

Stevige en veilige constructies maken

Titel: Stevige en veilige constructies maken

Vak: Technologie

Sector: Havo/vwo

3D aspect: **werkwijze** Onderzoeken, ontwerpen, modellen
denkwijze Oorzaak en gevolg, Structuur en functie

1. Introductie

In dit lesmateriaal gaan leerlingen in een modellersituatie over oorzaak-gevolg relaties en structuur-functie relaties redeneren teneinde een constructie te ontwerpen die stevig en stabiel is. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het begrip 'kracht', dat in het materiaal al bekend verondersteld wordt. De materiaaleigenschap 'veerkrachtigheid' (elasticiteit) speelt een rol in het onderzoek dat leerlingen aan een model van een constructie doen. Het begrip terugkoppeling (feedback) komt kort aan de orde als nieuw begrip. In de hier gepresenteerde versie van het lesmateriaal zijn in de tekst steeds relatie naar de Kennisbasis aangegeven. In het materiaal zoals dat aan de leerlingen wordt aangeboden kunnen deze verwijzingen worden verwijderd.

2. Integrale doelen

Bij het ontwerpen van een product gebruik maken van vakbegrippen en redeneervormen.

Een model of prototype van een te ontwerpen product maken en onderzoek doen aan dat model of prototype om te beredeneren op welke punten het ontwerp verbeterd kan worden daarbij gebruik makend van relevante vakbegrippen.

3. Werkwijzen, vakinhouden en denkwijzen

D1 - Karakteristieke werkwijzen	D2 – Vakinhouden	D3 - Karakteristieke denkwijzen
Informatievaardigheden uit een representatie van een constructie de eigenschappen van die constructie aflezen Onderzoeken Experimenteel de relatie tussen bepaalde structuureigenschappen en de werking van een constructie kunnen bepalen Modelgebruik en -ontwikkeling. Met behulp van een model de werking van de gemodelleerde constructie voorspellen Ontwerpen. Een concept bedenken dat een oplossing biedt voor een behoefte. Bij het ontwerpen gebruik maken van relevante kennis uit de natuurkunde (krachten). Een programma van eisen afleiden uit een gegeven probleemformulering aangevuld met zelf uit de situatie afgeleide aanvullende gegevens. Een beargumenteerde keuze maken uit mogelijke oplossingen voor een ontwerpprobleem	Materialen. De correcte benaming van traditionele en nieuwe materialen geven	Oorzaak en gevolg Krachten in een constructie hebben vormveranderingen tot gevolg. Structuur en functie Driehoeken zijn een geschikte structuur om in een constructie voor stabiliteit te zorgen (functie). Patronen Driehoeken vormen een herkenbaar patroon in (vakwerk)bruggen. Materialen kunnen worden geclassificeerd op basis van relevante eigenschappen (veerkrachtigheid) Stabiliteit en verandering. Specifieke vormen van feedback zijn nodig om stabiliteit dan wel een gewenste verandering in een systeem te bewerken

4. Leerlingopdracht

Stevige en veilige constructies maken

1. Inleiding

Een brug is een heel belangrijke constructie: zij zorgt ervoor dat we ons snel en veilig over grote rivieren kunnen verplaatsen. Het moderne leven in Nederland, een echt waterland, zou ondenkbaar zijn zonder de talloze bruggen over allerlei grote en kleinere rivieren. Hetzelfde geldt trouwens voor veel landen in de wereld.

Dat bruggen zo belangrijk zijn, zie je op een trieste manier in oorlogstijd: dan proberen de vijanden zo snel mogelijk elkaars bruggen te vernietigen. Zo wordt immers het transport van mensen en goederen in een groot gebied snel lam gelegd.

Soms gaat het trouwens op een andere manier mis: een brug kan instorten als hij niet goed is ontworpen, als er sprake is van materiaalfouten, als de brug te zwaar wordt belast of niet goed wordt onderhouden. Lees het onderstaande krantenbericht maar eens.

Brug snelweg Seattle - Vancouver ingestort

24 mei 2013 , bron: ANP



De brug van de autosnelweg Seattle - Vancouver over de rivier de Skagit is donderdagavond ingestort. De brug van de Interstate 5 begaf het mogelijk door toedoen van een veel te zware vrachtauto.

Volgens plaatselijke media wordt er gekeken of een 'oversized truck' een rol heeft gespeeld in het ongeluk. Er zijn volgens de autoriteiten geen doden gevallen.

Verscheidene voertuigen belandden in het water. Omstanders hebben onmiddellijk de inzittenden van een pick-up en een personenauto uit het water weten te redden. Particulieren waren snel met bootjes ter plaatse om naar slachtoffers te zoeken.

De brug over de rivier de Skagit in de staat Washington ligt ongeveer 90 kilometer ten noorden van Seattle en halverwege de weg van die stad naar het Canadese Vancouver.

De veiligheid van bruggen is een belangrijk thema in de regio. Veiligheid is in het algemeen een belangrijk thema in de techniek. De staat Washington overweegt (omgerekend) ruim 340 miljoen euro uit te trekken om de brug van de Interstate 5 over de rivier de Columbia samen met de staat Oregon te vervangen. Die brug is van hetzelfde type als de brug uit 1955 over de Skagit die het donderdagavond begaf.

In Minneapolis in de staat Minnesota stortte in 2007 een lang stuk brug van een 'Interstate' in de rivier de Mississippi. Daarbij verloren 13 mensen het leven en raakten er 145 gewond. De ongelukken voeden zorgen over achterstallig onderhoud aan de infrastructuur in de VS.

Uit dit bericht blijkt dus dat het bezwijken van bruggen veel mensenlevens kan kosten. Dit soort ongelukken is gelukkig zeldzaam maar zou bij slecht onderhoud best vaker kunnen optreden. Als je het op wereldschaal bekijkt dan zie je overigens dat het redelijk vaak gebeurt dat een brug bezwijkt.

Alle reden dus om eens goed te kijken naar stevige en veilige constructies die lang mee gaan!

Tegenwoordig moeten bruggen overigens niet alleen maar functioneel zijn, ze worden ook vaak gezien als “sieraad” voor een stad. Denk bijvoorbeeld maar aan de Erasmusbrug in Rotterdam en de Golden Gate van San Francisco. Die bruggen zijn beeldbepalend voor de stad. Aan het einde van deze lessenserie ontwerpen we zelf een mooie en natuurlijk ook stevige brug.



