proberen, kun je gebruik maken van de schuiven.



Zonder een extra tandwiel kan door het blokkeren van de **planeettandwieldrager (3)** de overbrenging zodanig worden ingesteld, dat eenmaal via de planetendrager en eenmaal via het tandwiel met inwendige vertanding wordt aangedreven.

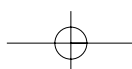
Deze procedure wordt in de autotechniek gebruikt om de achteruit in te kunnen schakelen. Daarbij moet de aandrijving (kruk) met het zonnwiel en de asaandrijving met het tandwiel met inwendige vertanding zijn verbonden.

Taak :

- **Test de eigenschappen van jouw planeetwieloverbrenging, door allereerst de planeettandwieldrager vast te zetten en daarna de overbrenging met het tandwiel met inwendige vertanding aan te drijven.**
- **Vul de onderstaande tabel aan:**



Aandrijving	Tandwiel met inwendige vertanding	Planeettandwieldrager
Draairichting		
Vertraging		

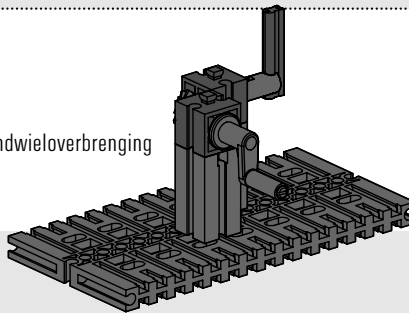


► Met het conische tandwiel leer je nu een eenvoudige tandwieloverbrenging kennen.



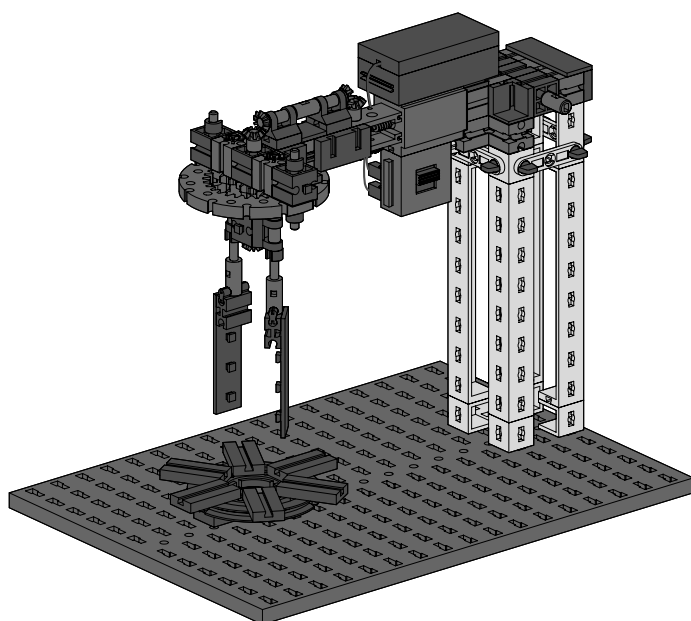
Taak:

- **Bouw het overbrengingsmodel na.**
- **Kijk hoe toerental, draairichting en koppel bij dit model veranderen.**



Conische tandwieloverbrenging

Deze overbrenging verandert alleen de richting van de draai beweging 90° , toerental en koppel blijven gelijk.



► In dit model worden conische tandwieloverbrengingen en planeettandwieloverbrengingen gecombineerd. Bouw het aan de hand van de handleiding na.

De fischertechnik-keukenmachine is een model voor echte professionals. Ken je alle tandwielen en overbrengingsmanieren, die hier samenwerken?

Met dit model kan erg leuk worden gevarieerd. Bouw het volgens je eigen fantasie om. Op de ondergrond kunt je een beker zetten, waarvan je de inhoud kunt omroeren.

Keukenmachine

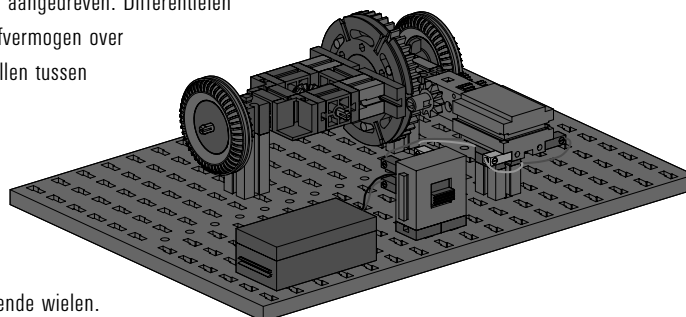


► Een differentieel heb je altijd dan nodig wanneer bij een meersporig voertuig, zoals bij een auto, meerdere wielen op één as worden aangedreven. Differentiëlen hebben twee taken: de verdeling van het aandrijfvermogen over twee assen en het compenseren van de toerentallen tussen deze aftakkingen.

In deze functie wordt het differentieel op twee plaatsen toegepast:

Asdifferentieel: wordt op de as toegepast, om het vermogen van de cardanas te verdelen over twee aandrijfassen en de bijbehorende wielen.

Centraal differentieel: wordt tussen twee assen geplaatst, om het vermogen tussen de voor- en achteras te verdelen.



Differentieel

**Taak :**

- **Bouw het overbrengingsmodel na.**
- **Kijk hoe toerental, draairichting en koppel bij dit model veranderen. Hou daarvoor afwisselend het ene en het andere aangedreven tandwiel en daarna het draai-element (de bevestiging van de middelste conische tandwielen) in het midden vast.**
- **Noteer in de tabel wat je ziet.**

Vasthouden	Aangedreven tandwiel 1	Aangedreven tandwiel 2
Toerental		
Draairichting		

Het differentieel schijnt een echte toveroverbrenging te zijn.

