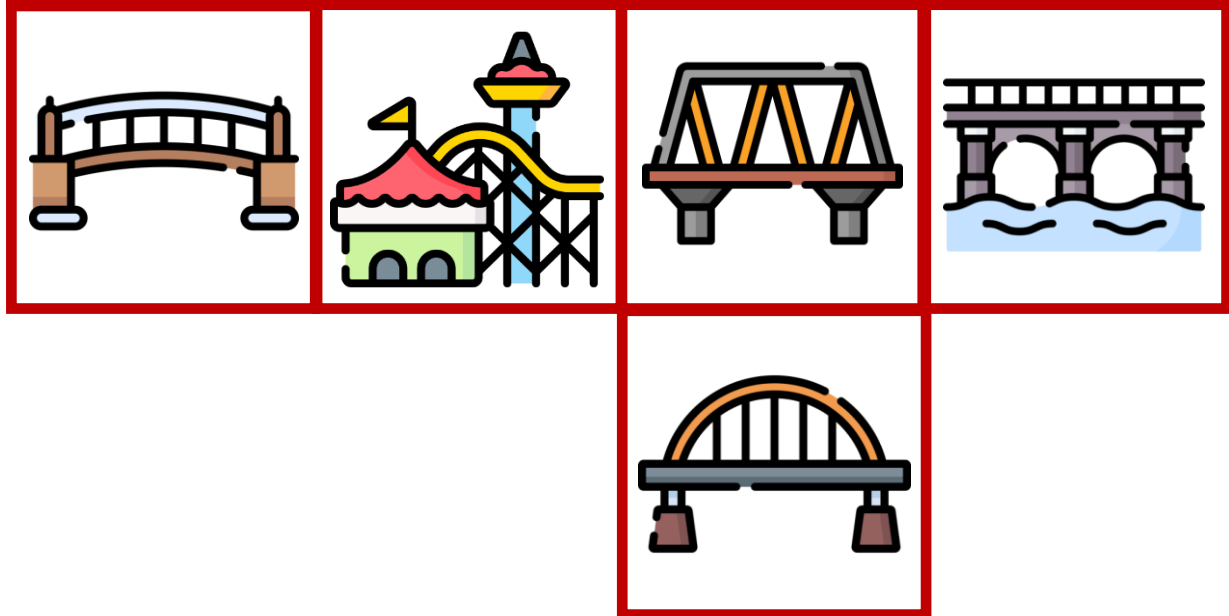


Forge Ride



Leesteksten voor de leerlingen

Met deze teksten leer je enkele soorten bruggen en hun eigenschappen kennen. Ze kunnen je helpen bij het maken van je eigen brug. Succes!

Brug 1: de hangbrug

Brug 2: de tuibrug of de kabelbrug

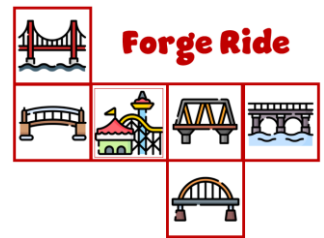
Brug 3: de boogbrug

Brug 4: de liggerbrug met profielen

Brug 5: de vakwerkbrug met driehoeken

Foto's: bekende voorbeelden van elke brug

Inspiratie: voorbeelden uit karton



1. De hangbrug



Markeer de voordelen groen.

Markeer de nadelen rood.



Vind je belangrijke informatie over de **constructie**?

Dan kan je deze onderstrepen.

Stel je voor dat je over een rivier moet geraken die zó breed is dat je de overkant bijna niet ziet. Een gewone brug bouwen zou veel te moeilijk zijn, want je zou midden in het water enorme steunpilaren moeten zetten. Hoe los je dat op? Daar hebben ingenieurs iets op gevonden: de hangbrug. Dankzij hun slimme opbouw kunnen hangbruggen heel lange stukken overspannen zonder dat er iets onder het midden van de brug staat. Ze zijn dus handig waar veel open ruimte is. Deze bruggen zijn dus ook ideaal om een da (laag gebied tussen twee heuvels of bergen) te overspannen.

Een hangbrug lijkt wel een beetje te zweven. De weg waar auto's of mensen over rijden, hangt aan dikke kabels die over hoge torens lopen. Die kabels zijn gemaakt van staal, want staal is sterk en buigt niet zomaar. Als je goed kijkt, zie je dat de kabels in een boog doorhangen tussen de torens. Aan die grote kabels hangen weer allemaal kleinere kabels, die de brug zelf omhoog houden. Zo lijkt het net alsof het brugdek (het deel waar de auto's overheen gaan) aan een soort stalen wasdraad hangt, stevig gespannen tussen twee punten. Het brugdek zelf is meestal van beton of een combinatie van beton en staal. Beton is sterk bij druk, terwijl staal goed is in het opvangen van trek. Samen vormen kabels en brugdek een stevig geheel dat tegen een stootje kan.