Deze lessenserie gaat over constructies. Een constructie is een voorwerp dat uit meerdere onderdelen gemaakt is. Soms wordt met het woord ‘constructie’ ook wel eens bedoeld: de manier waarop de onderdelen aan elkaar gezet zijn. In die betekenis zullen we in deze lessen het woord constructie niet gebruiken. We bedoelen er steeds het geconstrueerde voorwerp als geheel mee. We bestuderen een heleboel verschillende constructies en zullen daarbij kijken naar de krachten die op en in constructies werken. We willen namelijk graag weten hoe we veilige en stabiele constructies kunnen maken.

Als we die kennis hebben opgedaan, gaan we zelf een stabiele constructie ontwerpen: de laatste lessen van deze lessenserie zullen we besteden aan het ontwerpen van een stevige en ook mooie brug.



2. Voorbeelden van constructies

Er bestaan veel verschillende soorten constructies. Je kunt denken aan natuurlijke constructies zoals ons eigen skelet, een slakkenhuis of een stevige plantenstengel. Ook de mens maakt allerlei constructies. Het kan hierbij om heel verschillende dingen gaan. Kijk maar eens naar de plaatjes.



Opdracht 1: verzamel op internet 10 afbeeldingen van verschillende constructies. Zorg voor heel verschillende voorbeelden en maak er een digitale poster van. Vermeld bij elk voorbeeld drie belangrijke ontwerpeisen.

In deze lessen zijn we geïnteresseerd in de manier waarop je stevige constructies kunt maken. De meeste constructies moeten immers krachten kunnen weerstaan om hun functie goed te kunnen vervullen. We kijken naar de manier waarop je daarvoor kunt zorgen.

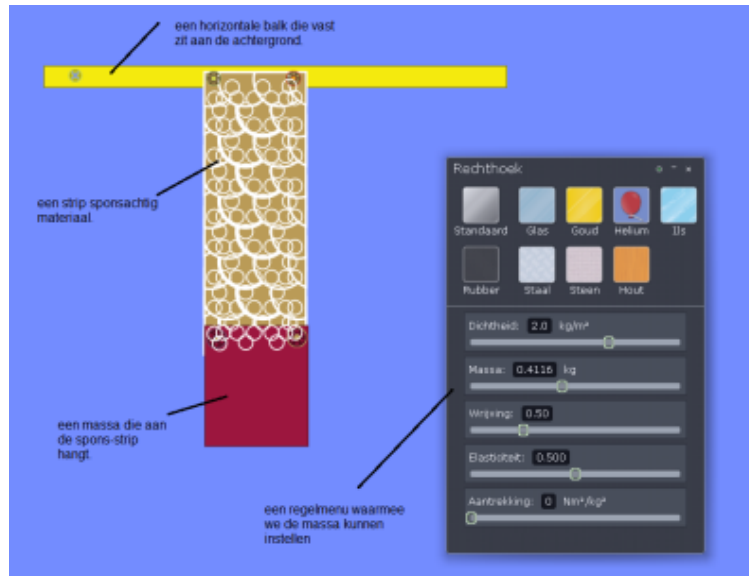
We zullen veel gebruik maken van computermodellen. Soms zijn die al kant en klaar, soms moet je ze zelf maken. Van computermodellen kun je veel leren. Een goed computermodel is weliswaar een vereenvoudiging van de werkelijkheid maar geeft toch inzicht in belangrijke zaken die daarbij een rol spelen. Wij zullen het programma Algodoo™ gebruiken om de computermodellen te maken. Daarom zullen we beginnen met de mogelijkheden van dit programma te verkennen. Daarna doen we proeven met behulp van computermodellen van verschillende constructies.

3. Kennismaking met Algodoo.

Om te leren werken met het computerprogramma Algodoo hebben we een aparte [introdactie](#) samengesteld. (start door te klikken op de snelkoppeling “introdactie”)

4. Trek- en drukkrachten.

Als je op een stoel gaat zitten dan begint er een behoorlijke kracht op de stoel te werken. We noemen zo'n kracht *een belasting*. Als de stoel die belasting niet kan weerstaan dan zak je er doorheen. Een stoel moet dus een stevige constructie hebben. We zullen zien dat daarvoor twee dingen belangrijk zijn: *het materiaal* waarvan de stoel is gemaakt moet stevig zijn en dat geldt ook voor *de vorm* van de constructie. We beginnen met onderzoeken hoe materialen zich gedragen als er een kracht op gaat werken.



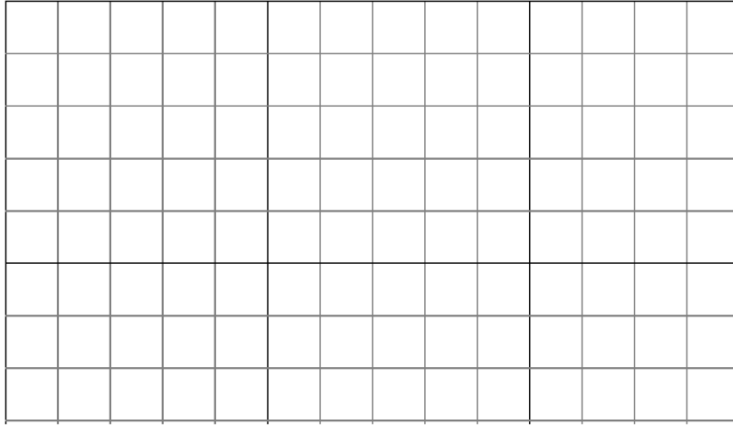
Start het 1^e Algodoo model. CTRL-Klik daarvoor op het plaatje.[Met CTRL-klik bedoelen we dat je de control-knop ingedrukt moet houden terwijl je op de linkermuisknop drukt]

Opdracht 2: onderzoek nu wat het spons-materiaal doet als je de massa die aan de strip hangt steeds groter maakt. Schrijf hieronder op wat je hebt ontdekt.

