

WIKIPEDIA

# Sterkteleer

**Sterkteleer** of **toegepaste mechanica** onderzoekt de voorwaarden waaraan constructies moeten voldoen om niet te bezwijken, de gewenste stijfheid te hebben en voldoende duurzaam zijn.

Sterkteleer valt uiteen in elasticiteitsleer, plasticiteitsleer en breukleer, waarbij gebruik wordt gemaakt van theoretische mechanica, wiskunde en materiaalkunde. Sterkteleer is belangrijk bij het ontwerp van stilstaande en bewegende constructies in de bouwkunde en de werktuigkunde.

## Inhoud

### Basisbegrippen

- Belastingen
- Inwendige krachten en koppels
- Spanningen
- Elasticiteitsmodulus
- Kwadratisch oppervlaktemoment
- Buiging en afschuiving

### Soorten lastgevallen

#### De verschillende soorten belastingen

- Trek en druk
- Buiging
  - Afschuiving
    - Vereenvoudigde formules
    - Formule voor afschuiving bij balken
- Wringing (torsie)

#### Diepergaande uitleg

#### Zie ook

#### Publicaties

## Basisbegrippen

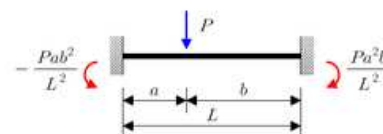
### Belastingen

Een belasting is het geheel van krachten en momenten dat inwerkt op een voorwerp of constructie. De belastingen die door een constructie moeten kunnen worden weerstaan, zijn:

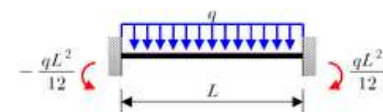
- nuttige belasting, die volgt uit de functie van de constructie;
- eigen gewicht;
- toevallige belastingen, zoals wind of sneeuw;
- steunpuntsreacties.

Dit geheel zijn de uitwendige krachten. Een belasting kan op verschillende manieren op de constructie werken:

- volumebelasting;
- oppervlaktebelasting;
- lijnlast;
- puntlast;

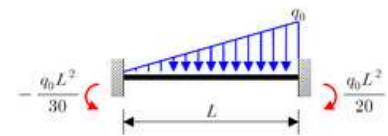


Puntlast



Gelijkmatig verdeelde belasting

- verdeelde belasting:
  - gelijkmatig verdeelde belasting;
  - lineair verlopende belasting;
  - willekeurig verlopende belasting;
- koppel.



Lineair verlopende belasting

## Inwendige krachten en koppels

Een belasting veroorzaakt een vormverandering. Zodra de belasting weggenomen wordt, zal het voorwerp zijn nieuwe vorm behouden of geheel of gedeeltelijk zijn oude vorm hernemen. De mate waarin dit gebeurt, hangt af van de veerkracht of elasticiteit van het materiaal. Deze wordt bepaald door de cohesie van de moleculen, waardoor er inwendige krachten optreden bij vormverandering. Deze inwendige krachten zijn onder te verdelen in:

- een normaalkracht  $F_n$  die loodrecht op de dwarsdoorsnede staat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een trekkracht van de dwarsdoorsnede af en een drukkracht naar de dwarsdoorsnede toe;
- een buigend koppel die loodrecht werkt op de dwarsdoorsnede, waarbij de grootte wordt uitgedrukt als buigend moment  $M_b$ ;
- een dwarskracht  $F_d$ , ook wel schuifkracht genoemd, die zich in het vlak van de dwarsdoorsnede bevindt;
- een wringend koppel dat in het vlak van de dwarsdoorsnede werkt, waarbij de grootte wordt uitgedrukt als wringend moment  $M_w$ .

## Spanningen

Een kracht  $F$  die op een oppervlakte  $A$  werkt, veroorzaakt een spanning  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Net als kracht is spanning een richtingsgrootheid. Een willekeurig gerichte spanning kan onderverdeeld worden in een normaalspanning  $\sigma$  – trek- dan wel drukspanning – en een schuifspanning of wringenspanning  $\tau$ .

## Elasticiteitsmodulus

De optredende vervormingen zullen elastische vervorming veroorzaken tot de vloegrens, waarboven onomkeerbare plastische vervorming optreedt. In het elastisch gebied geldt de wet van Hooke, waarbij de rek  $\epsilon$  die optreedt lineair afhankelijk is van de aangebrachte spanning  $\sigma$ , met als evenredigheidsconstante de elasticiteitsmodulus  $E$ :

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$\epsilon$  wordt bepaald met de trekproef en uitgezet tegenover de spanning in een trekkromme.

## Kwadratisch oppervlaktemoment

De weerstand tegen buiging, wringing en knik wordt bepaald door het kwadratisch oppervlaktemoment of oppervlaktetraagheidsmoment.

