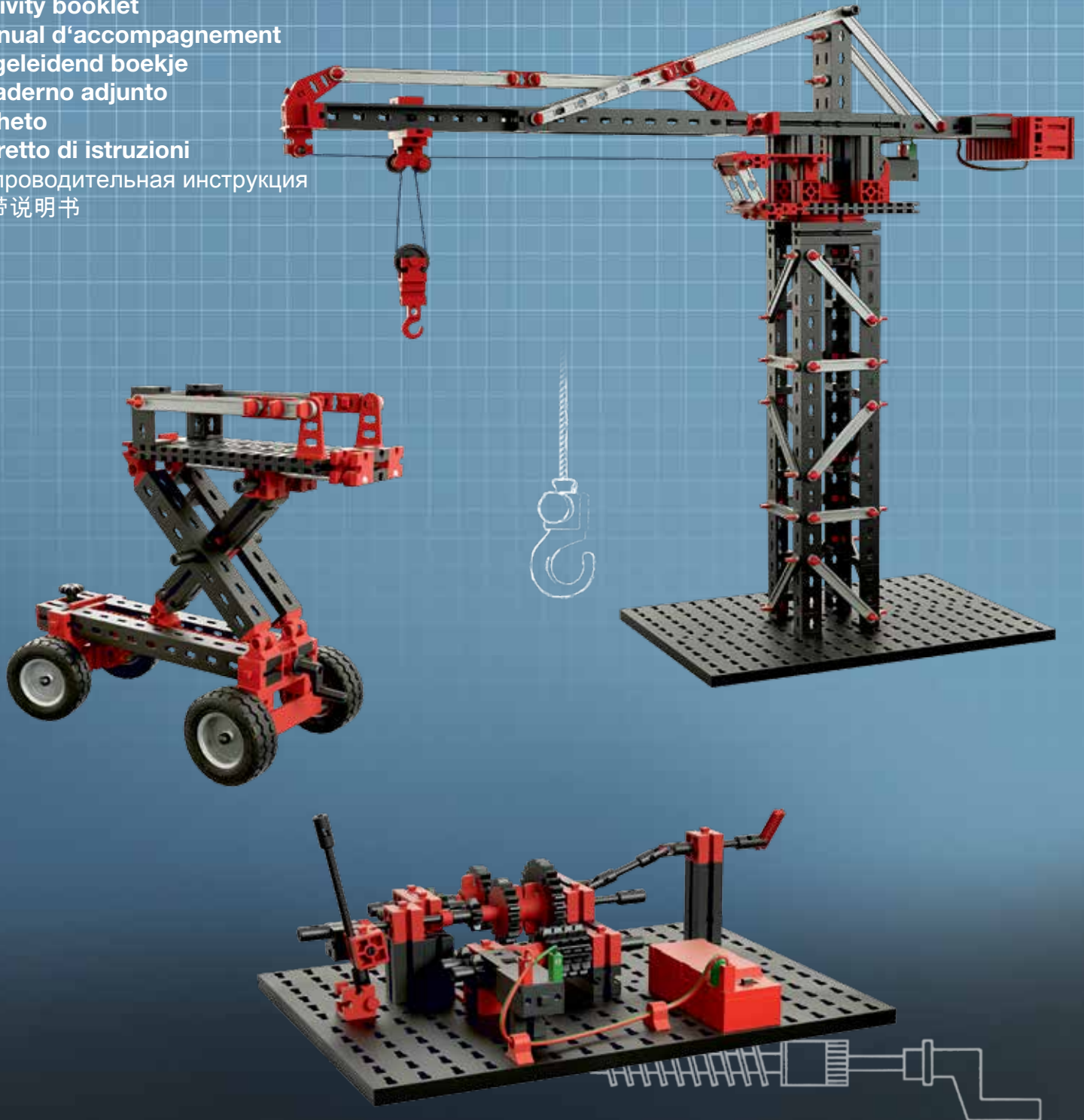




**fischertechnik** 

**PROFI**

Begleitheft  
Activity booklet  
Manual d'accompagnement  
Begeleidend boekje  
Cuaderno adjunto  
Folheto  
Libretto di istruzioni  
Сопроводительная инструкция  
附帶说明书



**Mechanic & Static 2**

**30 MODELS**

## Inhoud



<b>De elektromotor</b>	<b>2</b>
<b>Machines in onze omgeving</b>	<b>2</b>
<b>Wat is mechanica?</b>	<b>2</b>
<b>Wormwieloverbrenging</b>	<b>3</b>
Slagboom	3
Draaitafel	4
<b>Tandwieloverbrenging</b>	<b>4</b>
Krukasover-brenging	4
<b>Helling</b>	<b>6</b>
Voertuig-aandrijvingen	7
Tandwieloverbrenging met kettingen	7
Vergelijking van de stuursystemen	9
<b>Cardanoverbrenging</b>	<b>10</b>
<b>Schakeloverbrenging met meerdere versnellingen</b>	<b>10</b>
<b>De planeetwieloverbrenging</b>	<b>12</b>
<b>Conische tandwieloverbrenging</b>	<b>13</b>
Keukenmachine	13
<b>Differentieel</b>	<b>14</b>
Schaarheftafel	15
<b>Koppeloverbrenging</b>	<b>16</b>
Ruitenwisser	16
Vierscharniersmechanisme	16
Beugelzaag	17
<b>Hefboom</b>	<b>17</b>
Balansweegschaal	17
Weegschaal met schuifgewicht	18
Katrollen – takel	18
<b>Tafel</b>	<b>20</b>
<b>De wereld van de statica</b>	<b>20</b>
<b>Trapladder</b>	<b>21</b>
<b>Balkenbrug</b>	<b>21</b>
<b>Brug met onderslagbalken</b>	<b>22</b>
<b>Brug met bovenslagbalken</b>	<b>22</b>
<b>Tuibrug</b>	<b>23</b>
<b>Kraan</b>	<b>24</b>

## 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

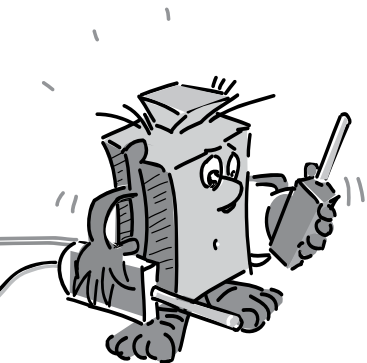


bouwdoos, maar wel een elektromotor.

