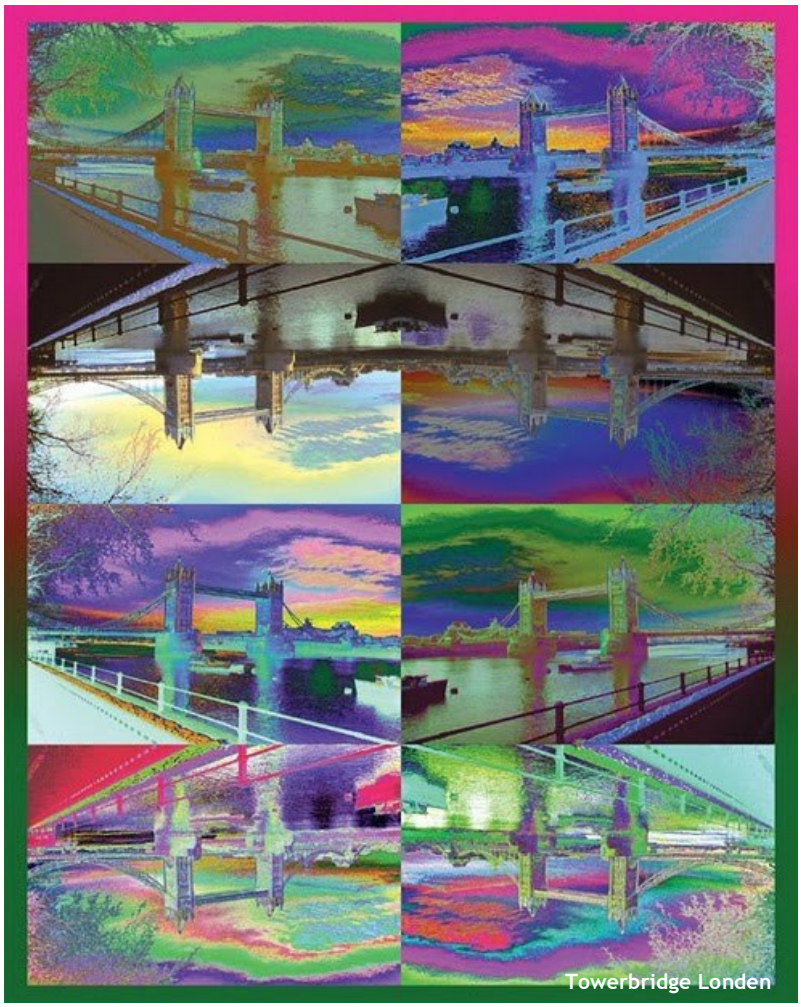
© 2011 - 2021 www.begaafdonderwijs.nl

Bruggen



Vaardigheden:

- Onderzoeksvaardigheden

Denken:

- Praktisch, analytisch, kritisch, creatief

Benodigdheden:

- PowerPoint
- Pc / Internet
- Knutsel- schilderspullen
- Digitale camera

Inleiding:

In dit project leer je over Bruggen. Je leest het infoblad 'Bruggen' en de website www.brugsite.nl en verwerkt de gelezen informatie in een powerpoint presentatie. Na de vragen vind je opdrachten. Je mag deze opdrachten allemaal maken òf er een paar van kiezen.

Als je klaar bent met dit project heb je veel geleerd over:

Bruggen

Oriëntatie

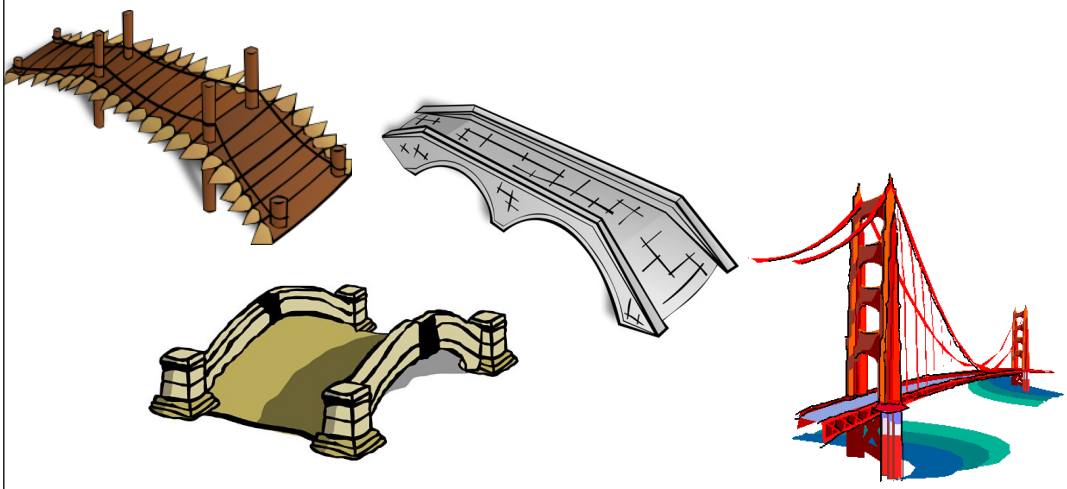
Voor een eerste inleiding in het bouwen van bruggen bouw je je eigen brug. De uitleg vind je hier: https://www.nemosciencemuseum.nl/nl/ontdek/doe-het-zelf/bouw-een-brug/

Succes!

Basisinhoud

Heb je al eens een Presentatie gemaakt? Zoniet… dan is je eerste uitdaging dit programma te leren kennen.
Je kunt gratis een online cursus doen:
Zoek naar ‘cursus powerpoint’ of cursus ‘Google Slides’ op youtube en leer de mogelijkheden van dit programma kennen.

Lees de uitgebreide opdrachtomschrijving op de volgende bladzijden.



Basisinhoud - *vervolg*

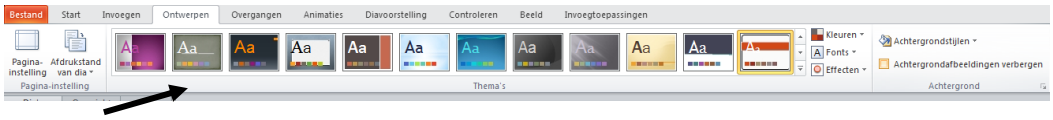
Maak een presentatie over bruggen.
Op elke dia komen alleen maar plaatjes en geen tekst. (Op de korte beschrijving van het plaatje na natuurlijk). De tekst ga je namelijk per dia inspreken. Wanneer de presentatie wordt getoond klinkt jouw stem met de informatie!

Stappenplan:

Overzicht:
De totale presentatie heeft 20 dia's

- Dia 1 — Titelpagina
- Dia 2 — Inleiding (Wat gaan we zien?)
- Dia 3 t/m 5 — Bruggen Bouwen: Basiskennis (Informatie over trek-, duw- en buigkracht)
- Dia 6 t/m 11 — Geschiedenis (Eerste bruggen, Romeinse tijd, Middeleeuwen, Renaissance, Industriële Revolutie, Heden)
- Dia 12 t/m 16 — Typen bruggen (ligger-, vakwerk-, boog-, hang-, tui-, draai-, hef-, ophaal-, basculebrug)
- Dia 17 en 18 — Materiaal (steen, hout, staal, beton)
- Dia 19 — De Zeelandbrug
- Dia 20 — Slotdia

Stap 1:
Bestudeer het infoblad Bruggen
Stap 2:
Open het presentatie programma en voeg 20 dia's in.
Geef alle dia's eenzelfde achtergrond(kleur) of 'ontwerp'
Zorg dat de achtergrond of het ontwerp niet te druk is. Dit leidt teveel af van de afbeeldingen die je gaat invoegen.

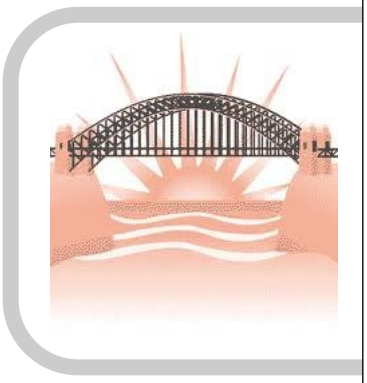


Basisinhoud - *vervolg*

Stap 3:
Sla je (voorlopige) presentatie op en geef het bestand een duidelijke titel zodat je de presentatie makkelijk terug kunt vinden.
Neem het presentatieoverzicht op de vorige bladzijde voor je en schrijf per dia de tekst die je bij die dia gaat inspreken. Het is wellicht handig om per dia een apart blaadje te maken.

Stap 4:
Open je presentatie en vul ze met plaatjes en omschrijvingen bij de plaatjes. Zoek de plaatjes bij google-afbeeldingen. Zie je een geschikt plaatje? Klik er op met je rechtermuisknop… kies 'kopiëren'… ga met je muis terug naar de dia… rechtermuisknop… kies 'plakken'. Je hebt de afbeelding ingevoegd. Is de afbeelding te groot of te klein? Klik op de afbeelding en vergroot of verklein het plaatje vanuit een hoek.
Je weet welke tekst je bij elke dia gaat gebruiken… zorg dus voor afbeeldingen die passen bij de tekst.

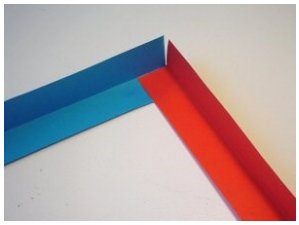
Stap 5:
Voor deze stap heb je een microfoon nodig. Spreek bij elke dia de voorbereide tekst in.
Weet je niet hoe? Zoek een uitleg op youtube, zoekterm: 'audio inspreken bij powerpoint' of 'slides'.

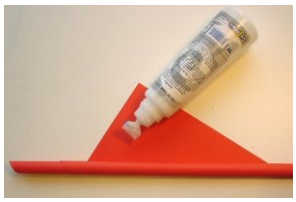


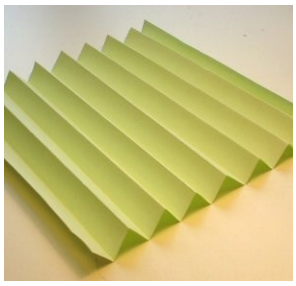
Stap 6:
Controleer of alles werkt en klopt. Ben je tevreden over de presentatie? Laat hem zien in de klas… of misschien is er wel een plekje voor op de schoolwebsite? Of op je eigen site of youtubekanaal? In elk geval ben je nu klaar voor het volgende deel van dit project!

Afronding Basisinhoud

Laat je presentatie zien aan 'een publiek naar keuze'. Dit kan dus in de klas zijn, of aan je familie. Zorg in elk geval dat je juf of meester je presentatie bekijkt. Wat zijn de reacties?



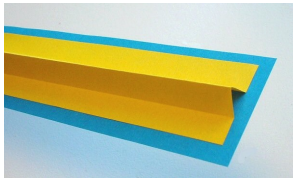




Verdieping

Opdracht 1.

Stevige Bruggen
Bekijk de twee filmpjes over bruggen:
Ga naar www.schooltv.nl en zoek op de volgende twee titels:
‘de constructie van bruggen’ en ‘Bruggen, hoe maak je een stevige brug’
Bouw een brug tussen twee oevers (bekertjes, boeken, doosjes etc.).
- Er moet een etui op kunnen liggen.
- Gebruik maximaal tien vellen papier.
(voor uitproberen mag je extra papier gebruiken)
- Maak de brug zo lang mogelijk.
Gebruik de informatie uit de filmpjes. Hoe zorg je voor ‘driehoeken’ in je brug?

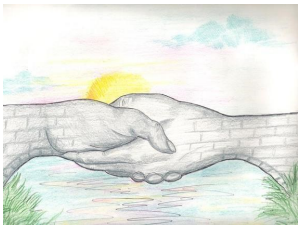


Opdracht 2.

Tegenstellingen overbruggen
Voorbeelden van tegenstellingen zijn:

Arm en Rijk
Droom en Werkelijkheid
Verleden en Toekomst
Goed en Kwaad
Jong en Oud

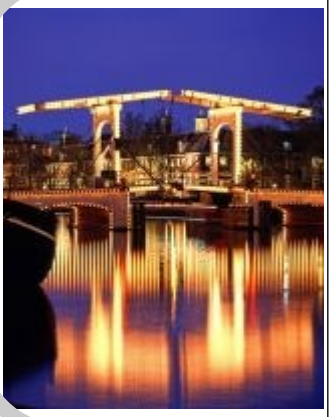
Kies één van de vijf tegenstellingen, of verzin zelf een tegenstelling. Ontwerp een brug tussen de twee uitersten. Zorg dat je ontwerp echt de overgang van het één naar het ander laat zien. Voorbeeld: Je tegenstelling is ‘Zwart en Wit’. In de ontwerptekening is de linkerkant en alles links van de brug zwart en de rechterkant en alles rechts van de brug is dan wit. Waarschijnlijk met grijs in het midden. Je kunt tekenen, of schilderen, of misschien wel met vetkrijt en ecoline?
Maak er een mooi bruggenkunstwerk van!
Schrijf vervolgens een gedicht over je kunstwerk. Zorg dat het woord ‘brug’ terugkomt in je gedicht èn dat de tegenstelling die de brug verbindt duidelijk wordt.
Plak je gedicht op stevig (gekleurd?) papier. Hang je kunstwerk op aan de muur met je gedicht ernaast.