De torens zijn belangrijk, want zij houden de kabels omhoog. Meestal zijn ze gemaakt van beton of staal. Alles moet goed stevig verankerd zijn in de grond, zodat de kabels niet kunnen verschuiven of omvallen. Als je ooit in een gebied met bergen of kloven bent geweest, heb je misschien zo'n brug gezien. Of denk aan de Golden Gate Bridge in San Francisco — een van de beroemdste hangbruggen ter wereld.

Maar er is ook een nadeel: hangbruggen zijn lastig te bouwen. Alles moet precies uitgerekend worden. Als de kabels een beetje te los of te strak hangen, kan de hele brug onstabiel worden. Ze reageren ook sterk op wind. Bij harde wind kan zo'n brug gaan wiegen of zelfs gevaarlijk zwiepen als het niet goed ontworpen is. Daarom zie je soms dempers of andere slimme technieken in zo'n brug verwerkt, om het schommelen tegen te gaan.

Toch blijven hangbruggen indrukwekkend. Ze combineren techniek en elegantie. Ze lijken licht en zwevend, maar zijn ondertussen supersterk.

2. De tuibrug of kabelbrug



Markeer de voordelen groen.

Markeer de nadelen rood.



Vind je belangrijke informatie over de **constructie**?

Dan kan je deze onderstrepen.

Stel je voor dat je een brug moet bouwen over een brede rivier waar veel boten varen. Je wilt dat de brug stevig is, maar je kunt geen steunpilaren in het midden van het water zetten. En misschien moet de brug ook nog eens een beetje stoer en modern ogen. In dat geval zou een tuibrug best eens kunnen helpen.

Een tuibrug herken je meteen aan de hoge torens die recht omhoog steken. Vanuit die torens lopen kabels schuin naar het brugdek. De kabels lijken op de touwen van een grote tent. Maar in plaats van stof houden deze kabels iets veel zwaarders omhoog: een weg! De kabels trekken aan het brugdek en zorgen ervoor dat het niet doorzakt of beweegt. Het lijkt misschien alsof het brugdek aan de kabels hangt, maar eigenlijk duwen en trekken de kabels precies op de juiste plekken, zodat alles mooi in balans blijft.

De torens zijn het stevigste deel van de brug. Ze dragen een groot deel van het gewicht en zorgen ervoor dat de krachten goed verdeeld worden. Ingenieurs gebruiken vaak beton of staal om die torens te bouwen, want die materialen kunnen veel druk aan. De kabels zelf zijn meestal gemaakt van staal, want dat is sterk en kan goed tegen trekken. Als je ooit een tuibrug van dichtbij hebt gezien, heb je vast gemerkt dat de kabels niet slap hangen. Ze staan strak gespannen, als snaren van een reuzenharp.

Wat bijzonder is aan een tuibrug, is dat je zelf kunt kiezen hoe je de kabels plaatst. Ze kunnen in een waaivorm naar beneden lopen, of juist netjes parallel naast elkaar. Elke opstelling verdeelt de krachten op een iets andere manier. Daarom moet een ingenieur goed nadenken over hoe zwaar het verkeer zal zijn en hoe breed de brug moet worden. Alles moet precies uitgerekend zijn, want één fout in de kabels kan gevolgen hebben voor het hele bouwwerk.

Tuibruggen ze sneller te bouwen dan sommige andere brugtypes, omdat je vanaf de torens naar buiten kunt werken. Maar het bouwen van de torens zelf en het juist bevestigen van alle kabels vraagt wel vakmanschap. Het kost tijd om alles goed af te stemmen. In Nederland kennen veel mensen de Erasmusbrug in Rotterdam.

Die brug wordt ook wel "De Zwaan" genoemd, omdat hij met zijn schuine toren en kabels lijkt op een sierlijke vogel. Zo zie je: een brug kan niet alleen stevig zijn, maar ook een kunstwerk!

3. De boogbrug



Markeer de voordelen groen.

Markeer de nadelen rood.



Vind je belangrijke informatie over de **constructie**?

Dan kan je deze onderstrepen.

Als je goed om je heen kijkt, zie je ze nog best vaak: bruggen met een grote boog eronder of erboven. Ze lijken stevig te staan, alsof ze er al honderden jaren zijn. En dat klopt soms ook! De boogbrug is namelijk een van de oudste brugtypes die we kennen. Zelfs de Romeinen bouwden ze al, helemaal uit stenen. En toch worden ze vandaag de dag nog steeds gebruikt. Waarom zou iets zo ouds nog steeds handig zijn?