Deze overbrenging wordt het meest in auto's gebruikt: wanneer je met een voertuig een bocht maakt, moet het buitenste wiel een grotere afstand afleggen dan het binnenste wiel. Zonder differentieel zouden de aangedreven wielen op de weg slippen en sneller slijten.

Het differentieel op de as heeft nog een andere eigenschap: hij verdeelt de koppels in dezelfde verhouding (50:50) over de wielen.

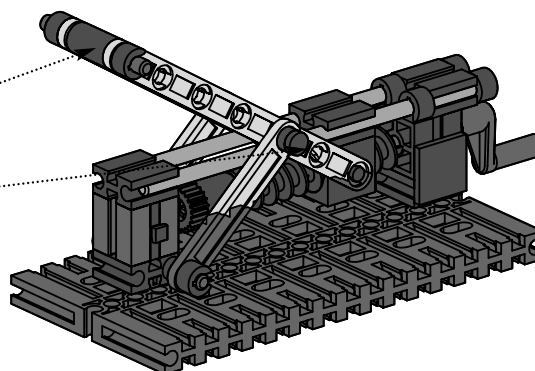
**Schroefspindel/
scharnier****Wagenkrik**

- Er zijn situaties waarin je in je eentje een zware last moet optillen. Een lekke band bijvoorbeeld. Stel je voor dat je de hele auto in je eentje moet optillen om een wiel te verwisselen. Natuurlijk gaat dat niet. Daarom zit in iedere auto een krik. Daarmee kan iedereen een auto optillen. Het trucje hiervoor is een schroefspindel. Deze heeft vergelijkbare eigenschappen zoals het wormwiel, dat je al hebt leren kennen.

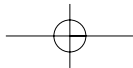


Hefarm

Draaipunt

**Taak :**

- **Bouw het wagenkrikmodel na.**
- **Draai de kruk één keer rond en kijk hoever de wormwielmoer beweegt en hoe hoog de hefarm van de wagenkruk omhoog komt.**
- **Druk op de hefarm. Draait de schroefspindel nu terug?**
- **Kun je twee oorzaken opnoemen, waarom voor dit doel een schroefspindel-mechanisme wordt gebruikt?**



Om de hefarm helemaal rechtop te kunnen zetten, moest je de kruk vele malen draaien. Je hebt zeker vastgesteld dat je de hefarm niet naar beneden kunt drukken!

Een schroefspindelmechanisme heeft vele voordelen:

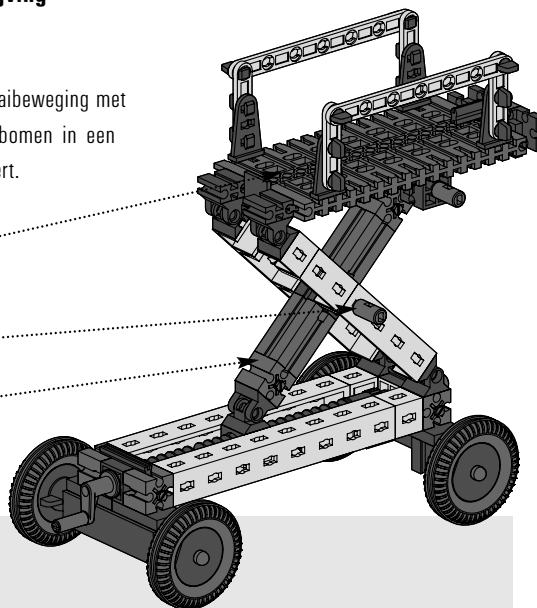
- Hij vermindert het aantal omwentelingen van de aandrijving vele malen
- Hij is zelfblokkerend
- Hij vergroot de kracht van de aandrijving

► De schaarheftafel laat je zien, hoe je een draai beweging met behulp van schroefspindel, scharnieren en hefboomen in een parallelle op- en neergaande beweging verandert.

Platform.....

Draaipunt.....

Scharnierarm.....



Schaarheftafel

T a a k :

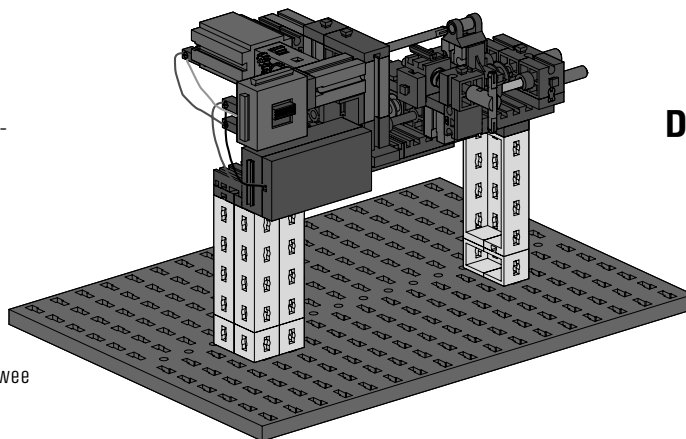
- **Bouw de schaarheftafel op.**
- **Zet een beker met water op het platform.**
- **Hoe bewegen het platform en de beker, wanneer jij aan de kruk draait?**



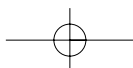
De schroefspindel beweegt de wormwielmoer heen en weer. Door deze beweging wordt het platform via het scharnier omhoog en omlaag bewogen. Omdat het draaipunt van de beide scharnieren in het gezamenlijke middenpunt zit, verloopt de hefbeweging, de op- en neergaande beweging van het platform, parallel aan de schroefspindel. Beide scharnieren leggen dezelfde afstand af, net als bij een schaar. Vandaar de naam schaarheftafel.

► In dit model zitten twee spindel-aandrijvingen.