Opdracht 3.

De Brug der Zuchten
In het infoblad las je al over de Brug der Zuchten in Venetië. Deze brug leidde van de rechtbank naar de gevangenis. De veroordeelden konden hier voor de laatste keer de vrijheid zien… en zuchten…
Zoek meer informatie over deze brug. Wie bouwde hem, hoe ziet hij er uit, van welk materiaal gemaakt… enzovoort.

Stel je voor: Jij leeft in de zeventiende eeuw in Venetië. Je wordt onterecht beschuldigd van diefstal! En ook al ben je onschuldig… je wordt tòch veroordeeld!! Daar ga je… van de rechtbank… over de brug der zuchten… naar de gevangenis. Gebruik werkblad 1 op bladzijde 9 om te beschrijven wat je ziet, ruikt, proeft, hoort en voelt!



Opdracht 4.

De Magere Brug in Amsterdam
Een beroemde brug in Amsterdam is de zeventiende eeuwse ophaalbrug ‘De Magere Brug’. Hoe deze brug aan zijn naam is gekomen is niet echt bekend. Sommige mensen zeggen dat er twee gezusters Mager elk aan een kant van de Amstel woonden en de brug lieten bouwen om zo makkelijker bij elkaar op bezoek te kunnen gaan. Anderen denken dat de naam te maken heeft met het feit dat het een ‘smalle’ brug is.

Schrijf een verhaal waarin een verklaring wordt gegeven voor de naam ‘Magere brug’. Hoe komt deze brug aan zijn naam in jouw verhaal? Geen zin in schrijven? Tekenen mag ook: een stripverhaal!

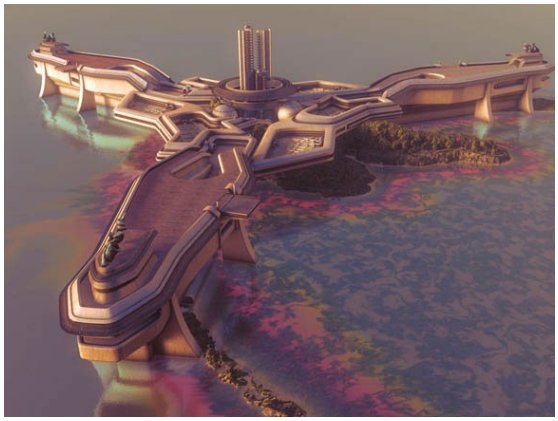
Opdracht 5.

Bruggen in de buurt
Ga in jouw woonplaats op zoek naar bruggen. Probeer zoveel mogelijk verschillende typen bruggen te vinden. Maak van tenminste 8 bruggen in jouw woonplaats een foto. Neem de foto's mee naar school en maak er een collage van op een groot vel papier. Voorzie elke foto van een tekstje waarin je beschrijft wat voor type brug het is, voor wie de brug is gemaakt, wat je van de brug vindt en waarom.
Kies vervolgens 1 brug uit en maak een driedimensionaal model van de brug van je keuze.
Geen interessante bruggen bij jou in de buurt? Kies dan tenminste 8 beroemde bruggen van de wereld. (Google bijvoorbeeld 'tien beroemdste bruggen ter wereld'.) Gebruik deze bruggen vervolgens voor je collage en model.
Welke materialen heb je allemaal nodig voor het bouwen van je brug? Hoe kom je aan die materialen?

Opdracht 6.

Brug van de Toekomst
Hoe zal een brug in het jaar 3500 er uitzien? Hebben we dan nog bruggen nodig denk je? Of bouwen we dan bruggen van aarde naar Mars?

Ontwerp je eigen Brug van de Toekomst!
Bedenk eerst wat de brug met elkaar zal gaan verbinden. Zijn we nog wel op aarde? Laat je fantasie maar de vrije loop!!



Evaluatie

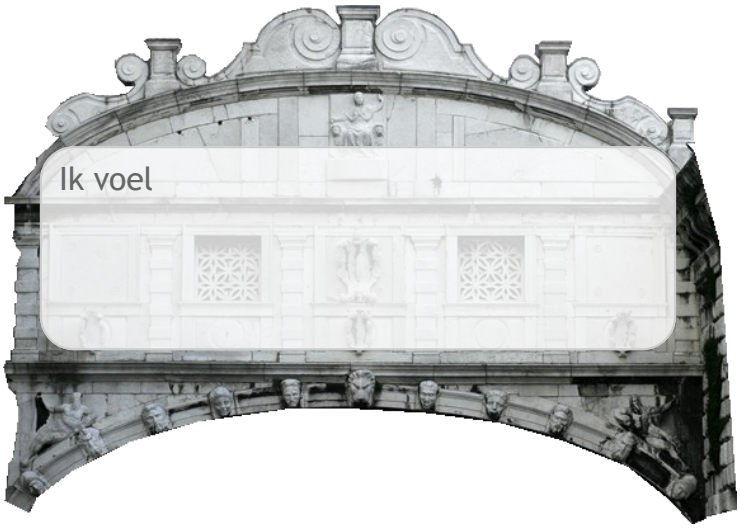
Bruggen

Onderdelen	Criteria	Beoordeling: Onvoldoende	Matig	Voldoende	Ruim Voldoende	Goed
Basisinhoud	• Mooie, duidelijke afbeeldingen • Volledige, correcte informatie in eigen woorden • Alle voorgeschreven dia's in de presentatie	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 1	• Brug met stevige constructie • Er kan een etui op liggen • Netjes gewerkt	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 2	• Tegenstelling is herkenbaar in kunstwerk • Creatief taalgebruik in gedicht • Gedicht en kunstwerk horen bij elkaar	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 3	• Creatieve omschrijvingen • Inlevingsvermogen • Netjes gewerkt	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 4	• Originele reden voor de naam • Verhaal heeft begin, midden en slot • Netjes gewerkt (spelling/zinsbouw)	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 5	• Mooie collage met goede foto's en teksten • Goed lijkend, correct model • Netjes, zelfstandig gewerkt	☆	☆	☆	☆	☆
Opdracht 6	• Duidelijk futuristisch ontwerp • Originele aanpak • Netjes gewerkt	☆	☆	☆	☆	☆

Eindbeoordeling

★ ★ ★ ★ ★

Werkblad 1

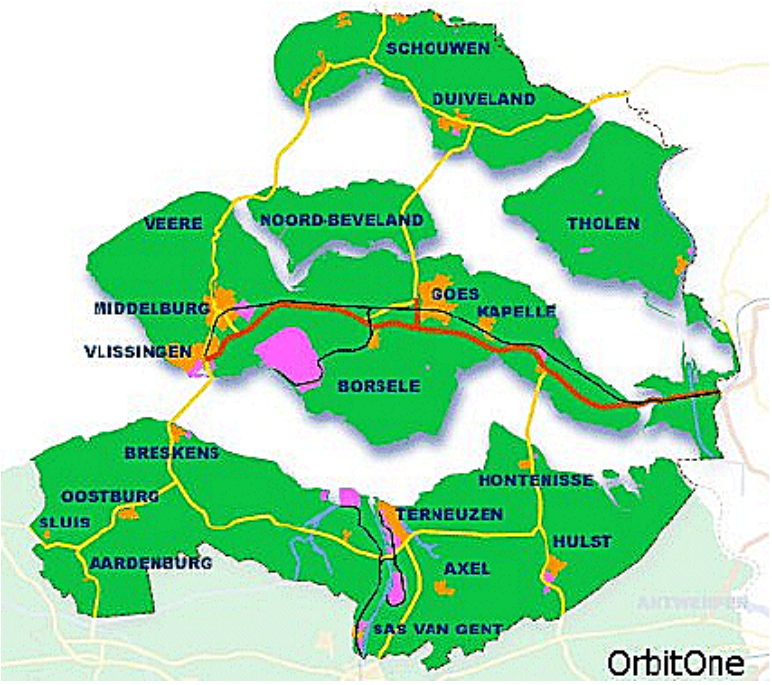


Informatieblad van Kennisnet / CMO ©

Bruggen

Inleiding
In het waterrijke Nederland hebben we een even rijke traditie van bruggenbouw. Eén bezoek aan de website van de Nederlandse Bruggen stichting, en je beseft hoe veel verschillende soorten bruggen er zijn en hoe boeiend het onderwerp is. Deze informatiebladen kunnen lang niet alle aspecten van bruggen aan de orde brengen, maar hopelijk wekken ze wel je belangstelling op. Bij de tekst staan ook websites vermeld die dieper op bepaalde bruggenonderwerpen in gaan.

De Zeelandbrug
In 1916 wordt het gebied rond de toenmalige Zuiderzee getroffen door een watersnoodramp. Om Nederland in de toekomst te beschermen tegen stormvloeden ontwerpt Ingenieur Cornelis Lely een plan voor een 30 kilometerlange dijk tussen de kop van Noord Holland en Friesland. In 1932 wordt het laatste gat in deze afsluitdijk gesloten. Maar ook Zeeland is nog erg kwetsbaar, dat blijkt wel als er in 1953 de grote watersnoodramp plaatsvindt waarbij duizenden doden vallen. In 1958 neemt de regering een wet aan om de zeegaten te sluiten. Om deze wet uit te voeren is een plan van aanpak nodig. Dit plan wordt bekend als het Deltaplan. De Rijkswaterstaat is de uitvoerende dienst.
In hoofdlijnen bestaat het Deltaplan uit de afsluiting van de zeegaten Het Veerse Gat, Haringvliet, Brouwers-havense Gat en Oosterschelde door middel van vaste dammen. Ook zullen het Volkerak en de Grevelingen worden afgesloten. Hoe het Deltaplan over de jaren wordt uitgevoerd (de plannen worden bijvoorbeeld steeds aangepast aan de voortschrijdende technische kennis) is een verhaal apart. Als je er meer over wilt weten vind je op de website www.onwijsnat53.nl op de pagina sporen van het woeste water overzichtelijke informatie.



Alhoewel de Zeelandbrug geen onderdeel uitmaakt van het Deltaplan, heeft de bouw van de brug er wel mee te maken. Op de dammen zijn namelijk ook autowegen aangelegd. Daarmee is Zeeland ontsloten en neemt de verkeersdrukte toe. De bouw van de dam in de Oosterschelde komt het laatst aan de beurt, de veren in de Oosterschelde kunnen de toenemende verkeersdrukte niet verwerken. Vooral in de zomer zijn er files. Daarom besluit Provincie Zeeland de Zeelandbrug te bouwen. De regering is van mening dat de provincie maar op de afsluiting van de dam moet wachten en weigert de brug financieren. Maar Zeeland is niet voor één gat gevangen; samen met het bedrijfsleven richt ze een bedrijf op die de uitvoering ter hand zal nemen. In 1963 wordt met de bouw van de brug begonnen, op 15 december 1965 is de brug open voor verkeer.

Bruggen in allerlei soorten en maten

Door de eeuwen heen hebben de mensen manieren gezocht om droog en veilig water, ravijnen en -in onze huidige drukke tijdverkeerswegen over te steken. Of het nu een plank over een sloot is, een hangbrug over een diep dal, of een stalen constructie over een machtige rivier, de brug is eigenlijk een technisch snufje van de mens om het bovenstaande doel te bereiken.

Er zijn allerlei soorten bruggen. We hebben in deze infornatiebladen een indeling gemaakt naar de functie van de brug, naar het materiaal waarvan de brug gemaakt is en naar het type (de wijze waarop de brug gemaakt is). Bruggen kunnen zich ook onderscheiden door een bijzondere vormgeving of de wijze waarop ze open en dicht gaan (de beweegbare bruggen).

Functie
Met de functie bedoelen we het doel waarvoor de brug gemaakt is. De Zeelandbrug is bijvoorbeeld een verkeersbrug en vormt een belangrijke schakel in de noord-zuidverbinding Rotterdam-Bruinisse-Zierikzee-Goes. Op de afbeelding hieronder zie je een voetgangersbrug over de A27. Links van de snelweg ligt een restaurant. Dankzij de brug kunnen weggebruikers van beide richtingen naar het restaurant toe.