Het geheim van de boogbrug zit in de vorm. Als je een boog maakt en daar iets bovenop legt, gebeurt er iets bijzonders: de kracht van het gewicht wordt niet naar beneden, maar naar opzij geduwd, naar de uiteinden van de boog. Die uiteinden moeten dus stevig tegenhouden, anders zakt alles in elkaar. Maar als dat goed is geregeld, staat een boogbrug als een huis. Je kunt er zware dingen op zetten zonder dat hij doorbuigt.

Tegenwoordig worden boogbruggen vaak gemaakt van gewapend beton of staal. Gewapend beton is beton waar staal in zit, zodat het niet alleen sterk is bij druk, maar ook bij buiging. Vroeger gebruikten ze stenen of bakstenen, maar die zijn zwaar en moeilijker in vormen te gieten. Met staal of beton kunnen ingenieurs veel grotere bogen maken, en ook met minder materiaal.

Soms zit de boog onder de weg, en dan rust het brugdek op de boog. Maar je hebt ook bruggen waar de boog boven de weg loopt, met kabels die het brugdek omhoog houden. Die kabels dragen dan het gewicht over aan de boog, die alles verder netjes naar de grond leidt. In beide gevallen zorgt de boog ervoor dat het gewicht niet in het midden blijft hangen, maar mooi verdeeld wordt.

Boogbruggen worden vaak gebouwd op plekken waar er stevige grond is aan beide kanten, zoals bij rivieren met stevige oevers. Omdat de krachten naar buiten duwen, moet je namelijk iets hebben wat dat kan tegenhouden. Ze zijn niet altijd geschikt voor superlange afstanden, tenzij je meerdere bogen achter elkaar maakt. Maar als de afstand goed te doen is, zijn ze sterk, betrouwbaar en gaan ze vaak héél lang mee.

Soms is de boog breed en plat, soms smal en hoog. De vorm wordt aangepast aan wat er nodig is: hoeveel verkeer erover moet, hoeveel ruimte eronder moet zijn voor bijvoorbeeld boten, en hoe stevig de ondergrond is.

In Nederland is de Waalbrug bij Nijmegen een bekend voorbeeld. En als je op vakantie gaat naar Zuid-Frankrijk, kun je misschien de Pont du Gard zien — een Romeinse boogbrug die al meer dan 2000 jaar oud is en nog steeds overeind staat.

Dat zegt wel iets over hoe slim de boog als vorm eigenlijk is.

4. De liggerbrug (met profiel)



Markeer de voordelen groen.

Markeer de nadelen rood.



Vind je belangrijke informatie over de **constructie**?

Dan kan je deze onderstrepen.

Niet elke brug hoeft ingewikkeld te zijn. Geen bogen, geen kabels, geen torens. Soms is een rechte, stevige balk al genoeg om van de ene kant naar de andere te komen. Dat is precies wat een liggerbrug doet. Het is misschien wel de eenvoudigste soort brug die er is, maar ook eentje die heel slim werkt.

Denk eens aan twee stevige tafels met een dikke plank ertussen. Simpel toch? Zo werkt een liggerbrug ook. Je hebt één of meerdere lange liggers (dat zijn de balken), en die rusten op steunpunten, zoals pijlers of landhoofden. Maar let op: als er iets zwaars overheen moet, zoals auto's of vrachtwagens, moet die ligger wel extra sterk zijn. Anders zakt hij in het midden door, of erger nog: hij breekt.

Daarom gebruiken ingenieurs vaak liggers met een profiel, zoals een I-profiel. Dat is een balk in de vorm van de hoofdletter I. Die vorm is slim gekozen: de boven- en onderkant zijn breed, en daartussen zit een dunne, verticale verbinding. Zo'n balk is licht, maar kan toch veel gewicht dragen. Hij buigt minder makkelijk door, omdat de vorm helpt bij het verdelen van de krachten.

Op die liggers komt het wegdek te liggen. Dat is het deel waar mensen of auto's overheen gaan. Het wegdek steunt dus volledig op de liggers eronder. Als er een vrachtwagen over rijdt, gaat dat gewicht naar beneden, naar het wegdek, en dan naar de liggers. Die brengen het uiteindelijk naar de pijlers of de grond.

De materialen die vaak worden gebruikt zijn staal (voor de liggers) en beton of asfalt (voor het wegdek). Staal is sterk en goed in het opvangen van buigkrachten. Voor langere bruggen wordt ook wel gewapend beton gebruikt — dat is beton met staal erin verwerkt, zodat het ook goed tegen trekkrachten kan.

Liggerbruggen zie je veel in België en Nederland. Het viaduct in Gentbrugge is op deze manier gebouwd. Er zijn meer dan 90 pijlers (steunpilaren) waarop de liggers steunen. Liggerbruggen zijn makkelijk te maken, goedkoop, en goed te onderhouden. Ze kunnen ook snel gebouwd worden, zeker als de brug uit meerdere delen bestaat. Die delen worden vaak in een fabriek gemaakt en op de bouwplaats aan elkaar gezet, alsof je met grote legoblokken werkt.