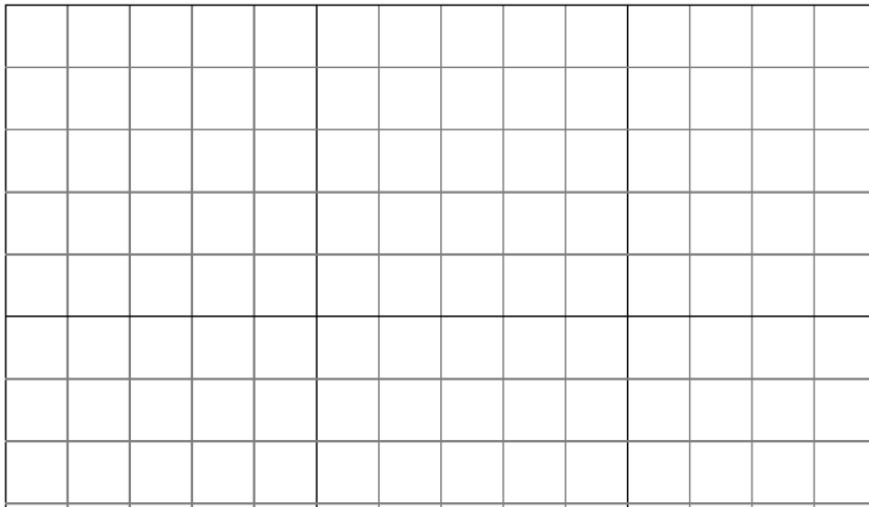
Werkt er in de strip een trekkracht of een drukkracht?

Opdracht 3

Meet de uitrekking van de strip bij verschillende belastingen [dat wil zeggen bij verschillende instellingen van de massa die aan de strip hangt]. Maak een grafiek van de uitrekking van de strip (in cm) tegen de kracht (in N) die op de strip werkt. Neem hierbij aan dat een massa van 1 kg een gewicht van 10 N heeft. Gebruik hierbij het onderstaande grafiekpapier.



Bouw nu een model waarbij je een massa op het sponsachtige materiaal kunt leggen zodat dit wordt ingedrukt. Verander ook nu weer de massa en kijk wat er gebeurt. Waarschijnlijk valt de massa van het materiaal af doordat het materiaal krom buigt. Bedenk een betere testopstelling die dat probleem voorkomt. Maak ook nu weer een grafiek.



Werkt er nu in de strip een trekkracht of een drukkracht? Met andere woorden: welke oorzaak heeft als gevolg de indrukking van het materiaal:

Oorzaak: -> gevolg:

5. Veerkracht van veren en materialen.

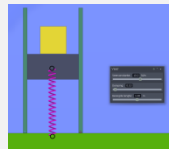
We hebben gezien dat een eigenschap van het sponsmateriaal in het computermodel is dat het veerkrachtig is: je kunt het uitrekken en indrukken. Als de kracht op het materiaal kleiner wordt gemaakt dan veert het weer terug.

Noem enkele materialen uit de echte wereld om ons heen die zich ook duidelijk op deze manier gedragen. Noem ook toepassingen van deze materialen.

Om nog wat meer kijk te krijgen op de veerkrachtigheid van materialen doen we een paar proeven met veren in een computermodel.

We beginnen met het indrukken van een veer.

Opdracht 4



Start het volgende model (ctrl-klik op het plaatje).

Zoals je ziet kun je de veerconstante en de veerdamping regelen. Start de animatie en kijk wat er gebeurt.

Wat verandert er als je de veer een grote damping geeft? Ga eerst terug naar de begintoestand met de knop , geef de damping een andere waarde en start dan de simulatie opnieuw].

Wat gebeurt er als je de veerconstante groter maakt? [maak die constante in stapjes steeds groter]

Zoals je waarschijnlijk wel weet kan een veer stug zijn of slap. Heeft een stugge veer een grote of juist een kleine veerconstante?

Maak de veerconstante nu eens heel erg groot: 1000 N/m. Maak vervolgens de massa van het blok dat op de veer drukt steeds groter: 1 kg – 2kg – 3 kg – 4kg, etc.

Kun je bij deze veer de indrukking goed zien als er een grote drukkracht werkt?

Als jij op een houten kruk gaat zitten, kun je dan goed zien dat het hout wordt ingedrukt? En als je op het matras van je bed gaat zitten? Ook hier is sprake van

een oorzaak-gevolg relatie:

Oorzaak: -> gevolg:

Elk materiaal is veerkrachtig. Maar sommige materialen gedragen zich als een heel stugge veer. Andere materialen juist als een slappe veer.

Als je de veerkrachtigheid van materialen goed wilt vergelijken, moet je er natuurlijk wel voor zorgen dat dat eerlijk gebeurt. Zo kun je elastiek en ijzer alleen eerlijk vergelijken als je een stuk ijzerdraad en een stuk elastiek neemt die even lang en even dik zijn.

Vat voor jezelf samen wat je geleerd hebt over de materiaaleigenschap 'veerkrachtigheid' in relatie tot druk- en trekkrachten. Behalve door deze eigenschap wordt de veiligheid van de brug door nog een andere eigenschap van de brug bepaald.

We verleggen nu onze aandacht van materialen naar de vorm van constructies. In constructies worden altijd bepaalde materialen gebruikt. Normaal gesproken zie je constructies niet veel vervormen als er krachten op werken. Toch zie je de plank van een boekenkast soms wel doorbuigen omdat er veel boeken op staan. En een auto ziet er na een botsing soms heel anders uit!



Wij willen computermodellen maken waarbij je de vervorming heel goed kunt zien. Want dan weet je waar er grote krachten optreden en kun je bovendien zien of dat trekkrachten of drukkrachten zijn. Daarom zullen wij onderdelen van een constructie vaak vervangen door een veer. Dan kunnen we zien of er op dat onderdeel een drukkracht werkt, want dan wordt de veer ingedrukt. Als er een trekkracht werkt dan wordt de veer juist uitgerekt.

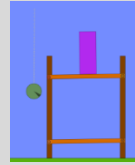
6. Stabiliteit van constructies

We onderzoeken hoe je stevige en stabiele constructies kunt maken. Als voorbeeld nemen we een eenvoudige open kast. Vaak kun je die als doe-het-zelf-bouwpakket kopen.