Op deze foto zie je een soort brug die een verbinding maakt tussen natuurgebieden die door een weg van elkaar gescheiden zijn. Dit soort overbruggingen wordt ook wel ecoduct of wildviaduct genoemd.

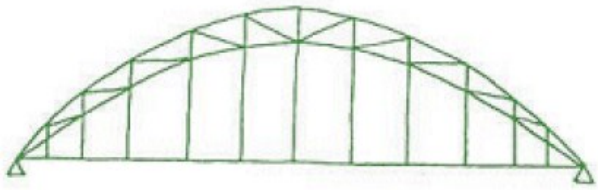
Een viaduct is een brug die over (spoor) wegen heen ligt. Veel wegen doorsnijden natuurgebieden waardoor wildpopulaties van elkaar worden geïsoleerd. De wildviaducten worden aangelegd om dieren de kans te geven veilig over te steken van het ene leefgebied naar het andere leefgebied.

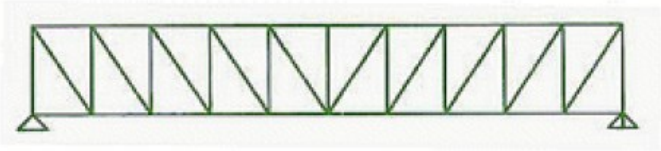
Het materiaal
Voor bruggen worden allerlei soorten materiaal gebruikt. Vroeger werden bruggen gebouwd van hout en steen. Omdat steen zwaar is, konden de overspanningen (de afstand tussen de steunpunten) niet te groot en te hoog zijn. Rond 1800 wordt het mogelijk bruggen van ijzer en staal te bouwen. Tegenwoordig wordt er vaak een combinatie van beton en staal gebruikt. Deze moderne materialen maken het mogelijk grotere en hogere overspanningen te maken. Het laatste nieuwe technische snufje is een brug van kunststof, een materiaal dat een stuk onderhoudsvriendelijker is. Niet zo gek, want neem nu bijvoorbeeld de John Frostbrug over de Rijn bij Arnhem. De stalen brug was aan een renovatiebeurt toe. Er moest 45.000 vierkante meter oude, en milieu-onvriendelijke verf worden verwijderd……

De beroemde **Golden Gate**-brug in Californië heeft een vaste onderhoudsploeg van 17 metaalwerkers en 38 schilders die op eenzame hoogte, dag in dag uit, weer en wind trotseren.

Type bruggen
Met het type brug wordt bedoeld hoe de brug gemaakt is. Het oudste type brug is een boogbrug. Het idee werd bedacht door de Grieken, maar het zijn de Romeinen die dit type brug veel hebben toegepast. Alle delen van hun grote rijk moesten immers makkelijk te bereiken zijn. Sommige van deze degelijke bruggen van steen bestaan nog steeds.

Tegenwoordig worden er veel tuibruggen gemaakt. Een bekend voorbeeld van een tuibrug is de Prins Clausbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal bij Utrecht. De brug werd in de zomer van 2003 door Prinses Máxima geopend. Pylonen en tuidraden zijn de meest in het oog springende onderdelen van een tuibrug.





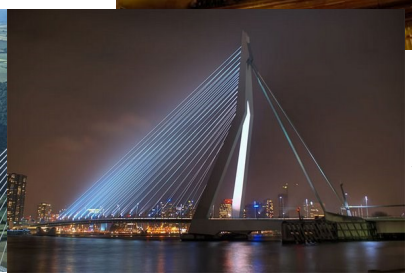
Ook deze vormen komen je vast bekend voor. De linkertekening geeft de vorm van een boogbrug weer, de rechtertekening de vorm van een vakwerkbrug.

Hier zie je drie soorten en type bruggen, van links naar rechts een tuibrug, een vakwerkbrug en een boogbrug.

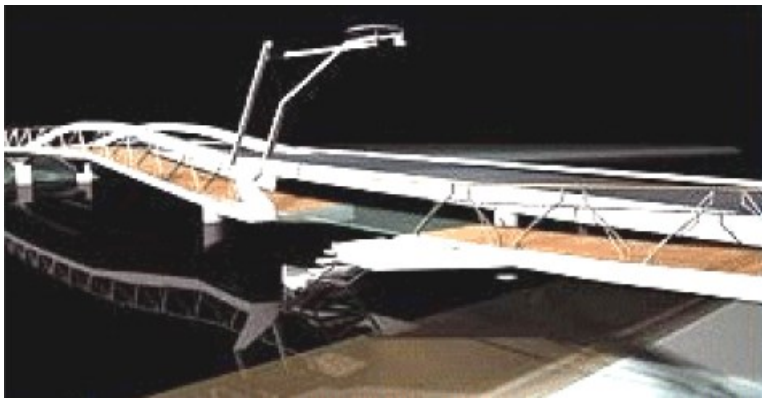
Je hebt ook nog hangbruggen, drijvende bruggen. En wat te zeggen van luchtbruggen, scheepsbruggen, weegbruggen en ezelsbruggen?
Je kent de laatste natuurlijk als een handigheidje
om iets te onthouden. Maar een ezelsbrug bestaat ook echt. Vroeger werd de ezel als transportdier ingezet in de bergen, omdat het zonder vrees over smalle richels langs de afgrond liep. Ook als er met planken een smalle brug werd gemaakt, liep de ezel er zonder angst overheen. Deze ezelsbruggen verkortten de afstand van A naar B.

Beweegbare bruggen
Bruggen mogen het scheepsverkeer natuurlijk niet hinderen. Daarom liggen over de vaarroutes altijd beweegbare bruggen. Ook die zijn er weer in allerlei variaties. We noemen er twee, de ophaalbrug en de basculebrug.

Samenspel van functie, vorm en beleving
Een brug moet functioneel zijn, dat wil zeggen sterk en op de taak berekend. Maar bij het ontwerpen van een brug komen ook nog andere aspecten om de hoek kijken. Een brug moet bijvoorbeeld passen in het 'landschap' van de stad en/of het platteland. De ontwerpers besteden dan ook veel aandacht aan de vormgeving en de 'uitstraling' van de brug. Door de functie van de brug te combineren met een bijzondere vormgeving krijgt de brug het karakter van een architectonisch kunstwerk.

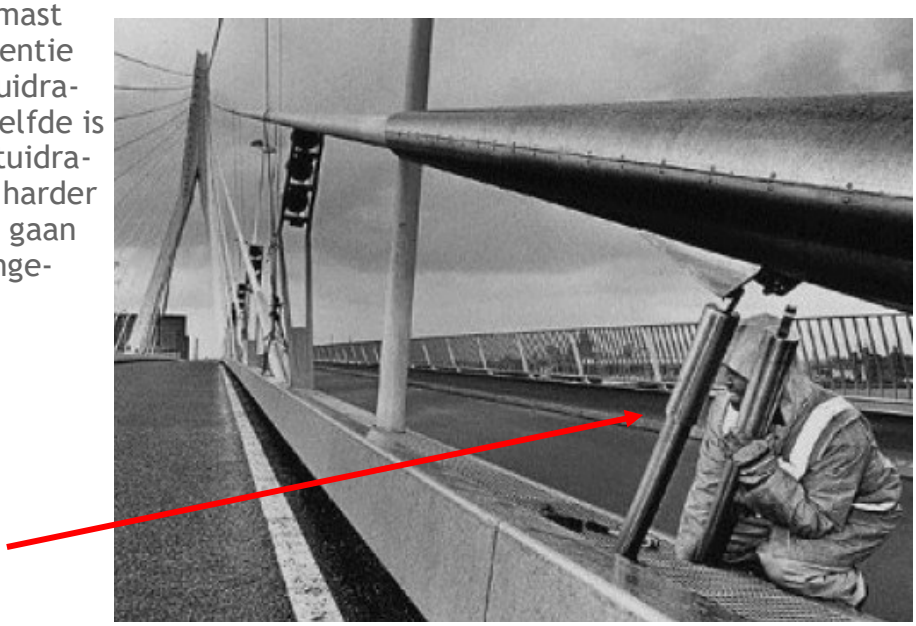


Naast aandacht voor vorm en functie kunnen nog andere aspecten in het ontwerp worden opgenomen, bijvoorbeeld de beleving. Architect Hans Moor heeft voetfietsbrug ontworpen, waarbij de elementen wind en water van nabij kunnen worden beleefd. Boven de brug
bevindt zich een windmachine en vanaf het voetpad kan je afdalen naar een klein steigertje, dat op het water drijft. De 56 m lange brug overspant de Nesservaart.



Van tuien en trillingen

Bij tuibruggen hangt het wegdek aan draden, de zogenaamde tuien of tuidraden. Net zoals bij een snaar van een gitaar kan elke tui met een bepaalde frequentie trillen. Dit wordt de eigenfrequentie van de tuidraad genoemd. Als er op de tui een kracht (bijvoorbeeld door de wind) uitgeoefend wordt, en die kracht heeft dezelfde trilfrequentie als de eigenfrequentie van de tuidraad, dan kan de trilling van een tuidraad heel groot worden. We noemen dit verschijnsel resonantie. Nu wordt het nog ingewikkelder want, waar komt die kracht vandaan? Het blijkt dat als de wind langs een dikke draad of paal blaast, er achter deze draad of paal wervels ontstaan. Deze wervels draaien om beurten links- of rechtsom. Stel je maar eens een touw aan een vlaggenmast voor. Als je het touw losjes vastbindt en het waait, dan hoor je de draad ritmisch tegen de mast tikken. Stel nu dat de trilfrequentie van de wervels die achter de tuidraden van een brug ontstaan dezelfde is als de eigenfrequentie van de tuidraden, gaan de tuidraden steeds harder trillen. Om het trillen tegen te gaan kunnen dempers worden aangebracht.



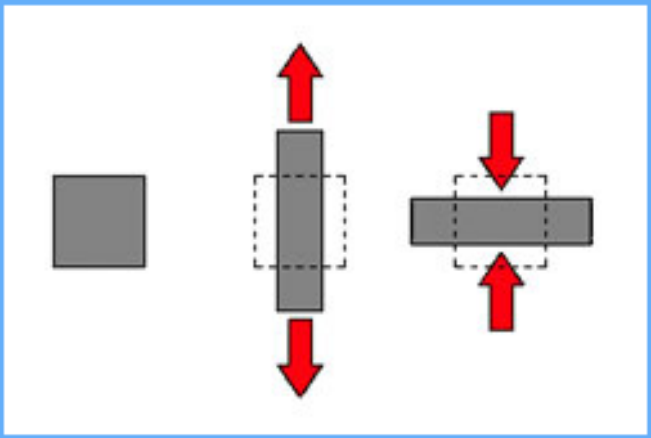
De volgende bladzijdes komen van de website www.brugsite.nl maar die website bestaat niet meer. Vandaar de ‘papieren’ versie in dit boekje opgenomen.

Basiskennis

Introductie

Trekken aan een gesloten deur.

Duwen tegen een gesloten deur.



Vormverandering door trek en duw.

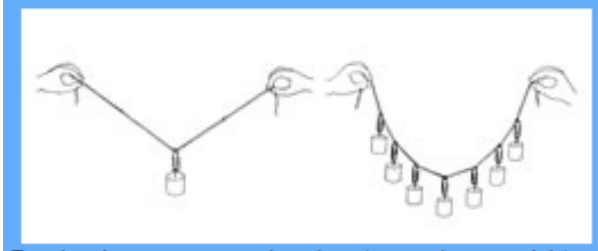
Om te begrijpen waarom bruggen eruit zien zoals ze eruit zien moet je iets weten over de krachten die werkzaam zijn in bouwwerken. Het bijzondere van bruggen is dat de constructie goed zichtbaar is en niet verstopt zit onder een dak, zoals bij huizen. Aan een brug kun je dus goed zien hoe de krachten verdeeld en opgevangen worden. Er zijn daarbij 3 basistypen te onderscheiden:
- bruggen die belast worden op trek
- bruggen die belast worden op duw
- bruggen die belast worden op buiging

Krachten

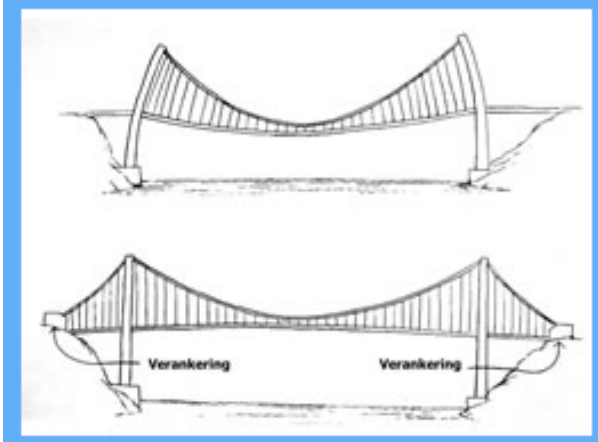
In alle constructies en gebouwen werken dezelfde krachten die ervoor zorgen dat de boel niet instort. De belangrijkste krachten zijn duw en trek. Denk maar aan deuren waarop staat hoe je ze moet openen: duwen of trekken. Dagelijks heb je met deze krachten te maken zonder dat je ze opmerkt. Maar als een deur onverwacht op slot zit voel je die krachten wel degelijk. Als je de deurkruk pakt en je wilt de deur opentrekken hoewel hij op slot zit, voel je de trekkrachten in je arm: je arm wordt helemaal gestrekt. Op dezelfde manier kun je ook drukkrachten ervaren, als je tegen een gesloten deur aandrukt: je arm heeft dan de neiging onder de druk uit te knikken en zich dubbel te vouwen.
Met de kennis van deze twee krachten kun je alle constructies uitleggen. Maar hoe herken je deze krachten? Je kunt immers niet overal met je arm aanzitten om te voelen hoe het zit.

