



Bruggen

 Inhoud

1.	Geschiedenis	3
2.	Verschillende soorten bruggen	7
	1. Plaatbrug	7
	2. Vakwerkbrug	7
	3. Tuibrug	8
	4. Boogbrug	9
	5. Hangbrug	10
	6. Andere bruggen	10
3.	Bruggen testen	11
4.	Beoordeling	11

De brug op het voorblad van dit boekje is de Waalbrug in Nijmegen.

Hij werd in 1936 in gebruik genomen.

De boog alleen is 245 meter lang, en in het midden 65 meter hoog.

De brug heeft 4 rijstroken voor auto's en aan beide kanten een breed fietspad.

Het was in 1936 de grootste boogbrug in Europa.

★ 1. Geschiedenis



Bruggen waren er al voordat er mensen waren. Aan de oudste bruggen kwamen dan ook geen mensenhanden te pas. Ze ontstonden vanzelf in de natuur: omgevallen bomen of grote stenen zorgden voor een verbinding tussen twee oevers.

In de prehistorie bouwden de mensen zelf bruggen, door boomstammen of lange platte stenen over het water te leggen.

Nadeel van deze bruggen was dat ze bij stijgend water weer wegspoelden.

Zo ontstond de behoefte om hogere en langere bruggen te maken.

Dat was nog niet zo eenvoudig, omdat lange bruggen al snel doorbuigen onder hun eigen gewicht en uiteindelijk breken.

Er konden wel pijlers onder een brug gezet worden, maar dat was erg lastig als de brug over snel stromend water ging, of over een diepe afgrond.

De beste oplossing was een om een brugconstructie te maken, dat wil zeggen, een brug samen te stellen uit meerdere onderdelen. Dat kon bijvoorbeeld door touwen te spannen van de ene naar de andere oever en daaraan bamboe of boomtakken vast te knopen. Op deze manier ontstonden de eerste touwbruggen, die wel 60 meter lang konden zijn.



Een andere manier om langere bruggen te maken was door gebruik te maken van een boogconstructie. Eerst van hout, later van steen.

De Romeinen waren daar heel goed in.

De boogbrug op de foto is gebouwd in 62 v. Chr.

De Romeinen bouwden hun bruggen met de ervaring die ze van eerdere bruggen hadden. Er werden geen bouwtekeningen gemaakt; de bouwmeester bepaalde hoe er gebouwd werd. In de praktijk bleek pas of een brug sterk genoeg was.

Toen het Romeinse rijk uit elkaar viel (ongeveer 500 n. Chr.), ging veel kennis verloren.

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.

Men kon nog steeds geen berekeningen maken over de sterkte van een brug.

Hoe een boog op de juiste manier gemetseld moest worden was ook niet in boeken terug te vinden. Dit leerde men van de bogen die ingestort waren.

Die kennis werd vervolgens overgedragen van meester op leerling.

Op de foto zie je een van de bekendste **boogbruggen** uit de Middeleeuwen. Het is de brug in Avignon (Frankrijk), gebouwd in de 12e eeuw.

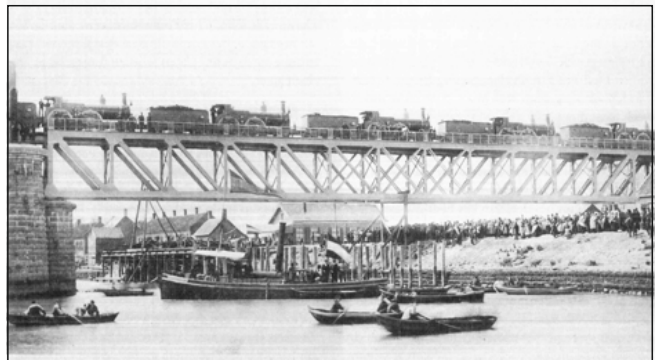
In de periode van 1700 tot 1900 werd **ijzer** ontdekt als geschikt en goedkoop materiaal voor bruggenbouw.

Het voordeel van ijzer is dat het sterker is dan hout en buigzamer dan steen.

Eerst bouwde men nog **boogbruggen**, maar wat later verschenen ook de eerste **vakwerkbruggen**.



Boogbrug bij Coalbrookdale, Engeland.
Een van de eerste ijzeren bruggen,
gebouwd in 1780.



Vakwerk spoorbrug over de Merwede bij Baanhoek,
gebouwd in 1887.
Er wordt getest hoe sterk hij is.
Tel het aantal locomotieven eens....!