De fischertechnik-draaibank is een model voor echte professionals. Hier werken twee spindel-aandrijvingen samen. Kun jij je voorstellen waarom de draaibank voorzien is van twee gescheiden spindelaandrijvingen?



Draaibank

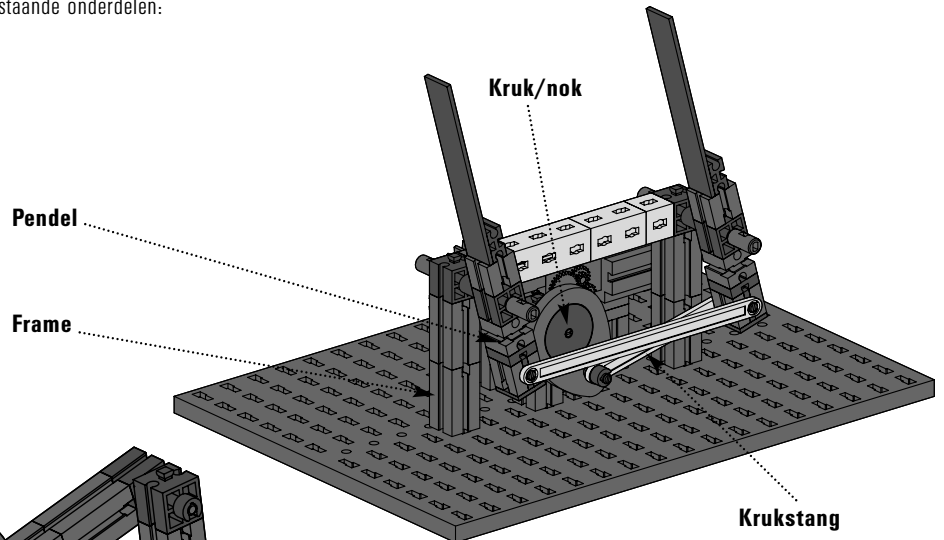


Koppel- overbrenging

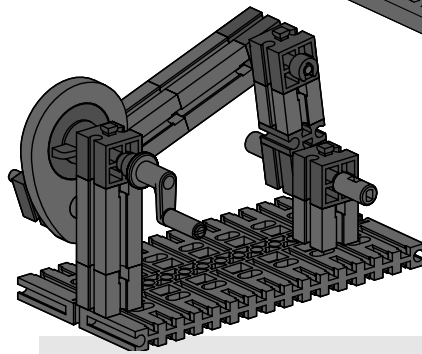
Ruitenwisser

► Weet jij eigenlijk hoe een ruitenwisser werkt? Het onderstaande model laat je dat zien. Hier wordt een draaiende beweging omgezet in een heen- en weergaande beweging.

Hiervoor heb je een kruk of nokkenschijf nodig. Deze overbrenging wordt een pendeloverbrenging genoemd. Deze zet een draaiende beweging om in een rechtlijnige en bestaat als dubbel vierscharniersmechanisme uit de onderstaande onderdelen:



Vierscharniers- mechanisme



Het vierscharniersmechanisme bestaat, zoals de naam al aangeeft, uit vier scharnieren, punten waarom iets kan draaien.

Een vereenvoudigde weergave van het vierscharniersmechanisme laat je zien hoe het werkt. Ken je de onderdelen?



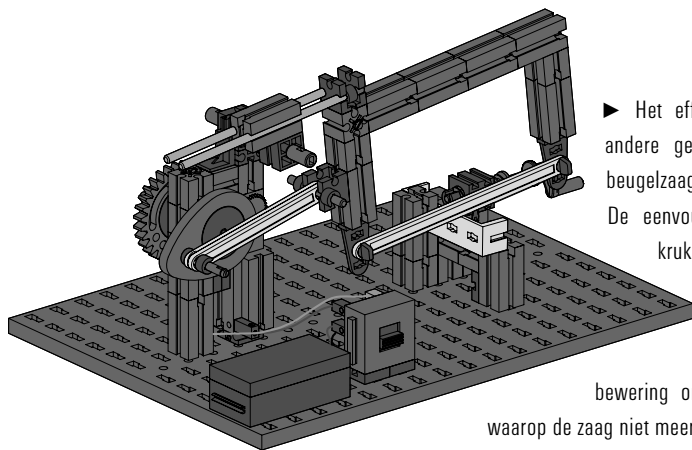
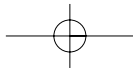
Taak :

- **Bouw het vierscharniersmechanisme op.**
- **Kijk hoe de afzonderlijke onderdelen met elkaar samenwerken.**
- **Welke onderdelen bewegen en welke niet? Beschrijf het soort beweging in de tabel.**

Onderdeel	Beweegt zich (ja/nee)	Soort beweging
Kruk		
Krukstang		
Pendel		
Frame		

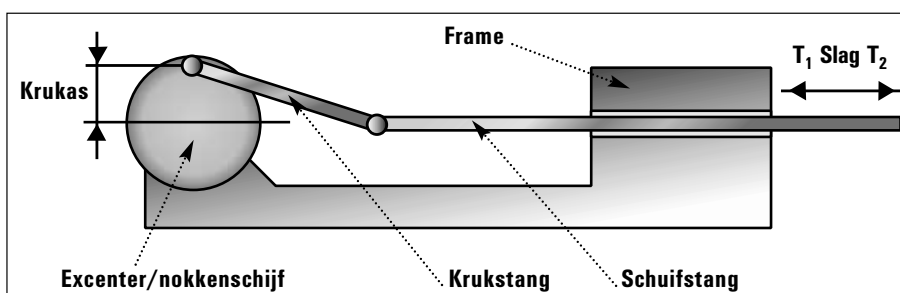
Het frame is star en neemt de bewegingen op. De kruk moet een hele omwenteling kunnen maken en de krukas draagt de beweging van de krukas over aan de pendel. De pendel beschrijft tijdens de beweging slechts een boog, omdat deze op het frame is gelagerd.