We gaan nu een model van zo'n kast in Algodoo in elkaar zetten. We beginnen met twee staanders rechtop te zetten en verbinden ze met twee horizontale legplanken. Die zijn met schroeven aan de staanders (de verticale elementen) verbonden. We vragen ons af hoe stevig deze constructie is. We zetten een gewicht op de bovenste plank.

Opdracht 5

Start het volgende model (ctrl-klik op het plaatje)



Geef nu een duwtje tegen de kast door de simulatie te starten en met het “handje”  de bal aan de ketting naar links en omhoog te slepen en dan los te laten. (het “handje” zit in het menu linksonder in het beeldscherm)

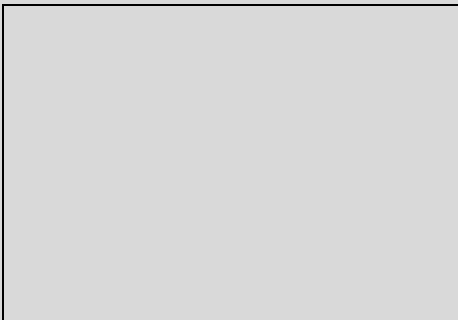
Wat gebeurt er als de bal tegen de kast botst?

Bedenk een simpele aanpassing om de kast veel stabiel te maken en test die oplossing door het model aan te passen. Je mag hierbij gebruik maken van een of twee extra plankjes. Je mag geen gebruik maken van vaste verbindingen (symbool ), maar alleen van scharnierende verbindingen (symbool ). Laat daarna opnieuw de bal tegen de kast slingeren.

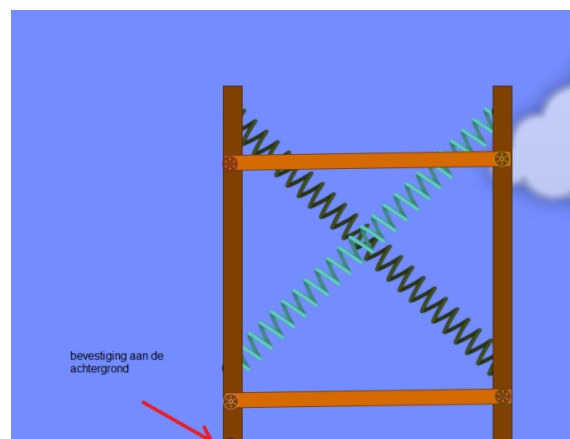
Je hebt hier te maken met een relatie tussen de structuur van de kast en de functie: Om een kast te krijgen die stabiel blijft staan (functie) past daar goed de volgende structuur bij:

Zoek op internet eens wat afbeeldingen op en gebruik daarbij het zoekwoord “stellingkast”. Als het goed is zie je de oplossing van het probleem ook terug in sommige afbeeldingen.

Plak in het kader een plaatje dat jij gevonden hebt. Pas eventueel je Algodoo-model een beetje aan en voer de test nog eens uit.



We gaan nu een beetje nauwkeuriger kijken hoe de versteviging van de stellingkast werkt. Vervang in het model de latten door veren. Zoals je ziet in het plaatje hieronder hebben we de linker staander bevestigd aan de achtergrond. We willen namelijk dat de kast niet over de grond kan verschuiven. Verder



hebben we de bal en het voorwerp op de bovenste legplank verwijderd.

Zorg ervoor dat je model er dus zo uit ziet:

Opdracht 6

Pak met het handje de rechter staander de kast beet en trek de kast scheef. Laat de kast weer los en kijk wat er gebeurt. Herhaal dit proefje een paar keer en let daarbij ook goed op de vervorming van beide veren.



Wat valt je op?

De kast is stabiel omdat een verandering een kracht veroorzaakt die de verandering tegenwerkt. Dat noemen we terugkoppeling (feedback). Feedback wordt in de techniek gebruikt om een stabiel systeem te maken. Een heel ander voorbeeld dan de stabiele kast is de thermostaat die zorgt voor een constante temperatuur.

Hoe zit het met de krachten in de veren? Werkt er op beide veren een trekkracht of een drukkracht? In termen van oorzaak en gevolg:

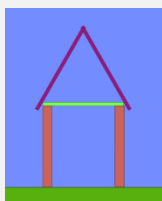
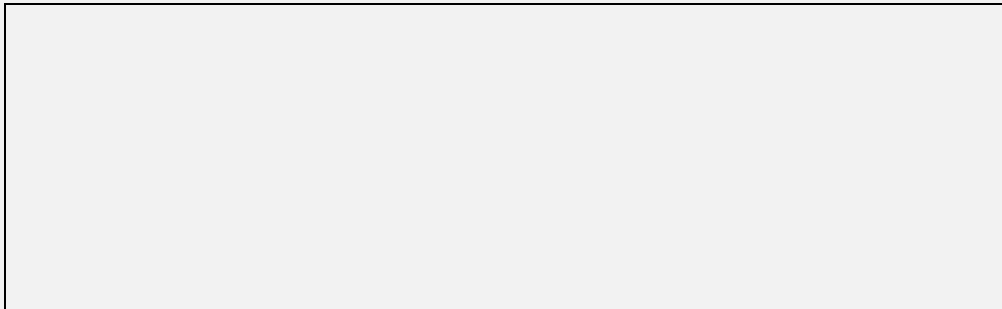
Oorzaak: -> gevolg:

Wat is dus de functie van de latten aan de achterzijde van de kast?

Structuur: gekruiste latten $\leftarrow \rightarrow$ Functie:

Opdracht 7

Het lijkt er dus op dat een driehoek als onderdeel van een constructie zorgt voor stevigheid. Met andere woorden: driehoeken zijn als steeds terugkerend patroon herkenbaar in bruggen. Verzamel op internet vier afbeeldingen van andere constructies waarin je driehoeken als patroon tegenkomt. Plak de afbeeldingen in de ruimte hieronder.



We bekijken nog even de dakconstructie van een huis in aanbouw. Start het model. Zoals je ziet is het dak nog niet erg stevig. Bedenk een maatregel om het dak stevig te maken. Het is wel de bedoeling dat je straks over de zolderverdieping kunt lopen (zonder je hoofd te stoten natuurlijk!)