## Buiging en afschuiving

## Soorten lastgevallen

Bij stilstaande of statische kracht is er een soort lastgeval: in rust. Bij bewegende of dynamische kracht zijn er twee soorten lastgevallen: de golvende en wisselende.

- in rust: De belasting van het bouwelement verandert niet, bijvoorbeeld draagkabel, pijler
- golvend: Het bouwelement wordt in één richting belast of ontspannen, bijvoorbeeld kabels van hefwerktuigen
- wisselend: De belasting van het bouwelement gebeurt in wisselende richting, bijvoorbeeld as op wisselende buiging

## De verschillende soorten belastingen

De aard en hun formules.

### Trek en druk

Formules voor enkelvoudige trek en/of druk

#### Normaalspanning

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

#### Rek (verlenging per lengteëenheid)

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{EA}$$

De factor  $EA$  is de rekstijfheid.

#### Verlenging voor homogene doorsneden

$$\delta = \int_0^L \epsilon dx = \int_0^L \frac{\sigma}{E} dx = \int_0^L \frac{F}{E \cdot A} dx$$

Wanneer  $E$  en  $A$  constant zijn:

$$\delta = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

waarbij:

- $\sigma$ : normaalspanning (trek of druk) in N/mm<sup>2</sup>,
- $F$ : trek- of drukkracht in N,
- $E$ : elasticiteitsmodulus in N/mm<sup>2</sup>,
- $\delta$ : Verlenging in mm,
- $\epsilon$ : Langsrek (verlenging per lengteëenheid),
- $A$ : oppervlakte van de dwarsdoorsnede in mm<sup>2</sup>;
- $L$ : lengte in mm;

### Buiging

#### formules

#### Normaalspanning

$$\sigma = \frac{M_b \cdot y}{I}$$

met

$$I = \int_A y^2 dA$$

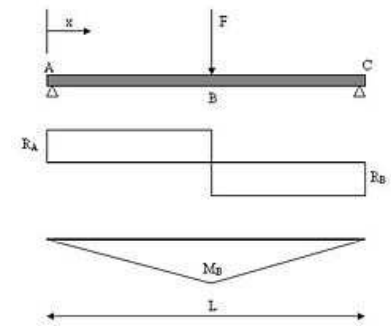
#### Rek (verlenging per lengteëenheid)

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{y}{\rho}$$

#### Kromming van de neutrale vezel

$$\rho^{-1} = \frac{M_b}{EI}$$

De factor  $EI$  is de buigstijfheid.



Aan beide zijden ondersteunde balk met in het midden een puntbelasting. Daaronder de dwarskrachtenlijn en daaronder de buigende-momentenlijn

waarbij:

- $\sigma$ : normaalspanning in een punt in N/mm<sup>2</sup>,
- $M_b$ : buigmoment op de dwarsdoorsnede in Nmm,
- $y$ : de afstand tot de neutrale vezel in mm,
- $I$ : oppervlaktetraagheidsmoment in mm<sup>4</sup>,
- $\varepsilon$ : rek (verlenging per lengteëenheid) in mm/mm,
- $\rho$ : kromtestraal van de neutrale vezel in mm,
- $A$ : Oppervlakte van de dwarsdoorsnede in mm<sup>2</sup>,
- $E$ : elasticiteitsmodulus in N/mm<sup>2</sup>,

## Afschuiving

### Vereenvoudigde formules

Onderstaande vereenvoudigde formules zijn alleen toepasbaar op klinknagels, bout- en lasverbindingen en andere situaties waar de dwarskracht rechtstreeks aangrijpen in het vlak van de afschuiving.

### Schuifspanning

$$\tau = \frac{T}{A}$$

### Glijdingshoek

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{T}{GA}$$

waarbij

- $\tau$ : schuifspanning in een punt in N/mm<sup>2</sup>,
- $T$ : dwarskracht op de dwarsdoorsnede in N,
- $A$ : Oppervlakte van de dwarsdoorsnede in mm<sup>2</sup>,
- $G$ : glijdingsmodulus in N/mm<sup>2</sup>,
- $\gamma$ : glijdingshoek in radialen.

### Formule voor afschuiving bij balken

De vereenvoudigde aannames zoals hierboven zijn niet toepasbaar op balken. Hiervoor werd een verbeterde theorie opgesteld, de Jourawski-formule.

### Schuifspanning in een punt

$$\tau = \frac{T \cdot S}{b \cdot I}$$

waarbij

- $\tau$ : schuifspanning in een punt in N/mm<sup>2</sup>,
- $T$ : dwarskracht op de dwarsdoorsnede in N,
- $S$ : statisch moment ten opzichte van het beschouwde punt in mm<sup>3</sup>,
- $I$ : oppervlaktetraagheidsmoment in mm<sup>4</sup>,
- $b$ : breedte van de dwarsdoorsnede ter hoogte van het beschouwde punt in mm,

## Wringing (torsie)

### formules

Voor cirkelvormige dwarsdoorsnedes gelden volgende formules:

**schuifspanning**

$$\tau = \frac{M_w \cdot \rho}{I_p}$$

met

$$I_p = \int_A \rho^2 dA$$

**wringingshoek per lengteëenheid**

$$\theta = \frac{M_w}{G I_p}$$

De factor  $G I_p$  heet de wringstijfheid.