Basiskennis

Trek



Paraboolvorm van een draad met meerdere gewichten.



Hangbrug met en zonder verankeringen.

Trekkrachten kun je makkelijk laten zien omdat het materiaal waarop de kracht wordt uitgeoefend langer wordt, net als je arm aan de deurkruk. Een goed voorbeeld is een elastiekje dat onder trek wel twee of drie keer langer kan worden. Een elastiekje is erg zacht materiaal, zodat de rek goed te zien is. Voor een brug is elastiek dan ook niet geschikt. Maar ook stijvere materialen zoals staal worden uitgerekt, alleen is dat minder goed zichtbaar.

Een hangbrug is een voorbeeld van trekkrachten: het wegdek hangt aan vele touwen, die onder trek staan.

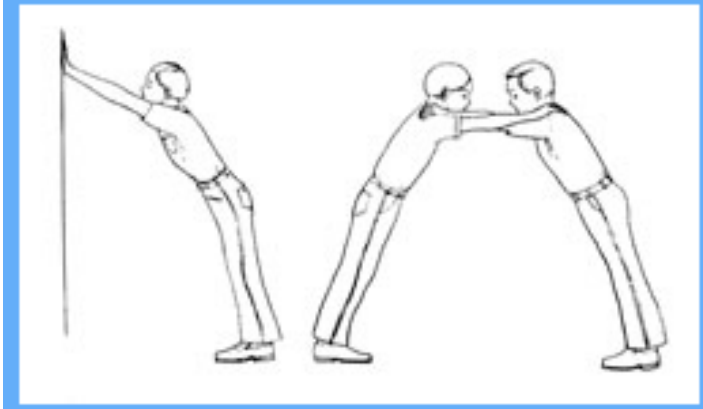
Hoe wekt een kabel?
Zoals je bij het oplaten van een vlieger bij harde wind in je armen kunt voelen, gaat het bij draden en tuien uitsluitend om trekkrachten. Moderne kabels zijn gevlochten van dunne staaldraden of van nylon met daaromheen staaldraad. Zij zijn zo sterk, dat er hangbruggen van gemaakt kunnen worden van duizenden meters lang.

Om de werking van een kabel te testen hang je in het midden van een stukje draad een paperclip met daaraan een gewicht, bijvoorbeeld een schooletui. Als je de uiteinden van de draad optilt ontstaat een V-vorm met als diepste punt het gewicht. Als je meerdere gewichten ophangt zul je zien dat er een parabool ontstaat. Een parabool is de optimale vorm van de draagkabel van een hangbrug. Als je wilt dat het touw minder doorhangt moet je harder aan de uiteinden trekken. Dat is ook de reden dat de draagkabels van hangbruggen zeer stevig verankerd moeten worden in de oevers.

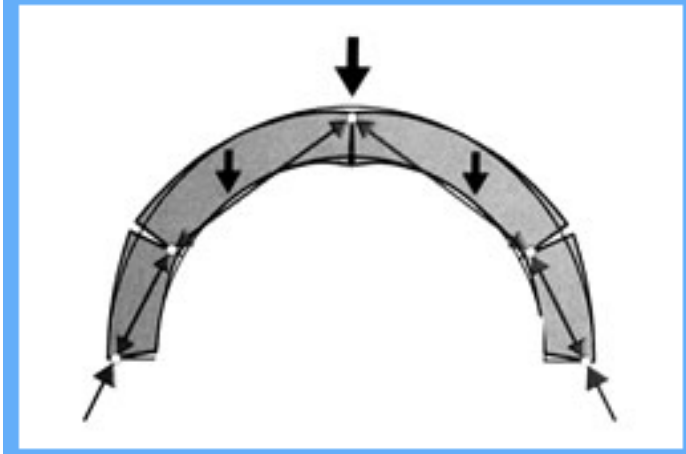
Basiskennis

Duw

Een in elkaar gedrukte spons.



Zelf een boogbrug voelen.

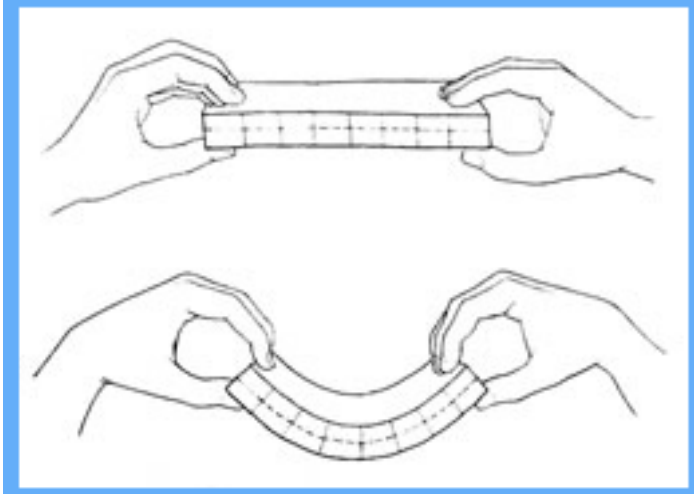


Duwkrachten in een boogbrug.

Duwkrachten gaan gepaard met het inkrimpen van materiaal. Neem bijvoorbeeld een spons en druk hem in elkaar. Je ziet dat de spons veel platter wordt. Nu begrijp je ook waarom spons niet gebruikt wordt voor de bouw van bruggen. Er worden stijvere materialen gekozen, zoals steen. Een boogbrug is een goed voorbeeld voor duwkrachten omdat de losse stenen tegen elkaar aandrukken en zo een boog vormen. Je kunt de krachten in een boogbrug zelf aanvoelen door tegenover een klasgenoot te gaan staan en met gestrekte armen tegen elkaars schouders te duwen. Als je gladde schoenen aan hebt dan kan je wegglijden door de druk. Dat kan ook bij boogbruggen gebeuren en daarom zijn ze stevig verankerd in de oever.

Basiskennis

Buiging



Buiging, dus boven duw en onder trek.

Staal in een staalbetonnen ligger neemt trek op.

Een houten stokje met tape versterkt.

Als je een balk neemt en je zet er een gewicht dan buigt hij door. Door de kracht die het gewicht op de balk uitoefent, wordt de balk aan de onderkant in de lengte uit elkaar geduwd. Soms komen er daardoor scheurtjes in het materiaal, een proef die je met een houten stokje of een gummetje kunt nabootsen. De kracht aan de onderkant van een balk is de trekkracht. Aan de bovenkant wordt de balk juist in elkaar gedrukt, want hier ontstaat voornamelijk duwkracht. Bij berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de krachten elkaar in het midden opheffen. In dit geval is er sprake van belasting op buiging zoals dat ook bij liggerbruggen het geval is. Die zijn tegenwoordig niet meer gemaakt van houten balken maar van staalbetonnen liggers. In een staalbetonnen liggerbrug zit het metaal vooral onderop omdat het beton slecht tegen trekkrachten kan, het scheurt namelijk. Het metaal is daarentegen heel sterk in het opnemen van trekkrachten, zodat een dun stalen profiel aan de onderkant van een betonnen ligger al voldoende is.

Je kunt dit principe zelf nabootsen door aan de onderkant van een houten stokje een stevige strip tape te plakken. Een stokje met tape zal veel minder doorbuigen dan een zonder; maar je zult zien, dat als de tape aan de bovenkant is het geen effect heeft.

Basiskennis

Begrippenlijst

Overspanning afstand tussen de hoofdpijlers van de brug, lange bruggen bestaan uit meerdere overspanningen

Brugpijler ondersteuning van de brug, steunpunt

Brughoofd of landhoofd de buitenste ondersteuning van de brug

Brugdek bovenkant van de brug waarop het wegdek kom te liggen

Pyloon toren bij tui-en hangbrug waaraan de kabels zijn bevestigd.

Tui diagonaal aangespannen kabel tussen pyloon en brugdek

Belasting gewicht en krachten die afgedragen moeten worden

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

- Introductie
- Trek
- Duw
- Buiging

Begrippenlijst

Bekende bruggen

Introductie

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

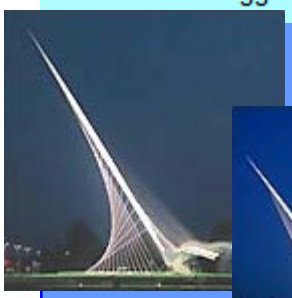
Introductie
- Brug als beeldmerk
- Calatrava bruggen

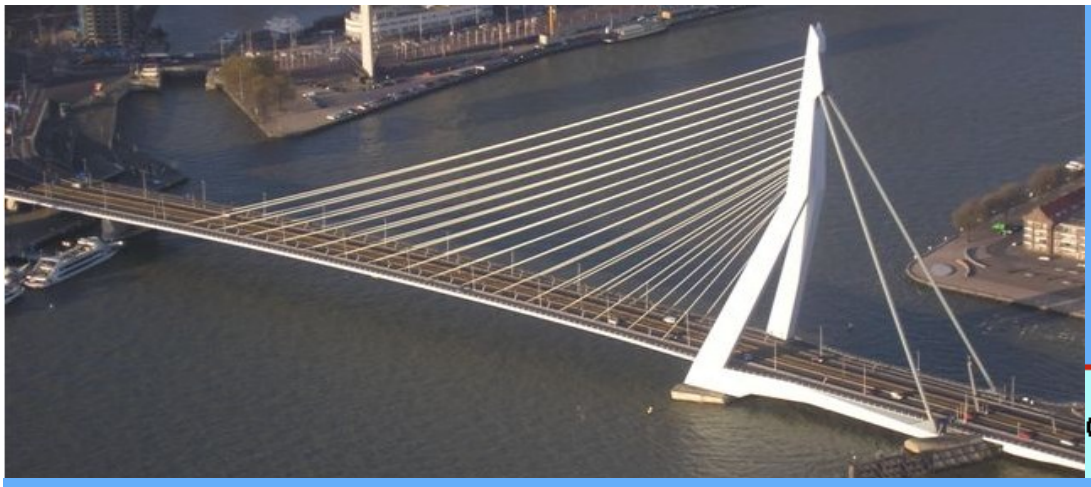
De oude brug bij Mostar.

Karelsbrug in Praag.

Bruggen zorgen ervoor dat je met droge voeten over het water komt of een hindernis kunt oversteken. De functie van een brug is dus vrij simpel; een brug moet je op een snelle en veilige manier naar de overkant brengen. Maar bruggen zijn mèèr dan alleen een verbinding. Bruggen zijn bouwwerken met een grote symbolische betekenis, ze hebben nog iets extra's te bieden. Bruggen verbinden niet alleen oevers maar ook volkeren met elkaar. Zo verbond de brug in Mostar (Joegoslavië) eeuwenlang het Christelijke en het Islamitische deel met elkaar. Andere bruggen staan juist symbool voor eenheid en macht, zoals de Karelsbrug in Praag.

Sommige bruggen laten zien dat een gemeente of stad streeft naar groei en vernieuwing; de Calatravabruggen in Haarlemmermeer, de Erasmusbrug in Rotterdam. Door een opvallende, bijzondere brug te bouwen geeft het stadsbestuur haar bewoners iets om trots op te zijn en laat ze de wereld zien dat dit geen gewone stad is. Op deze manier werken bruggen als een beeldmerk voor een stad.