Om de overbrengingen te kunnen laten werken, moet de lengte van de vier onderdelen van de krukpendel een bepaalde verhouding ten opzichte van elkaar hebben.



► Het effect van de krukpendel wordt ook op andere gebieden toegepast. Lange tijd was de beugelzaag een grote hulp voor metaalbewerkers. De eenvoudige opbouw zal je helpen om een krukasoverbrenging beter te begrijpen.

Bij dit soort overbrengingen wordt een draaiende beweging in een rechtlijnige heen- en weergaande beweging omgezet. De desbetreffende eindpunten, waarop de zaag niet meer verder kan, worden als dode punten (T1 en T2) aangegeven.

**T a a k :**

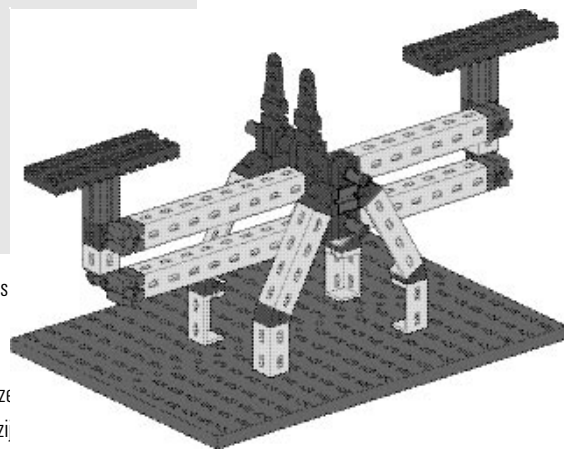
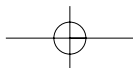
- **Bouw het overbrengingsmodel na.**
- **Meet de slag van je zaag.**

► Om de prijs van goederen te kunnen bepalen, heeft men 4.000 jaar geleden al de hoeveelheid goederen vergeleken met gewichten. Dat deed men met behulp van een balansweegschaal, waarmee het evenwicht (balans) tussen twee gewichten werd gemeten. Bij jouw model gaat het om een in het middelste draaipunt gelagerde balk, die aan de uiteinden is voorzien van twee schalen. De beide wijzers in het midden van de weegbalk moeten op één lijn staan wanneer de krachten even groot zijn.

**T a a k :**

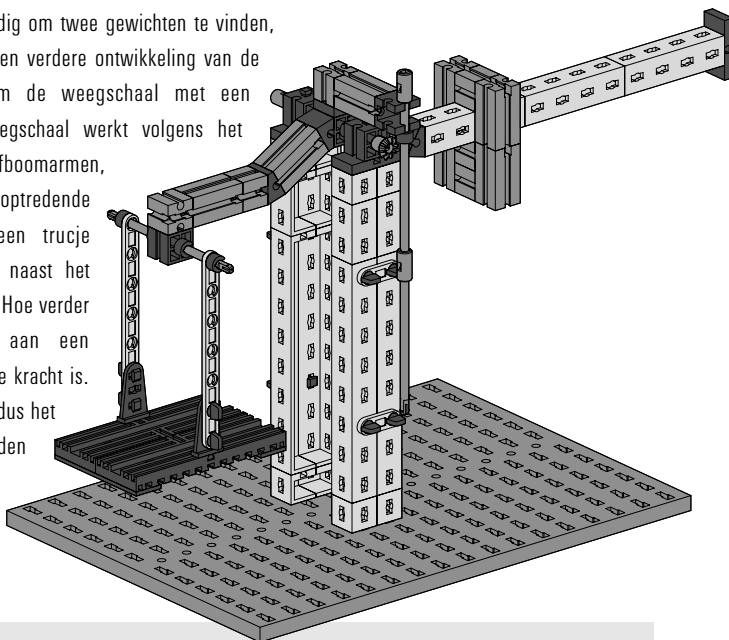
- **Bouw de balansweegschaal na.**
- **Leg op beide weegschalen elk een fischertechnik-bouwsteen.**
Klopt je weegschaal?
- **Zoek nu twee voorwerpen, die volgens jou even zwaar zijn.**
Plaats deze op de weegschalen.
- **Klopt je vermoeden?**

Deze weegschaal werkt volgens het principe van de even lange hefboomen. Een hefboom is rechte, draaibaar gelagerde balk, waarop twee krachten inwerken. De afstand tussen de beide ingrijppunten van de krachten en het draaipunt worden hefboomarmen genoemd. Beide kanten naast het draaipunt zijn even lang en even zwaar. Het principe van deze weegschaal ken je van een wip in de speeltuin. Omdat de hefboom in evenwicht te laten zijn gewicht, dat op de hefboomarmen rust en de afstand tot het draaipunt van de weegschaal even groot zijn.

**Hefboom****Balansweegschaal**

Weegschaal met schuifgewicht

► Je hebt wel wat geduld nodig om twee gewichten te vinden, die precies even zwaar zijn. Een verdere ontwikkeling van de balansweegschaal is daarom de weegschaal met een schuifgewicht. Ook deze weegschaal werkt volgens het principe van de even lange hefboomarmen, alleen wordt hier met de optredende koppels (draaimomenten) een trucje uitgehaald. De beide kanten naast het draaipunt zijn de krachtarmen. Hoe verder het gewicht naar buiten aan een krachtarm hangt, hoe groter de kracht is. Met behulp van de schuif kan dus het koppel op een krachtarm worden veranderd. De arm met weegschaal wordt de astarm genoemd.