**rotatiehoek van verschillende dwarsdoorsnedes A en B ten opzichte van elkaar**

$$\psi_{A-B} = \int_A^B \theta dx = \int_A^B \frac{M_w}{G I_p} dx$$

Voor constante doorsnedes en wringmoment wordt dit

$$\psi_{A-B} = \frac{M_w L}{G I_p}$$

waarbij:

- $\tau$ : schuifspanning in een punt in N/mm<sup>2</sup>,
- $M_w$ : wringmoment op de dwarsdoorsnede in Nmm,
- $\rho$ : afstand tot het middelpunt van de dwarsdoorsnede in mm,
- $I_p$ : polair traagheidsmoment in mm<sup>4</sup>,
- $A$ : Oppervlakte van de dwarsdoorsnede in mm<sup>2</sup>,
- $\theta$ : wringingshoek per lengteëenheid in radiaal/mm,
- $G$ : glijdingsmodulus in N/mm<sup>2</sup>,
- $L$ : de afstand tussen dwarsdoorsnedes A en B in mm,
- $\psi$ : rotatiehoek in radialen.

## Diepergaande uitleg

---

Een diepergaande behandeling van de sterkteleer is te vinden in het Wikibook [Sterkteleer](#).

## Zie ook

---

- |                                       |                                       |                                       |  |                                   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| ▪ <a href="#">Deflectie</a>           | ▪ <a href="#">Mechanica</a>           | ▪ <a href="#">Wringspanning</a>       | ▪ <a href="#">Lijst van materiaaleigenschappen</a>   | ▪ <a href="#">Boogbrug</a>        |
| ▪ <a href="#">Schuifspanning</a>      | ▪ <a href="#">Rek (fysica)</a>        | ▪ <a href="#">Afschuiving</a>         | ▪ <a href="#">Mechanische materiaaleigenschappen</a> | ▪ <a href="#">Dwarscontractie</a> |
| ▪ <a href="#">Eulerknik</a>           | ▪ <a href="#">Spanning-rekdiagram</a> | ▪ <a href="#">Vloeigrens</a>          | ▪ <a href="#">Betondruksterkte</a>                   | ▪ <a href="#">Poisson-factor</a>  |
| ▪ <a href="#">Buiging (mechanica)</a> | ▪ <a href="#">Stijfheid</a>           | ▪ <a href="#">Wet van Hooke</a>       | ▪ <a href="#">Drukkracht</a>                         |                                   |
| ▪ <a href="#">Rekspanning</a>         | ▪ <a href="#">Trekproef</a>           | ▪ <a href="#">Spanning-rekdiagram</a> | ▪ <a href="#">Vermoeiing</a>                         |                                   |
|                                       | ▪ <a href="#">Trekspanning</a>        |                                       |  |                                   |

## Publicaties

---

- [Adolf Lubbertus Bouma, \*Toegepaste mechanica : wetenschap of gereedschap?\* \(<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:beec8a88-e918-4523-a6cc-85c5c4c6f1e0>\), Delftse Universitaire Pers, 1986.](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:beec8a88-e918-4523-a6cc-85c5c4c6f1e0)
- [Jelle Witteveen, \*Lessen uit de geschiedenis van de toegepaste mechanica\* \(<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:024704e4-6ffd-410b-ae98-37b37475fe37?collection=research>\), Intreerede TH Delft, Delftse Universitaire Pers, 1976.](https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:024704e4-6ffd-410b-ae98-37b37475fe37?collection=research)



Wikibooks heeft meer over dit onderwerp: ***Sterkteleer***.

#### Materiaalconstante

**Reactie op aangebrachte spanning:** elasticiteitsmodulus · poissonfactor · schuifmodulus · compressiemodulus · hardheid  
**Tijdens trekproef, aflezen van het spanning-** proportionaliteitsgrens · vloeigrens · treksterkte · breukspanning en -rek · taaiheid en  
**rekdiagram:** brosheid

#### Bibliografische informatie

[weergeven]

Overgenomen van "<https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Sterkteleer&oldid=56021575>"

**Deze pagina is voor het laatst bewerkt op 7 apr 2020 om 15:19.**

De tekst is beschikbaar onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding/Gelijk delen, er kunnen aanvullende voorwaarden van toepassing zijn. Zie de [gebruiksvoorwaarden](#) voor meer informatie.

Wikipedia® is een geregistreerd handelsmerk van de [Wikimedia Foundation, Inc.](#), een organisatie zonder winstoogmerk.