Bekende bruggen

De brug als beeldmerk

Winkelstraten lijken veel op elkaar.

Nederlandse steden lijken tegenwoordig allemaal op elkaar, overal zijn dezelfde winkels, hetzelfde soort straten en gebouwen. Maar zoals mensen zich met kleding willen onderscheiden, willen ook steden laten zien dat ze speciaal zijn, en een eigen karakter hebben. Zodat toeristen er graag willen komen, bedrijven zich er willen vestigen en de bewoners trots op hun stad zijn.

De Eiffeltoren in Parijs.

Oude steden hebben het voordeel dat ze al een eigen 'ziel ', een eigen identiteit hebben. Gebouwen spelen hierbij een belangrijke rol. Soms kan je aan een gebouw een hele stad herkennen, zoals bijvoorbeeld de Eiffeltoren in Parijs. Je kunt zeggen dat de Eiffeltoren het beeldmerk of logo is van Parijs, zoals de drie strepen het logo zijn van Adidas. Geen wonder dat veel steden graag opvallende, bijzondere bouwwerken willen neerzetten. Ze hopen dat daarvan de hele stad profiteert. Bruggen lenen zich daar goed voor omdat ze meestal erg goed zichtbaar zijn. In Rotterdam is dit goed gelukt; de Erasmusbrug is tegenwoordig hèt beeldmerk van de stad.

Ontwerpers

- Introductie

Wie is de ontwerper van de Arena.

Guggenheim museum in Bilbao van de architect Frank Gehry.

Iedereen kan wel een aantal beroemde gebouwen en bruggen opsommen. Maar wie kent de ontwerpers van de Golden Gate Bridge, de Amsterdam Arena en de Erasmusbrug ?

Ingenieurs en architecten werken vaak op de achtergrond en in teamverband bij grote bureaus. Toch is daarin de laatste tijd wat aan het veranderen. Sommige hedendaagse architecten zijn net zulke wereldsterren als Steven Spielberg of Robbie Williams, alleen in wat kleinere kring. Ze vliegen de hele wereld over, geven lezingen, schrijven boeken en worden gevraagd voor grote bouwprojecten. Door met een beroemd architect in zee te gaan krijgt een museum of gemeente veel extra publiciteit voor zijn bouwplannen en hoopt daarmee extra bezoekers binnen te halen. Beroemde architecten op dit moment zijn: Santiago Calatrava, Rem Koolhaas en Frank O.Gehry. Santiago Calatrava is met name bekend vanwege zijn bruggen. De meeste ontwerpers van bruggen komen echter nooit met hun naam in de krant. Het zijn ingenieurs, in dienst van grote bureaus of overheidsdiensten zoals Rijkswaterstaat.

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

Introductie
- Architecten en ingenieurs
- Het ontwerpproces
- Bekende namen

Ontwerpers

- Architecten en ingenieurs

Nederland is een land van rivieren, kanalen en wegen. Dat betekent dat we in het dagelijks verkeer tientallen bruggen oversteken; met de trein, auto, fietsend of lopend. Meestal merken we niet eens dat we over een brug gaan, het wegdek loopt gewoon door en de brug ziet er onopvallend uit. Toch zijn al deze bruggen door iemand ontworpen, meestal door een ingenieur. Een ingenieur let op de eerste plaats op de constructie, de bouw van de brug. De brug moet zo gemaakt worden dat ze niet instort. Daarnaast spelen de kosten en de snelheid waarmee gebouwd kan worden een grote rol. Daarom wordt vaak gekozen voor standaard materialen en standaard ontwerpen.

Als een stad of provincie een opvallende brug wil, vragen ze een architect om een brug te ontwerpen. De architect kijkt op de eerste plaats naar de vorm van de brug en naar het ontwerp als geheel. De kosten spelen in dit geval een minder grote rol.

Het verschil in beroep tussen architect en ingenieur bestond vroeger niet. Dat is gekomen sinds het einde van de 19e eeuw toen er twee verschillende opleidingen kwamen: bouwkunde en civiele techniek.

Standaard wegbrug over de Hoofdvaart.

Ontwerpers

- Het ontwerpproces

Voordat een ontwerper aan de slag gaat, krijgt hij van de opdrachtgever te horen aan welke eisen de brug moet voldoen. De gebruikers van de brug, de ligging en het budget zijn vooraf bekend. Een ingenieur zal vervolgens een standaardontwerp aan deze eisen aanpassen en de verschillende onderdelen laten doorberekenen om te weten of de constructie deugt. Als de opdracht naar een architect gaat kunnen ook eisen aan de vormgeving van de brug worden gesteld.

Een van de vele schetsen van Calatrava voor de brug in Nieuw Vennep.

Bijvoorbeeld dat het ontwerp moet aansluiten bij de omgeving of dat de brug een opvallend herkenningspunt moet zijn. De architect kan deze eisen naar eigen inzicht uitwerken. Hij zal vervolgens maquettes maken en deze aan de opdrachtgever presenteren. De opdrachtgever kan om aanpassingen vragen. Als het ontwerp eenmaal is goedgekeurd kan de architect zich terugtrekken. Bekende architecten zullen zich tot op het laatst met alle details bemoeien en ervoor zorgen dat ook de aannemers zich precies aan het ontwerp houden. Clatrava is zelf nooit tijdens de bouw van zijn bruggen in Haarlemmermeer komen kijken. Maar iedere week kwam iemand van zijn kantoor foto's nemen. Als de architect het ergens niet mee eens was moest het over. De meeste architecten hebben deze status niet en zullen zich meer naar het budget en de opdrachtgever moeten schikken.

Ontwerpers

- Santiago Calatrava

Naam	Santiago Calatrava Valls
Geboren	28 juli 1951
Geboorteplaats	Valencia, Spanje
Biografie	Calatrava studeerde stedenbouw in Valencia en daarna civiele techniek in Zürich, Zwitserland , waar hij een proefschrift schreef over opvouwbare vakwerken. Sinds 1981 heeft hij een bureau in Zürich.
Ontwerpen	Calatrava heeft meer dan 60 bruggen gebouwd en tientallen belangrijke gebouwen zoals bijvoorbeeld het Hogesnelheidstreinstation bij het vliegveld Lyon Satolas in Frankrijk (1994) en culturele gebouwen, zoals een kunstmuseum in Milwaukee in de VS (2002) (4, projecten; 2 illustraties invoegen).

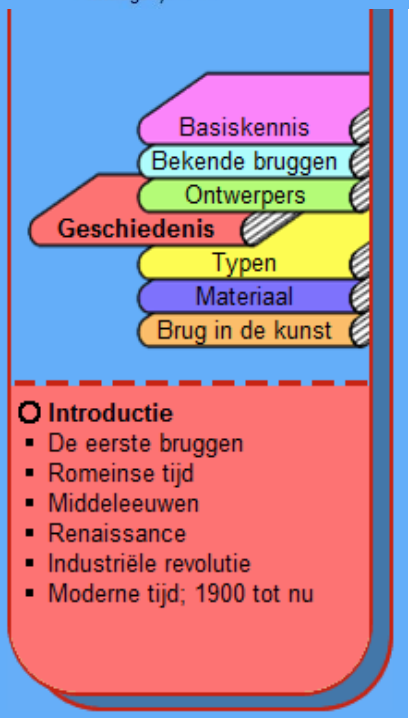
De Akashi Kayiokyo brug is de langste hangbrug ter wereld.

Een omgevallen booom als brug.

Geschiedenis

- Introductie

De geschiedenis van de brug wordt vooral bepaald door de steeds grotere overspanning die de mens wilde maken. De stenen Romeinse bruggen konden hooguit een afstand van 30 meter overbruggen. De grootste hangbrug van dit moment de Akashi Kaikyo brug in Japan, heeft een overspanning van maar liefst 1.990 meter. Wiskunde en tecchniek spelen een belangrijke rol; pas enkele eeuwen geleden kon men voor het eerst goed uitrekenen welke krachten er eigenlijk in een brug werkzaam zijn en hoe die krachten het best opgevangen konden worden. In de loop van de tijd ontdekte men ook nieuwe materialen zoals staal en beton. Deze materialen zijn door hun sterkte en geringe gewicht geschikter voor het bouwen van bruggen dan de oude materialen steen en hout. Door het lagere gewicht weegt de constructie van de brug minder en zijn grotere overspanningen mogelijk. De nieuwste constructies hebben zeer weinig materiaal nodig, het zijn vaak bruggen met (stalen) kabels.



Geschiedenis

De eerste bruggen

Stenen brug bij Dartsmoor.

Oude Inca hangbrug.

Fabricus brug in Rome.

Aan de oudste bruggen kwamen geen mensenhanden te pas. Deze bruggen werden door de natuur gevormd; omgevallen bomen of uitgesleten steen zorgden voor een verbinding tussen twee oevers. In de prehistorie maakte de mens van hetzelfde principe gebruik door boomstammen of lange, platte stenen over het water te leggen. (afbeelding)

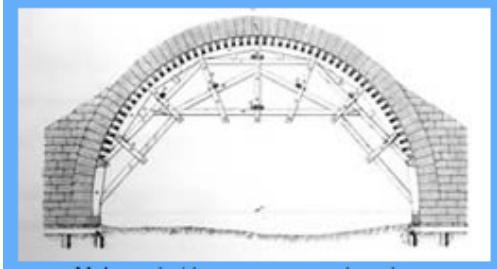
Nadeel van deze bruggen was dat ze bij stijgend water weer wegspoelden. Zo ontstond de behoefte om hogere bruggen te maken. Dat was nog niet zo eenvoudig omdat langere verbindingen al snel doorbuigen onder hun eigen gewicht en uiteindelijk breken. Pijlers maken als extra ondersteuning is een mogelijkheid, maar erg lastig als bruggen over snel stromend water gaan of over diepe afgronden. De beste oplossing is een constructie maken met een grotere spanwijdte. Dat kan bijvoorbeeld door een touw te spannen van de ene naar de andere oever en daaraan bamboe of gevlochten gras vast te knopen.
Op deze manier ontstonden de eerste hangbruggen die wel tot 60 meter konden overbruggen.(afbeelging) Een andere manier om langere bruggen te maken is door gebruik te maken van een boogconstructie.

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

- Introductie
- **De eerste bruggen**
- Romeinse tijd
- Middeleeuwen
- Renaissance
- Industriële revolutie
- Moderne tijd; 1900 tot nu

Geschiedenis

- Romeinse Tijd

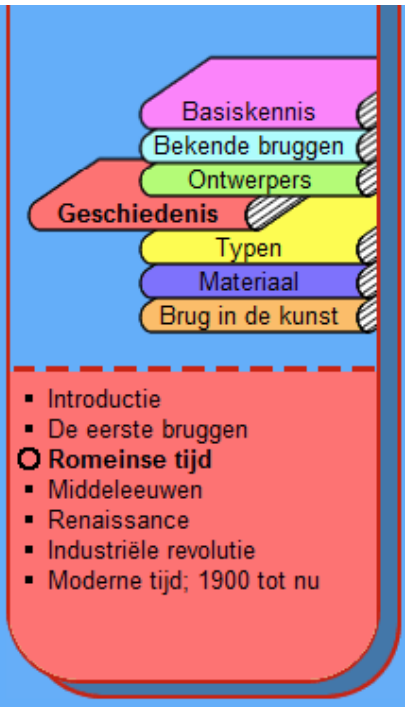


Mal voor het bouwen van een boogbrug.

Sluitsteen.

De Romeinen, die voor het in stand houden van hun enorme rijk hun legers snel moesten kunnen verplaatsen, waren zeer bedreven in het aanleggen van wegen en bruggen. Hun specialiteit was de stenen boogbrug. Om de ronde vorm te krijgen werd eerst een houten halfronde mal gemaakt waarop de stenen werden gelegd. Als laatste werd in het midden de sluitsteen geplaatst. Die steen zorgt ervoor dat alle andere stenen op hun plaats blijven en niet naar beneden vallen. Steen is een sterk en duurzaam materiaal, waarmee de Romeinen hun macht tot in eeuwigheid konden tonen. En inderdaad zijn de bruggen van zo'n goede kwaliteit dat ze nu nog op een aantal plaatsen in Europa te zien zijn.

Een van de grootste Romeinse bruggen die nog deels overeind staat is eigenlijk een aquaduct; het Pont de Gard bij Nimes. (afbeelding). Het aquaduct is maar liefst 50 meter hoog, de bogen hebben een spanwijdte van 25 meter.