Deze bruggen zijn vooral geschikt voor korte tot middelgrote afstanden. Als je een heel brede rivier wilt overbruggen, heb je meerdere liggers en pijlers nodig, of je kiest een ander type brug. Toch blijft de liggerbrug een handige oplossing. Met de juiste vorm en materialen kun je er verrassend veel mee doen.

5. De vakwerkbrug (met driehoeken)



Markeer de voordelen groen.

Markeer de nadelen rood.



Vind je belangrijke informatie over de **constructie**?

Dan kan je deze onderstrepen.

Als je naar een brug kijkt, zie je vaak dat het lijkt alsof de brug in stukjes is opgebouwd. Sommige bruggen hebben grote, sterke bogen, andere juist kabels die de weg omhoog houden. Maar er zijn ook bruggen die helemaal uit driehoekige vormen bestaan. Dit zijn de zogenaamde vakwerkbruggen. Misschien lijkt het een beetje vreemd, maar juist die driehoekige vormen maken de brug supersterk.

In een vakwerkbrug worden de liggers (de balken) en kolommen (de verticale steunen) in een soort driehoekige patroon geplaatst. Dit patroon wordt ook wel vakwerk genoemd, omdat het net lijkt op een soort rooster of frame. Elk van de driehoekjes helpt om het gewicht dat op de brug komt, gelijkmatig te verdelen. Dat betekent dat de kracht niet op één plek zit, maar goed over de hele brug wordt verdeeld, zodat de brug niet snel zal breken of doorbuigen.

Wat zo slim is aan vakwerkbruggen, is dat je met relatief minder materiaal toch een hele sterke brug kunt bouwen. De driehoekige vormen zijn perfect om buigen en breken tegen te gaan. Dat komt omdat een driehoek heel stabiel is. Stel je voor dat je een driehoek met papier maakt: als je aan de hoeken trekt, blijft de vorm intact. Bij een vierkant of rechthoek kan dat anders zijn, en gaat de vorm al snel vervormen. Hetzelfde geldt voor de vakwerkbrug, waar de driehoekige vormen de kracht tegenhouden zonder dat je veel zware materialen nodig hebt.

Vakwerkbruggen worden meestal van staal gemaakt, omdat staal heel sterk is en goed tegen buigen kan. Maar er zijn ook vakwerkbruggen van beton, zeker als de brug kleiner is of niet zoveel verkeer hoeft te dragen. In veel gevallen zie je vakwerkbruggen bij spoorwegen, omdat de strakke vorm goed werkt voor de lange afstanden die je moet overbruggen. Ze zijn ook vaak te vinden bij bruggen over rivieren, waar het belangrijk is om weinig ruimte in het water in te nemen, zodat boten er nog onderdoor kunnen varen.

Omdat een vakwerkbrug veel kracht kan dragen, zie je ze niet alleen bij spoorbruggen, maar ook bij bruggen voor zwaar verkeer, zoals vrachtwagens en treinen. Ze zijn relatief licht en kunnen dus over lange afstanden gespannen worden zonder dat er te veel steunpunten nodig zijn. Een bekende vakwerkbrug in België is het viaduct van Morsenet, waar je goed het vakwerk zien kan.

Als je goed kijkt naar de bruggen die je dagelijks oversteekt, zul je misschien zelfs merken dat vakwerk overal om je heen is, zelfs in kleine bruggen of viaducten. Het is de ideale oplossing als je iets wilt bouwen dat heel sterk is, zonder dat het er te massief uitziet.

Foto's bruggen



Foto's bruggen



Foto's bruggen



Bronnen

Viaduct Normandie

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2b/Viaduct_van_Moresnet3.JPG/1280px-Viaduct_van_Moresnet3.JPG

Viaduct in Gentbrugge

<https://www.hln.be/gent/nieuw-viaduct-een-tunnel-of-meer-verkeer-op-de-r4-3-5-miljoen-euro-budget-om-toekomst-e17-in-gentbrugge-te-onderzoeken~af038194/220670783/>

Pont du Gard

<https://www.britannica.com/technology/aqueduct-engineering>

Waalbrug:

<https://fieggentrio.blogspot.com/2017/09/waalbrug-nijmegen.html>

Erasmusbrug:

<https://www.jurjenveerman.nl/2015/02/05/erasmusbrug-rotterdam/>

Golden Gate:

<https://loireriveronmap.pages.dev/new-vmskph-navigating-the-golden-gate-a-visual-guide-to-san-franciscos-iconic-landmark-zpsypg-pics/>

Inspiratie