► 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

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 omkeerde volgorde wordt geblokkeerd.

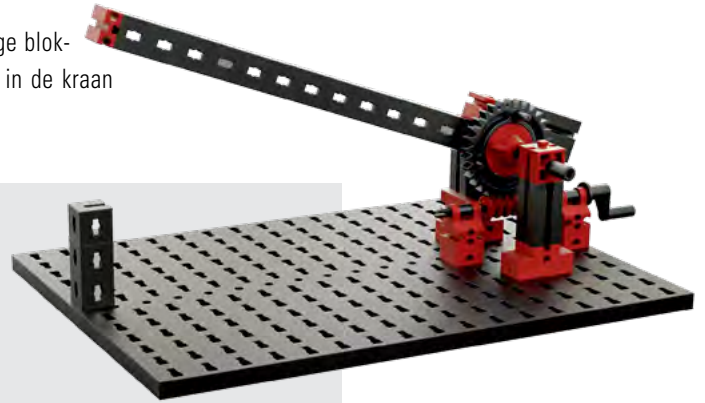
## Wormwiel-overbrenging

► 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“.

## Slagboom

### Taak:

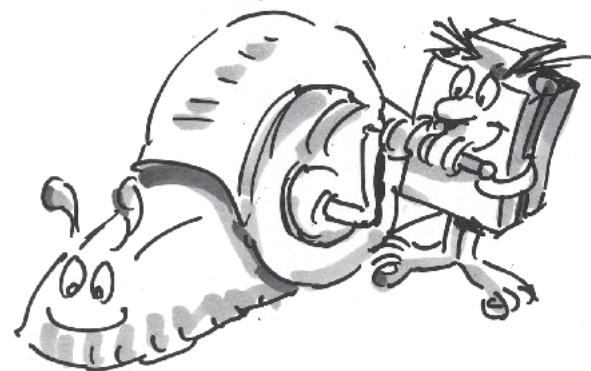
- **Bouw het model van de slagboom na.**
- **Draai de slagboom met de slinger naar boven. Hoe vaak moet je de slinger ronddraaien, om de slagboom rechtop te kunnen zetten?**
- **Probeer om de slagboom met de vingers omlaag te trekken. Wat valt je hierbij op?**



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 wormwiel-overbrenging de aandrijfkraft vergroot.

### De wormwieloverbrenging heeft vele voordelen:

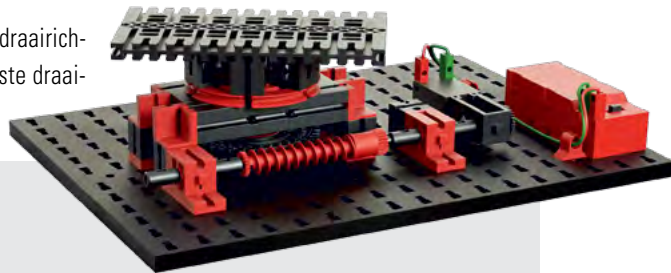
- **Hij is plaatsbesparend**
- **Hij vermindert het toerental van de aandrijving vele malen**
- **Hij is zelfblokkerend**
- **Hij vergroot de kracht van de aandrijving**
- **Maar hij verandert ook de richting van de draaibeweging 90°**



## Draaitafel

► 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..



### T a a k :

- **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?**



## Tandwieloverbrenging

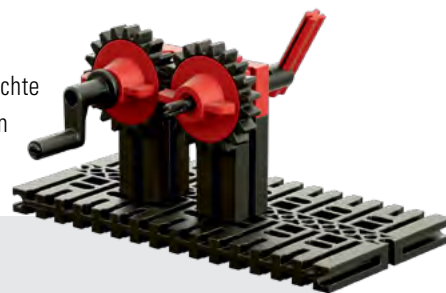
► In dit hoofdstuk leer je de overbrengingen met tandwielen nader kennen. Tandwielen behoren tot de oudste en sterkste machineonderdelen. Er zijn tandwielen in allerlei soorten en maten. Van je fiets ken je al een vergelijkbare functie van een tandwieloverbrenging. Uiteraard zijn hier de tandwielen vervangen 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**

## Krukasoverbrenging

► 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?**

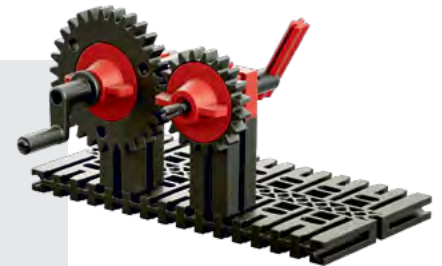


Wanneer je op deze manier een voertuig wilt laten bewegen, zou deze slechts heel langzaam van zijn plaats komen. Bovendien zou het voertuig achteruit rijden. Dit model moet jou ook laten zien, hoe je een eenvoudige overbrenging opbouwt en berekent.

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)		

**Taak :**

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

## Helling

► Heb jij ook wel eens met je fiets op een heuvel gestaan dat je niet wist welke route je nu naar beneden moest nemen? De steile afdaling waar je flink tempo kunt maken of de minder steile waar je dan wel langzamer bent, maar daardoor ook verder komt. Maar klopt dat eigenlijk wel? Rol je op een minder steile afdaling verder dan op een steile maar kortere afdaling. Laten we dat eens gaan uitproberen in een experiment.