De bruggenbouw kwam pas goed op gang toen er meer treinen kwamen en het spoorwegennet begon te groeien.

Intussen was ook de technische kennis veel groter geworden en waren er technische opleidingen in het leven geroepen.

Bruggenbouwers konden de sterkte van bruggen van tevoren uitrekenen. Op die manier konden bruggen steeds lichter en sterker worden gebouwd.



Zo ontstonden nieuwe bruggen die voor die tijd spectaculaire afmetingen hadden. In Groot-Brittannië werd in 1824 de eerste lange hangbrug ter wereld gebouwd: de Menai-hangbrug.

De brug heeft een overspanning van 176 meter.



Een bekende bruggenbouwer in Frankrijk in die tijd was Gustav Eiffel. Eiffel bouwde veel vakwerkbruggen, waaronder het Garabit Viaduct. De brug werd voltooid in 1886. Hij is 564 meter lang en het wegdek is 122 meter boven het water.

De kennis die Eiffel tijdens het ontwerpen en bouwen opdeed gebruikte hij bij de bouw van de Eiffeltoren, in 1889.

De meeste bruggen vanaf 1900 zijn gebouwd van staal, beton of een combinatie daarvan. Er kwam steeds meer technische kennis en dat zorgde ervoor dat steeds langere bruggen gebouwd konden worden.

Die ontwikkeling is duidelijk te zien bij de hangbrug, het type brug waarmee de grootste overspanning bereikt kan worden.



Prachtig voorbeeld daarvan is de

← Golden Gate Bridge in San Francisco, met een overspanning van 1280 meter. De brug werd gebouwd in 1937.



Gebouwd in 1965: de Rijnbrug in Emmerich. →

Overspanning is 500 meter, hoogte is 75 meter



Maar het ging ook wel eens mis:

De Tacoma Narrows Bridge is een hangbrug in de Verenigde Staten.

Het was de op twee na langste brug van de wereld, 1600 meter lang.

Door de wind begon het wegdek te slingeren en te zwaaien. Na een paar uur brak het door.

Dit gebeurde in 1940. De brug was pas 4 maanden in gebruik!

(Op Youtube staan filmpjes: kijk op Tacoma Narrows Bridge Collapse.)

Een vrij nieuw type brug is de **tuibrug**. Deze brug is een variatie op de hangbrug maar is ook geschikt voor wat 'zachtere' bodems zoals in Nederland.

Dat komt omdat hij niet zo zwaar is.



Dit is de tuibrug over de Waal bij Ewijk.

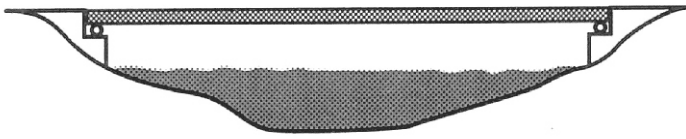
Hij is gebouwd in 1971.

In 2012 is er nog precies zo'n brug naast gebouwd, om het fileprobleem op die plaats op te lossen.

Door betere berekeningen en nieuwe materialen kunnen steeds nieuwe soorten bruggen ontworpen en gebouwd worden. De Spaanse architect Santiago Calatrava is er een meester in. Kijk maar naar de foto's.

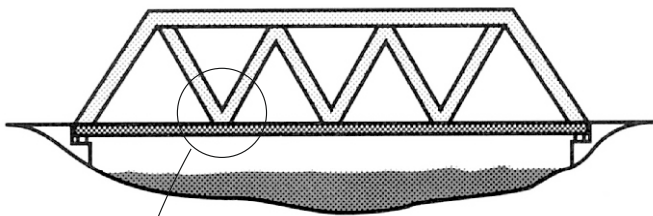


✧ 2. Verschillende soorten bruggen



1. Plaatbrug

Wordt gebruikt bij kleine overspanningen. Bruggetjes over een sloot, in een park. Fietsbruggen. De grootste zijn viaducten over de snelweg. Het wegdek wordt ondersteund door twee of meer sterke balken van staal of beton. Meestal zitten er aan beide kanten leuningen. Deze zijn echter niet belangrijk voor de sterkte van de brug.



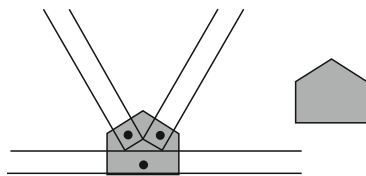
2. Vakwerkbrug

Er zijn heel veel vakwerkbruggen gebouwd. Ook aan veel nieuwe bruggen zit wel ergens een stukje 'vakwerk'.

