

Brücken und Physik

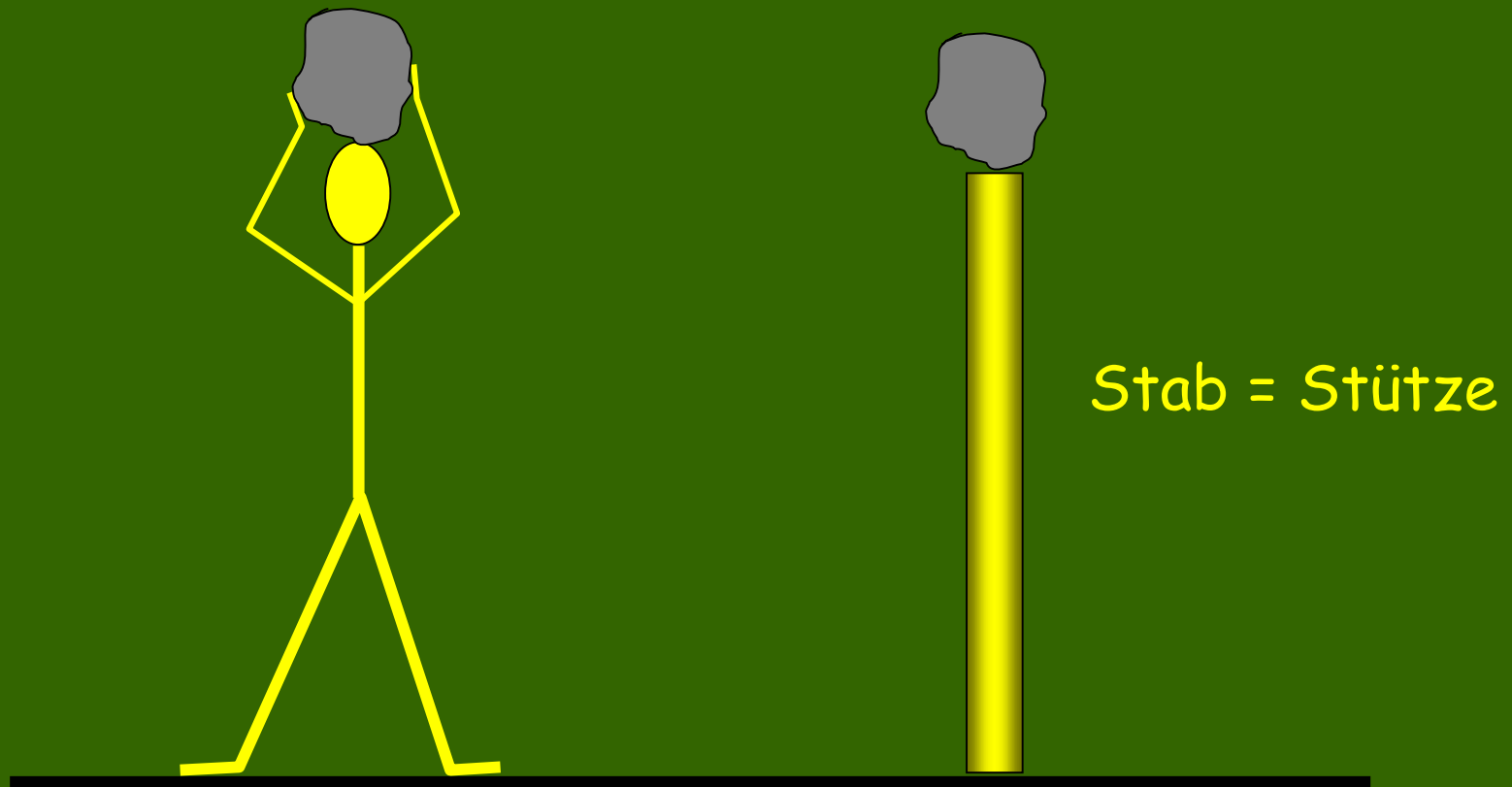
Lutz-Helmut Schön

Didaktik der Physik - Humboldt-Universität zu Berlin

Von der Wahrnehmung zur Statik

- Vom Tragen großer Lasten
- Träger und Stab
- Bögen und Brücken

Tragen einer großen Last

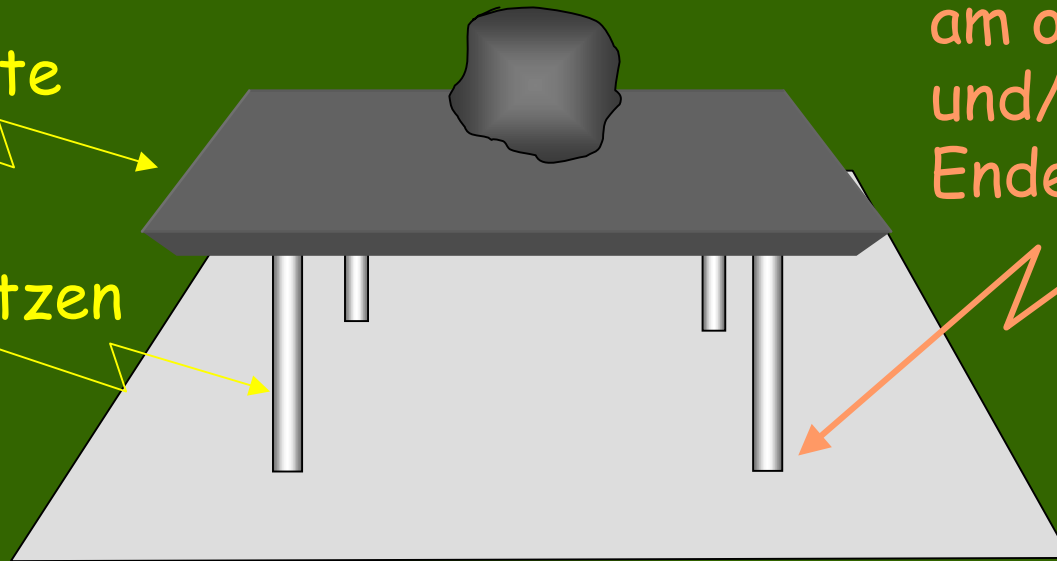


Tragen einer großen Last

Dicke Platte

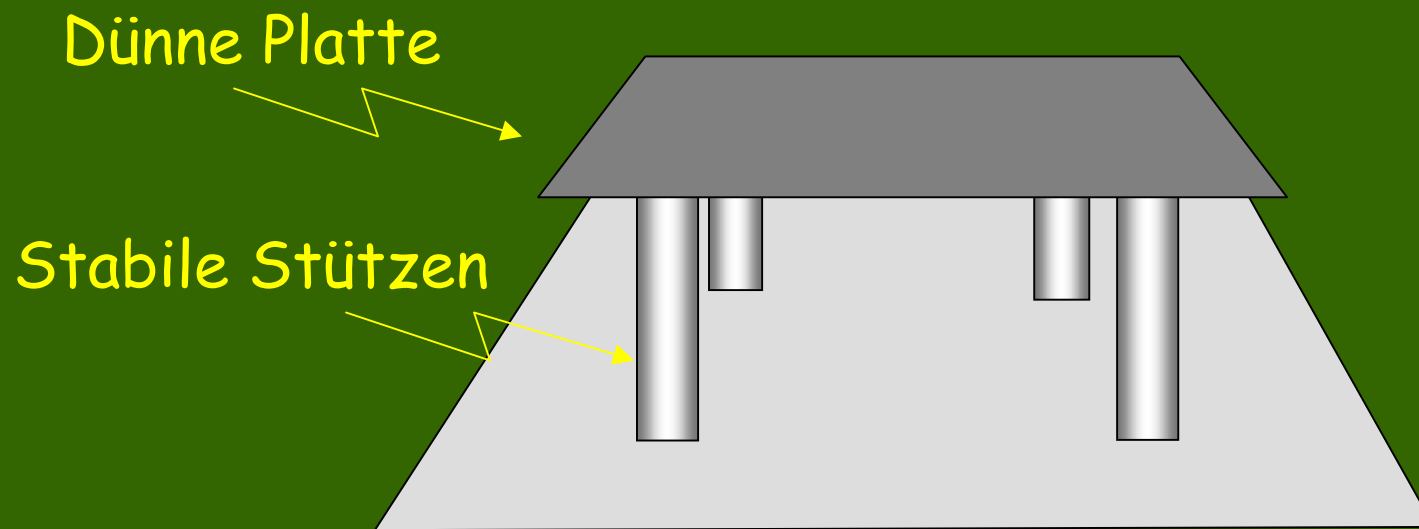
Dünne Stützen

Stützen werden
am oberen
und/oder unteren
Ende gestaucht





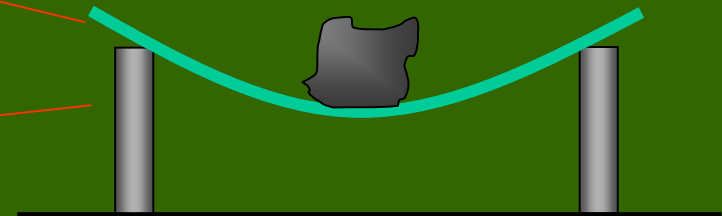
Tragen einer großen Last

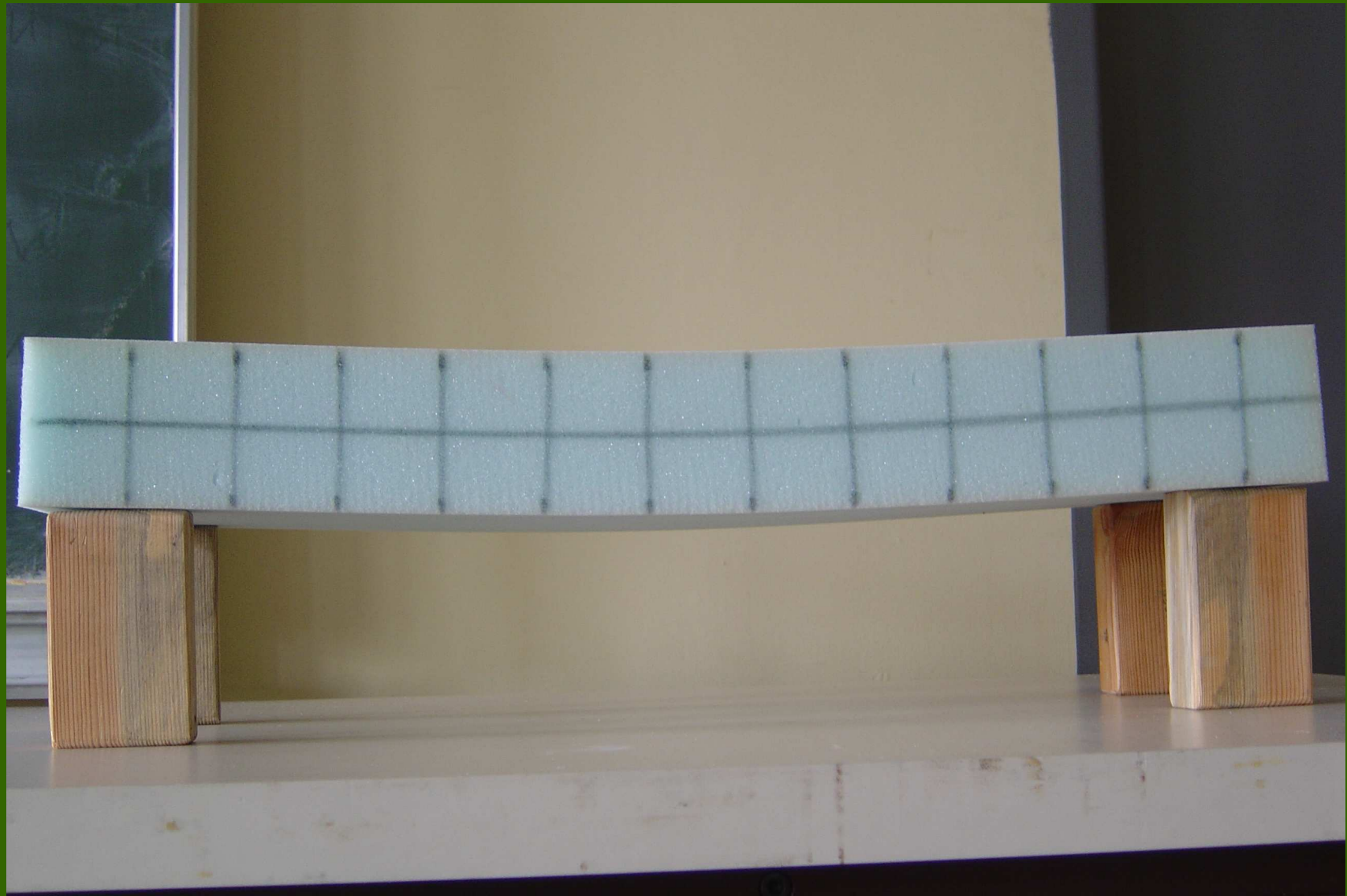


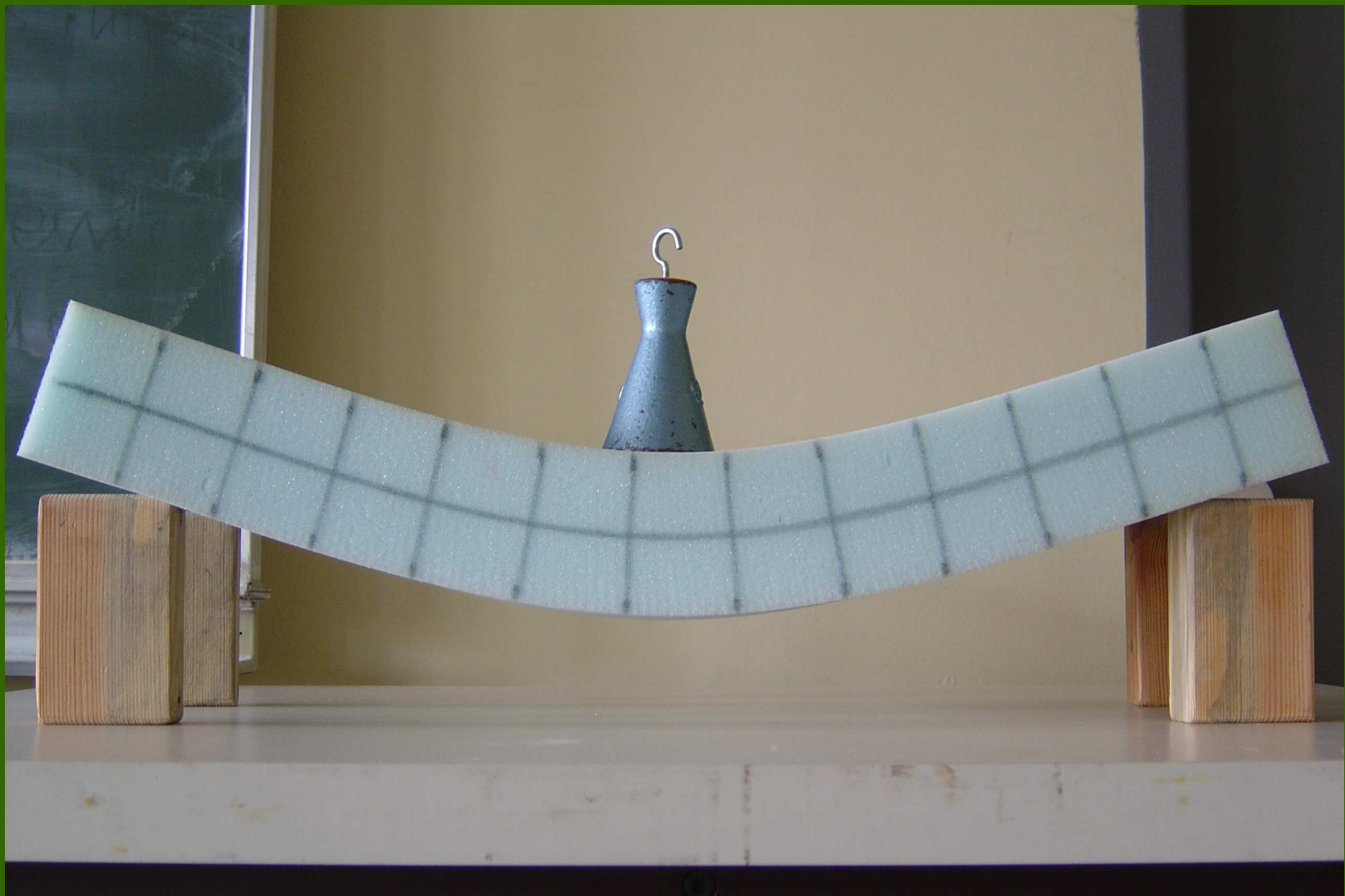


Träger und Stütze

- Träger
 - sichtbare Belastung: zunehmende Verformung
 - bei Überlast: Brechen
- Stab (und Seil)
 - kaum sichtbare Belastung: Stauchung (bzw. Dehnung)
 - bei Überlast: plötzliches Einknicken (bzw. Reißen)