### T a a k :

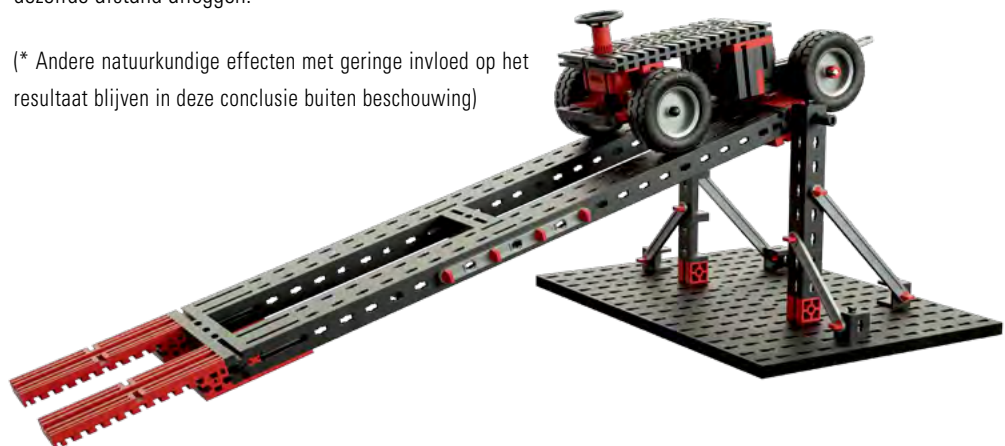
- **Bouw het model "Helling" en het bijbehorende voertuig op zoals in de bouwhandleiding staat beschreven.**
- **Plaats het voertuig precies boven in de startpositie zodat het mooi over de hellingbaan naar beneden rolt. Meet de afgelegde weg met een meetlat of iets dergelijks en vul de waarde in de tabel in. Herhaal deze procedure nog twee keer want drie meetwaarden zijn beter dan één.**
- **Verkort nu de hellingbaan tot ongeveer de helft door enkele onderdelen te verwijderen. Herhaal vervolgens de drie testruns en vul ook de nieuwe waarden in de tabel in.**



	Lange hellingbaan	Korte hellingbaan
1e afstand in cm:		
2e afstand in cm:		
3e afstand in cm:		

Ben je verrast? Het maakt (bijna) geen verschil of de hellingbaan steil of vlakker is. Waardoor wordt de afstand dan beïnvloed? In ons experiment is het de potentiële energie. De energie die een lichaam heeft door de hoogte waarop het zich bevindt. Het voertuig boven op de hellingbaan of jij met jouw fiets op een heuvel. Tijdens het fietsen tegen de heuvel op heb je bewegingsenergie omgezet in potentiële energie. Deze potentiële energie kun je tijdens het naar beneden rollen weer omzetten in bewegingsenergie, ook wel kinetische energie genoemd. En het maakt niet uit of je deze met een gelijkmatig of een wisselend tempo omzet, je zult met die energie ongeveer dezelfde afstand afleggen.

(\* Andere natuurkundige effecten met geringe invloed op het resultaat blijven in deze conclusie buiten beschouwing)



► 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



## Voertuig-aandrijvingen



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.

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.

## Tandwiel-overbrenging met kettingen



met elkaar, door de machineonderdelen samen te laten werken.

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 aandrijven aangedreven tandwielen over langere afstanden







**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**

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

Een dergelijk overbrenging zit ook op je fiets. De afstand tussen de pedaalaandrijving 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.

► Voor het bestuurbaar maken van voertuigen bestaan zeer uiteenlopende systemen.

Wij nemen twee daarvan onder de loep. De stuurpenbesturing van jouw motoraangedreven voertuig en de draaischemelbesturing van de bolderkar.

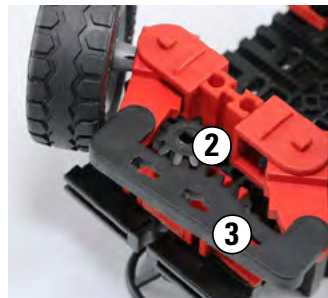
Bij de modernere stuurpenbesturing worden niet de wielen samen met een doorgaande as gedraaid, zoals nog bij de draaischemelbesturing, maar worden de draaibare wielen met een stuursysteem verbonden. Het sturen begint met het stuurwiel. Van het midden van het stuurwiel loopt een stang met aan het andere einde een klein tandwiel. Het tandwiel grijpt in een dwarsliggende tandheugel. Als je nu het stuur naar links of naar rechts draait, draait ook het kleine tandwiel en schuift de tandheugel naar links of naar rechts. Aan de uiteinden van de tandheugel zijn draaibare wieldragers met stangen bevestigd. De stang aan de wieldrager is met de tandheugel verbonden. Als de tandheugel naar links/rechts schuift, draait de stang en daarmee de wieldrager en daarmee het daaraan bevestigde wiel.



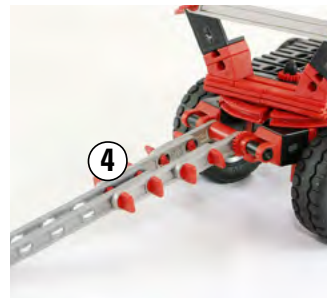
## Vergelijking van de stuursystemen



1 Stuurkolom



2 Tandwiel  
3 Tandheugel



4 Dissel



5 Draainok  
6 Dissel  
7 As



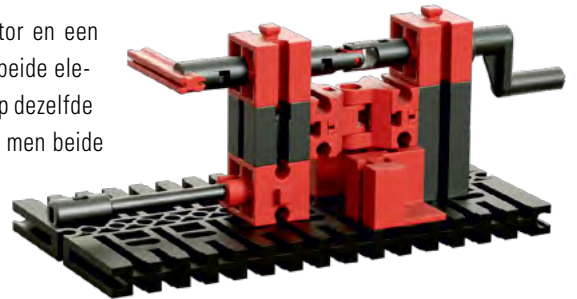
► De draaischemelbesturing is de eenvoudigste en oudste besturing die we kennen. Zij heeft een eenvoudige constructie, is robuust en kan zelfs van hout zijn gemaakt. Lang geleden hebben de Kelten (ca. 600–30 v. Chr.) deze besturing voor hun wagens ontwikkeld. En omdat ze zo eenvoudig en robuust is, wordt ze ook vandaag de dag nog in veel aanhangwagens, handkarren en paardenwagens toegepast.

voor as en wielen. Deze is geplaatst op een draaibaar gelagerde pen in de bodem van de wagen. Gestuurd wordt er is bevestigd.