Geschiedenis

- De Middeleeuwen

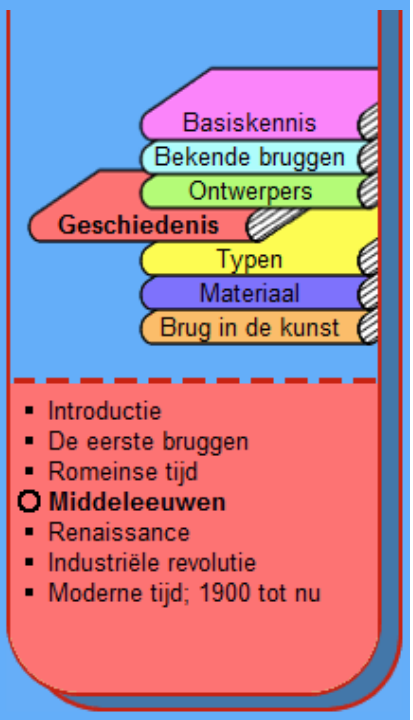
Pont dAvignon.

Ponte vecchio florence.

Toen het Romeinse rijk uit elkaar viel, verdween ook veel kennis.

Pas rond 1200, met de opkomst van een aantal steden en de uitbreiding van handelswegen kwam de bruggenbouw weer op gang. De bouwmeesters leerden door te kijken naar de bruggen die de Romeinen hadden achtergelaten en door de praktijk. Hoe een boog op de juiste manier gemetseld moest worden was niet in boeken terug te vinden maar dit leerde men van de bogen die ingestort waren. Die kennis werd vervolgens mondeling overgedragen van meester op leerling. Ook de Romeinen hadden trouwens geen eenduidige theorie over hoe je het beste een brug kon bouwen.

Een van de bekendste bruggen uit de Middeleeuwen, waarvan delen nog overeind staan, is de brug in Avignon uit de 12e eeuw, bekend van het liedje 'Sur le pont d'Avignon'.

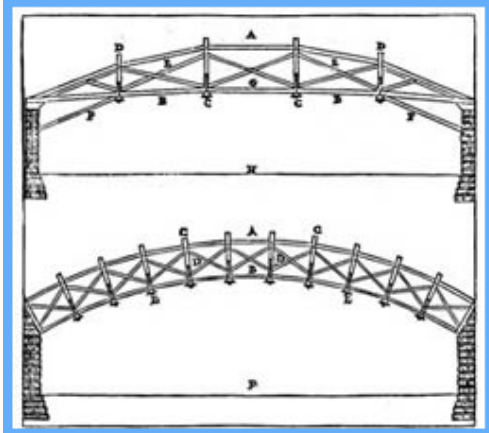


In deze periode ontstonden ook de zogenaamde 'levende bruggen'. Dat waren bruggen in steden waarop een complete straat werd gebouwd met huizen en winkels. Een beroemd voorbeeld hiervan is de Ponte Vecchio (1345) in Florence.

Geschiedenis

- De Renaissance

Wiskundige berekeningen van Galileo Galilei.


Voorbeelden van vakwerkbruggen van Palladio.

Door de uitvinding van de boekdrukkunst kon kennis zich veel sneller verspreiden; de renaissance kende een opbloei van de kunst en wetenschap. Voor het eerst werd er gebruik gemaakt van wiskundige berekeningen om te beschrijven hoe een brug het best gebouwd kan worden. (afbeelding tekening Galileo Galilei). Daarmee veranderde ook de vorm van de brug. De bogen werden platter waardoor ze een grotere afstand konden overbruggen en men ontdekte dat de driehoek een sterke, stabiele vorm was die erg geschikt was voor bruggenbouw. Een brug die bestaat uit samengestelde driehoeken wordt wel vakwerkbrug genoemd. Andrea Palladio (1508-1580) schreef boeken over bruggenbouw die eeuwenlang invloed hebben gehad. (afbeeldingen vakwerken) Niet alleen de vorm van de bruggen veranderde in de renaissance maar ook de manier van bouwen. Er werd nu niet meer al doende gebouwd maar er werd vooraf een bouwtekening gemaakt. De architect bedacht het plan, de bouwmeester voerde uit.

- Introductie
- De eerste bruggen
- Romeinse tijd
- Middeleeuwen
- **Renaissance**
- Industriële revolutie
- Moderne tijd; 1900 tot nu

Geschiedenis

- De industriële revolutie, 18e- 19e eeuw

Brug in Coalbrookdale.

Menai hangbrug.

IJzer werd in deze periode ontdekt als geschikt en goedkoop materiaal voor bruggenbouw. Het voordeel van ijzer is dat het sterker is dan hout en flexibeler dan steen. Dat deze eigenschappen aanvankelijk nog niet goed bekend waren kun je zien aan de eerste gietijzeren brug die in 1779 in Coalbrookdale gebouwd werd. De brug is namelijk gebouwd als een klassieke boogbrug. (afbeelding).

De ontwikkeling van de bruggenbouw kwam pas goed op gang toen het spoorwegennet zich razendsnel uitbreidden. Aparte ingenieursopleidingen werden opgericht en er werd beter gebruikt gemaakt van de specifieke eigenschappen van de nieuwe materialen ijzer en staal.

- Introductie
- De eerste bruggen
- Romeinse tijd
- Middeleeuwen
- Renaissance
- **Industriële revolutie**
- Moderne tijd; 1900 tot nu

Garabit viaduct van Gustave Eiffel.

Zo ontstonden nieuwe bruggen die voor die tijd spectaculaire overspanningen wisten te bereiken. In Groot-Brittannië werd in 1824 de eerste lange hangbrug ter wereld gebouwd; de Menai-hangbrug. (doorklik) De brug heeft een overspanning van 176 meter. IJzer bleek ook geschikt voor het maken van vakwerkbruggen. De ingenieur Gustav Eiffel bouwde veel vakwerkbruggen onder andere het Garbit Viaduct. (afbeelding) De kennis die hij hierbij opdeed gebruikt hij bij de bouw van de Eiffeltoren in 1889, hèt symbool van de industriële revolutie.

Geschiedenis

- Moderne tijd, 1900 tot nu

Golden Gate Bridge San Francisco.

De meeste bruggen vanaf 1900 zijn gebouwd van staal, beton of een combinatie daarvan. De toenemende technische kennis en steeds lichtere materialen zorgen ervoor dat steeds langere bruggen gebouwd kunnen worden. Die ontwikkeling is duidelijk te zien bij de hangbrug, het type brug dat de grootste overspanning bereikt. Amerika had lange tijd het monopolie op grote hangbruggen. Prachtig voorbeeld daarvan is de Golden Gate Bridge in San Franscico

met een overspanning van 1280 meter. Ondanks alle kennis ging het ook wel eens mis zoals bij de Tacoma Narrows Bridge. Deze hangbrug stortte 4 maanden na de voltooiing in. Een vrij nieuw type brug is de tuibrug. Deze brug, die na de 2e wereldoorlog werd ontwikkeld, is een variatie op de hangbrug maar is ook geschikt voor wat 'zachtere' bodems zoals in Nederland. De architect en ingenieur Santiago Calatrava is momenteel onovertroffen in zijn vernieuwende ontwerpen van deze bruggen.

Instorten van Tacoma Narrows bridge.
(Klik plaatje voor filmpje.)

De grenzen van wat mogelijk is op het gebied van bruggenbouw zijn nog lang niet bereikt. Bruggen zullen door nieuwe materialen en betere computerberekeningen steeds lichter, langer en vrijer van vorm zijn.

Brug in Campo Volantin van Calatrava.

Typen

Introductie

De 100m lange metalen plaatligger over de Rhein in Ruedlingen (Duitsland).

De Alcantara boogbrug over de Tagus (Spanje) uit het jaar 98.

De George Washington hangbrug in New York uit 1931.

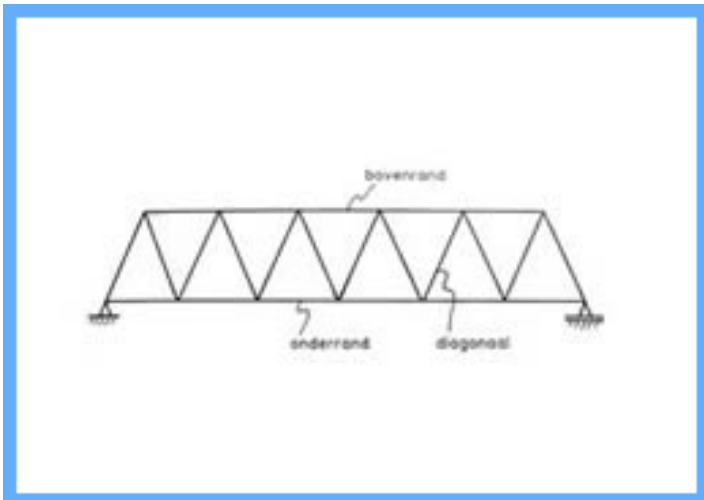
Bruggen zijn er in allerlei soorten en maten. Je kunt ze op verschillende manieren indelen. Je kunt de bruggen onderscheiden naar:

- het *materiaal* dat is gebruikt, zoals hout of beton (klik verder naar materiaal)
- de *functie* van de brug. Voor wie is de brug bestemd? Voor treinen, voetgangers en fietsers of autoverkeer.
- de *constructie* van de brug. Op wat voor manier is de brug gebouwd? Hoe weerstaat een brug de krachten die erop werken?

De constructie

Bruggen moeten zo gebouwd zijn dat ze niet alleen hun eigen gewicht kunnen dragen maar ook het gewicht van het verkeer dat eroverheen gaat. Bovendien moet een brug natuurkrachten zoals stormen en aardbevingen kunnen weerstaan. De constructie bepaalt de manier waarop deze krachten worden overgebracht naar de pijlers van de brug. De constructie die wordt gekozen is meteen erg bepalend voor de vorm die de brug krijgt. Veel ontwerpers vinden bovendien dat een goede constructie een voorwaarde is voor de schoonheid van een brug.

In de loop der tijd zijn er allerlei constructies bedacht maar je kunt ze herleiden tot 3 basismodellen die de mens ontleend heeft aan de natuur: (3 afbeeldingen)



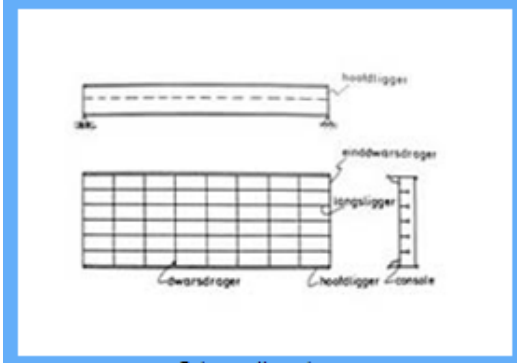
Schema vakwerkbrug.

Vakwerkbrug.

Typen

- Liggerbrug

Verschillende profielen.



Schema liggerbrug.

Europabrug Tirol.

De oervorm van dit type brug is een boomstam of een platte steen die tussen twee oevers wordt gelegd. De boomstam is inmiddels vervangen door stalen of betonnen balken waarover het brugdek wordt gelegd. Omdat massieve balken bij grote overspanningen te zwaar zijn, worden balken met een profiel gebruikt. Die profielen zijn er in verschillende vormen. (afbeeldingen). De meeste bruggen die gebouwd worden zijn liggerbruggen, ze zijn namelijk goedkoop en snel te maken.

Vakwerkbrug

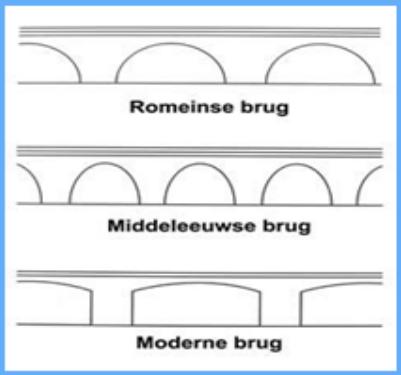
De balken die bij een liggerbrug gebruikt worden, kunnen vervangen worden door vakwerkliggers. Vakwerkliggers zijn opgebouwd uit driehoeken en hebben als voordeel dat het een erg sterke constructie is waarvoor weinig materiaal nodig is. Omdat het een lichte constructie is kunnen er grote overspanningen mee gemaakt worden.

De eerste vakwerkbruggen waren van hout, later werd vooral ijzer gebruikt. Vakwerk kom je niet alleen tegen bij liggerbruggen maar ook bij boogbruggen.

- Introductie
- **Liggerbrug**
- Boogbrug
- Hangbrug
- Beweegbare brug
- Typisch Nederlands

Typen

- Boogbrug



Schema boogbrug.