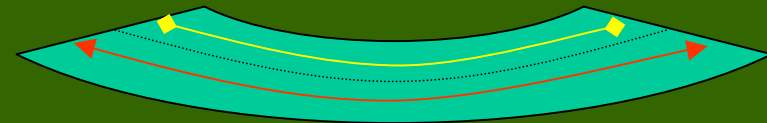






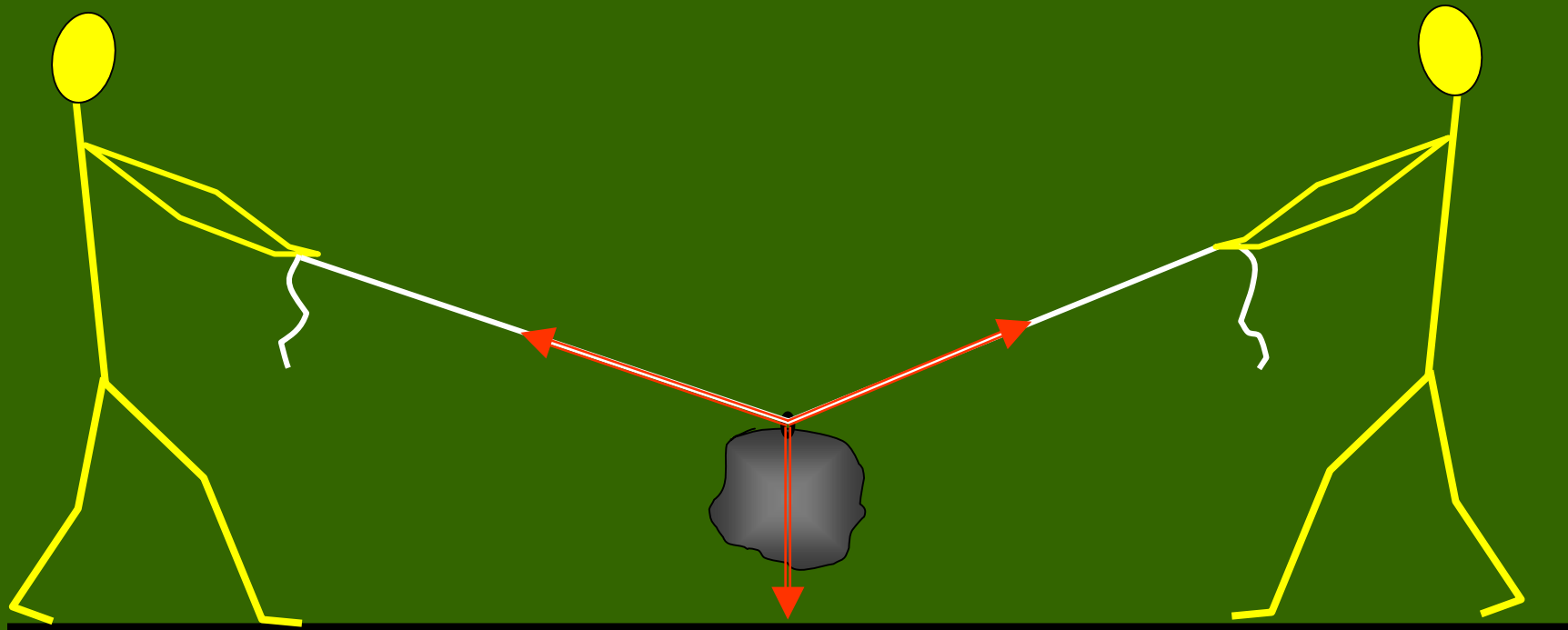
Was spürt der Träger?

- **Druck**
 - Stauchung der oberen Zone
 - Belastung wie Stütze

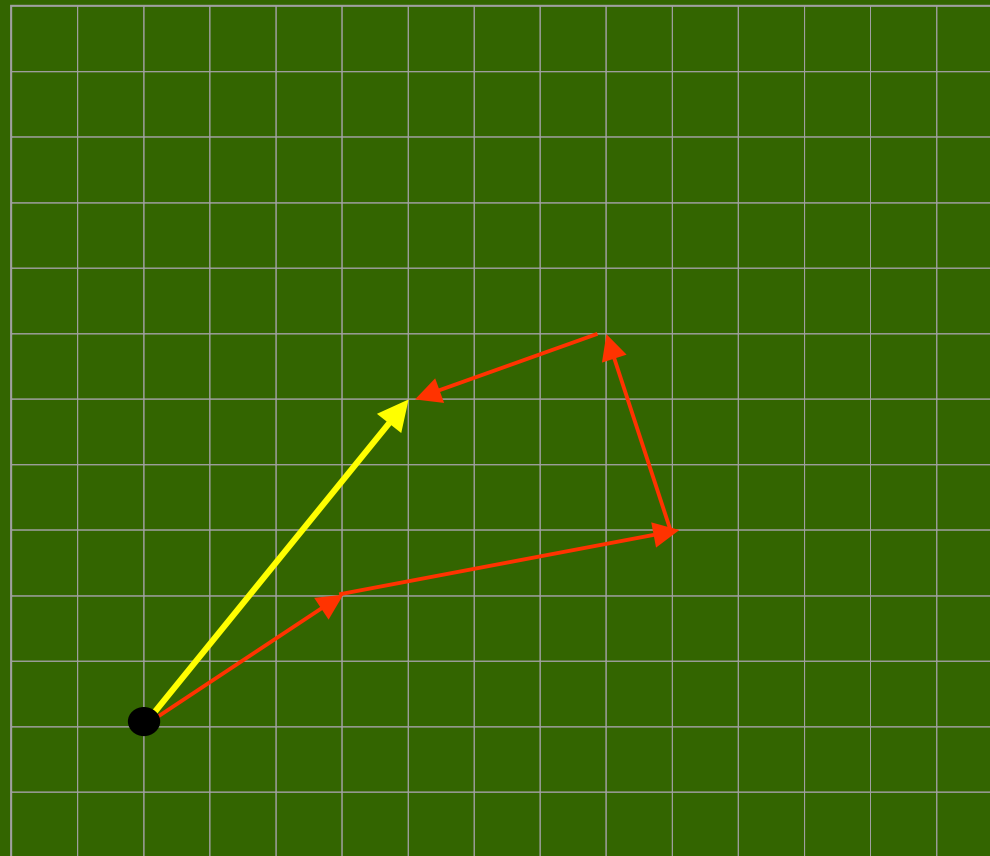


- **Zug**
 - Dehnung im unteren Gebiet
 - Belastung wie Seil

Heben mit dem Seil

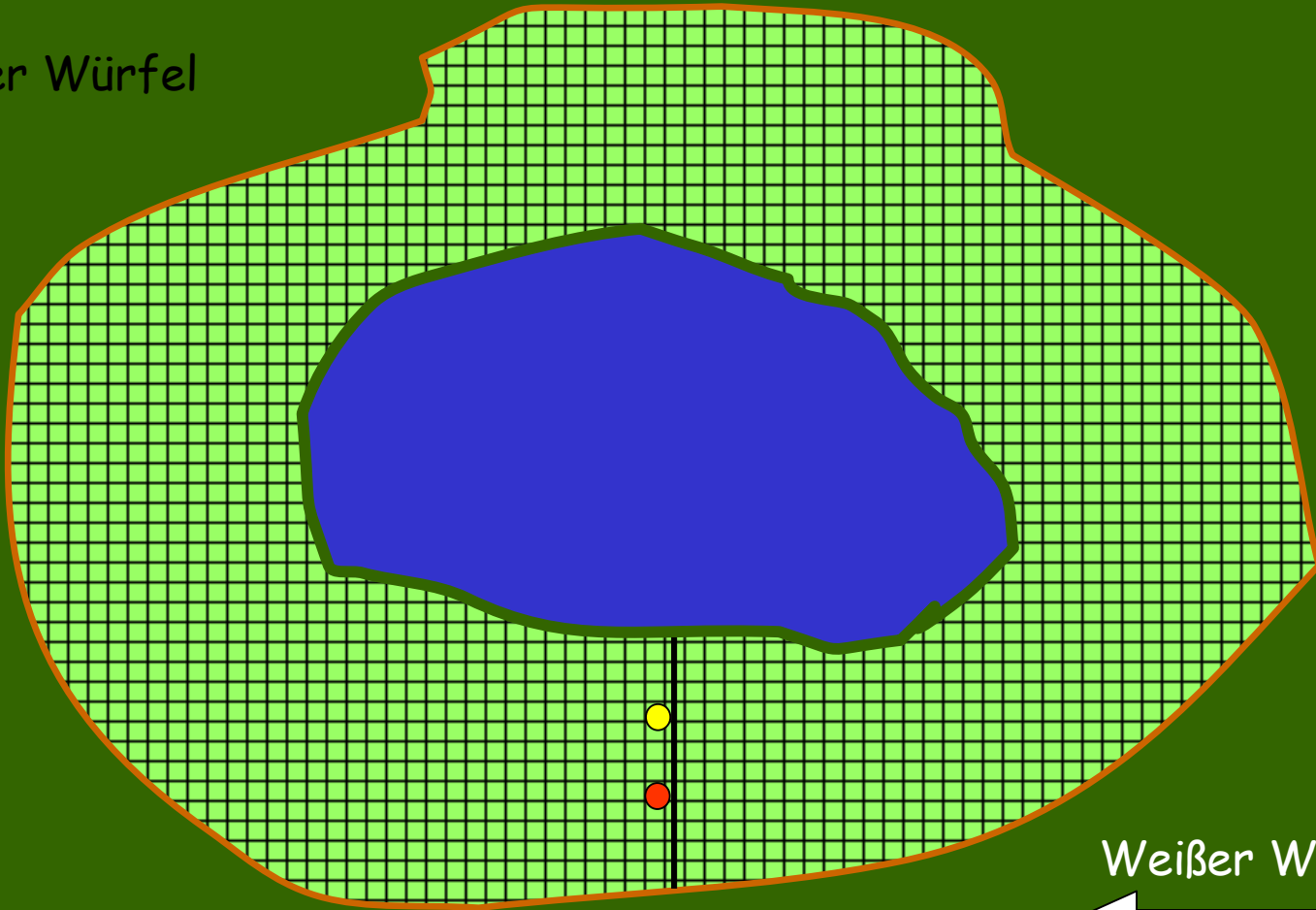


Regeln für Pfeile



Vektoren-Rennen

Schwarzer Würfel



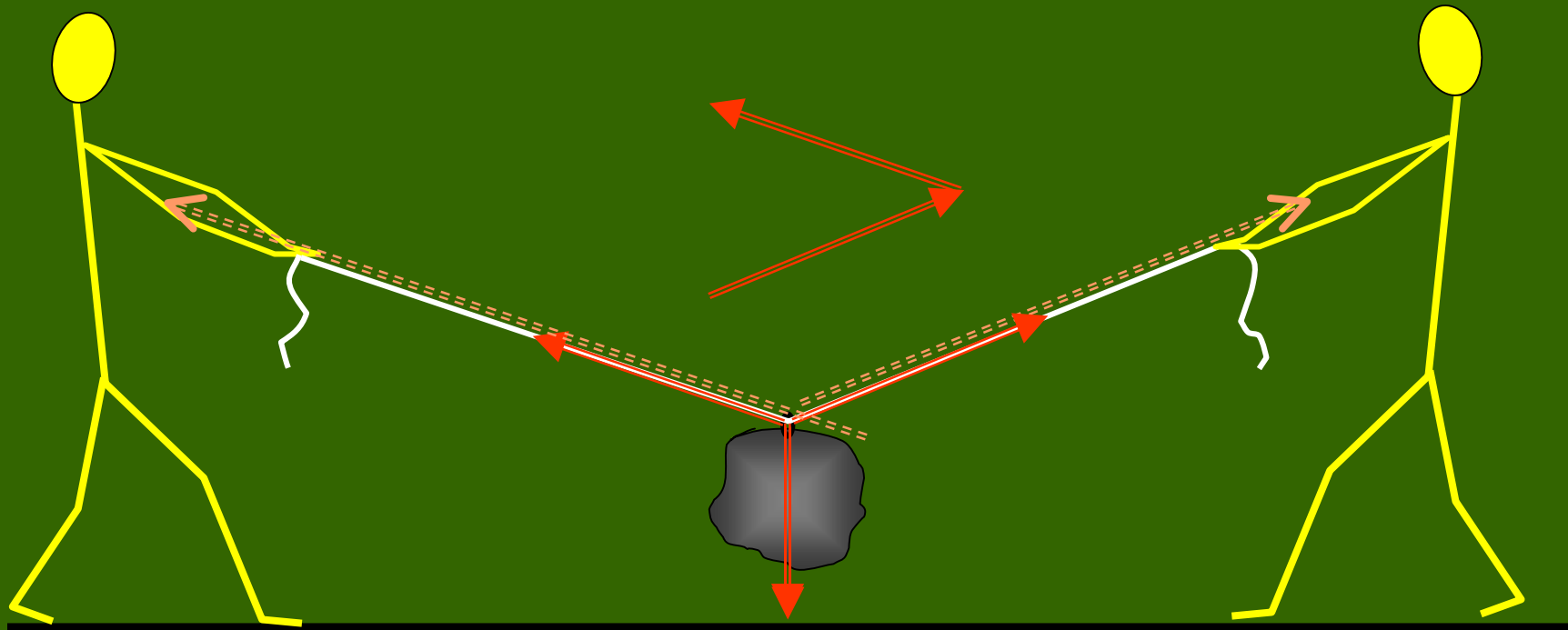
Weißer Würfel



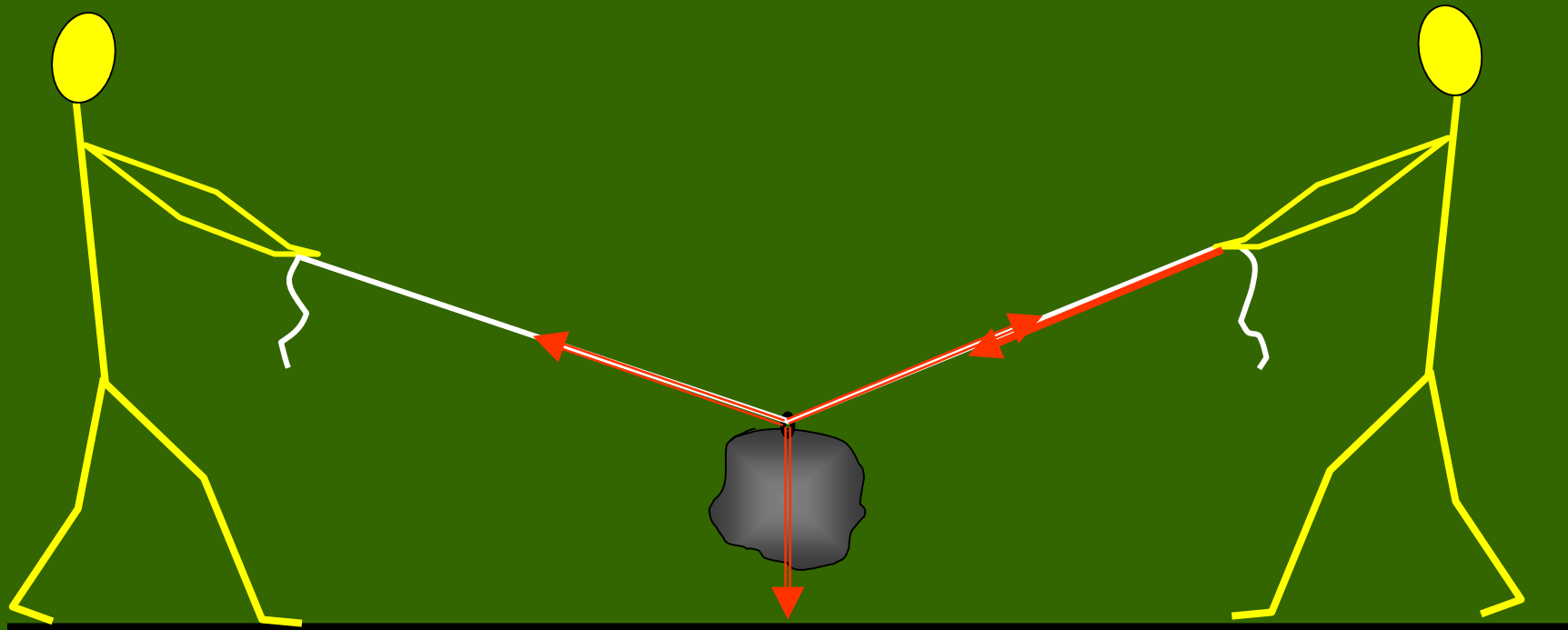
Kräfte mit Pfeilen darstellen

- Wenn ein Körper sich nicht bewegt, dann ist die Summe der Kraftpfeile Null: Die Pfeile bilden einen geschlossenen Streckenzug (Polygon)
- Das gilt für jeden Punkt des Körpers

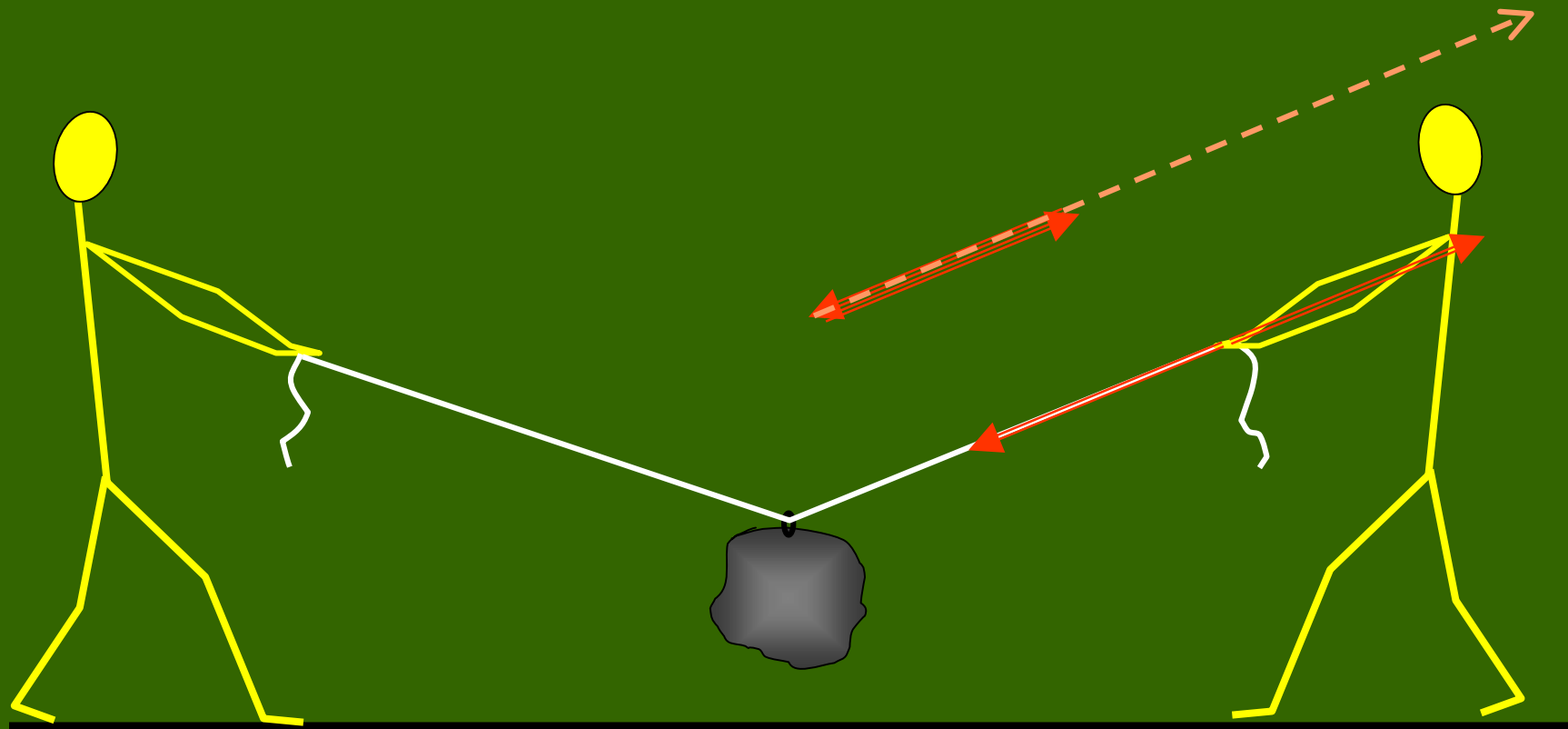
Last halten - Pfeilsumme Null?