De draaischemelbesturing is uitgerust met een drager op een draaibaar gelagerde pen in de bodem met een staaf (dissel) die op de draaischemel

## Cardan- overbrenging

► In de aandrijftechniek heeft men meestal een motor en een machine die moet worden aangedreven. Meestal zijn beide elementen een stuk van elkaar verwijderd, staan ze niet op dezelfde hoogte of bewegen ze zich ook nog heen en weer. Als men beide met een starre as zou verbinden, zou deze onherroepelijk breken. Een zachte buigzame as wederom zou te zwak zijn om grote krachten over te dragen.



### T a a k :

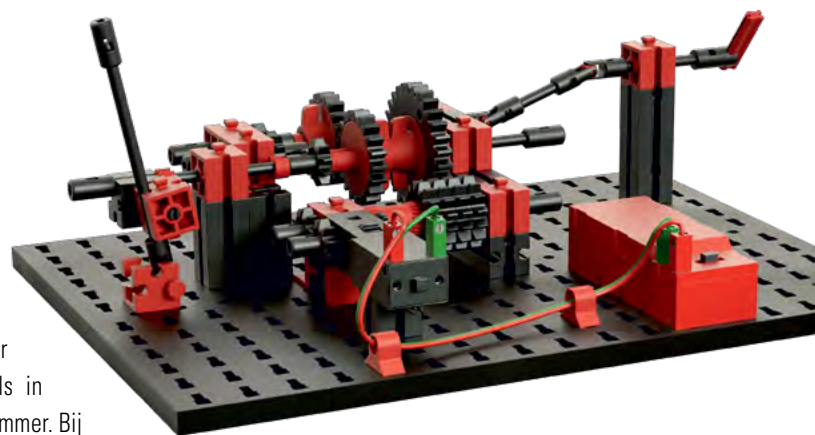
- **Bouw de cardanoverbrenging zoals die in de bouwhandleiding is beschreven.**
- **Verplaats het aangedreven deel in verschillende posities, draai daarbij aan de slinger en observeer de beweging die de cardanoverbrenging moet uitvoeren, met name onder een scherpe hoek.**



Is het niet verbazingwekkend, hoe een roterende beweging gewoon om een hoek kan worden gebogen? De cardanoverbrenging of ook kruiskoppeling genoemd, is een overbrenging die zowel buigbaar als stabiel is. Zonder deze overbrenging zouden veel machines die wij dagelijks gebruiken, niet werken. Een goed voorbeeld is de cardanas in het volgende model "Schakeloverbrenging".

## Schakel- overbrenging met meerdere versnellingen

► 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. De tweevoudig "geknikte" as bij de uitgang van de overbrenging is iets heel bijzonders. Met deze cardanas kun je een draai beweging ruimtelijk verplaatsen en daarbij ook nog om de hoek leiden. Dat is bijvoorbeeld nodig als het aan te drijven deel voortdurend op en neer beweegt zoals de achteras van een auto.



**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.

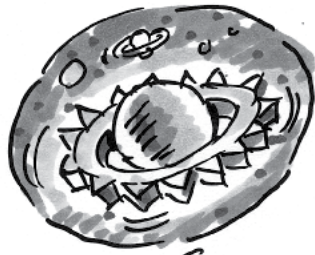
Altijd wanneer een oneven aantal tandwielen achter elkaar zijn geplaatst, draait het aangedreven tandwiel dezelfde kant op als het aandrijvende tandwiel. Bij een auto wordt dit effect gebruikt om achteruit te kunnen rijden.

**Overige experimenten:**

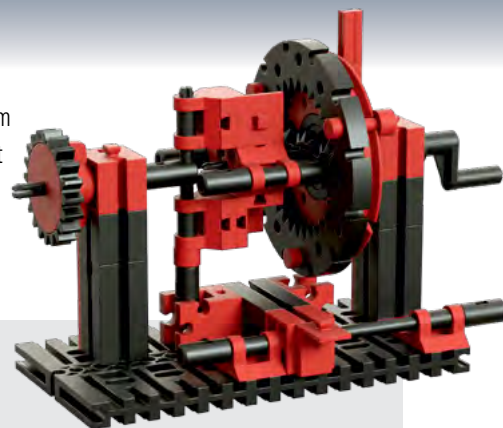
- **Bouw je eigen model met verschillende aantallen tandwielen die achter elkaar zijn geplaatst.**
- **Vervang de draairing door een kabeltrommel. Nu heb je een lier, net als bij een kraan, voor verschillend zware lasten.**
- **Kun je nog meer versnellingen in je overbrenging inbouwen? Experimenteer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

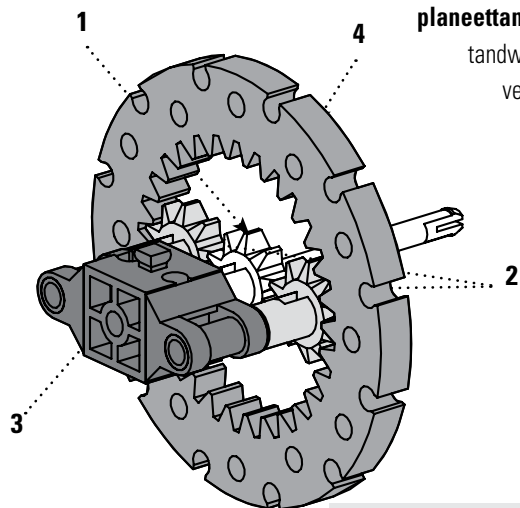


De taak van een planeetwieloverbrenging is simpel. De overbrenging maakt een verandering van de overbrengingsverhouding mogelijk, terwijl de overbrenging belast is. Dat wil zeggen dat de krachtoverbrenging tussen de aandrijvende en aangedreven tandwielen niet wordt onderbroken. Door de inwendige tandwielen 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, planeettandwiel-drager 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:

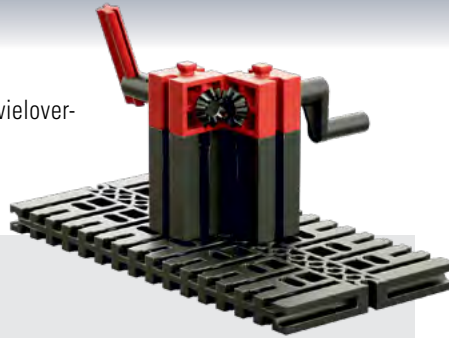
- **Test de eigenschappen van jouw planeetwieloverbrenging, door allereerst de planeettandwieldrager vast te zetten en daarna de overbrenging met het tandwiel met inwendige vertanding aan te drijven.**
- **Vul de onderstaande tabel aan:**

Aandrijving	Tandwiel met inwendige vertanding	Planeettandwieldrager
Draairichting		
Vertraging.		



## Mechanic & Static 2

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



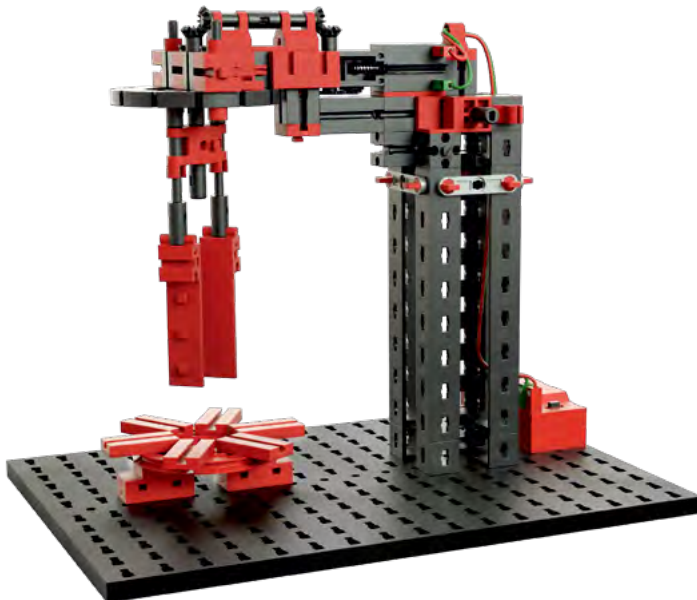
### Conische tandwieloverbrenging

**Taak:**

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



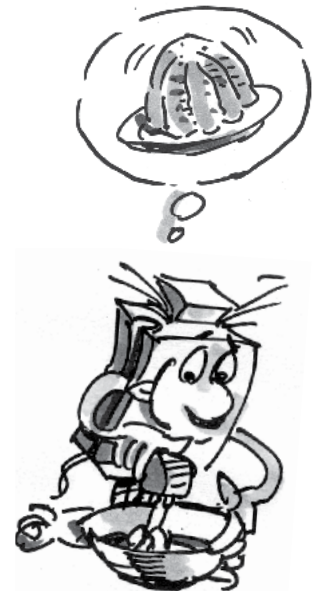
Deze overbrenging verandert alleen de richting van de draai beweging  $90^\circ$ , toerental en koppel blijven gelijk.



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

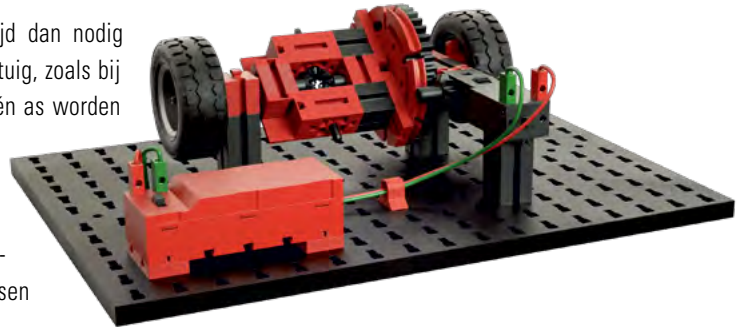
De fischertechnik-keuken-machine is een model voor echte professionals. Ken je alle tandwielen en overbrengingsmanieren, die hier samenwerken? Met dit model kan erg leuk worden gevarieerd. Bouw het volgens je eigen fantasie om. Op de ondergrond kunt je een beker zetten, waarvan je de inhoud kunt omroeren.

### Keukenmachine



## Differentieel

► 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.

### T a a k :

- **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		

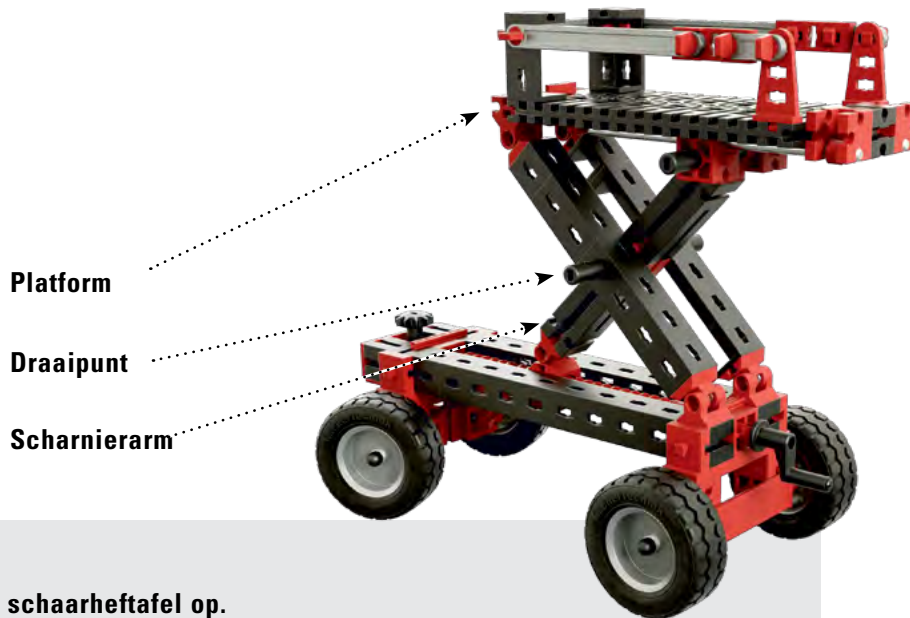
### Het differentieel schijnt een echte toveroverbrenging te zijn.