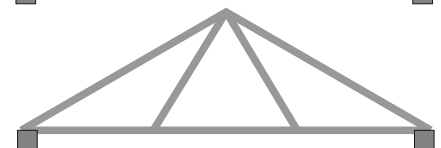
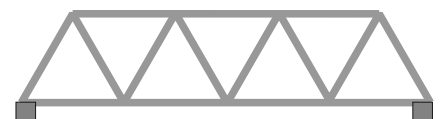
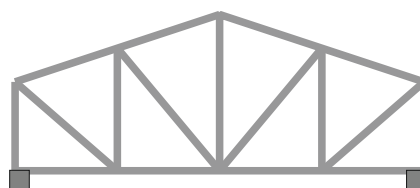
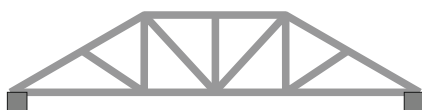
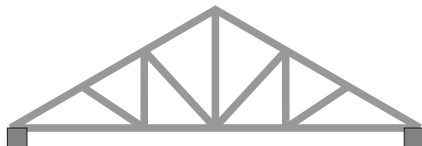
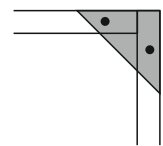
Deze bruggen zijn vrij eenvoudig te maken en ze zijn heel sterk.

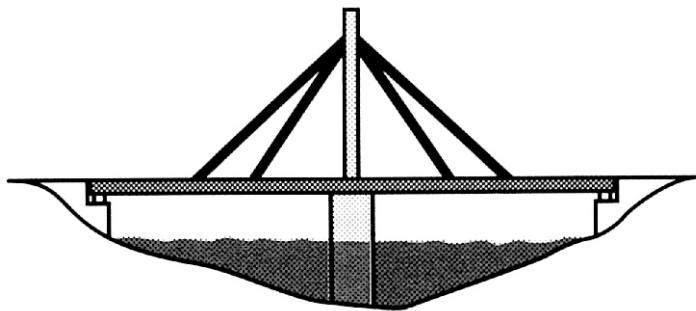
Het is belangrijk dat alle verbindingen **goed passen**. Gebruik (bij hout) spijkers of schroeven of deuvels **en lijm** (zie tekeningen)

Metalen onderdelen maak je vast met bouten en moeren.



Maak de verbinding sterk door er een stukje triplex op te lijmen, aan één of aan beide kanten.





3. Tuibrug

Tuibruggen zijn helemaal van deze tijd. Ze zijn vrij eenvoudig van constructie en de bouwkosten zijn niet zo hoog als van bijvoorbeeld een hangbrug.

De tuibrug op de tekening hierboven heeft als nadeel dat de fundering van de pyloon midden in de rivier staat. Dat kan voor de scheepvaart een hindernis zijn.

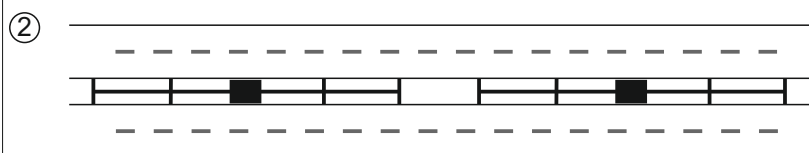
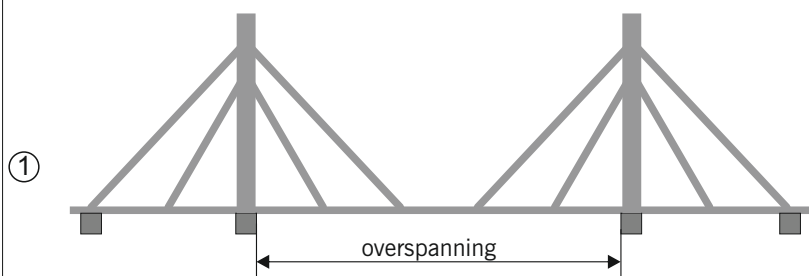
Als je een tuibrug wilt gaan bouwen, maak hem dan zoals op tekening 1. Er hoeft dan niets in de rivier te staan.

Houd er rekening mee dat de brug veel langer wordt dan de overspanning alleen.