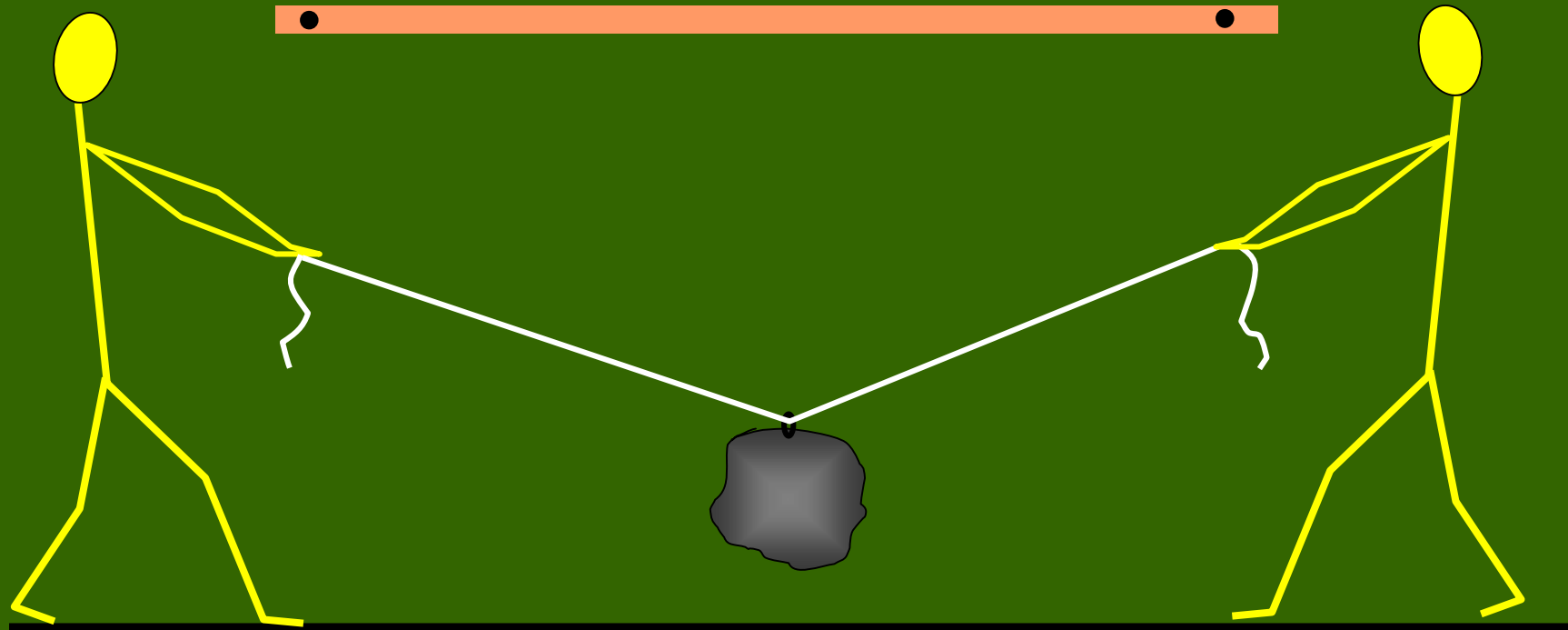
Pfeilsumme Null



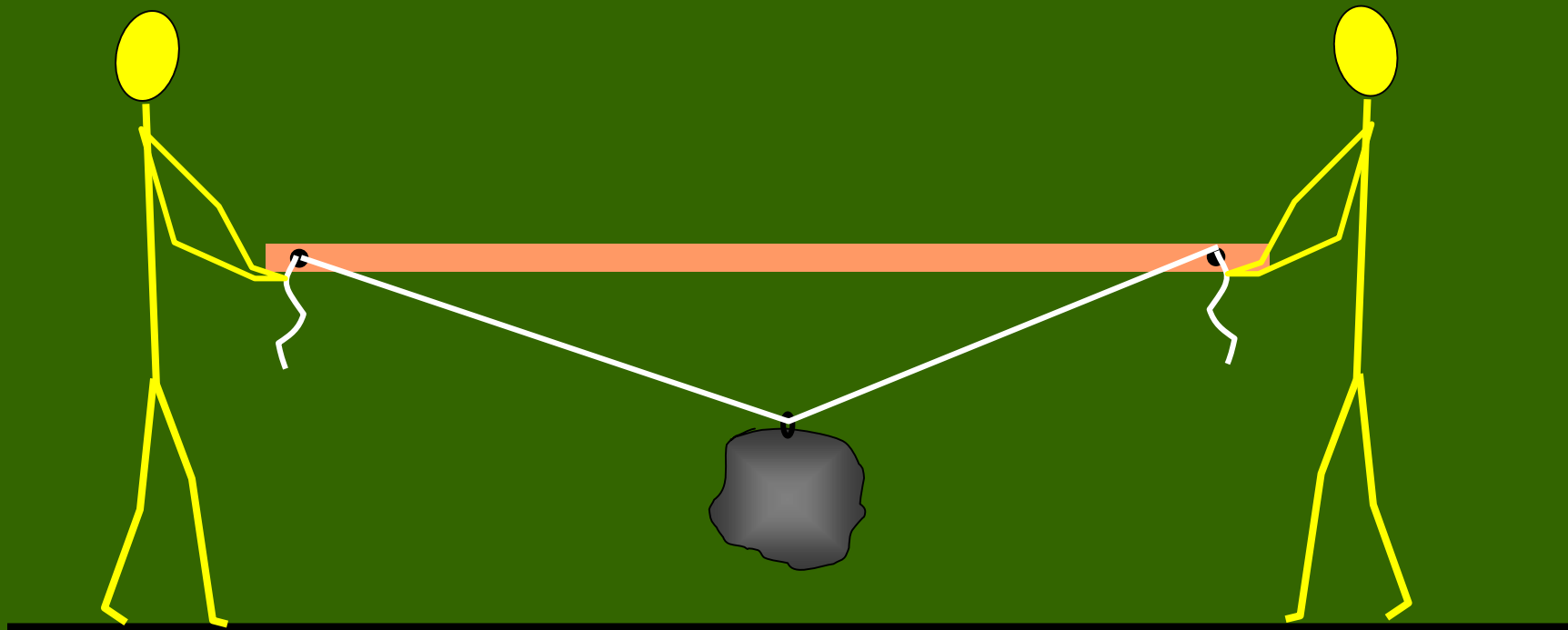
Pfeilsumme Null



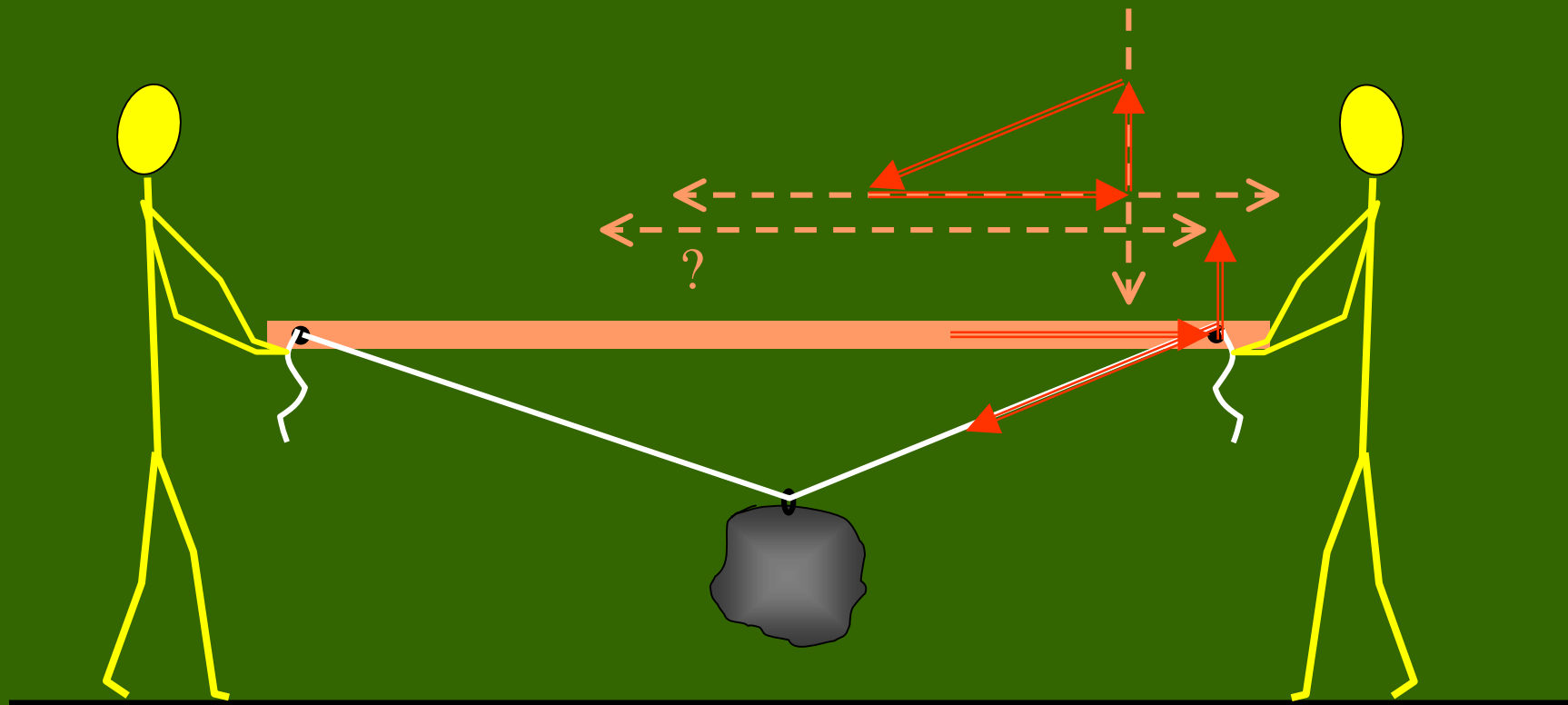
Stab als Hilfe - Pfeilsumme Null?



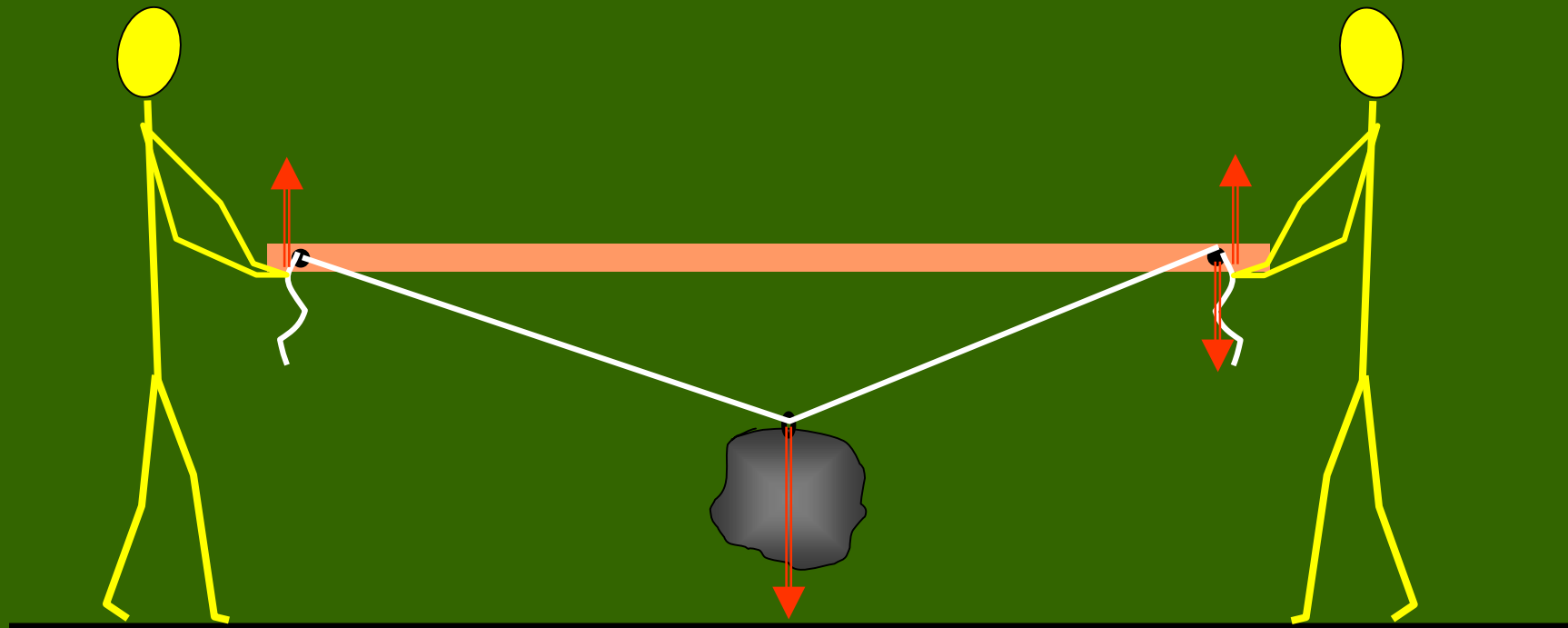
Last verändert - Pfeilsumme Null?