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.

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

## 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?**



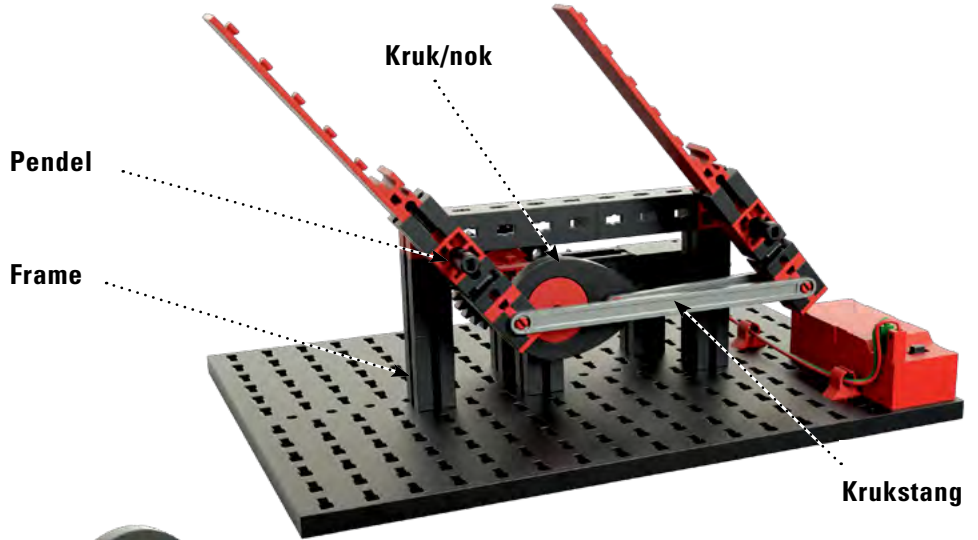
De schroefspindel beweegt de wormwielmoer heen en weer. Door deze beweging wordt het platform via het scharnier omhoog en omlaag bewogen. Omdat het draaipunt van de beide scharnieren in het gezamenlijke middenpunt zit, verloopt de hefbeweging, de op- en neergaande beweging van het platform, parallel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



# 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?

**T a a k :**

- **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.

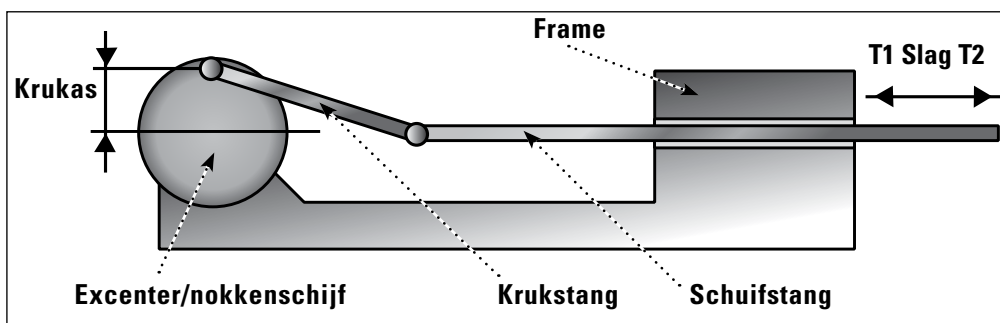
Om de overbrengingen te kunnen laten werken, moet de lengte van de vier onderdelen van de krukpendel een bepaalde verhouding ten opzichte van elkaar hebben.

## Mechanic & Static 2



► 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 bewering omgezet. De desbetreffende eindpunten, waarop de zaag niet meer verder kan, worden als dode punten (T1 en T2) aangegeven.



Met de blokkeerpal (rechts van de beugelzaagas) kun je de zaagbeugel in de bovenste stand bevestigen.

### Taak:

- 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.

### Taak:

- 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 een 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, moet het gewicht, dat op de hefboomarmen rust en de afstand tot het draaipunt van de weegschaal even groot zijn.

## Hefboom

## Balansweeg- schaal



## 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:

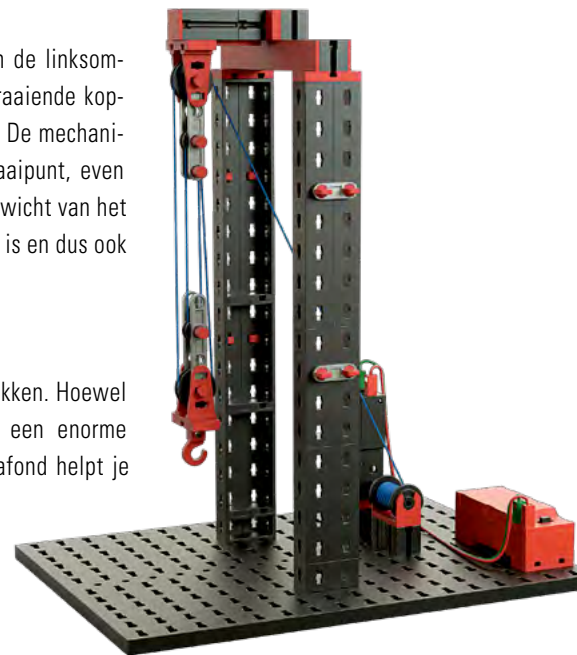
- **Bouw de weegschaal met last- en krachtarm en schuifgewicht na.**
- **Verschuif het schuifgewicht zodanig, dat de weegschaal onbelast in evenwicht is.**
- **De wijzer in het midden van de weegschaal helpt je daarbij.**
- **Belast de weegschaal met een gewicht. Compenseer dit gewicht met het schuifgewicht.**



## Katrollen – takel

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.