Taak :

- **Bouw de weegschaal met last- en krachtarm en schuifgewicht na.**
- **Verschuif het schuifgewicht zodanig, dat de weegschaal onbelast in evenwicht is. De wijzer in het midden van de weegschaal helpt je daarbij.**
- **Belast de weegschaal met een gewicht. Compenseer dit gewicht met het schuifgewicht.**

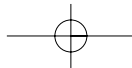


Om een hefboom in evenwicht te krijgen, moet de som van de linksomdraaiende koppels gelijk zijn aan de som van de rechtsomdraaiende koppels. Dat lijkt gecompliceerd, maar is echter niet zo moeilijk. De mechanische wet zegt dat beide armen, links en rechts van het draaipunt, even zwaar, maar niet even lang hoeven te zijn. Hoe verder een gewicht van het draaipunt is verwijderd, hoe groter de kracht van de hefboom is en dus ook het gewicht.

Katrollen – takel

► Stel je voor dat jij je vriend met een touw omhoog wilt trekken. Hoewel hij net zo zwaar is als jij, kun je dit alleen maar met een enorme krachtsinspanning voor elkaar krijgen. De katrol aan het plafond helpt je alleen maar bij het vasthouden, niet bij het tillen. Het takelmodel stelt echter enkele mogelijkheden voor, hoe je heel gemakkelijk ook zware lasten op kunt tillen.



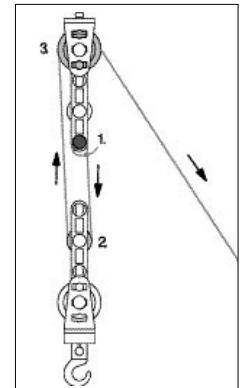


Takel met 2 katrollen

Ta a k :

- Bouw het takelmodel met 2 katrollen (een vaste en een losse katrol) na.
- Hang een gewicht aan de haak.
- Trek aan het touw en meet hoe ver je moet trekken, om je last 10 cm op te tillen. Heb je hiervoor veel kracht nodig?
- Noteer in de tabel wat je ziet.

	Treklengte in cm	Krachtsinspanning volgens je eigen gevoel	Aantal stukken touw
2 katrollen			



Bij dit model is de benodigde kracht tot de helft verminderd. Hoe staat dit in verhouding tot de treklengte?

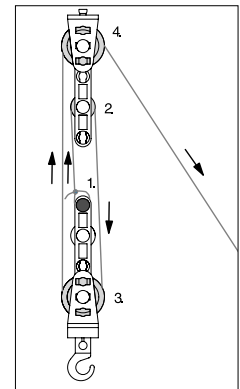


Takel met 3 katrollen

Ta a k :

- Breid je eerst model uit tot een takel met 3 katrollen. Kijk hiervoor in de handleiding.
- Trek aan het touw en meet hoe ver je nu moet trekken, om je last 10 cm op te tillen. Heb je hiervoor veel kracht nodig?
- Noteer in de tabel wat je ziet en vergelijk dit met de vorige.

	Treklengte in cm	Krachtsinspanning volgens je eigen gevoel	Aantal stukken touw
Drievoudige katrol			



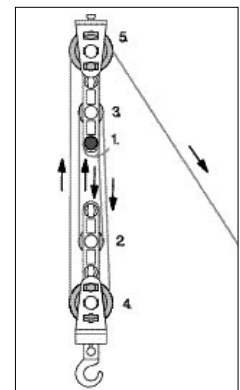
Nadat je nu de werking van een takel hebt leren kennen, kun je een takel met vier katrollen bouwen. Bovendien gaan wij nu een motor gebruiken die jouw eigen krachtsinspanning gaat vervangen.



Takel met 4 katrollen

Ta a k :

- Breidt je model uit tot een takel met 4 katrollen en een motor.
- Bevestig met behulp van een elastiekje een beurs met muntgeld aan de haak.
- Is de motor in staat om de munten op te tillen?

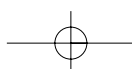


Om zware lasten met weinig kracht op te kunnen tillen, heb je takels met twee, drie, vier of zes rollen nodig. Wanneer je het gewicht van de rollen en de wrijvingskrachten gemakshalve maar even vergeet, vermindert de takel de kracht, afhankelijk van het aantal rollen, tot de helft, een kwart c.q. een zesde.

In het geval van deze takel hoeft de motor slechts 1/4 van de last op te tillen. Uiteraard heeft dit een nadeel: wanneer de last 10 cm omhoog wordt getrokken, hoe ver moet je motor het touw dan oprollen?

- 10 cm 20 cm 30 cm 40 cm

De natuurkunde kent de werkwijze van je takel en heeft daartoe een wet gevonden, deze wet wordt de „gouden regel“ genoemd. Deze wet zegt: „Op arbeid kan niet worden bespaard, alles wat aan kracht wordt bespaard, moet aan tijd en afstand worden toegevoegd!“



De wereld van de statica

► De statica onderzoekt de voorwaarden waaronder de op een lichaam ingrijpende krachten in evenwicht zijn. En is daarmee het uitgangspunt voor alle berekeningen en constructies van bouwwerken zoals bruggen of huizen.

Op statische onderdelen worden verschillende belastingen uitgeoefend. Het gewicht van een constructie wordt de eigenlast genoemd. Het gewicht van mensen, meubels, borden of zelfs auto's wordt de verkeerslast genoemd.