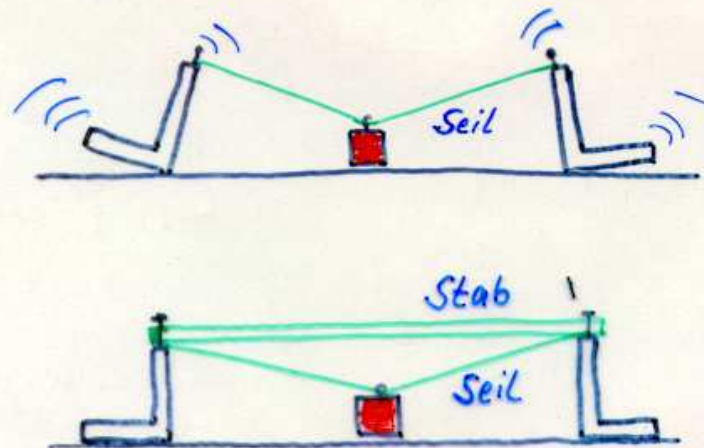
Pfeilsumme Null



Pfeilsumme Null



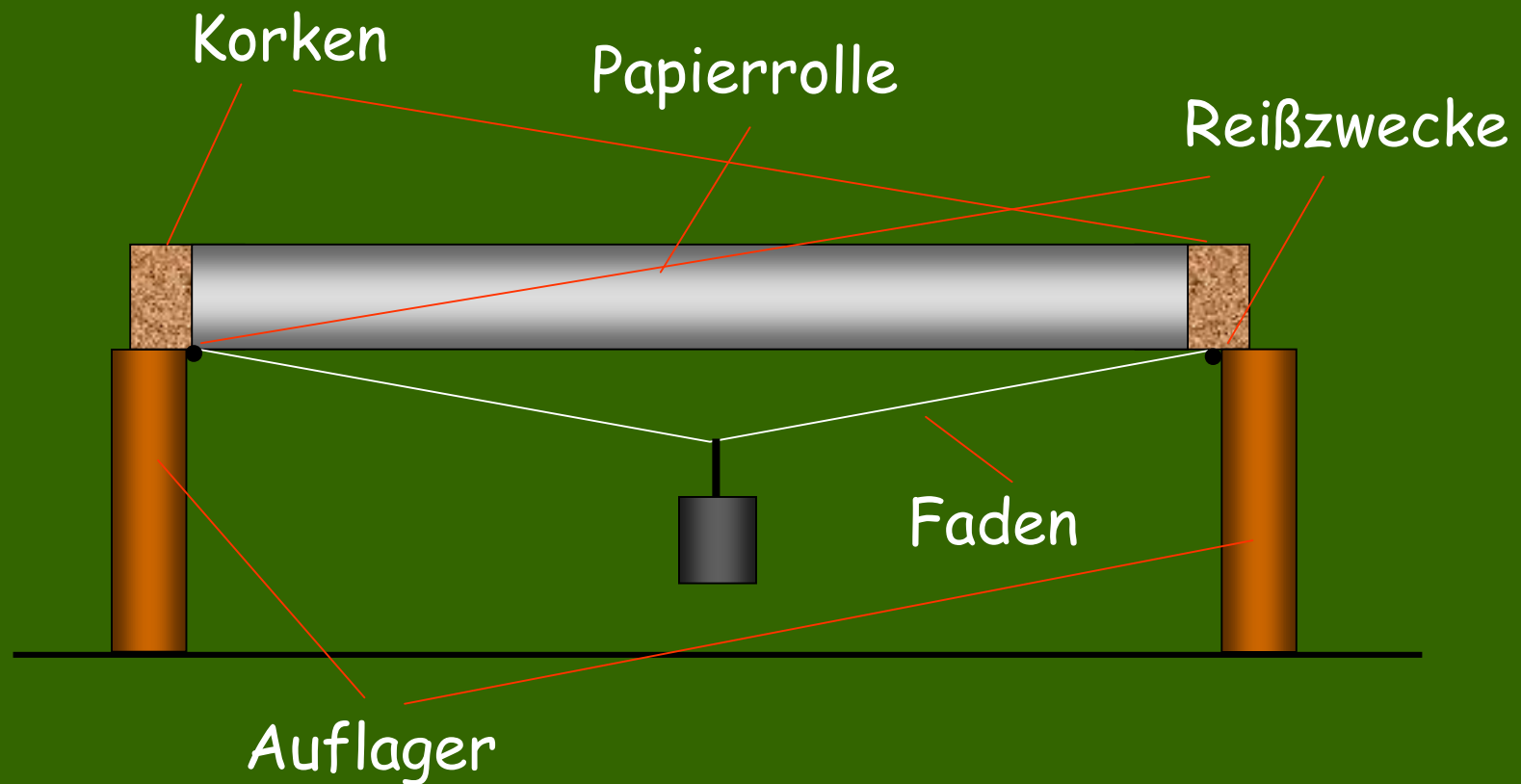
Träger besteht aus Stab und Seil

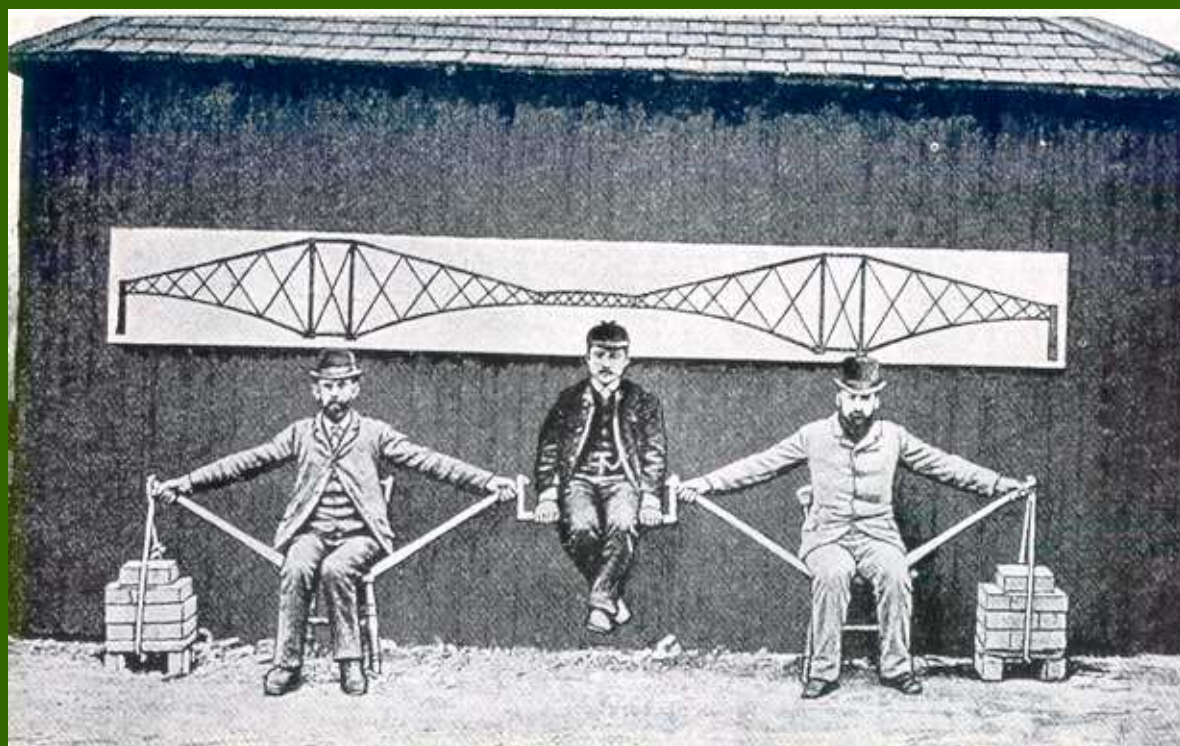


Im Träger "entstehen" Stab und Seil, also Druck und Zug durch die Biegung unter einer Last.

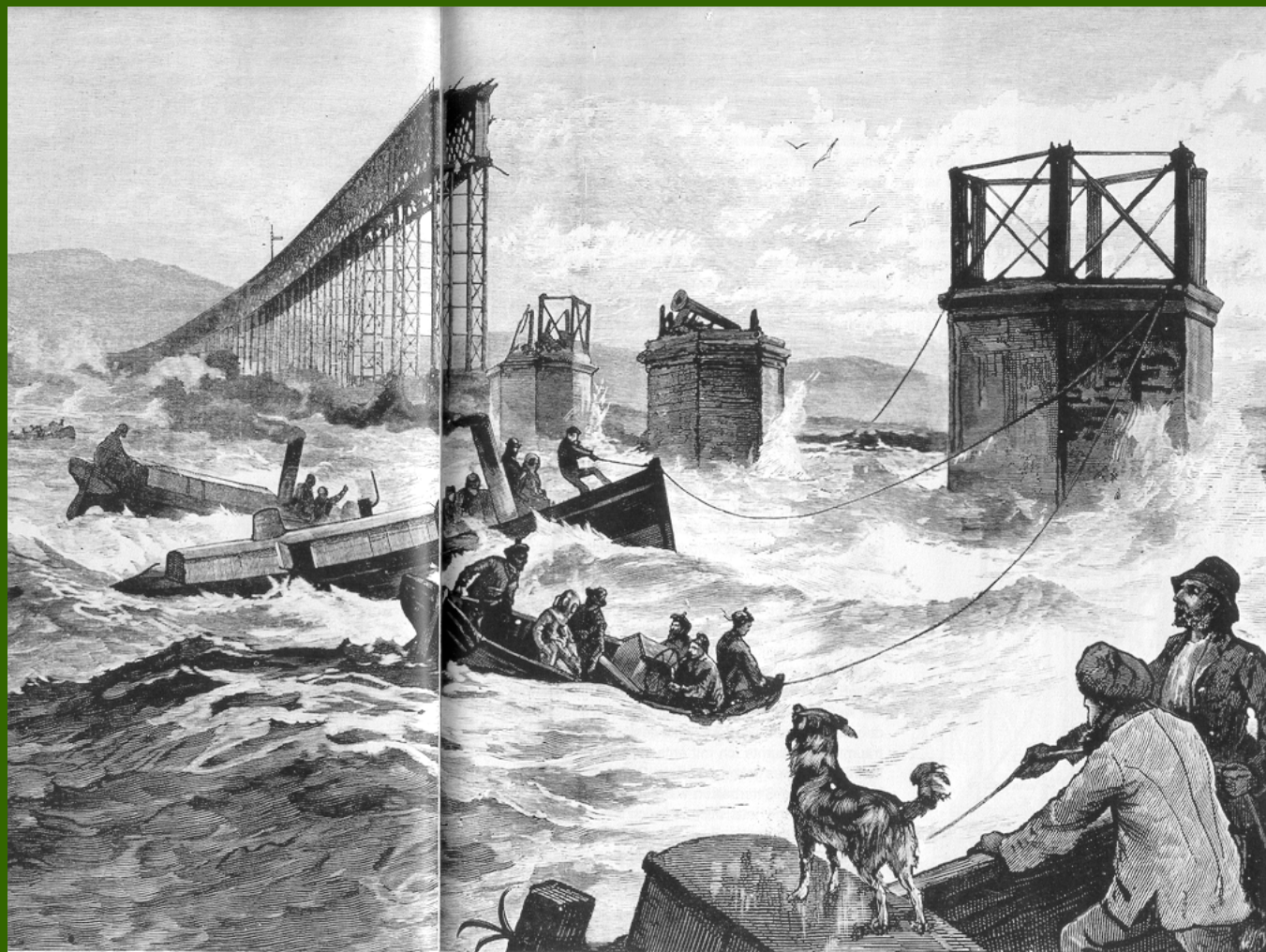
Damit ein Träger tragen kann, muß er sich biegen!

Ein Träger aus Stab und Seil

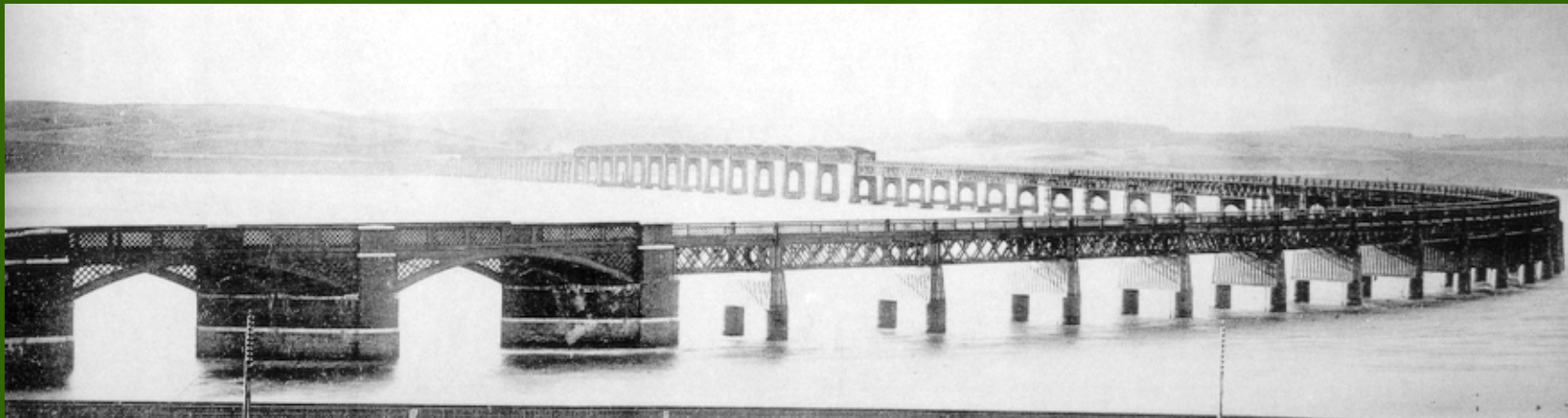
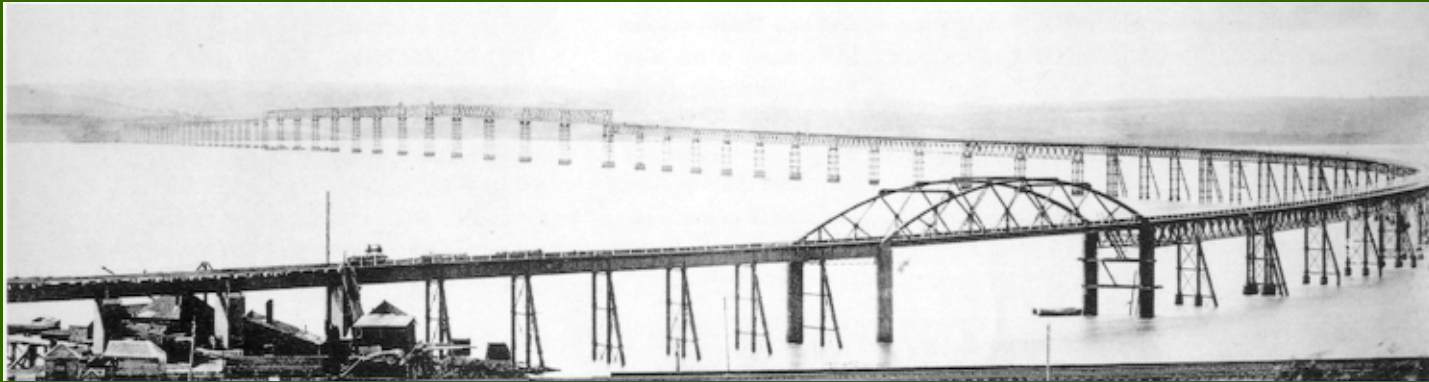