Ctrl-klik op het plaatje om het model te starten.

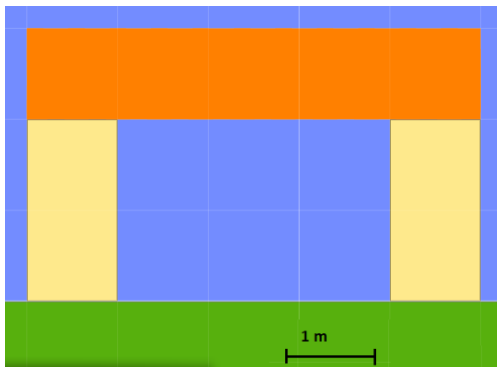
7. Met balken een grote afstand overbruggen.



Balken zijn heel belangrijk bij de constructie van bijvoorbeeld huizen en gebouwen. De horizontale balken dienen om grote afstanden te overbruggen om op die manier grote ruimten te kunnen maken. De horizontale balken zijn meestal onderdeel van de dakconstructie. In de afbeelding zie je een grote bedrijfshal in aanbouw. Er worden ook veel verticale balken gebruikt die straks onderdeel vormen van de wanden van het gebouw. Om de balkconstructie te verstevigen is er weer gebruik gemaakt van dunnere balken die ervoor zorgen dat er veel driehoeken in het balkenskelet zitten.

Wij gaan nu kijken naar de manier waarop je met horizontale balken een grote afstand kunt overbruggen. Die afstand wordt in de wereld van de bouw een *overspanning* genoemd.

Hieronder zie je een plaatje waarbij een dikke balk op twee muren rust. De overspanning bedraagt 3,0 meter. Start het volgende model op (ctrl-klik op het plaatje).



Zoals je ziet buigt de balk behoorlijk door. Waar ligt dat vooral aan? Met andere woorden:

Oorzaak:-> gevolg:

Onderzoek hoe de doorbuiging afhangt van de dikte van de balk. Laat de overspanning ongewijzigd op 3,0 meter. Voor het materiaal van de balk gebruik je steeds "spons".

dikte balk	doorbuiging

Onderzoek nu de invloed van de overspanning op de doorbuiging van de balk.

Overspanning (m)	doorbuiging

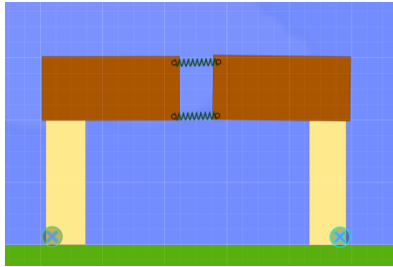
Conclusies:

Als de balk dikker is dan _____

Als de overspanning groter is dan _____

We willen graag weten wat voor krachten optreden *in* de balk als deze doorbuigt. Daarvoor hebben we een model gemaakt. Start het model (ctrl-klik op het plaatje). Om goed te kunnen zien

wat de balk doet, hebben we er een stukje uit “geknipt” en vervangen door veren. Bovendien laten we de animatie in slow-motion afspelen. Laat de simulatie eventjes spelen en pauzeer dan.



Wat voor kracht (trek of druk) treedt er aan de bovenzijde van de balk op? Waar zie je dat aan?

En aan de onderzijde?

En in het midden van de balk?

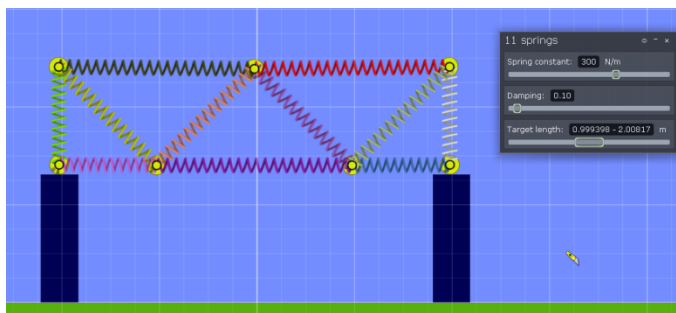
8. Bruggen bouwen



We gaan ons nu bezighouden met bruggen die over grote rivieren worden gebouwd en die bedoeld zijn om veel verkeer te laten passeren. Zo'n constructie moet natuurlijk heel stevig zijn en dus heel grote krachten kunnen weerstaan. Verder is het belangrijk dat een brug een grote vrije doorgang kan verlenen aan schepen. Er moeten dus niet teveel pijlers onder de brug zitten. Helemaal prima zou het zijn als er geen enkele pijler onder de brug zit. De brug loopt dan van een ankerpunt op de ene oever naar het ankerpunt op de andere oever en maakt dus een grote overspanning.

In het plaatje zie je een simpele vakwerkbrug met een grote overspanning. Dit type brug gaan we met het volgende model onderzoeken (ctrl-klik op het plaatje). Zoals je ziet hebben we in ons model alle staven vervangen door veren. Hierdoor kunnen we beter zien hoe de brug vervormt bij belasting en wat elke staaf precies doet. De veren in ons model hebben allemaal dezelfde veerconstante. De gele bolletjes zijn de zogenaamde knooppunten in het vakwerk.

Het model is een vereenvoudigde weergave van de echte brug. Noem eens wat aspecten van de echte brug die in het model zijn weggelaten. Waarom konden die eigenschappen worden weggelaten? Noem ook wat aspecten van de brug die niet zijn weggelaten. Waarom was het belangrijk om die in het model opgenomen?



Zoals je ziet is er een menu beschikbaar waarmee je de veerconstante van alle veren tegelijkertijd kunt veranderen.