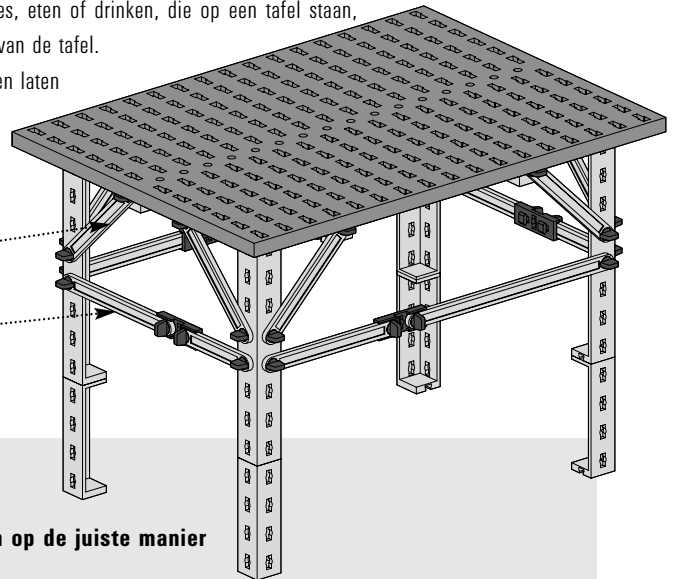
Tafel

► Ook je tafel is een statisch voorwerp. Deze draagt zowel het eigen gewicht, dus de eigenlast, alsook de verkeerslasten. Dat zijn borden, kopjes, eten of drinken, die op een tafel staan, maar ook het per ongeluk aanstoten van de tafel.

Om een tafel al deze last op te kunnen laten nemen, heeft de tafel een hoop statische bijzonderheden nodig.

Schoor

Spanelement



Taak :

- **Bouw de tafel na.**
- **Let er op dat de schoren op de juiste manier zijn aangebracht.**
- **Belast de tafel eerst van bovenaf. Daarop druk je vanaf de zijkant tegen het tafelblad en daarna tegen de tafelpoten. Wat gebeurt er iedere keer?**



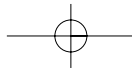
De statische kenmerken van jouw modeltafel zijn de tafelpoten die onder een hoek staan. Zij zijn door de hoek al naar twee kanten stabiel. De frameconstructie van de tafel is bovendien voorzien van schoren en is opgespannen. Met de gele schoren tussen de tafelpoten worden de op de tafel uitgeoefende druk- en trekkrachten gestabiliseerd. De bekroning van de statica zijn uiteraard de verbingsplaatsen, die driehoeken laten ontstaan. Driehoeken zijn ook dan stabiel, wanneer de stangen op de verbingsplaatsen voorzien zijn van scharnieren. Dergelijke driehoeken worden statische driehoeken genoemd. Jouw modeltafel is dus in drievoudig opzicht statisch stabiel.

Alle verbingsplaatsen worden in de statica knooppunten genoemd.

Taak :

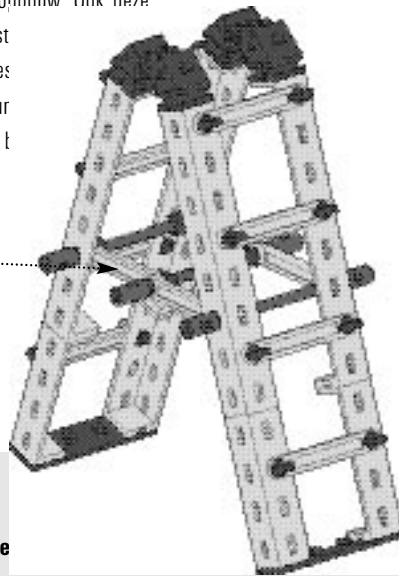
- **Verwijder de spanelementen en belast de tafel. Welke invloed heeft dat op de statica van de tafel?**
- **Voeg de spanelementen weer toe. Verwijder de schoren. Belast de tafel opnieuw. Hoe stabiel is je tafel nu?**
- **Demonteer nu ook de spanelementen weer. Belast de tafel. Wat kun je nu constateren?**





► De trapladder heeft een uitermate eenvoudige statische opbouw. Dank deze heeft poten die onder een hoek staan en met schoren zijn verstevigd. De schoren dienen als laddersporten. De trapladder bestaat uit twee afzonderlijke ladders, die boven in een draaipunt verbonden. Daarbij komt nog een spanelement tussen de trapdelen aan de onderkant.

Spanelement



Trapladder



Taak :

- **Bouw de trapladder eerst zonder spanelement.**
- **Zet de trapladder neer en belast deze door druk op de sporten en het bovenste draaipunt uit te oefenen. Blijft de trap stabiel?**
- **Monteer nu het spanelement op je trap. Voer het experiment nogmaals uit. Blijft de ladder nu staan?**

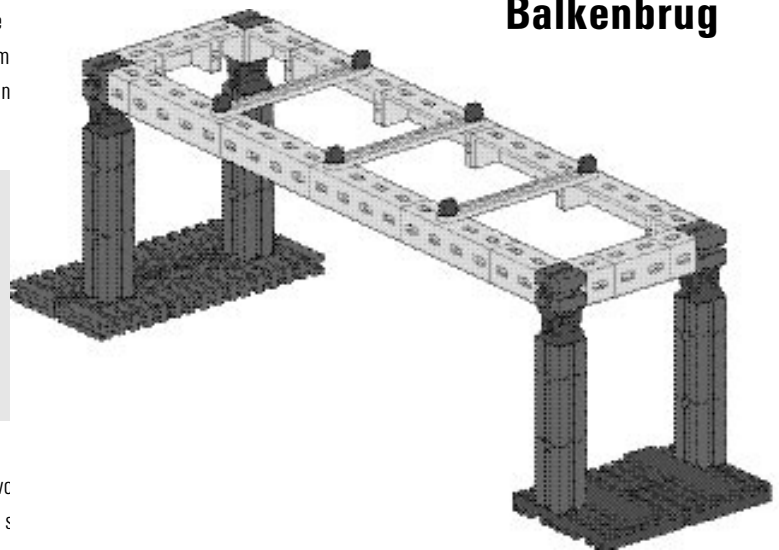
Een trapladder bestaat uit twee even grote ladders, die boven in een draaipunt zijn verbonden. Afhankelijk van de hoek waaronder de beide helften worden neergezet, blijft de ladder ook zonder spanelement staan. Maar vanaf een bepaald punt gaan de „poten“ van de trap glijden en de traphelften worden uit elkaar gedrukt. Met het spanelement wordt de trap gestabiliseerd.