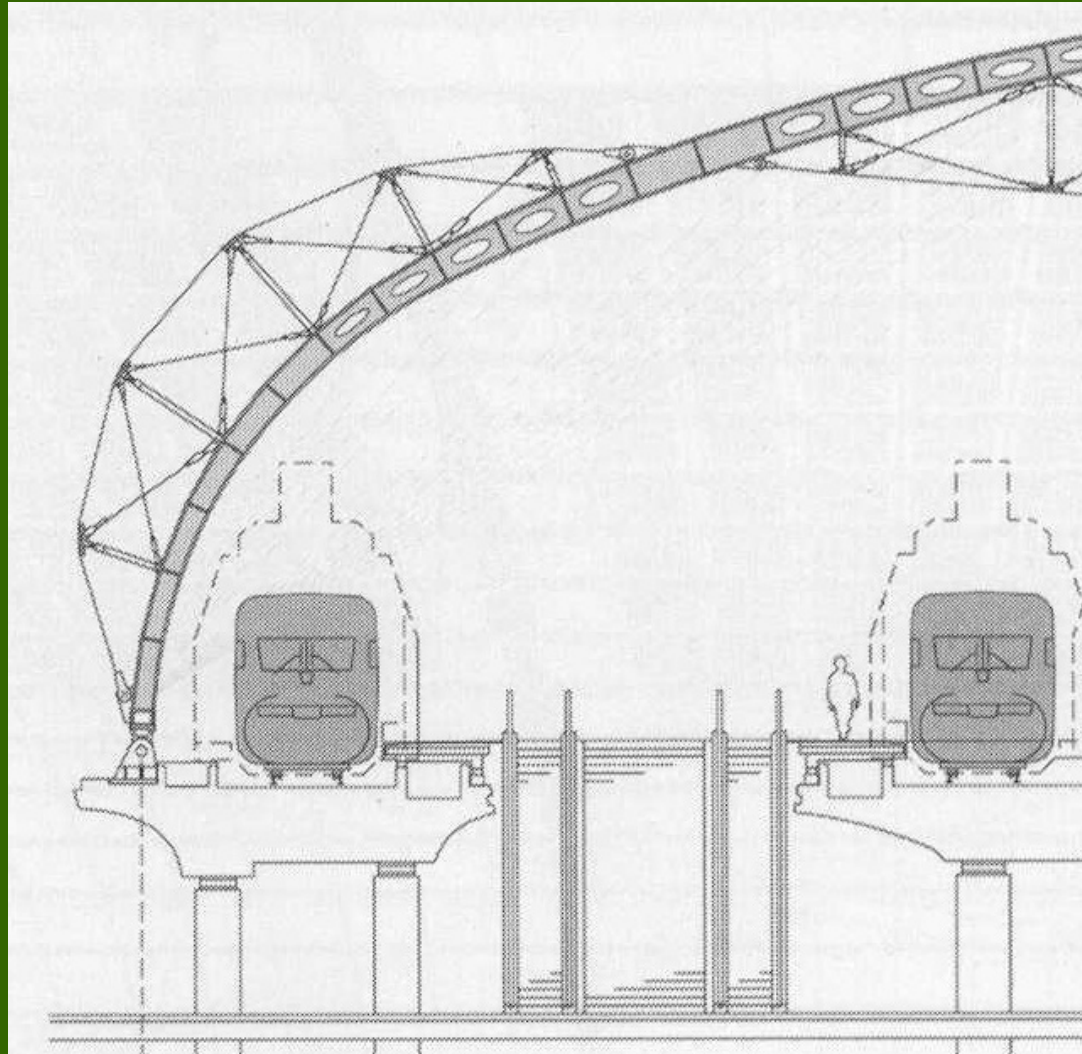




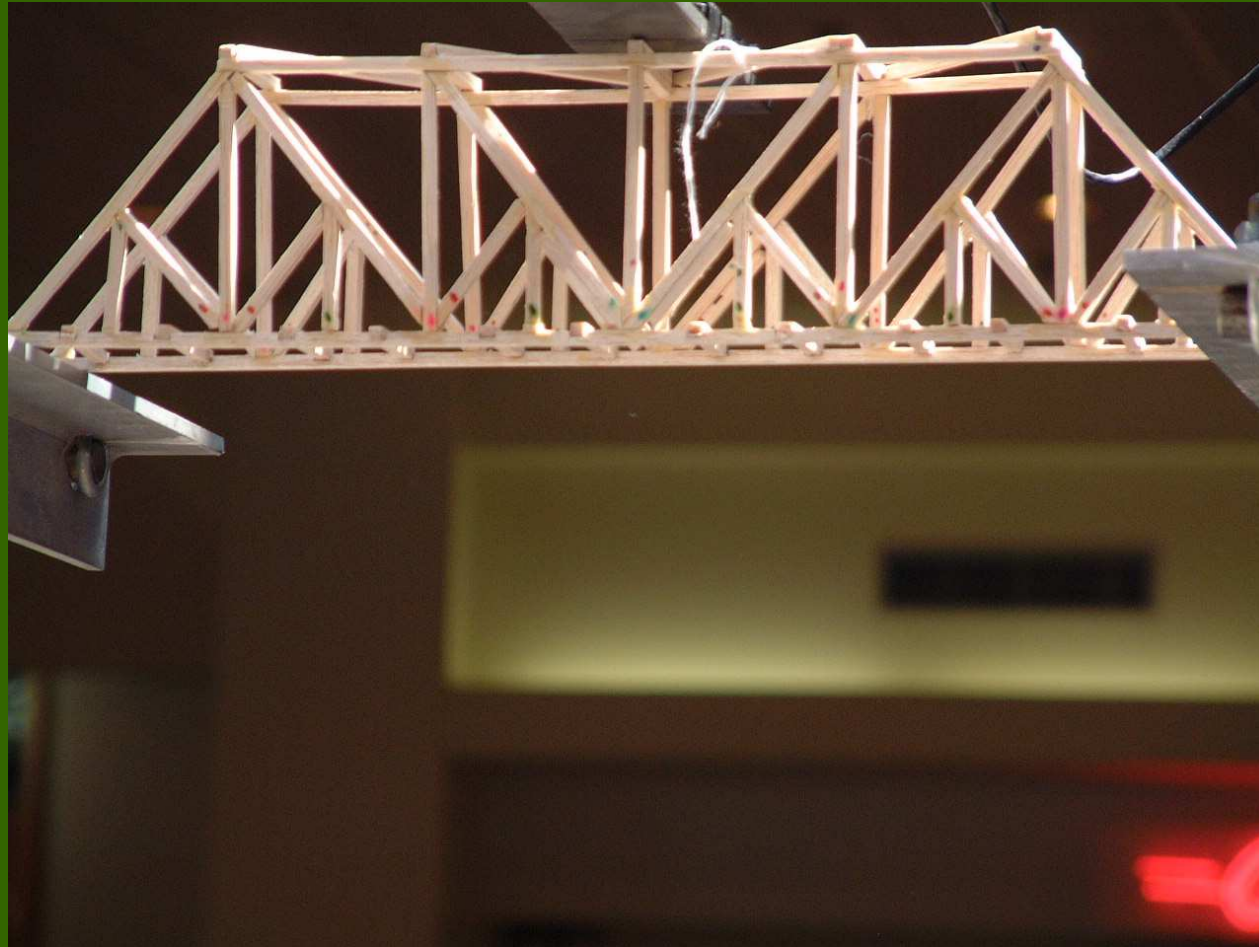
Brücke am Tay, alt und neu



Lehrter Bahnhof, Berlin









BESKRIVELSE

MED TILHØRENDE TEGNING,
REKENDTOJORT DEN 23. JANUAR 1895.

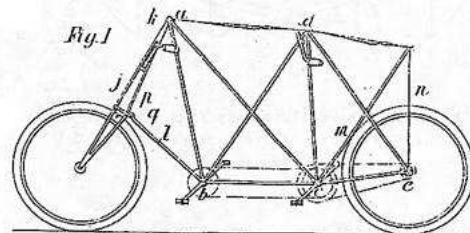
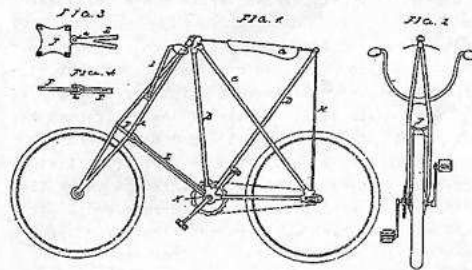
FABRIKANT MIKAEL PEDERSEN,
DURSLEY, ENGLAND.

Fjedrende Ophængning for Cykelsadler.

Patent udstedt den 12. Januar 1899, beskyttet fra den 29. Juni 1897.

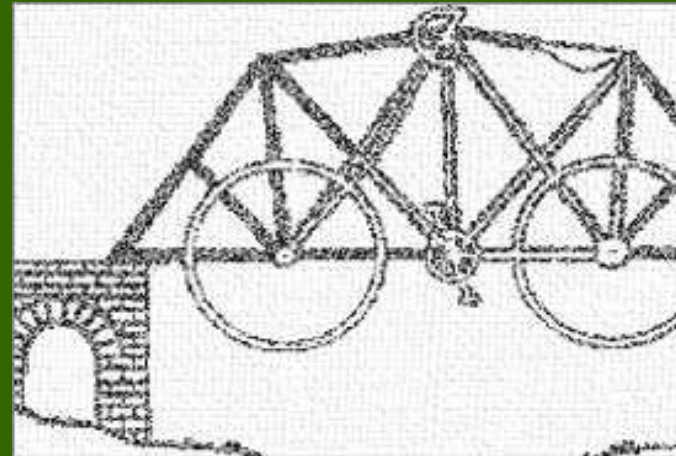
Ombytning af Eneretsbevilling af 12. Juni 1894.

(Klasse 63: Sædel- og Vognbygning, ogsaa Cykler.)

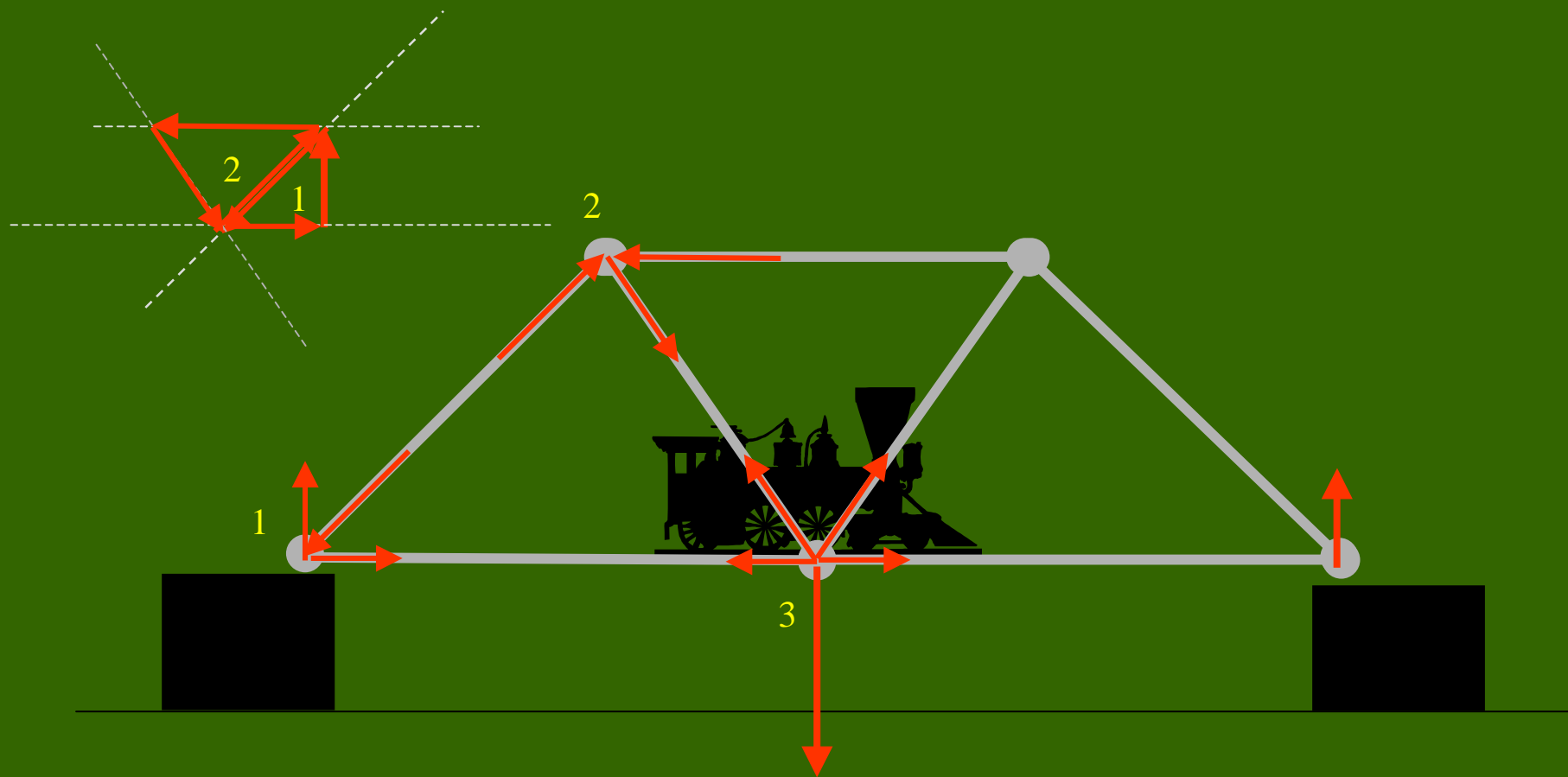


Metaboncorus und *Convolvulus* laevicollis Metabon 1999.