Opdracht: wat gebeurt er met de brug als je de veren slapper maakt? Met andere woorden:

Oorzaak: veren slapper -> gevolg:

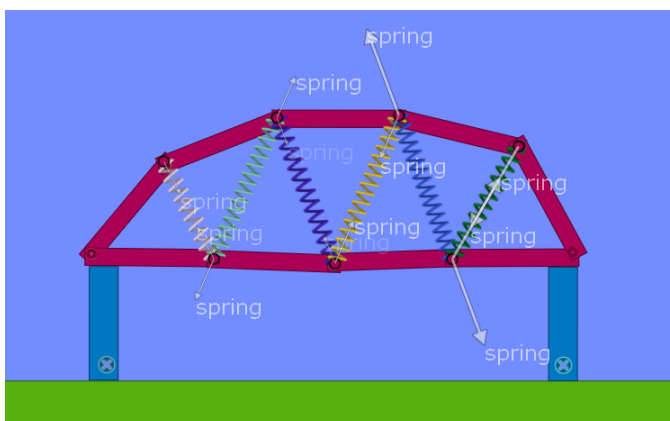
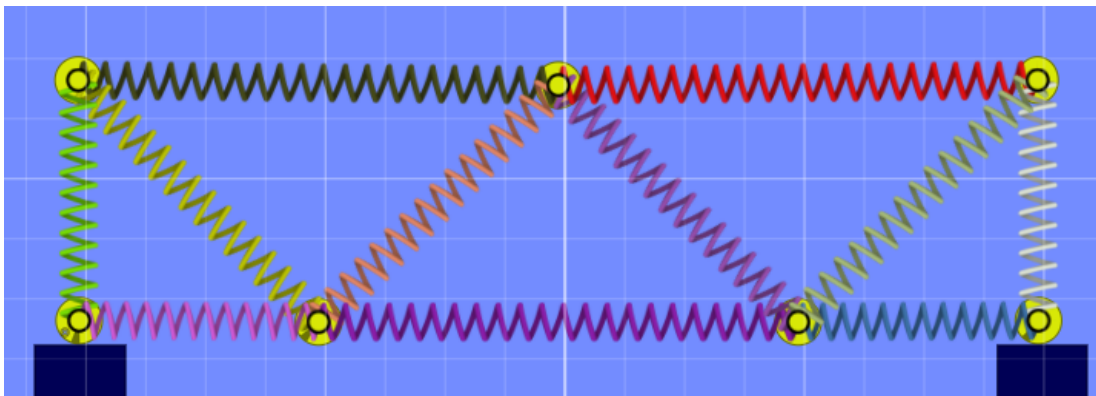
Welke eis moet je dus stellen aan de staven waaruit een vakwerkbrug is opgebouwd?

Opdracht: zoals je ziet bestaat de vakwerkbrug wel uit heel veel veren. We vragen ons af of je er misschien eentje zou kunnen missen. Onderzoek deze vraag door steeds 1 veer te verwijderen en te bekijken of de brug stabiel blijft.

Is er bij deze brug sprake van een overbodige staaf?

Nu gaan we de proef nog eens herhalen. Zet de simulatie op slow-motion. Na het verwijderen van 1 veer start je de simulatie. Kijk goed wat er gebeurt. Nu moet je kunnen vertellen wat de functie is van de veer die je hebt weggehaald. Is het een trek- of een drukveer? Leg uit hoe je deze vraag kunt beantwoorden.

Opdracht: zet in onderstaande tekening bij elke veer of het een trek- of een drukveer is.



We kunnen in het model ook de krachten laten tekenen die de veren uitoefenen. Start het volgende model van een boogbrug (ctrl-klik op het plaatje). Zoals je ziet zijn de boog en het wegdek opgebouwd uit segmenten en de staven zijn opnieuw vervangen door veren. Je ziet dat je op deze manier ook een grote

overspanning kunt maken terwijl de brug zelf uit korte segmenten is opgebouwd.

Kijk naar de krachten; welke staven in de constructie zijn trekstaven en welke zijn drukstaven? Klopt dit met de vervorming die de brug krijgt als je een bepaalde staaf weghaalt?

Onderzoek de stabiliteit van de brug door met het handje een bepaalde staaf beet te pakken en een klein stukje te verplaatsen en dan weer los te laten. Wat gebeurt er met de krachten in de staven?

Leg een blok midden op de brug. Maak de massa van dit blok in stapjes groter. Welk effect heeft dat? Formuleer het weer in termen van oorzaak en gevolg.

Verbouw het model zo dat je modelbrug lijkt op de brug in onderstaande foto. Gebruik in plaats van staven ook nu weer veren.

Is dit een stabiele constructie?

Welke krachten treden in de verticale staven op?



Zelf een brug of een poppodium ontwerpen!

Nu gaan we zelf aan de slag om een stevige en mooie constructie te ontwerpen. Daarbij mag je kiezen uit een brug of een poppodium. Als je hebt gekozen voor de brug dan kun je hieronder verder lezen. Ga je een poppodium ontwerpen, kijk dan even verderop. Je hoort van de docent op welke

--	--	--	--	--

manier je bij deze opdracht gaat samenwerken.

Opdracht “brug”.

Zoek op internet naar foto's van bruggen die je mooi vindt. Zorg voor vijf verschillende plaatjes waarbij je goed kunt zien dat bruggen erg verschillende constructies kunnen hebben. Plak de plaatjes in de ruimte hieronder.

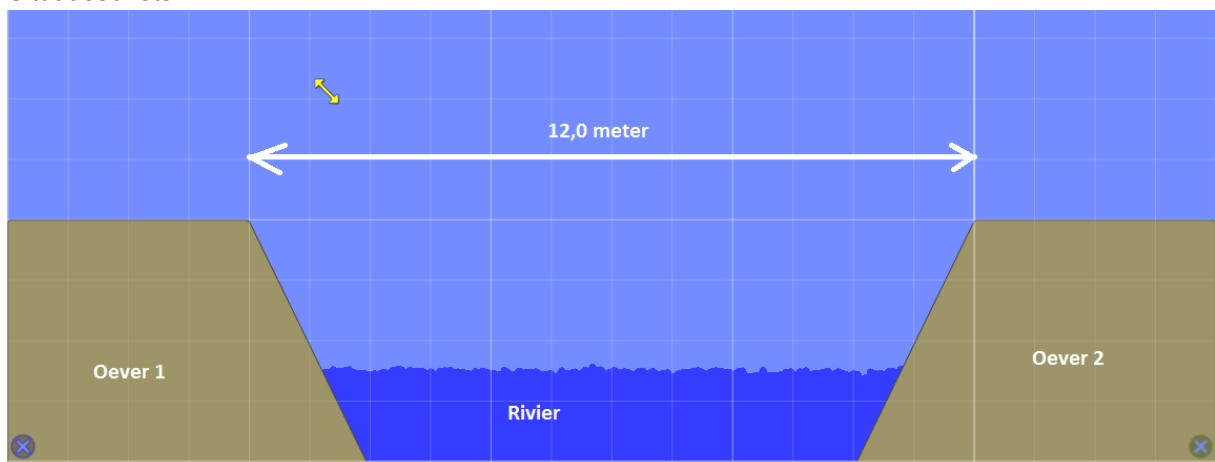
Ga nu met Algodoo aan de slag om je eigen ontwerp van een brug te maken. Die brug moet mooi en sterk zijn en een grote overspanning hebben. Net als bij de boogbrug waarmee je hebt geëxperimenteerd moet de brug opgebouwd zijn uit kleine segmenten die scharnierend zijn verbonden. Misschien vind je het handig om eerst samen een potloodschets te maken voordat je met Algodoo gaat werken. Bij het ontwerpen denk je steeds over twee dingen na:

-
- (1) welke functie wil ik vervuld hebben (bijvoorbeeld: je wilt dat de constructie stabiel is) en welke structuur past daar goed bij (bijvoorbeeld: driehoeken)?
 - (2) Welke oorzaak (bijvoorbeeld een bepaalde gewicht) heeft welke gevolg (bijvoorbeeld: een drukkracht op een balk)?
-

De eisen waaraan je ontwerp van de Algodoo-modelbrug moet voldoen zijn:

- Overspanning van de brug: 12,0 meter.
- Er is hooguit 1 pijler onder de brug.
- Geen enkel onderdeel is langer dan 3,0 meter.
- Het wegdek hangt minstens 3,5 meter boven het wateroppervlak.

Situatieschets:



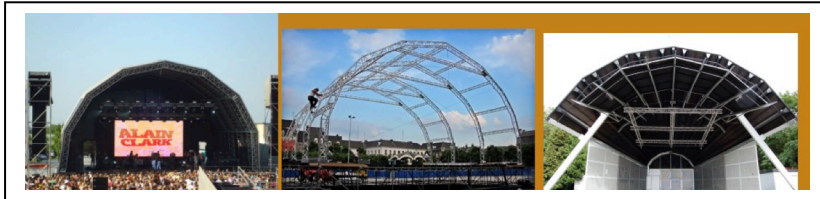
Onderzoek je eigen brugmodel door steeds een bepaald onderdeel te vervangen door een veer en dan te kijken of dat onderdeel een trek- of een drukkracht moet leveren.

Zorg voor een plaatje van je eigen brug en geef daarin de trek- en drukkrachten aan.

Misschien vraagt de docent om je brugmodel te presenteren aan de rest van de klas.

Opdracht “poppodium”

Een bekende band komt naar Nederland en zal een optreden verzorgen op een spectaculair openluchtpodium aan het IJ in Amsterdam. Het podium komt op een plaats boven het water. Het publiek staat op de kade en zal de band dus goed kunnen zien. Laat je inspireren door de plaatjes. Misschien valt er op internet ook nog iets te vinden!

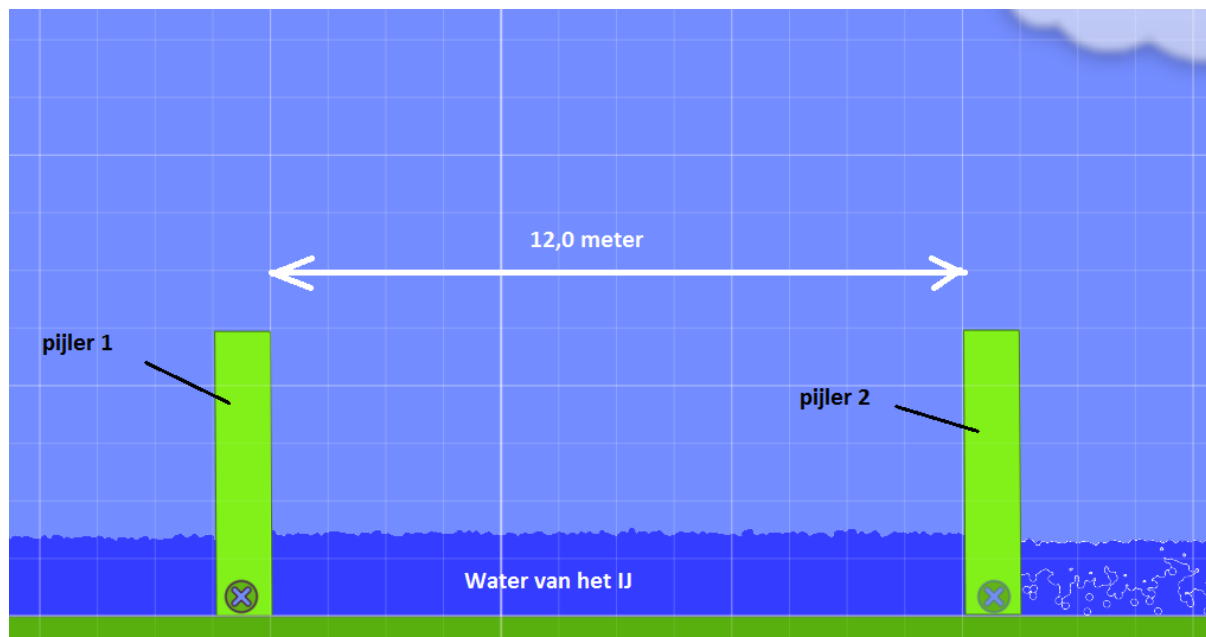


Het podium komt op een hoogte van 3,5 meter boven het water en is 12,0 meter lang. Dit podium wordt alleen door twee pijlers links en rechts ondersteund. Die pijlers staan stevig verankerd in de bodem van het IJ. Het podium zelf is verder een boven het water zwevende constructie. Links en rechts op het podium staan hoge constructies waarop de grote geluidsboxen staan. Natuurlijk is het podium voorzien van een aantal verschillend gekleurde lasers die tijdens het optreden zorgen voor een lasershow! [er zitten ook lasers in Algodoor waarvan je de kleur kunt instellen!]