► Een optimale brug heeft vier eigenschappen: deze is lang, goedkoop en ziet er goed uit. Met je eigen brugmodel leer je een klassieker onder de brugbouwwijzen kennen.



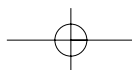
Taak :

- **Bouw het brugmodel na.**
- **Belast de brug in het midden.**
- **Waar zou deze brug gebruikt kunnen worden?**



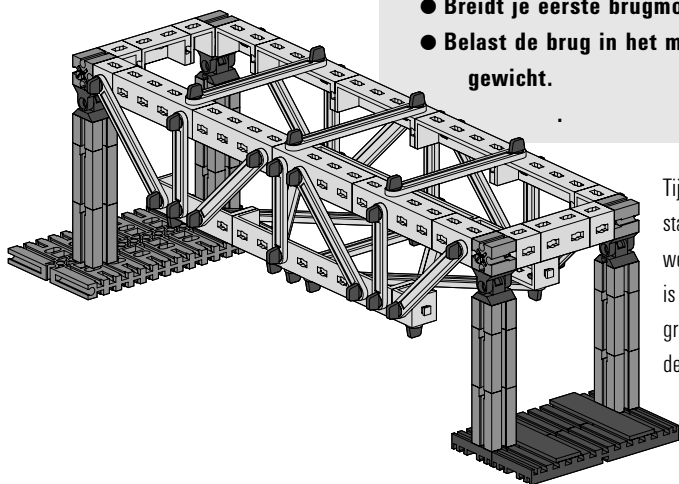
Balkenbrug

Deze enkelvoudige balkenbrug is uitstekend geschikt voor de meeste toepassingen. Het model voldoet aan alle eisen. Wanneer de afstand tussen de steunpunten niet te groot is, wordt de brug stabiel.



Brug met onderslagbalken

► De brug met onderslagbalken herinnert aan de hangbruggen, die over diepe afgronden zijn gespannen. Deze brug heeft echter weinig te maken met de constructie van een hangbrug. Waarom dat zo is, leer je in de experimenten met dit model.



Taak:

- Breidt je eerste brugmodel uit tot een brug met onderslagbalken.
- Belast de brug in het midden. Gebruik dit keer echter een iets zwaarder gewicht.



Tijdens de belastingsexperimenten heb je zeker vastgesteld, dat je brug uiterst stabiel is en grote drukkracht op kan nemen. De brug met onderslagbalken werkt met het vakwerkconstructieprincipe. Hoewel deze bouwwijze geschikt is voor grote belastingen, is deze niet geschikt voor grote spanwijdtes. De grootste spanwijdtes worden met hangbruggen gerealiseerd, die echter niet dergelijke grote krachten op kunnen nemen. De brug met onderslagbalken en de hangbruggen lijken qua uiterlijk op elkaar. Statisch zijn beide bruggen totaal verschillend.

Brug met bovenslagbalken

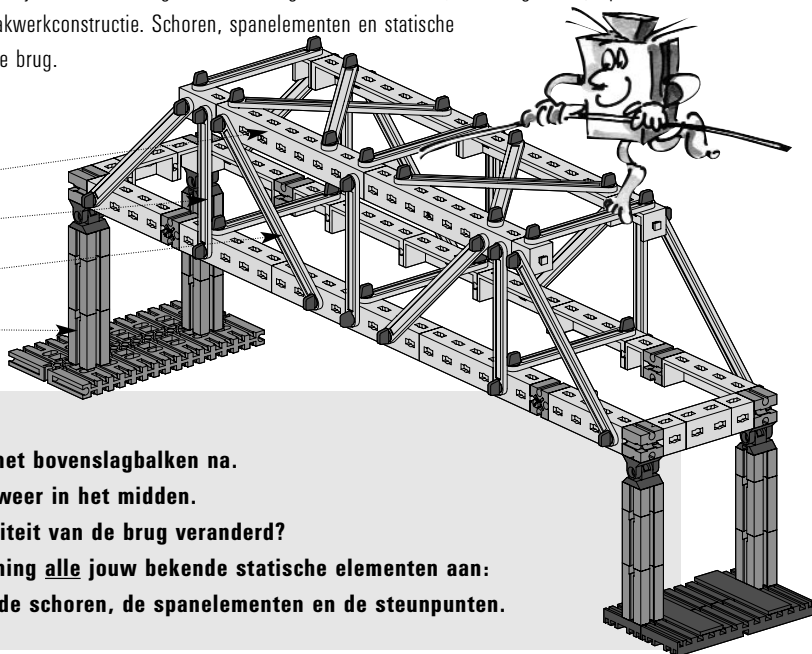
► Belangrijke langere spanwijdtes en belastingen kan de brug met bovenbouw (bovenslagbalken) opnemen. Ook deze brug heeft een vakwerkconstructie. Schoren, spanelementen en statische driehoeken stabiliseren deze brug.