Pedersen-Fahrrad



Cremonaplan



Brückenkonstruktion

Cremonaplan

Bridge builder

Landscape Arch, Utah

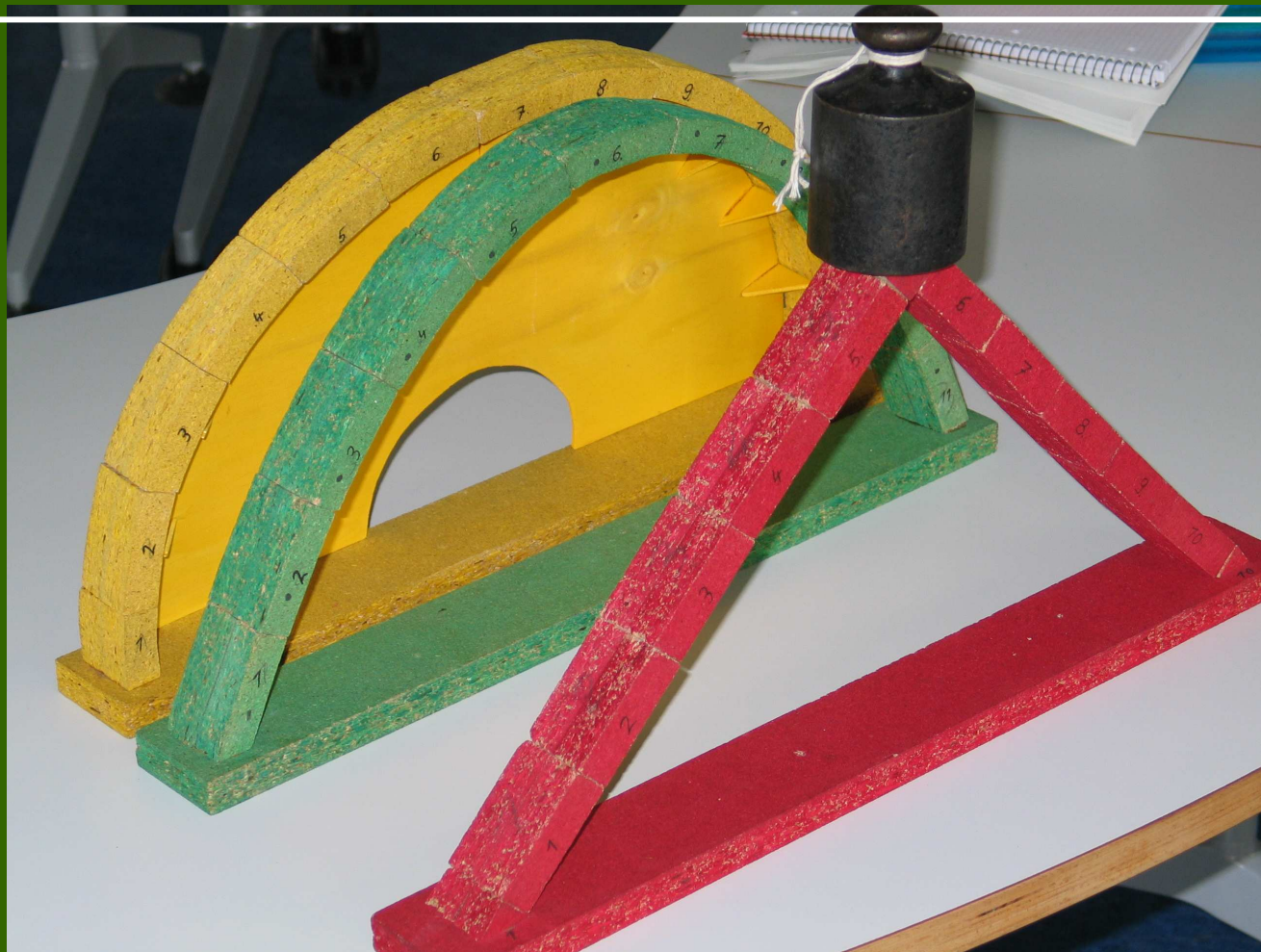


Packhorsebridge, England

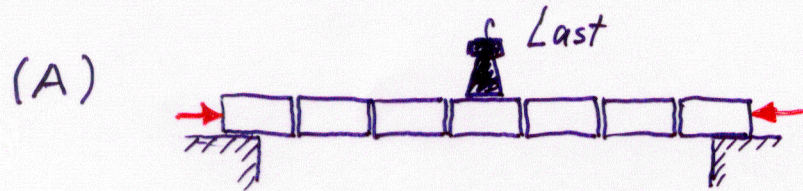


Rialto Brücke, Venedig

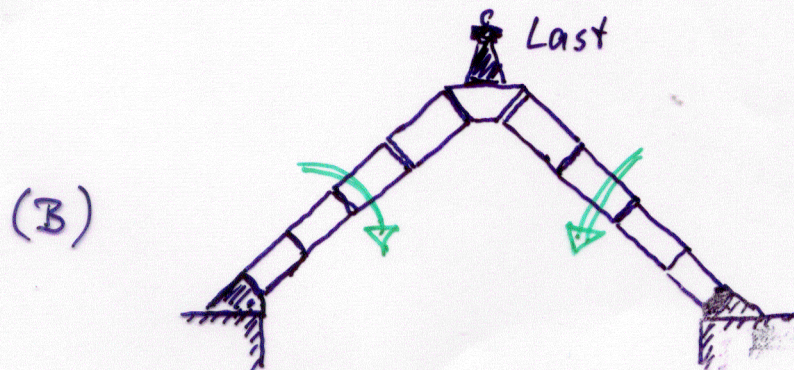




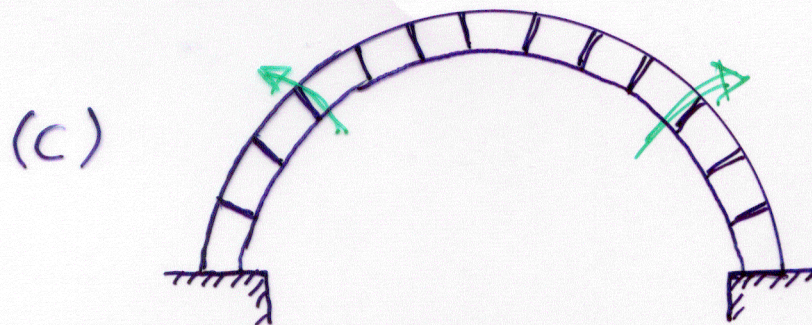
BÖGEN UND BRÜCKEN



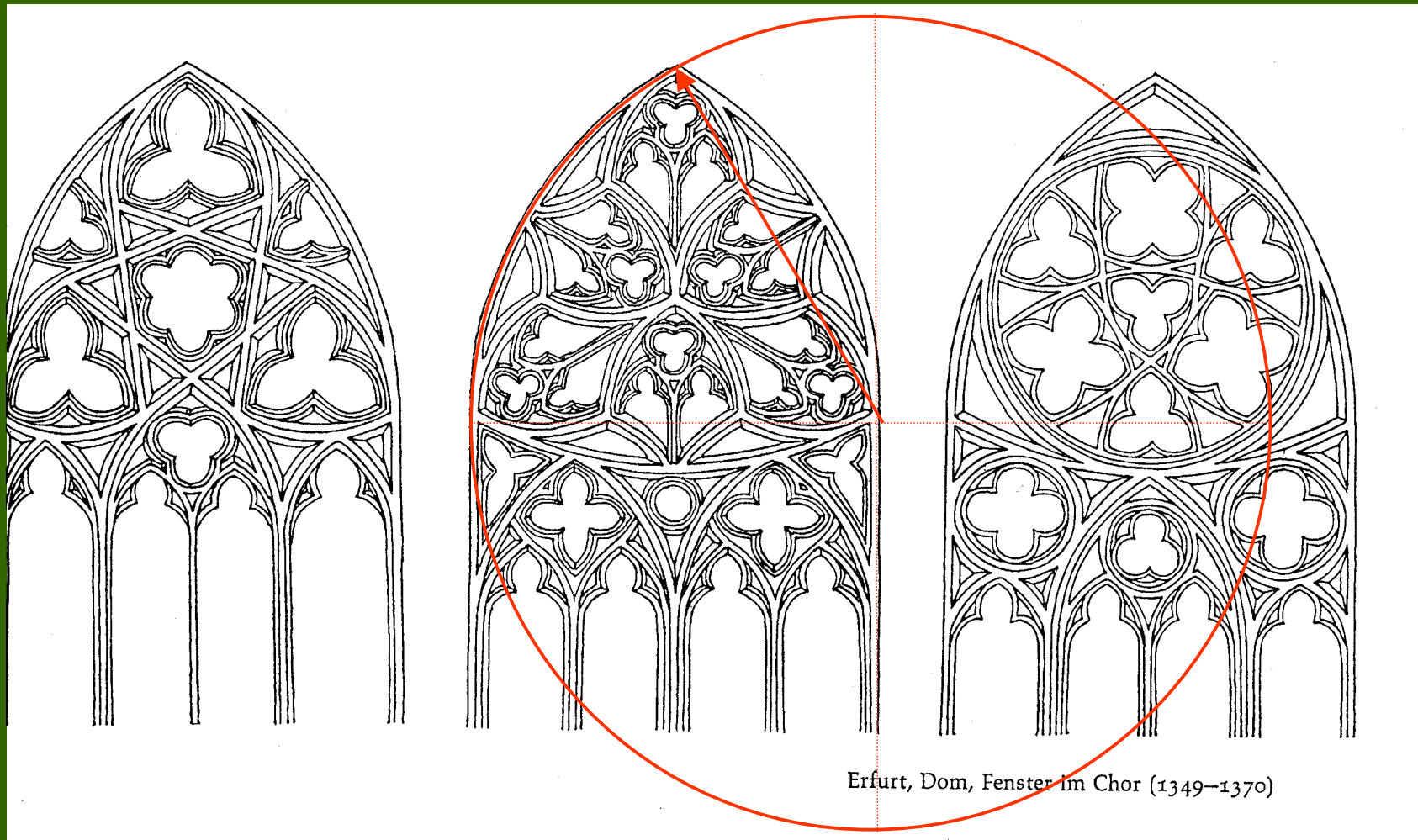
Nur bei hohem
Seitendruck stabil



Nur bei Belastung
stabil.
Sonst: Einsturz
nach innen



Freier Halbkreisbogen:
nicht stabil,
Einsturz nach
außen



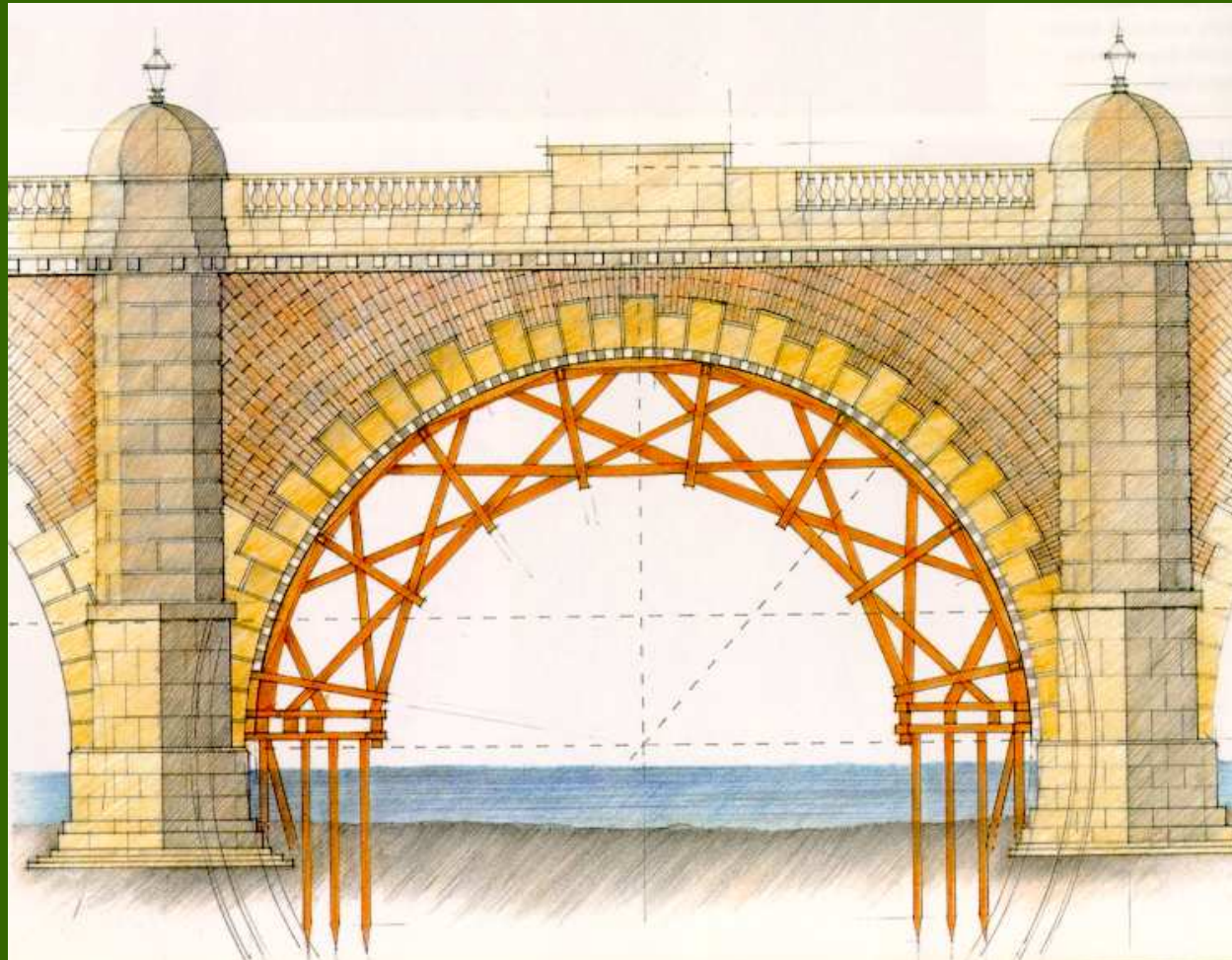
Erfurt, Dom, Fenster im Chor (1349–1370)



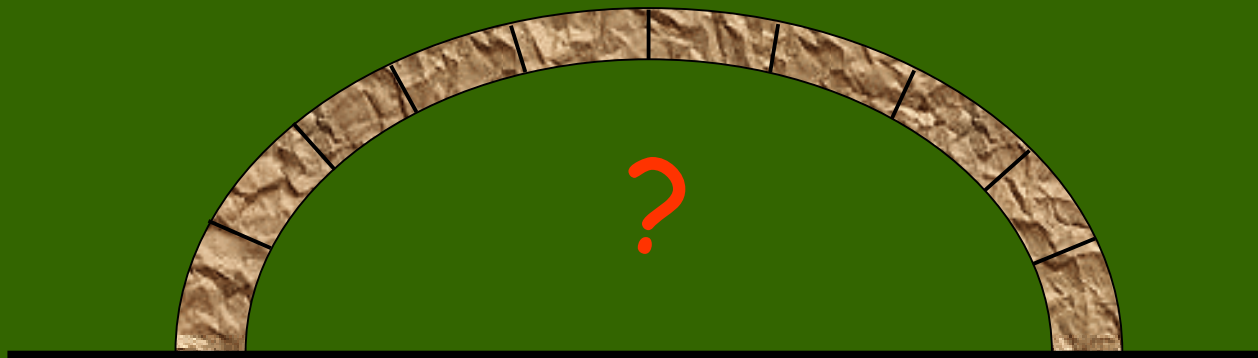
Pont du Gard, Frankreich



Westminster Bridge

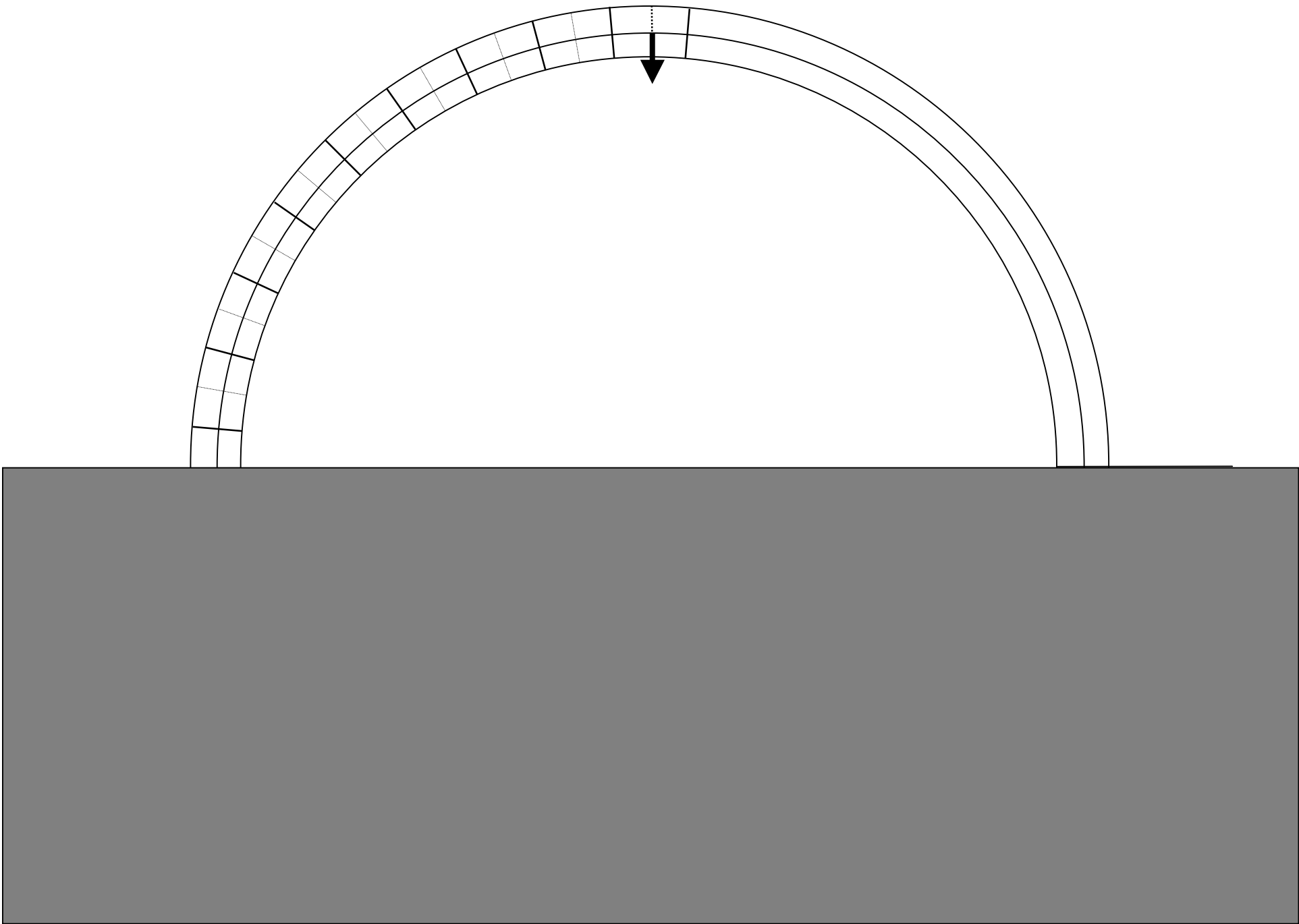


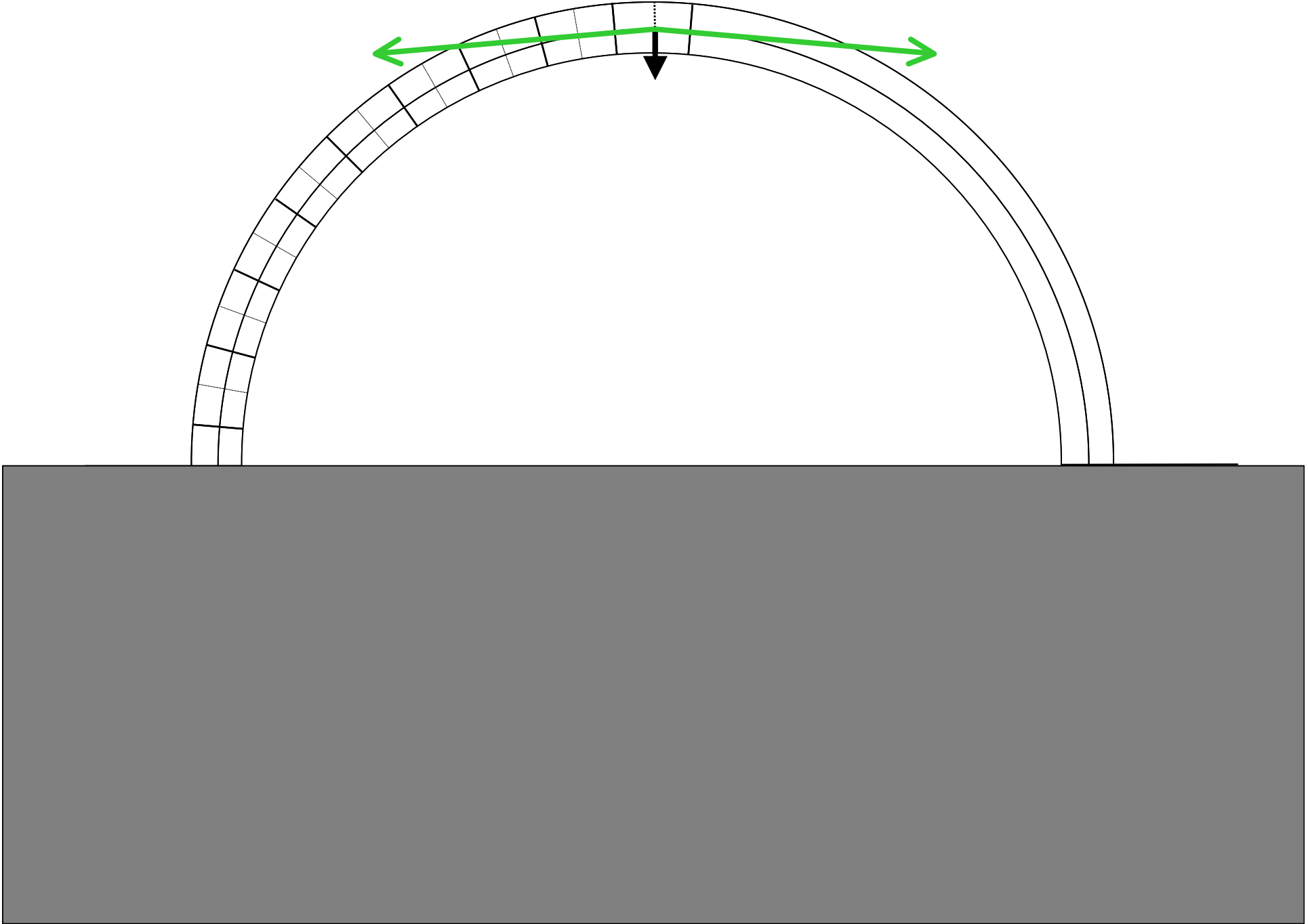
Welche Form hat der stabile Bogen?