► 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.



## Mechanic & Static 2

### Takel met 2 katrollen

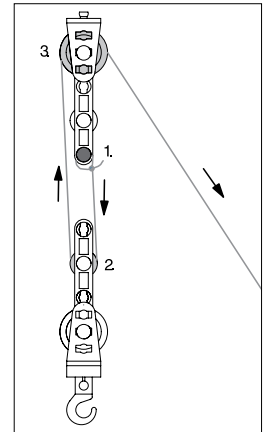
Taak:

- **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
<b>2 katrollen</b>			

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



### Takel met 3 katrollen

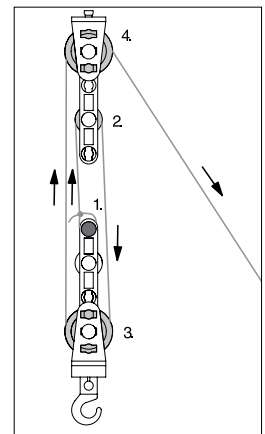
Taak:

- **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
<b>3 katrollen</b>			

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

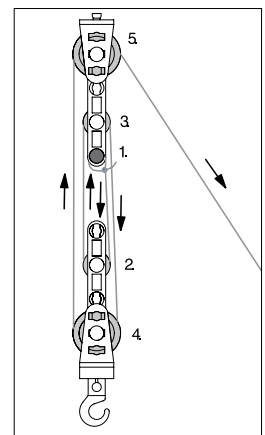
Taak:

- **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

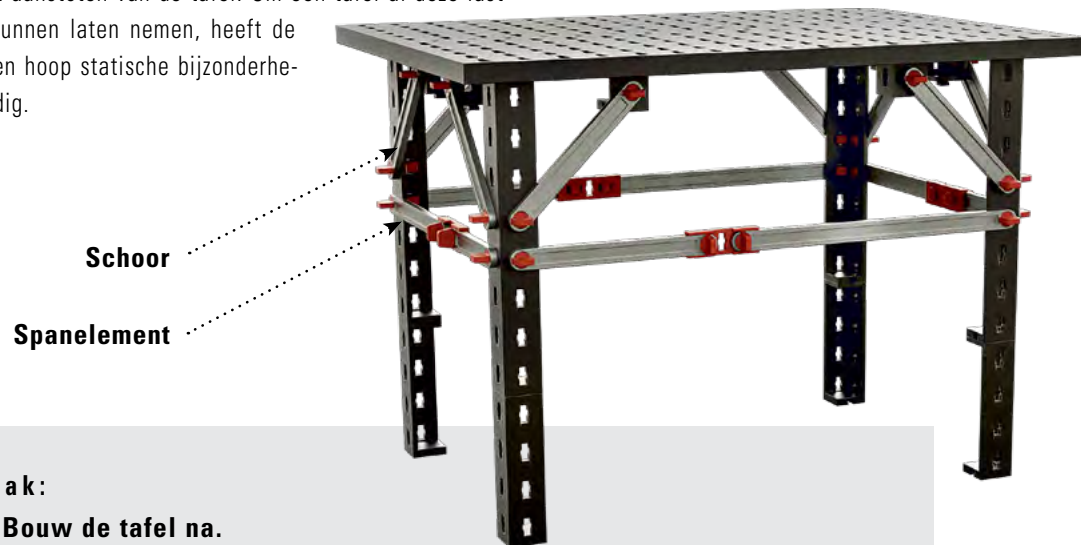
De natuurkunde kent de werkwijze van je takel en heeft daartoe een wet gevonden, deze wet wordt de „gouden regel“ genoemd. Deze wet zegt: „Op arbeid kan niet worden bespaard, alles wat aan kracht wordt bespaard, moet aan tijd en afstand worden toegevoegd!“

## 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.



#### 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:

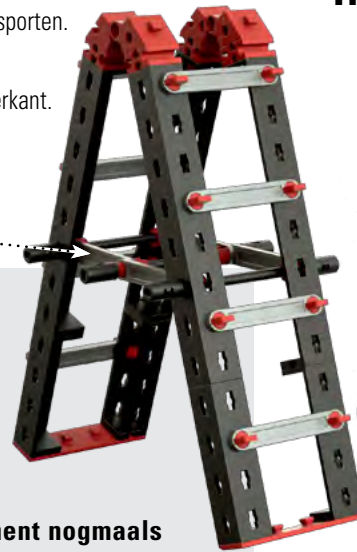
- **Verwijder de spanelementen en belast de tafel. Welke invloed heeft dat op de statica van de tafel?**
- **Voeg de spanelementen weer toe. Verwijder de schoren. Belast de tafel opnieuw. Hoe stabiel is je tafel nu?**
- **Demonteer nu ook de spanelementen weer. Belast de tafel. Wat kun je nu constateren?**



► De trapladder heeft een uitermate eenvoudige statische opbouw. Ook 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 zijn verbonden. Daarbij komt nog een spanelement tussen de beide trapdelen aan de onderkant.