Bovenbouw

Schoor

Spanelement

Steunpunt

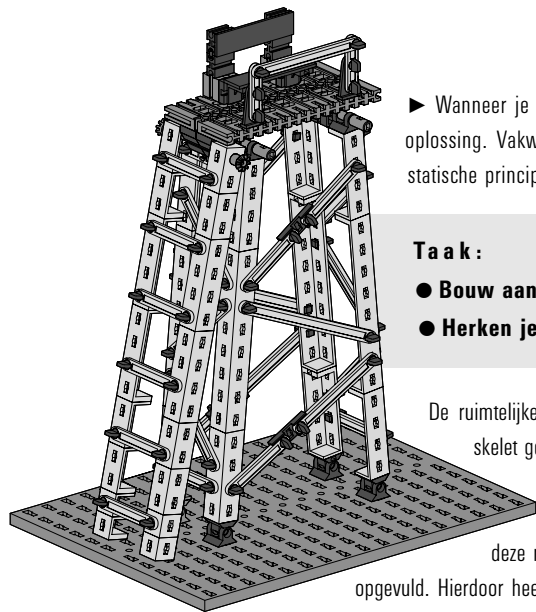
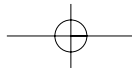


Taak:

- Bouw de brug met bovenslagbalken na.
- Belast de brug weer in het midden.
- Hoe is de stabiliteit van de brug veranderd?
- Geef in de tekening alle jouw bekende statische elementen aan: de bovenbouw, de schoren, de spanelementen en de steunpunten.

Deze brugvorm kan zwaarder worden belast dan de balkenbrug. De drukkracht wordt nu niet slechts op één balk overgedragen, maar over alle onderdelen verdeeld. De bovenbouw bestaat uit kruislingse diagonalen, die steeds op de bovenste knooppunten van de zijelementen zijn bevestigd. De diagonalen van de bovenbouw voorkomen het torderen van de brug.

Wanneer de schoren naar boven steken, wordt deze brugconstructie als hangwerk omschreven.



► Wanneer je hoog en droog wilt zitten, is de jachtkansel de aangewezen oplossing. Vakwerk, een aaneenschakeling van driehoeken, is hiervoor het statische principe.

Taak :

- **Bouw aan de hand van het voorbeeld de jachtkansel.**
- **Herken je de bouwelementen?**



De ruimtelijke samenstelling van afzonderlijke vakwerkelementen wordt het skelet genoemd. Skeletten van vakwerkelementen zie je terug in huizen, hoogspanningsmasten, brugconstructies en bij het model van de jachtkansel. Dergelijke skeletten hebben als voordeel, dat deze niet met een plaat, een schijf of met stenen hoeven te worden opgevuld. Hierdoor heeft de wind weinig vat op dergelijke skeletten. Deze bouwwijze bespaart bovendien bouw materiaal en is desondanks stabiel.

Jachtkansel



► Bij de voorgaande modellen uit de bereiken mechanica, hefboom en statica kon je ervaring op deze gebieden opdoen. In het laatste model worden deze ervaringen nu met elkaar gecombineerd. De kraan maakt het mogelijk, om de samenwerking van onderdelen en componenten te herkennen en de statica op belastbaarheid te testen.

Taak :

- **Bouw de voet van de kraan op, en wel met de wormwieloverbrenging. Kun je je nog herinneren waarom een wormwieloverbrenging wordt gebruikt? Noteer dat in de tabel.**
- **Als volgende wordt de frameconstructie opgebouwd. Ken je de statische elementen die worden gebruikt? Vul ook hier de tabel aan.**
- **De giek van de kraan is een bepaalde vorm van een hefboom. Hoe wordt de kraan desondanks in evenwicht gehouden? Hoe wordt de giek gestabiliseerd?**

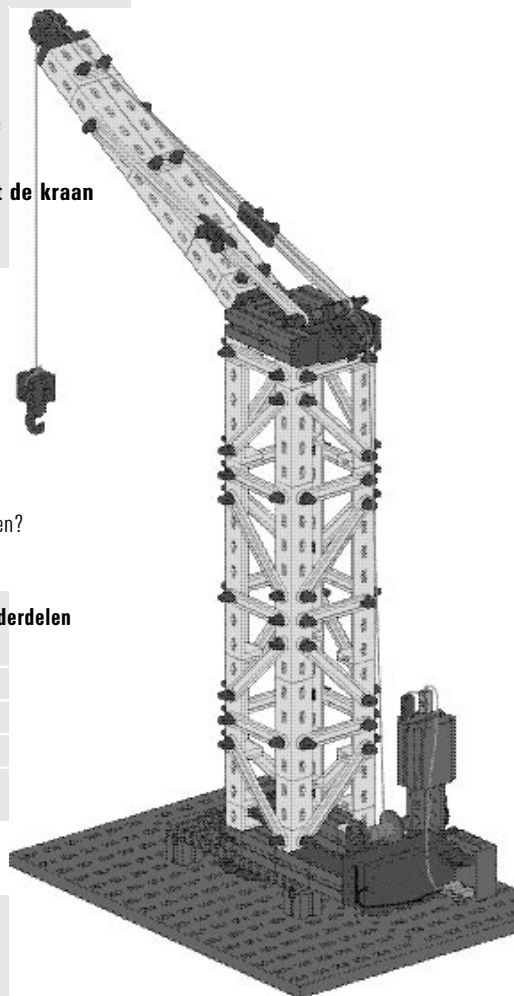


Voor het optillen van lasten zijn meerdere overbrengingsmanieren mogelijk.

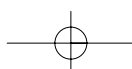
- **Bouw de mogelijke overbrengingen in je kraanmodel in.**
- **Vergelijk de werkwijze van deze overbrengingen.**
- **Zet de resultaten in de tabel.**

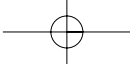
De bekroning voor jouw model is het gebruik van een takel.

- **Ontwikkel een takel voor jouw kraanmodel.**
- **Waarop moet je letten, wanneer je kraan nu ook hele zware lasten kan tillen en laten zakken?**



Component	Voordelen/ bijzonderheden	Toepassings- mogelijkheden	Onderdelen
Mechanica			
Wormwiel-overbrenging			
Statica			
Hefboom			





NL

PROFI MECHANIC + STATIC BEGELEIDEND BOEKJE



Lined writing area consisting of multiple horizontal lines for text entry.