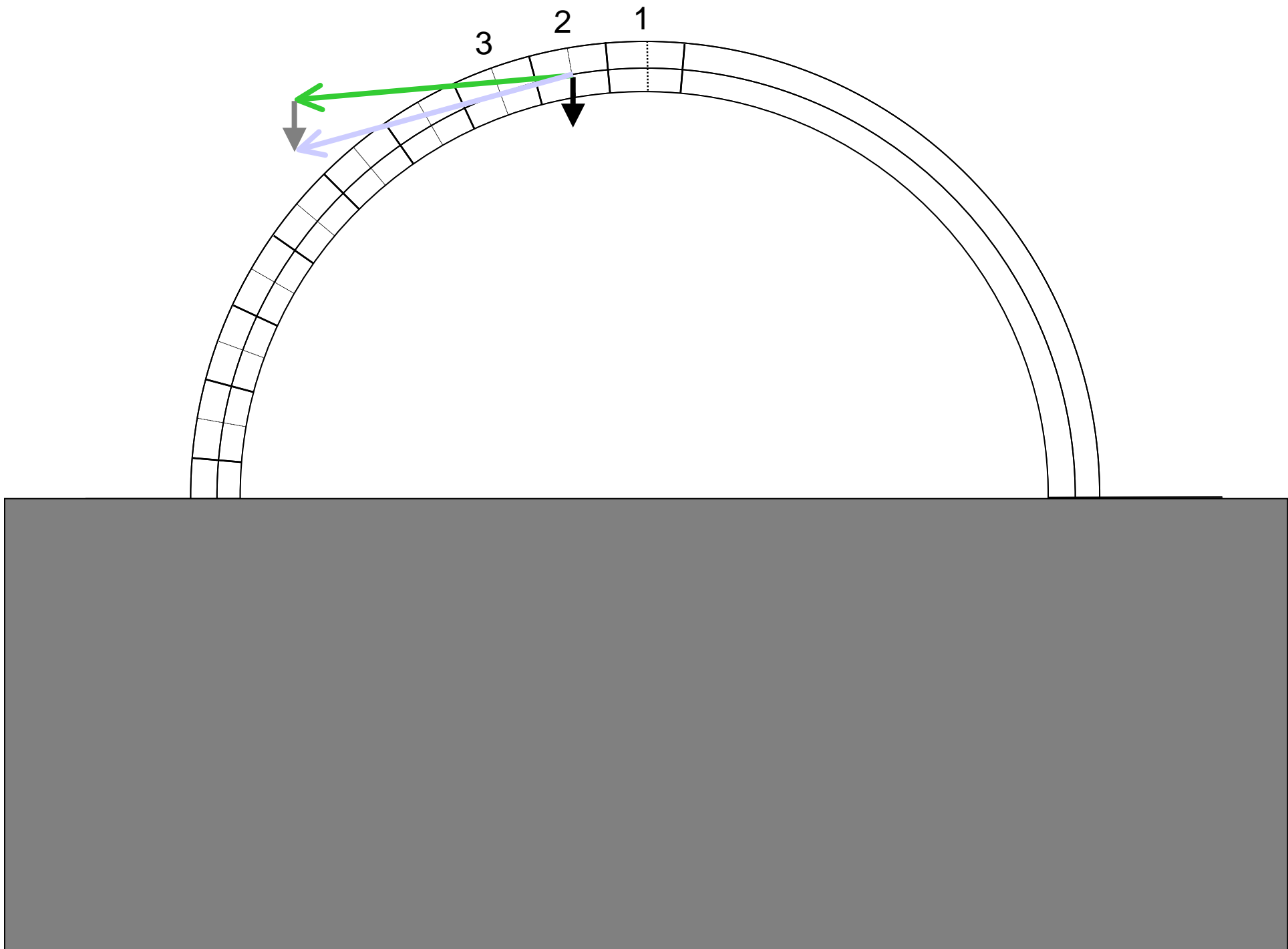


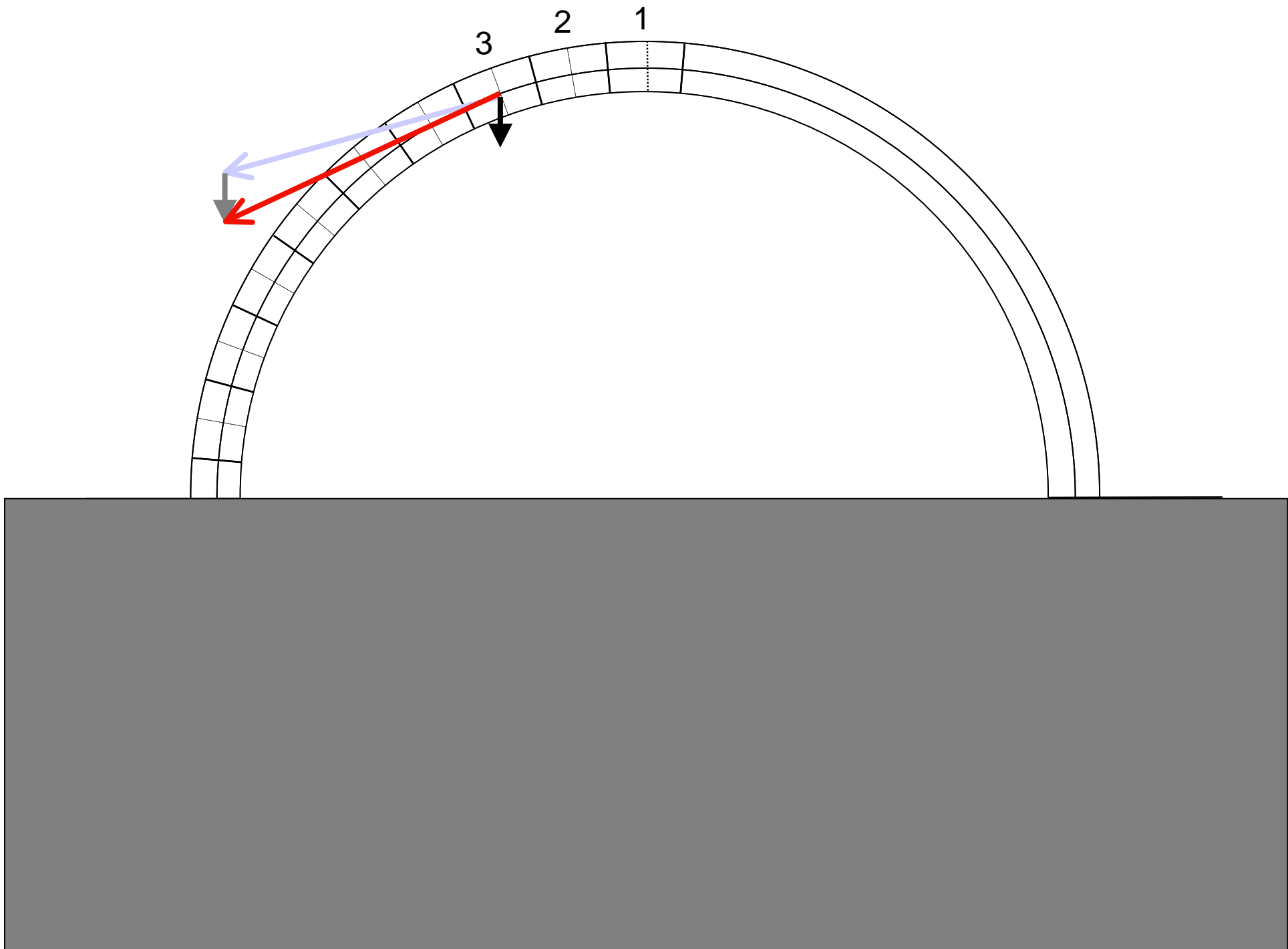
Welche Form hat der stabile Bogen?