## Trapladder

Spanelement



Taak:

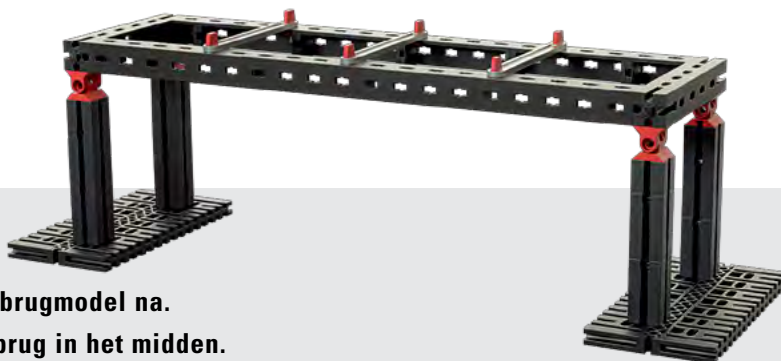
- **Bouw de trapladder eerst zonder spanelement op.**
- **Zet de trapladder neer en belast deze door druk op de sporten en het bovenste draaipunt uit te oefenen. Blijft de trap stabiel?**
- **Monteer nu het spanelement op je trap. Voer het experiment nogmaals uit. Blijft de ladder nu staan?**



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 veilig, lang, goedkoop en ziet er goed uit. Met je eigen brugmodel leer je een klassieker onder de brugbouwwijzen kennen.

## Balkenbrug



Taak:

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



Deze enkelvoudige balkenbrug is uitstekend geschikt voor lage belastingen en kleine spanwijdtes. Deze brug voldoet aan alle eisen. Wanneer de afstand tussen de steunpunten echter groter wordt, verliest de brug haar stabiliteit.

## 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.



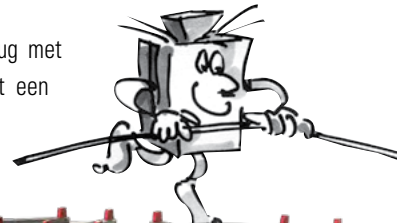
**Taak:**

- **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, panelementen en statische driehoeken stabiliseren deze brug.



**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 panelementen 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.

► Wil je nog grotere spanwijdten bereiken dan met de vakwerkconstructies? Wat dacht je van een tuibrug? Ze zijn zeer lang, zien er indrukwekkend uit - maar zijn ze ook belastbaar?

## Tuibrug



### Taak:

- **Bouw de tuibrug.**
- **Belast de brug links en rechts van de middenpijler met een gewicht en vergelijk de stabiliteit met die van de vakwerkconstructie.**



En hoe heeft de tuibrug het er in jouw vergelijkende onderzoek afgebracht?

Hoe kan het dat de brug zo stabiel is terwijl ze slechts aan kabels\* hangt? Ik zal het je verklappen: het zijn nu juist de kabels en de verdeling daarvan die het hem doen.

De brug bestaat uit drie hoofddelen: middenpijlers (pylonen), staalkabels en brugdek. En de hoge belastbaarheid heeft de brug te danken aan een geraffineerde constructie.

De verticale krachten die het brugdek naar onderen trekken, worden via de kabels aan de middenpijler overgedragen die ze aan de bodem afgeeft.

Daarmee ziet een tuibrug er niet alleen indrukwekkend uit, ze kan zelfs afstanden van 1000 meter overspannen – van pijler tot pijler wel te verstaan.

(\* In jouw model nemen de schoren de taken van de kabels over.)



# Kraan

► 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.

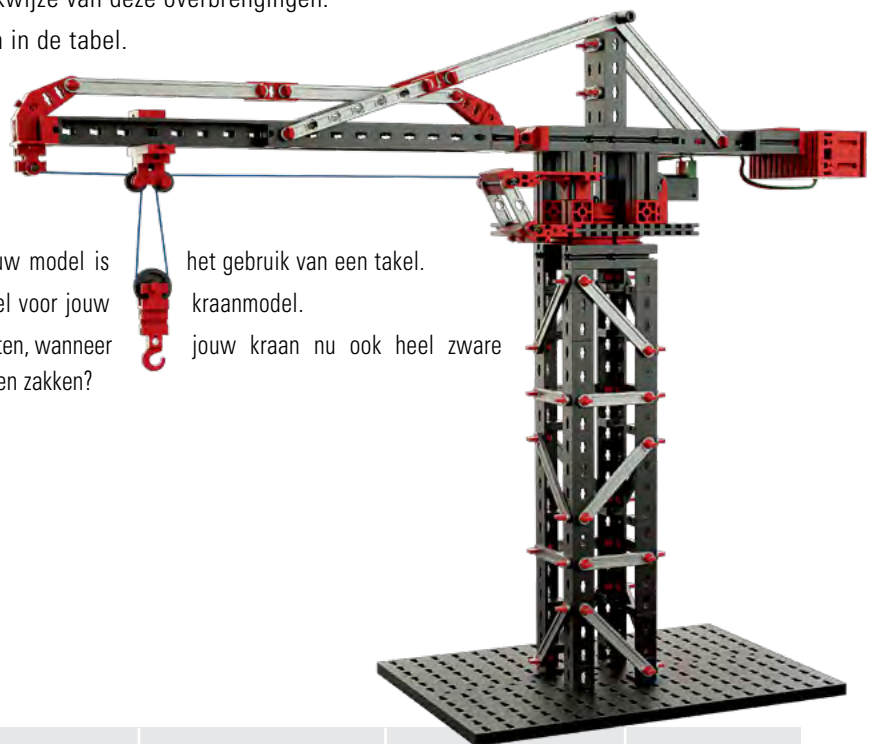
**T a a k :**

- **Bouw de kraan op zoals dat in de bouwhandleiding is beschreven.**
- **Monteer eerst de vaststaande toren met zijn frameconstructie. Ken je de statische elementen die worden gebruikt? Noteer ze in de tabel.**
- **Vervolgens wordt de giek met de draaikrans opgebouwd. De giek van de kraan is een soort hefboom. Hoe kan het dat de kraan toch in evenwicht blijft? Hoe wordt de giek gestabiliseerd? Vul ook hiervoor de tabel in.**
- **Waarvoor dient de loopkat op de giek? Verschuif de loopkat en kijk wat er met de haakhoogte gebeurt.**



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

- Ontwikkel een takel voor jouw
- Waarop moet je letten, wanneer lasten kan tillen en laten zakken?

het gebruik van een takel.

kraanmodel.  
jouw kraan nu ook heel zware

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