De eisen voor het openluchtpodium zijn:

- Het podium staat op 2 pijlers in het water.
- Overspanning van het podium: 12,0 meter.
- Geen enkel onderdeel van de podium-constructie is langer dan 3,0 meter.
- De horizontale vloer van het podium ligt op 3,5 meter boven het wateroppervlak.
- Op het podium staan twee geluidstorens van 7,0 meter hoog. Bovenin de toren staan twee geluidsboxen.
- Er zijn lasers die kunnen zorgen voor een lasershow.

Situatieschets:



Onderzoek je eigen podiumconstructie door steeds een aantal belangrijke onderdelen een voor een te vervangen door een veer en dan te kijken of dat onderdeel een trek- of een drukkracht moet leveren.

Zorg voor een plaatje van je eigen podiumconstructie en geef daarin de trek- en drukkrachten aan.

Misschien vraagt de docent om je model te presenteren aan de rest van de klas.

5. Lesopzet

tijd	Onderdeel	Activiteit docent en leerling	Denk/werkwijze	Functie onderdeel
LES 1.				
(tijd)	Introductie en voorbeelden van constructies (1 en 2)	Docent geeft aan waar de les over gaat Leerling zoekt informatie over bruggen	Informatievaardigheden. uit een representatie van een technisch systeem/artefact de eigenschappen van dat systeem/artefact aflezen	Leerling weet dat deze les gaat over het maken van stevige en veilige constructies.
(tijd)	Kennismaking met Algodo (3)	Leerling leert al verkennend met Algodo te werken.		Leerling leert met Algodo werken.
LES 2.				
(tijd)	introductie	docent geeft aan waar de les over gaat		Leerling weet dat deze les gaat over vorm- en materiaaleigenschappen die ze moeten kennen om een stabiele brug te kunnen ontwerpen.
(tijd)	Trek- en duwkrachten (4)	Leerling onderzoekt de relatie tussen trek- en duwkrachten en uitrekking	Onderzoeken. Experimenteel de relatie tussen bepaalde structureigenschappen en de werking van een product kunnen bepalen Modelgebruik en -	Leerling leert dat trek- en duwkrachten uitrekkingen als gevolg hebben. Ze leren om te onderzoeken in een modelleromgeving (Algodo).

			ontwikkeling. Met behulp van een model de werking van het gemodelleerde artefact/systeem voorspellen Oorzaak en gevolg. Van een gegeven product kan op basis van oorzaak-gevolg relaties worden aangegeven welke verschijnselen de werking verklaren Ontwerpen. Een concept bedenken dat een oplossing biedt voor een behoefte Ontwerpen: Bij het ontwerpen gebruik maken van relevante kennis uit de natuur- en scheikunde	
(tijd)	Veerkracht van veren en materialen (5)	Leerlingen onderzoeken de relatie veerkrachtigheid (elasticiteit)	Onderzoeken. Experimenteel de relatie tussen bepaalde structuureigenschappen en de werking van een product kunnen bepalen Oorzaak en gevolg. Van een gegeven product kan op basis van oorzaak-gevolg relaties worden aangegeven welke verschijnselen de werking verklaren Patronen. Materialen kunnen worden geclassificeerd op basis van relevante eigenschappen	Leerlingen leren de materiaaleigenschap veerkrachtigheid (elasticiteit) kennen.
(tijd)	Stabiliteit van constructies (6)	Leerlingen onderzoeken de relatie tussen de driehoeksstructuur en stabiliteit als gewenste functie.	Onderzoeken. Experimenteel de relatie tussen bepaalde structuureigenschappen en de werking van een product kunnen bepalen Modelgebruik en -ontwikkeling. Met behulp van een model de werking van het gemodelleerde artefact/systeem voorspellen Oorzaak en gevolg. Van een gegeven product kan op basis van oorzaak-gevolg relaties worden aangegeven welke verschijnselen de werking verklaren Ontwerpen. Een concept bedenken dat een oplossing biedt voor een behoefte Structuur en functie. Bij een gegeven structuur kan op basis van doel-middel redeneren functie en werking worden beschreven	Leerlingen leren dat een driehoek zorgt voor stabiliteit in een constructie.

(tijd)	Met balken een grote afstand overbruggen (7)	Leerlingen onderzoek krachten bij doorbuiging van balken.	Onderzoeken. Experimenteel de relatie tussen bepaalde structureigenschappen en de werking van een product kunnen bepalen Oorzaak en gevolg. Van een gegeven product kan op basis van oorzaak-gevolg relaties worden aangegeven welke verschijnselen de werking verklaren Structuur en functie. Bij een gegeven structuur kan op basis van doel-middel redeneren functie en werking worden beschreven	Leerlingen leren welke krachten in een balk werken wanneer deze doorbuigt.
(tijd)	bespreking	docent bespreekt		
LES 3				
(tijd)	introdactie	docent geeft aan waar les over gaat		leerling weet dat deze les gaat over
(tijd)	Bruggen bouwen (8)	Leerlingen ontwerpen een stabiele brug of een stabiel podium.	Modelgebruik en -ontwikkeling. Met behulp van een model de werking van het gemodelleerde artefact/systeem voorspellen Oorzaak en gevolg. Van een gegeven product kan op basis van oorzaak-gevolg relaties worden aangegeven welke verschijnselen de werking verklaren Ontwerpen. Een concept bedenken dat een oplossing biedt voor een behoefte. Structuur en functie. Bij een gegeven structuur kan op basis van doel-middel redeneren functie en werking worden beschreven Ontwerpen. Een programma van eisen afleiden uit een gegeven probleemformulering aangevuld met zelf uit de situatie afgeleide aanvullende gegevens Ontwerpen. Een beargumenteerde keuze maken uit mogelijke oplossingen voor een ontwerpprobleem	Leerlingen gebruiken verschillende denk- en werkwijzen samen om tot een ontwerp voor een brug of podium te komen.
(tijd)	afrondding	docent bespreekt na met de klas		

6. Suggesties

De opdrachten zijn vrij directief geschreven. Met name de betere vwo-leerlingen zullen wat meer vrijheid kunnen nemen om door de stof heen te gaan. Voor hen kan de meer gesloten tekst als vangnet dienen wanneer ze er met meer vrijheid onverhoopt toch niet uitkomen.