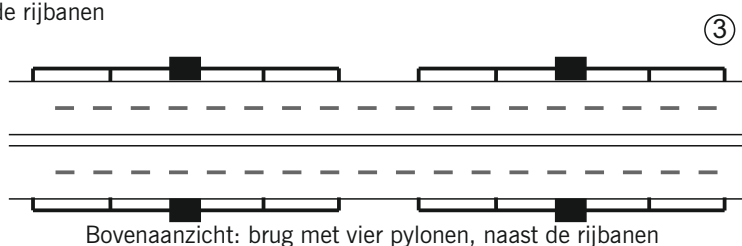
Je kunt een tuibrug bouwen met twee pylonen, zoals op de foto op bladzijde 5. In dat geval staan de pylonen tussen de rijbanen. (tekening 2)

Je kunt ook vier pylonen maken. In dat geval staan ze naast de rijbanen. (tek. 3) Kijk ook eens naar de onderste foto's op bladzijde 6. Je ziet daar dat er ook andere vormen mogelijk zijn. Bedenk wel dat je de brug goed sterk moet kunnen maken.

Zorg voor gelijke afstanden tussen de tuien, waar ze aan het wegdek vastzitten.

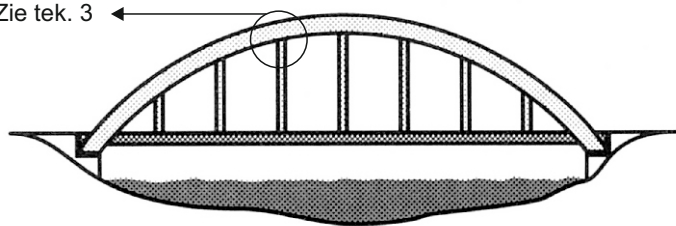


Bovenaanzicht: brug met twee pylonen, tussen de rijbanen



Bovenaanzicht: brug met vier pylonen, naast de rijbanen

Zie tek. 3



4. Boogbrug

Boogbruggen kunnen heel groot gebouwd worden. De meeste zijn van staal, maar er zijn er ook enkele van beton.

De boog draagt alle gewicht en leidt de krachten naar de zijkanten, naar de pijlers. De boog moet dus zeer sterk en vormvast zijn. De pijlers mogen niet zijwaarts kunnen verschuiven.

Er is een handige manier om een mooie boog te tekenen. Zie tekening 4.

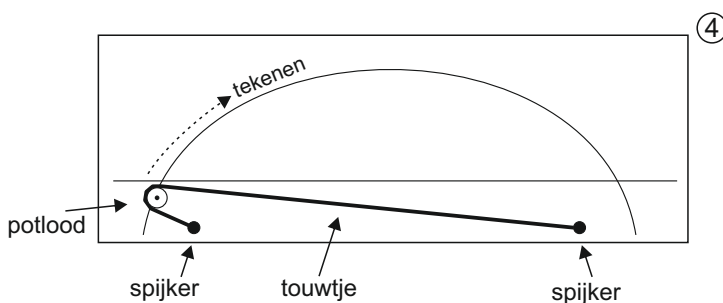
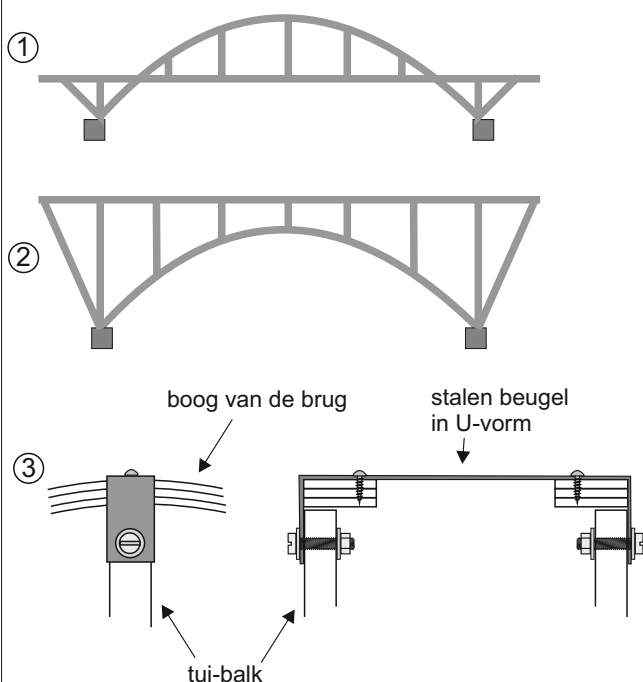
Zorg voor goede verhoudingen tussen lengte en hoogte. Bij een lengte van 75 cm moet je een hoogte van ongeveer 20 cm hebben.