Boogbrug in Nemours over het canal du havre.

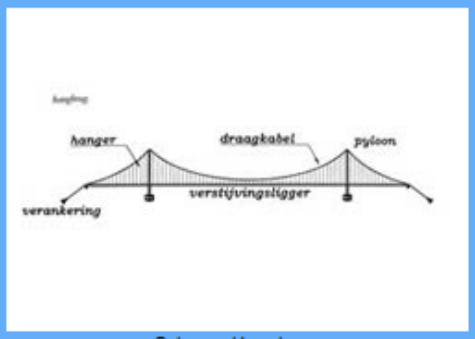
De Romeinen wisten dat ze met een boog een grotere overspanning konden maken dan met een zware balk van graniet. Door het grote eigen gewicht breekt die balk namelijk. De krachten die op een boog werken gaan voornamelijk naar de zijkanten. Door ervoor te zorgen dat die zijkanten verstevigd worden met steunpunten wijkt de brug niet.

De bogen die de Romeinen maakten hadden de vorm van een halve cirkel. De boogbruggen van tegenwoordig hebben vlakkere bogen en zijn meestal gemaakt van staalbeton. Bij moderne bruggen worden de uiteinden aan elkaar 'geknoopt' met zogenaamde trekstangen die de zijwaartse krachten opvangen. Bovendien zitten de bogen niet altijd meer onder het brugdek maar ook vaak erboven. Dat maakt voor de draagkracht niet uit.

- Introductie
- Liggerbrug
- **Boogbrug**
- Hangbrug
- Beweegbare brug
- Typisch Nederlands

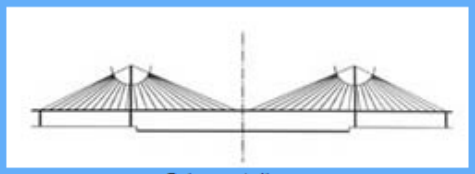
Typen

- Hangbrug



Schema Hangbrug.

Hangbrug in Dunno.



Schema tuibrug.

Tuibrug.

Sinds het begin van de 19e eeuw zijn er hangbruggen van staal. Bij een hangbrug hangen twee hoofdkabels gebogen tussen pylonen, de uiteinden van deze kabels worden verankerd in enorme blokken beton. Het wegdek wordt met verticale afgespannen aan de hoofdkabels. De langste bruggen op de wereld zijn hangbruggen. Ze kunnen een overspanning bereiken van bijna 2 kilometer. In Nederland zijn er geen hangbruggen omdat de bodem te slap is voor de verankering van de kabels. Een afgeleide vorm van de hangbrug die wel in een zachte bodem gebruikt kan worden, is de tuibrug.

Tuibrug
Tuibruggen zijn een vorm van hangbruggen maar bij deze bruggen wordt het brugdek direct afgespannen aan de pylonen. Dat gebeurt met sterke, stalen kabels die tuien worden genoemd. De laatste jaren worden in Nederland steeds meer tuibruggen gebouwd. Het zijn bruggen die een behoorlijk spanwijdte kunnen bereiken en opvallende ontwerpen mogelijk maken.

- Introductie
- Liggerbrug
- Boogbrug
- **Hangbrug**
- Beweegbare brug
- Typisch Nederlands

Typen

- Beweegbare bruggen

Draaibrug.

De meeste bruggen die gebouwd worden zijn vaste bruggen, maar van oudsher komen in Nederland veel beweegbare bruggen voor. Beweegbare bruggen zijn te vinden bij drukke waterwegen; ze gaan 'open' als de schepen moeten passeren. Soms is het te duur of onpraktisch om op deze plaatsen vaste bruggen met een hoge doorgang te bouwen.

Beweegbare bruggen zijn er in veel soorten; bepalend is de manier waarop het brugdek beweegt.

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

- Introductie
- Liggerbrug
- Boogbrug
- Hangbrug
- **Beweegbare brug**

Hefbrug.

De meest voorkomende typen zijn:

De draaibrug - deze brug draait om een centraal punt heen.

De hefbrug - het brugdek wordt in zijn geheel verticaal omhooggebracht

De ophaalbrug - wordt door contragewichten geopend

De basculebrug - is een vorm van ophaalbrug, het contragewicht is nu niet zichtbaar maar weggewerkt onder de rijvloer.

Dubbele ophaalbrug.

Basculebrug.

Typen

- Typisch Nederlands

Bruggen in Nederland
Nederland is een land met veel water en daarmee ook en land van veel bruggen De oudste bruggen waren vaste oeververbindingen met een kleine overspanning. Toen de scheepvaart steeds belangrijker werd stonden die bruggen in de weg. Dat probleem was op twee manieren op te lossen: de bruggen verhogen of vervangen door beweegbare bruggen. Vaak werd gekozen voor beweegbare bruggen omdat verhogen zou zorgen voor steile opritten die hinderlijk waren voor vervoer met paard en wagen. Die beweegbare bruggen zoals ophaalbruggen en draaivlonders werden altijd uitgevoerd in hout. Inmiddels zijn de vele soorten beweegbare bruggen die hier te vinden zijn, kenmerkend voor Nederland.

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

- Introductie
- Liggerbrug
- Boogbrug
- Hangbrug
- Beweegbare brug
- **Typisch Nederlands**

Ophaalbrug.

Verkeersbrug over de Waal bij Nijmegen 1936.

Nieuwe ontwikkelingen
Met de komst van ijzeren spoorbruggen in de 19e eeuw konden eindelijk ook de oevers van de grote rivieren met elkaar verbonden worden. De houten bruggen werden vervangen door ijzeren exemplaren en er werden nieuwe beweegbare bruggen ontwikkeld zoals de hefbrug en de basculebrug. Vanaf het midden van 20e eeuw zijn er twee trends zichtbaar: enerzijds de trend om de karakteristieke beweegbare bruggen te vervangen door vlakke, uniforme betonnen bruggen die weinig onderhoud vragen. Anderzijds is het bouwen van grote en bijzondere bruggen zoals de Erasmusbrug in Rotterdam, de Gouwebrug bij Gouda en de Zeelandbrug, sterk opgekomen. Hierbij wordt veel aandacht besteed aan de vormgeving van de brug en de inpassing in het landschap.

De Zeelandbrug. de langste brug van Nederland.

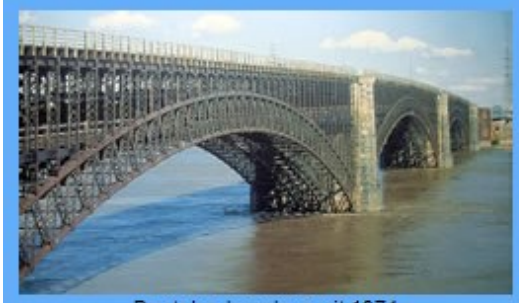
Materiaal

- Introductie

Introductie
- Steen
- Hout
- Staal
- Beton

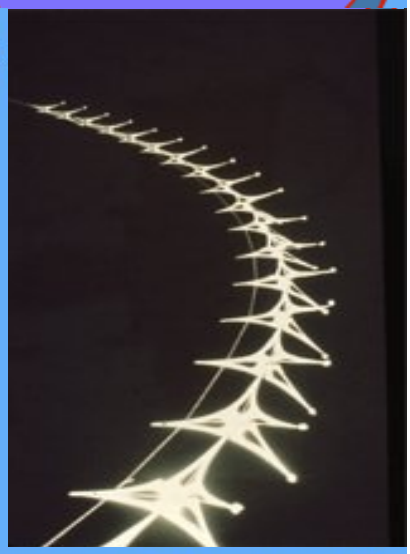
Een eenvoudige stenen boogbrug in de bergen.

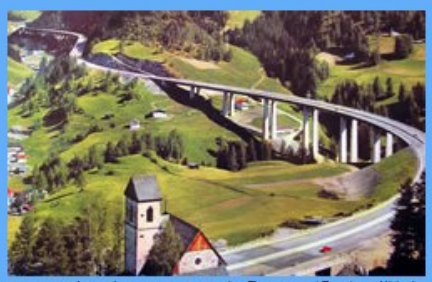
Een houten brug over het Zurichmeer in Zwitserland.


De stalen boogbrug uit 1874
in St. Louis (VS).

Iedere brug heeft een eigen karakter. Dat karakter wordt voor een belangrijk deel bepaald door de keuze van het bouwmateriaal. Eeuwenlang werden alleen steen en hout gebruikt bij de bouw van bruggen. In de 19e eeuw kwamen daar ijzer en beton bij. Voor speciale onderdelen wordt tegenwoordig ook aluminium of kunststof gebruikt. In de toekomst zullen materialen uit de ruimtevaart zoals glasvezels en koolstofvezels toegepast worden. Al deze materialen hebben eigen, unieke kenmerken. Het ene materiaal is erg sterk, het andere buigzaam of gemakkelijk te bewerken.

De materialen onderscheiden zich verder in kleur, uitstraling en hoe ze worden afgewerkt. Hoewel de algehele vorm van een brug veel te maken heeft met materiaalkeuze, zijn het vaak de kleine details van het materiaal die het karakter van een brug bepalen.




Betonnen snelwegbruggen over de Brenner (Oostenrijk) door de plaats Obernberg.

Materiaal

- Steen

We kennen allemaal de boogbrug gemaakt van steenblokken. Dat komt omdat stenen bruggen vanwege hun hardheid en houdbaarheid duizenden jaren blijven staan. Steen is bijzonder sterk als het gaat om het opvangen van drukkrachten, waardoor het erg geschikt is voor het bouwen van bogen. Voor een boogbrug van steenblokken is geen cement nodig. Door het plaatsen van een sluitsteen in het midden, blijft de boog staan. De grootste boogbrug staat in Plauen (link) en werd 100 jaar geleden gebouwd. Deze brug overspant 90 meter. Bekende steensoorten zijn graniet, hardsteen en het door mensen gemaakte baksteen. Bij het bouwen met steen bepalen de voegen tussen de stenen in sterke mate het karakter van de brug.

(voorbeelden van 2 metselverbanden en 2 afwerksoorten, bij de natuursteen met plaatje hele brug, dus 6 plaatjes))

Let op de schaduw van deze voegen in een metselverband.

Een dubbele boogbrug van natuursteen.

Een sluitsteen wordt geplaatst.

Een boog van stenen blijft ook zonder cement staan.

De vredesbrug in het Duitse Plauen is de langste brug van baksteen.

Materiaal

- Hout

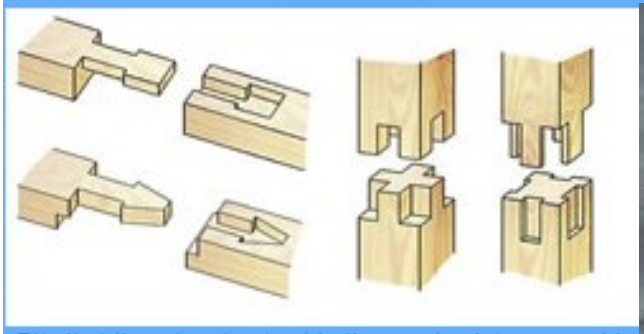
Hout is licht, milieuvriendelijk en eenvoudig te bewerken. Er zijn zachte houtsoorten, zoals balsahout en harde soorten zoals eiken of meranti. Houten constructies moeten goed beschermd worden tegen vocht omdat het materiaal anders gaat rotten. Vroeger werden houten bruggen daarom overdekt. Ondanks dat het een relatief laag eigen gewicht heeft, is hout een uitermate sterke bouwstof. Hout is in verhouding meer dan vijf keer sterker dan staal of beton. Vandaar dat zweefvliegtuigen en scheepsmasten nog steeds van hout gemaakt worden.

De verbindingen van de onderdelen van een houten brug zijn vaak heel bijzonder. De timmerlieden die deze bruggen maakten beschikten over veel vakmanschap. Hoewel hout waarschijnlijk het oudste bouwmateriaal is, wordt het tegenwoordig alleen nog voor voetgangersbruggen gebruikt. Mensen vinden hout immers een prettig materiaal om aan te raken. In de toekomst zal hout vooral worden gebruikt in combinatie met ander materiaal zoals staalkabels.