Op de foto van de Waalbrug in Nijmegen (voorblad) kun je zien dat die eigenlijk een dubbele boog heeft, met een vakwerkconstructie er tussen.

Je kunt een stevige boog maken door 2 of 3 stroken triplex in gebogen vorm op elkaar vast te lijmen, in een mal.

Bedenk een goede manier om de tui-balken aan de boog vast te maken. Een idee daarvoor zie je op tekening 3, hieronder.

Je kunt het wegdek ook hoger in de boog maken of helemaal er boven. Zie tekening 1 en 2.

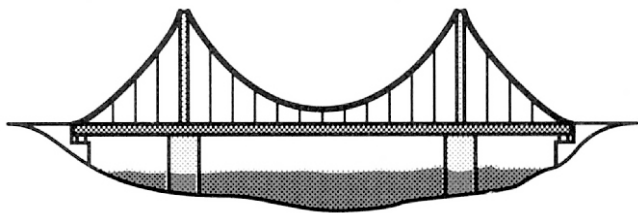


Neem een plank en sla er twee spijkers in, ongeveer 60 cm uit elkaar.

Span een touwtje tussen de spijkers, en zorg dat het ongeveer 25 cm doorhangt.

Zet een potlood tegen het touwtje en teken een boog.

Probeer zelf de juiste maten te vinden.



5. Hangbrug

Veel mensen vinden hangbruggen de mooiste die er zijn.

Met hangbruggen kunnen enorme overspanningen gemaakt worden. Ze zijn echter erg duur om te bouwen, en hebben veel onderhoud nodig.

De kabel waar het wegdek aan hangt moet natuurlijk heel sterk zijn. Maar ook het wegdek moet heel stevig gemaakt worden, om te voorkomen dat het gaat bewegen.

Het bouwen van een goede hangbrug is geen eenvoudige zaak :

Welk materiaal gebruik je voor de hoofdkabels?

Hoe zorg je dat die kabels in een mooie boog hangen?

Hoe krijg je ze links en rechts precies hetzelfde?

Waarvan maak je de tuien?

Hoe maak je ze precies op maat?

Hoe maak je ze aan de hoofdkabel vast? En aan het wegdek?

Hoe maak je het wegdek stevig genoeg?

Allemaal vragen (en er zijn er vast nog meer) waar je een antwoord op moet hebben voordat je echt kunt beginnen. Sommige dingen zul je moeten uitproberen voordat je beslist. Kortom, je moet de tijd nemen om **een goed doordacht plan** te maken.

6. Andere bruggen

Er zijn nog meer soorten bruggen dan in dit boekje staan. Kijk maar eens op Internet.

Mocht je een ander soort brug willen gaan bouwen, overleg dan eerst met de leraar.

☆ 3. Bruggen testen

Wanneer de bruggen gereed zijn, gaan we kijken hoe sterk ze zijn. Wie hebben de sterkste brug gebouwd?

We gaan de brug belasten met gewichten, en kijken hoeveel kilogram de brug kan dragen, zonder te breken. (Een beetje kraken mag wel.) Wanneer het 'gevaarlijk' wordt, beslissen de bouwers of er nog meer gewicht bij kan of niet.

Maar de belasting is niet het enige. Wat ook meetelt is het gewicht van de brug zelf. In de techniek proberen we immers om dingen **licht** en **sterk** te maken. We gaan de bruggen dus ook nauwkeurig wegen.

Dan volgt een rekensom: ***Sterkte is belasting gedeeld door gewicht.***

Voorbeeld: brug 1 weegt 1500 gram en kan 16 kilogram belasting aan.

Sterkte is belasting gedeeld door gewicht.

Sterkte is dan $16000 : 1500$

Sterkte is 10,66

Brug 2 weegt 2750 gram en kan 19 kilogram belasting aan.

Sterkte is belasting gedeeld door gewicht.

Sterkte is dan $19000 : 2750$

Sterkte is 6,90

Brug 1 is dus sterker, ook al kan hij minder gewicht dragen.

☆ 4. Beoordeling

Bij het beoordelen kijken we o.a. naar de volgende punten:

1. Hoe ziet de brug er uit? Constructie goed? Goede materialen gekozen?
Verbindingen sterk genoeg? Alle onderdelen netjes passend gemaakt?
Hoe is de afwerking?
2. Hoe was de samenwerking tussen de bouwers? Was er een goed plan?
Waren de taken goed verdeeld? Problemen samen goed opgelost?
3. Hoe sterk is de brug?