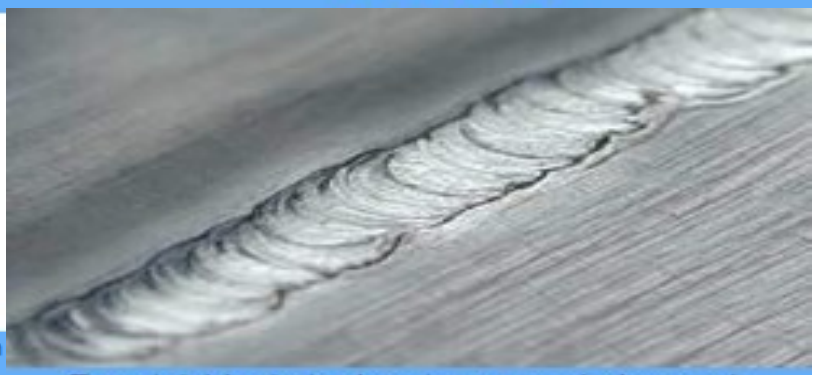
De overdekte houten Poo-brug in een park in Beijing (China).

De met 193m langste houten brug van Europa in Essing (Duitsland).

Met 181,5m is de Elisabrug over de rivier Glomma de langste houten autowegbrug.



Dit zijn bijzondere houtverbindingen - je ziet ze vooral in historische gebouwen.



Een stuk blank staal met een mooie lasnaad.

Materiaal

- Staal

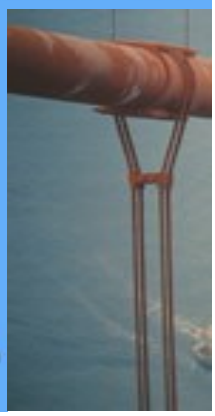
Van alle materialen heeft staal de beste eigenschappen voor het bouwen van bruggen. Staal kan zeer dun– tot 6mm – toegepast worden, waardoor het eigen gewicht van de brug laag blijft. En staal is heel sterk, tien tot honderd keer sterker dan beton. Het hoofdbestanddeel van metaal is ijzer. IJzer werd al duizenden jaren geleden door mensen verwerkt in gereedschap maar pas sinds een paar eeuwen is bekend welke krachten er precies in staal schuilen. Voorlopig resultaat van de ontdekkingen zijn de elegante tuibruggen van tegenwoordig.

Elegante vakwerkboog van het Garabit Viaduct in St.Flour (Frankrijk) van ontwerper Gustave Eiffel.

Brug van gietijzer in de haven van Birmingham (Engeland) copy.

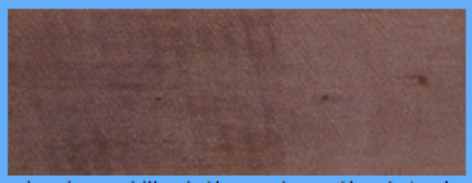
Het patroon van de popnagels in een stalen vakwerk.

Ronde stalen koker aan de onderzijde van een burg met een glazen loopvlak.



Materiaal

- Gewapend beton



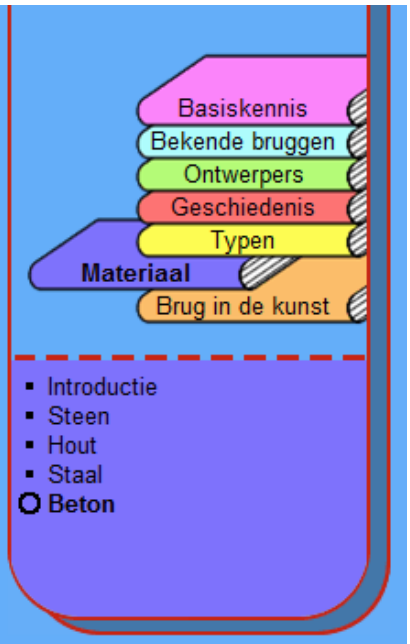
Beton is er in verschillende kleuren door gekleurde toeslag toe te voegen.

Na de aardbeving in Kobe (Japan) in 1995 viel de brug van de Hanshin snelweg om. In de gebarsten kolommen ziet men het stalen raster.

Vanwege de geringe kosten zijn snelwegbruggen vaak van beton, hier over de rivier Krems (Oostenrijk).

Het beton neemt bij de Ganterbrug (1980) in Zwitserland zowel druk als trekkrachten op.

Beton, een kunstmatig materiaal gemaakt van keien met zand, water en cement, was al bij de Romeinen bekend. Tegenwoordig wordt in de bouw vooral gewapend beton toegepast. Dat is beton met een raster van staal. De krachten worden over de twee materialen verdeeld: beton neemt drukkrachten op en het metaal de trekkrachten. Het resultaat zijn zeer voordelige constructies, die grote overspanningen mogelijk maken. Maar anders dan bij constructies van één soort materiaal is er niet goed te zien hoe de krachten verlopen. Bovendien wordt beton gegoten. Daardoor zijn eigenlijk alle vormen mogelijk. Dat geeft de ontwerper een ongekende vrijheid zoals te zien is bij de brug van Calatrava in Sevilla. Maar zorgt ook voor goedkope en saaie toepassingen, zoals de Brug over de Hoofdvaart in Nieuw-Vennep . Beton is goedkoop, hard en duurzaam. Het kan alleen slecht tegen vervuilde lucht en strooizout in de winter. Om bijzonder lange overspanningen mogelijk te maken is het spanbeton ontwikkeld. Het werkt zoals gewapend beton, alleen ligt de wapening, meestal een stalen kabel, in een holle buis in het beton en wordt de kabel vooraf flink gespannen, zodat de constructie minder doorbuigt. Ook bij spanbeton zie je niet hoe de krachten in de brug verlopen.



Bruggen met bochten en hellingen kunnen eenvoudig me beton gebouwd worden, zoals hier in Hong Kong.

Bij deze moderne brug wordt de op duw geforceerde betonnen ligger onderspand met stalen kabels voor de trekkrachten.

Brug in de kunst

Introductie

De bisschop en de duivel

Al zolang er bruggen bestaan, zijn mensen door deze bouwwerken gefascineerd. In veel oude legenden en mythen komen bruggen voor. Zoals in de legende van de bisschop die de hulp van de duivel vraagt bij het afbouwen van een brug. In ruil voor dit lastige karwei vraagt de duivel om de ziel van de eerste die de brug oversteekt. (afbeelding blz 24 faszination Brucke) De bisschop is hem te slim af: hij stuurt een kat.

Voor schilders, filmers, dichters en zangers zijn bruggen een bron van inspiratie. Bruggen spreken zo tot de verbeelding omdat het niet alleen opvallende bouwwerken zijn maar omdat ze ook een sterke symbolische betekenis hebben.

Basiskennis
Bekende bruggen
Ontwerpers
Geschiedenis
Typen
Materiaal
Brug in de kunst

Introductie
- Brug als bijzonder bouwwerk
- Brug als symbool

Brug bij Arles van Vincent van Gogh.

Brug in de kunst

- Brug als bijzonder bouwwerk

Bruggen zijn opvallende herkenningspunten in het landschap. Je ziet bruggen niet alleen van ver staan, je kunt ze ook heel goed vanuit verschillende gezichtspunten bekijken. Voor schilders zijn bruggen dan ook een geliefd onderwerp, zoals voor Vincent van Gogh. Hij schilderde enkele keren dezelfde ophaalbrug in Arles, Zuid Frankrijk. Deze ophaalbrug deed hem sterk denken aan de Hollandse bruggen uit zijn jeugd.

Ook filmregisseurs maken graag gebruik van een brug als decor voor hun films. Een actiescène op een brug staat garant voor spektakel en gevaar. Zo beleeft James Bond in de film A view to a Kill, moeilijke momenten op de Golden Gate Bridge en is de vechtersbaas Jackie Chan te bewonderen op de Willemsbrug in Rotterdam.

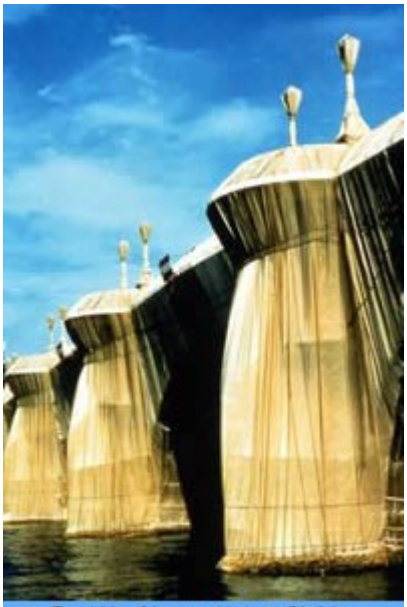
In veel oorlogsfilms (net zoals in echte oorlogen) spelen bruggen een hoofdrol, zoals in A Bridge too Far over de slag bij Arnhem in de tweede wereldoorlog.

Sommige bruggen zijn van zichzelf zo beroemd dat de filmmaker op die manier snel kan laten zien in welke stad de film zich afspeelt. Één shot van de Brooklyn Bridge en de kijker weet dat dit New York is.

De kunstenaar Christo deed weer iets anders met een brug. Hij pakte de historische Pont Neuf in Parijs met doeken in.(afbeelding). Door alle zichtbare franje van de brug te bedekken wilde hij zo de aandacht leggen op de kracht en de vorm van de brug.

James Bond: a view to a kill.

Brooklyn Bridge.


Pont Neuf ingepakt door Christo.

Brug in de kunst

Brug als symbool

Bruggen spreken niet alleen tot de verbeelding omdat het opvallende bouwwerken zijn maar ook vanwege hun symbolische betekenis.

Eenheid en verzoening
Bruggen brengen samen wat tot dan toe gescheiden is. Een brug is daarom bij uitstek een symbool voor eenheid en verzoening. Vandaar de keuze voor afbeeldingen van bruggen op het eurobiljet (afbeelding). Die betekenis vindt je ook terug in gezegden als 'een brug slaan' en 'verschillen overbruggen'.

- Introductie
- Brug als bijzonder bouwwerk
- **Brug als symbool**

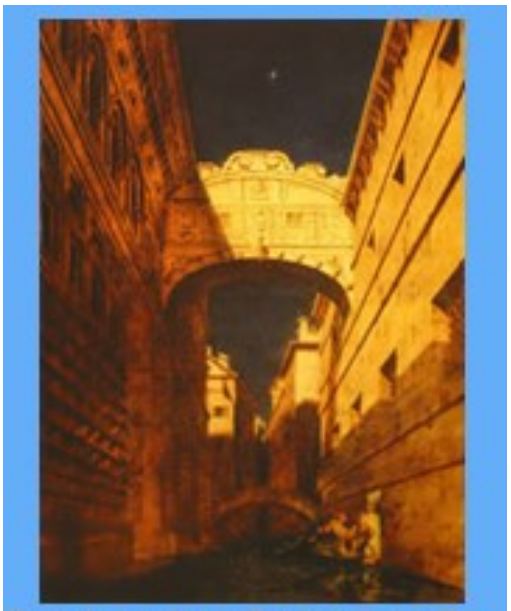
In de beroemde film Bridge on the River Kwai (1957) is de brug die door de Britse krijgsgevangenen gebouwd moet worden tevens het symbool voor toenadering tussen de twee vijandelijke kampen.

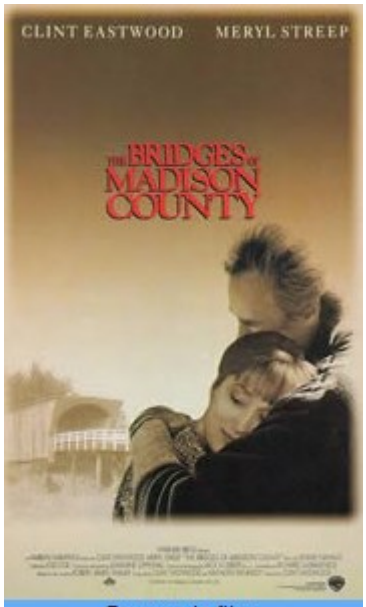
Scheiding en noodlot

Maar bruggen brengen niet alleen samen, ze scheiden ook. Wie de brug eenmaal oversteekt verlaat alles wat bekend en vertrouwd is en gaat zijn noodlot tegemoet. Geen brug die dit beter symboliseert dan de Brug der Zuchten in Venetië. Deze brug, erg geliefd bij schilders en dichters, leidde van de rechtbank naar de gevangenis. De veroordeelden konden hier voor de laatste keer de vrijheid zien en ... zuchten. In verhalen uit verschillende religies leidt de weg naar de hemel over een smalle brug. Het is een gevaarlijk tocht, voor wie dwaalt wacht de hel.

In romantische verhalen en films staan bruggen vaak symbool voor het verlangen, voor wat niet is maar zou kunnen zijn. Zoals de romance tussen de getrouwde vrouw en een fotograaf op doortocht in The Bridges on Madison County.

Bruggen op het eurobiljet.


Brug der zuchten. Schilderij van Etty.



Bruggen in films.