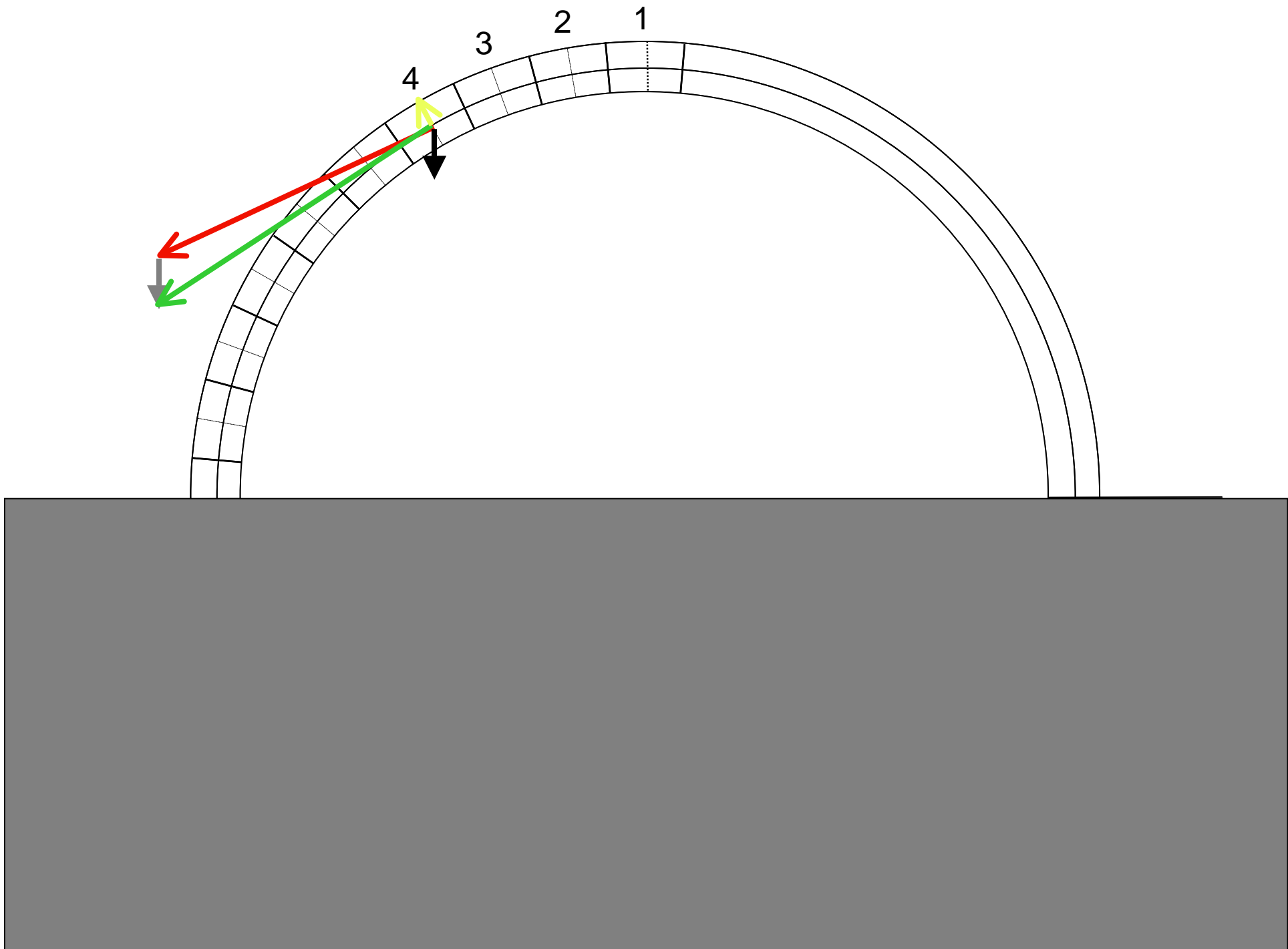


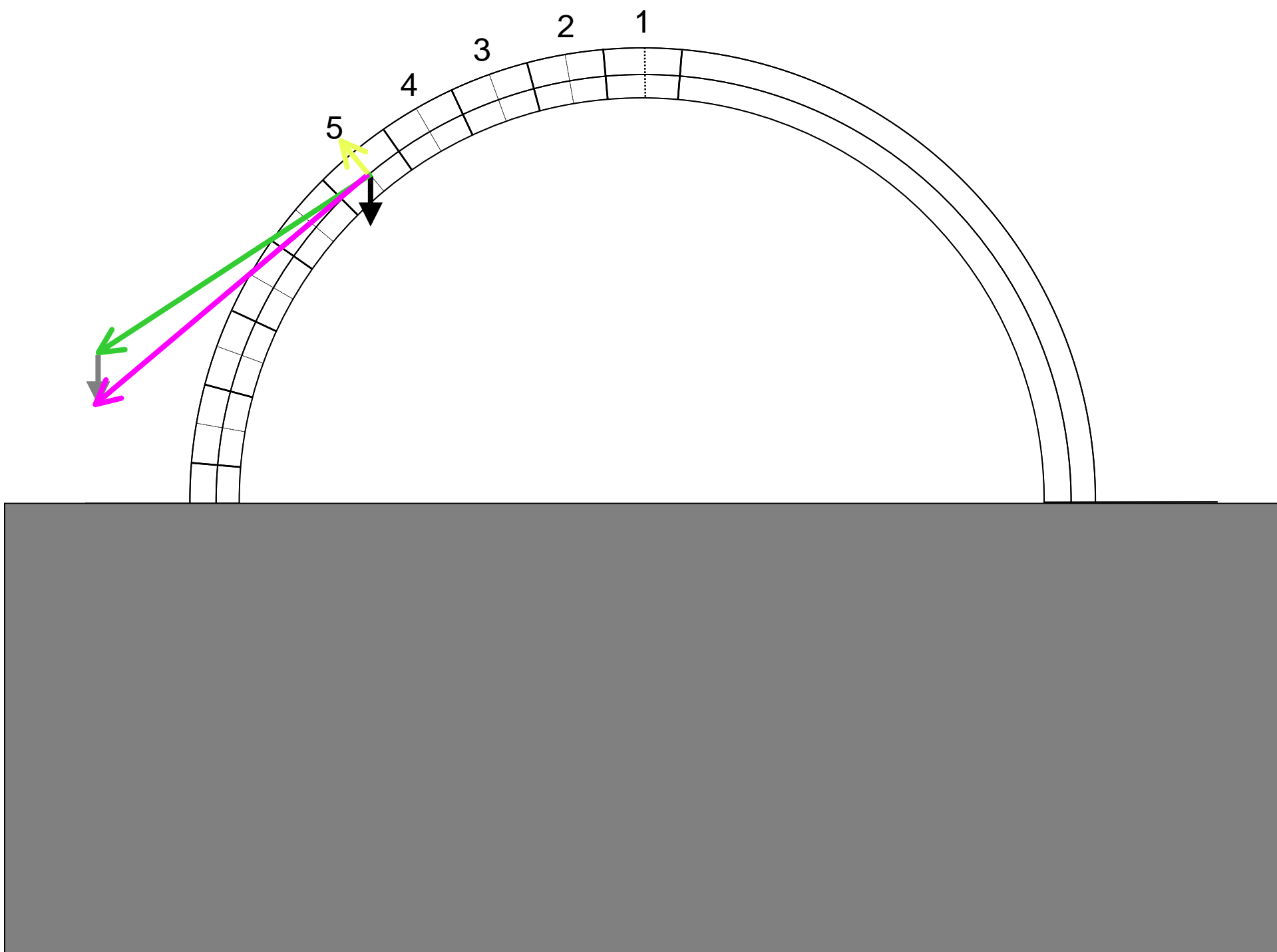


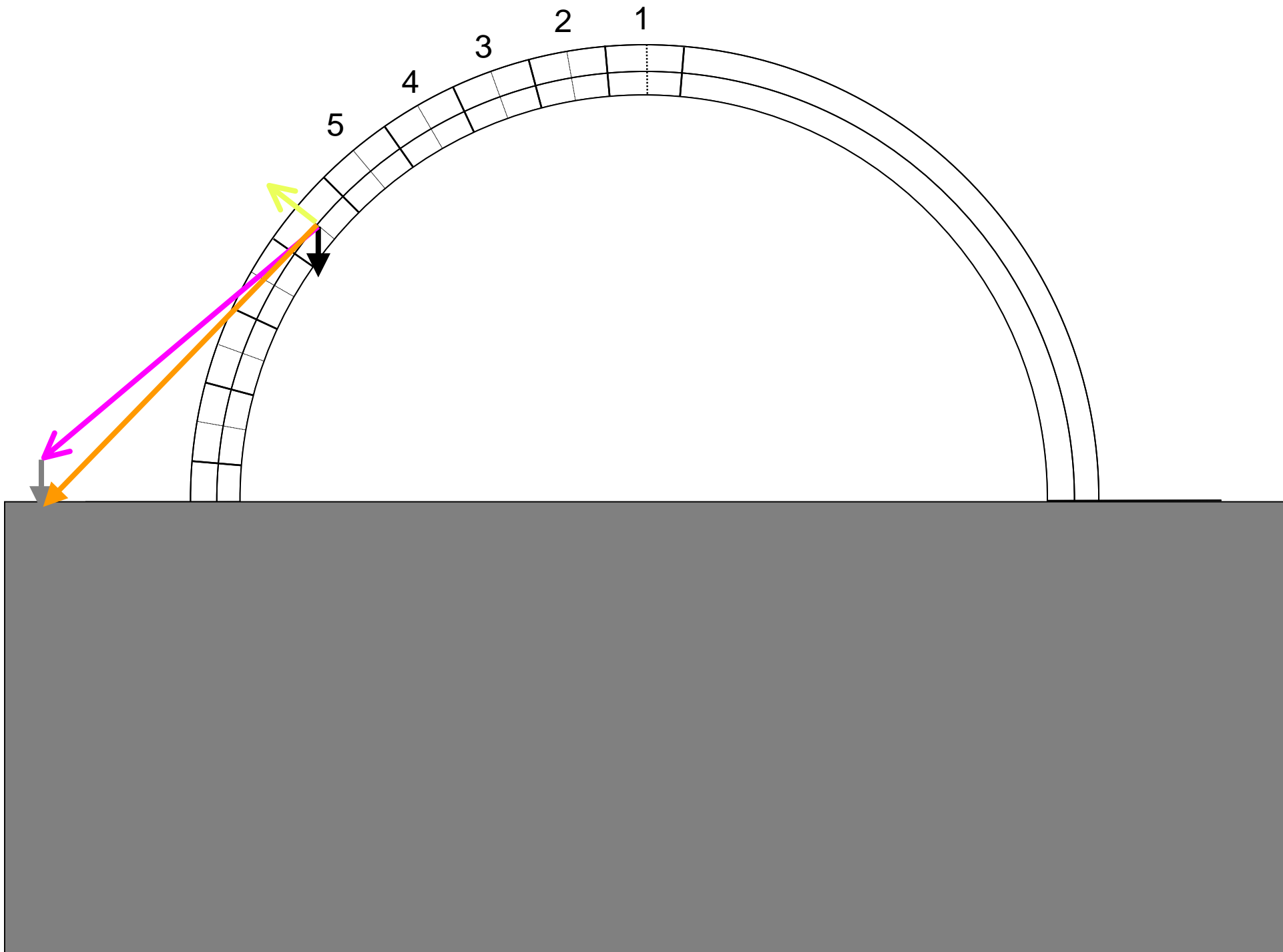


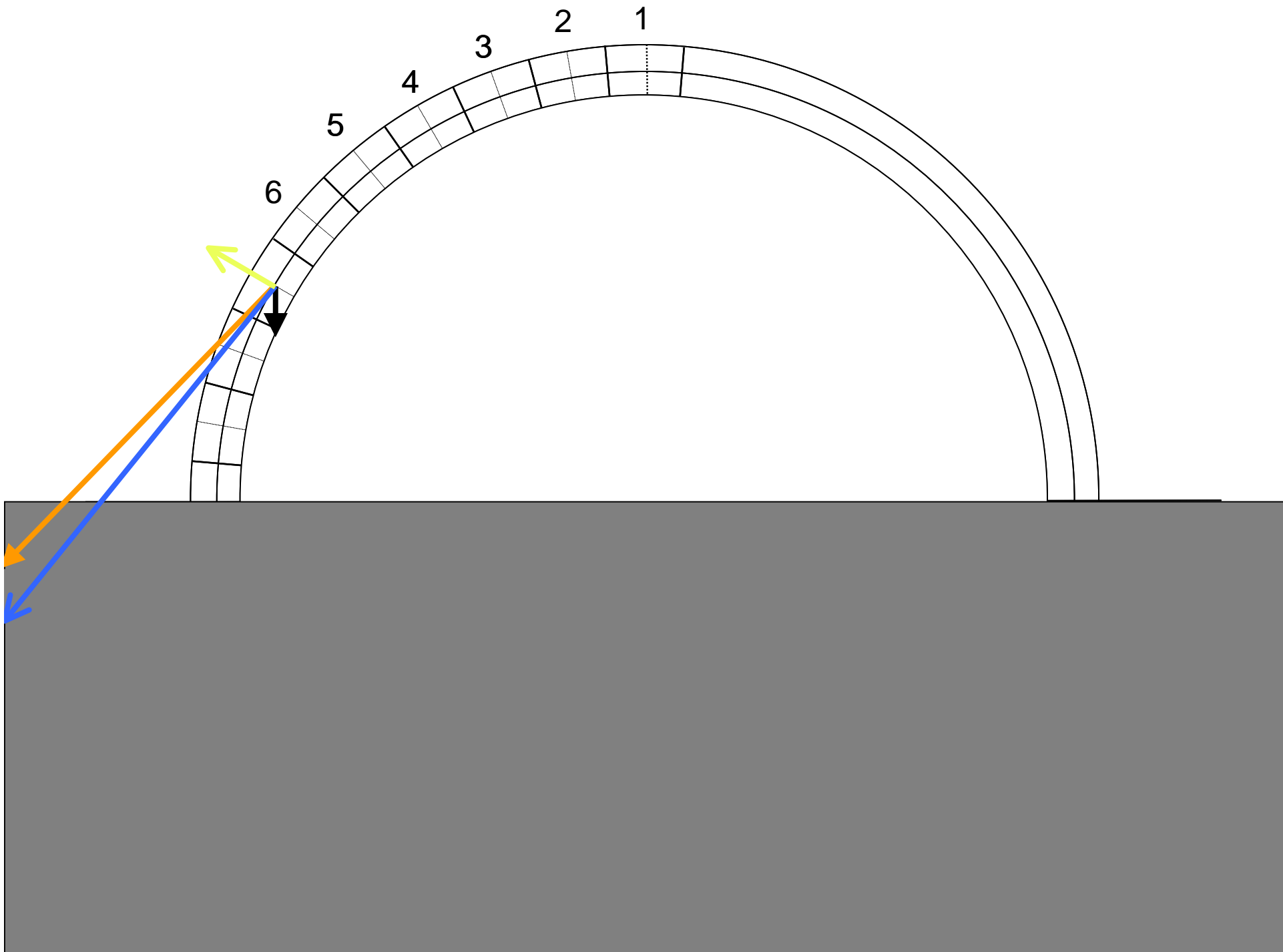


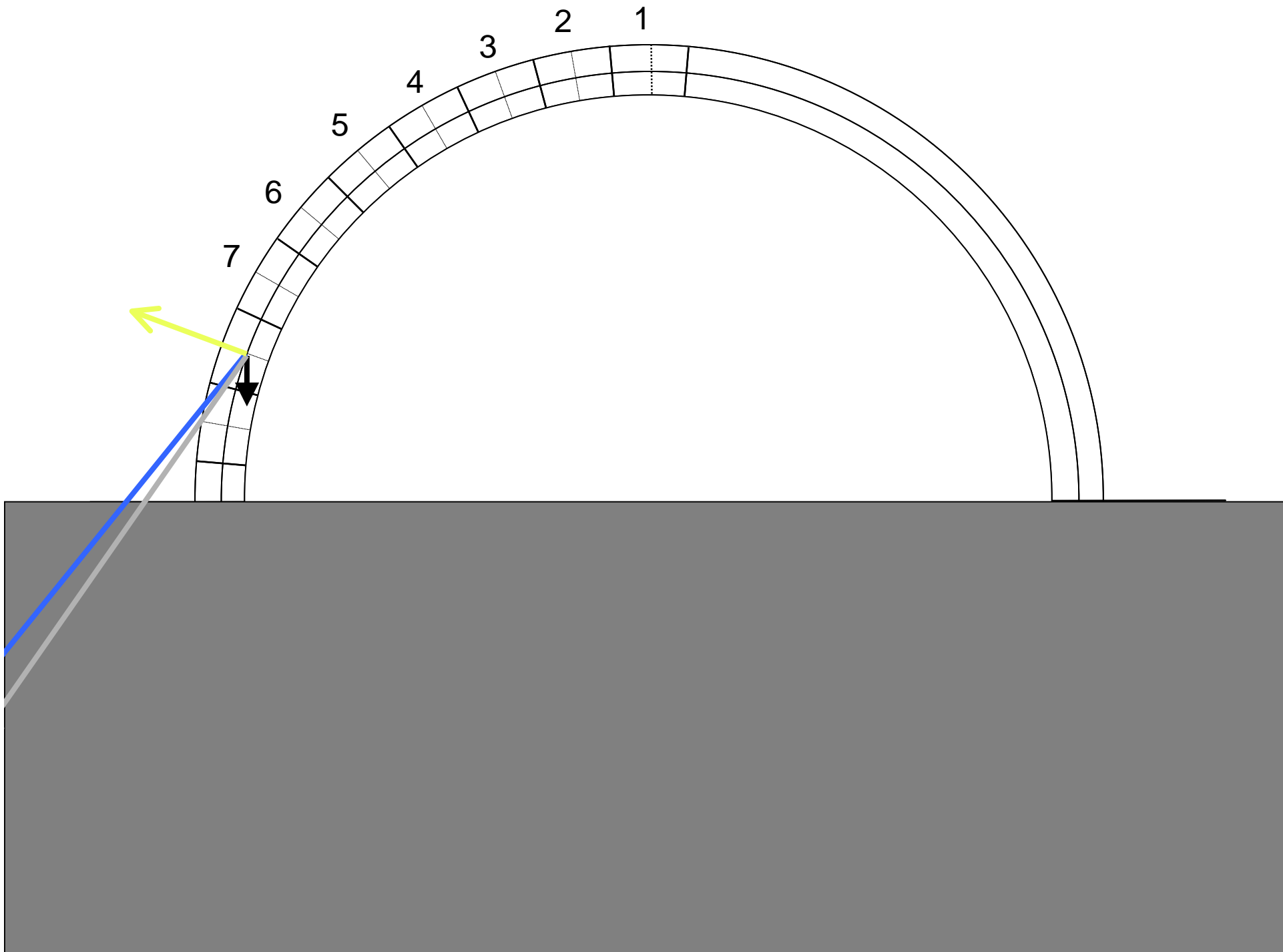


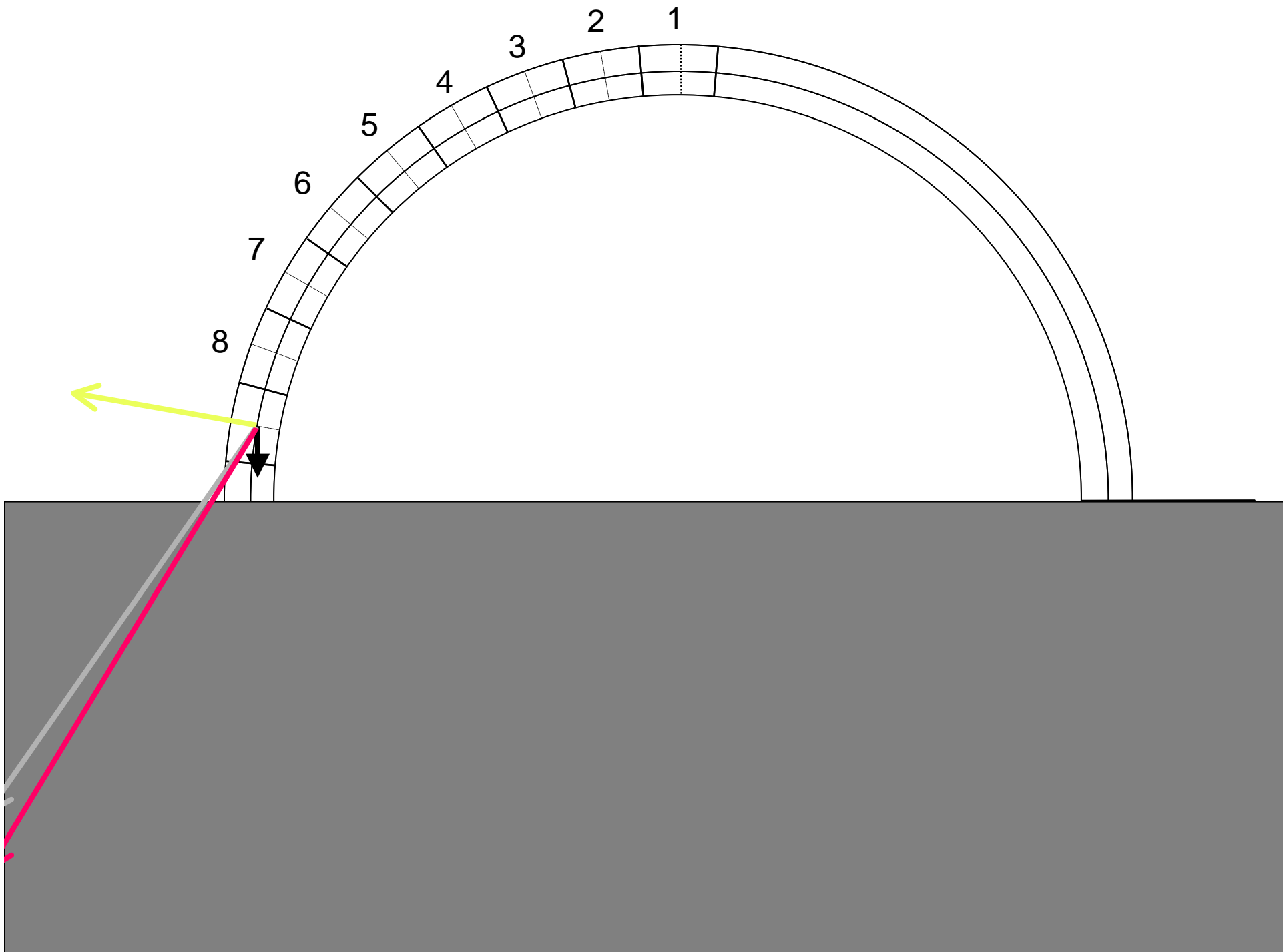




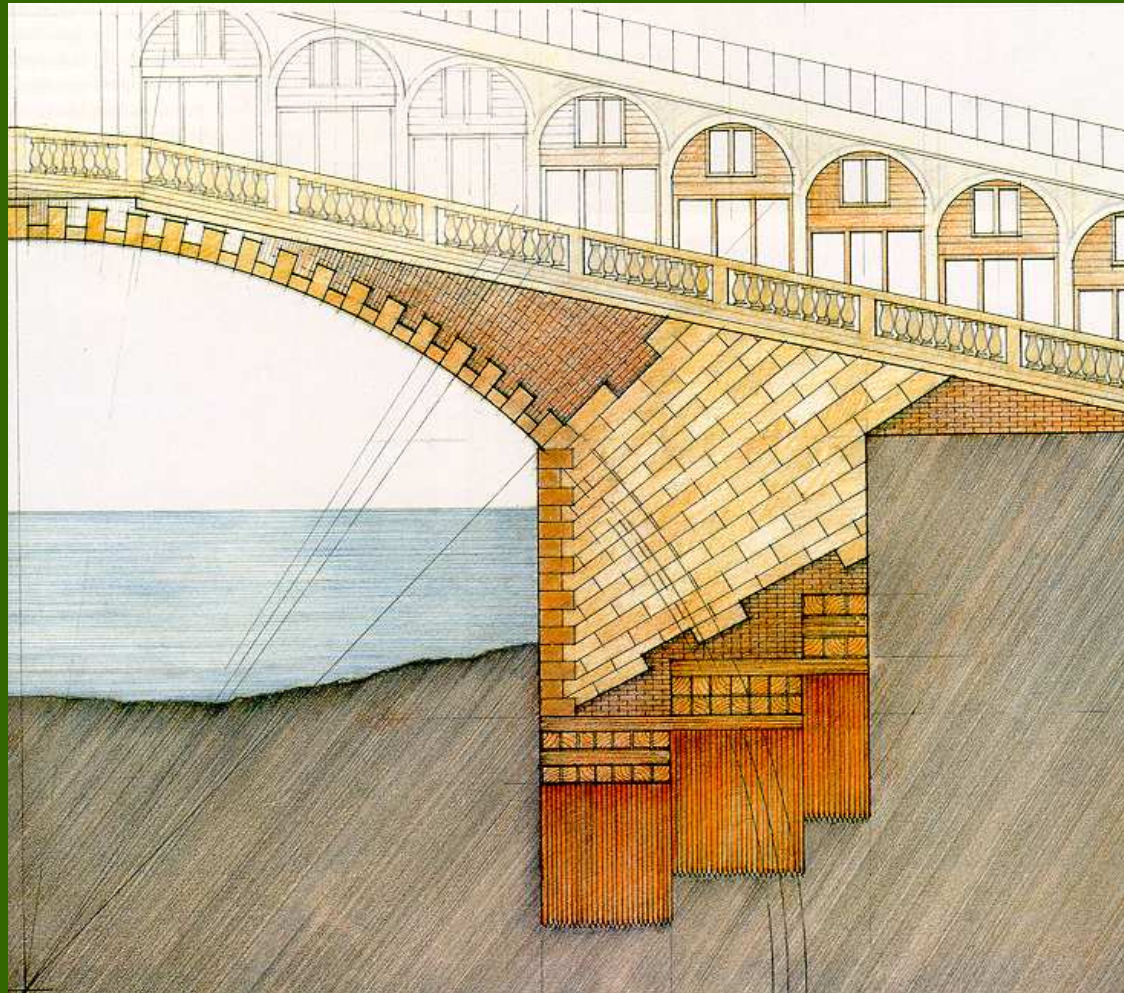








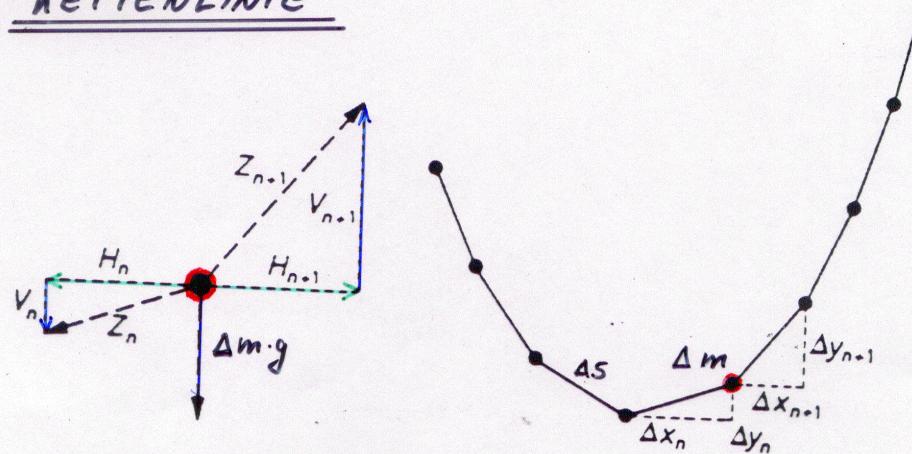
Rialto Brücke, Venedig



Welche Form hat der stabile Bogen?



KETTENLINIE



GLEICHGEWICHTS BED.:

$$\left. \begin{array}{l} H_n = H_{n+1} = \text{const} = H \\ V_{n+1} = V_n + \Delta m \cdot g \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{kette hängt} \\ \text{in Ruhe} \end{array}$$

STEIGUNG LINKS UND RECHTS VON Δm_n :

$$\frac{\Delta y_n}{\Delta x_n} = \frac{V_n}{H_n}, \quad \frac{\Delta y_{n+1}}{\Delta x_{n+1}} = \frac{V_{n+1}}{H_{n+1}}$$

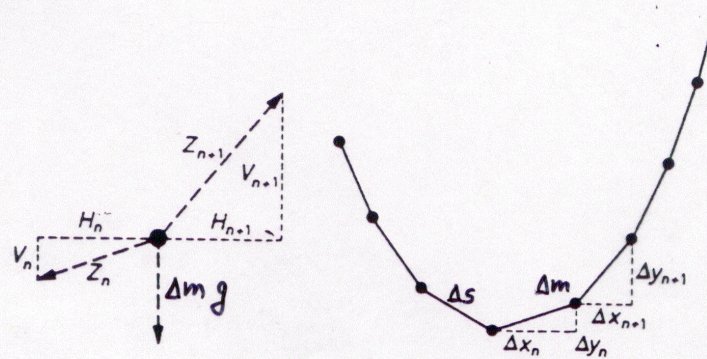
$$\frac{\Delta y_{n+1}}{\Delta x_{n+1}} = \frac{V_n + \Delta m g}{H} = \frac{\Delta y_n}{\Delta x_n} + \frac{\Delta m g}{H}$$

$$\text{allg: } \Delta \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right) = \frac{\Delta m g}{H}$$

(A) HOMOGENE KETTE : $\Delta m = \rho \cdot \Delta s$

$$\Delta s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2} \Delta x$$

$$\rightarrow \frac{\Delta \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)}{\Delta x} = \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2} \cdot \frac{\rho \cdot g}{H}$$

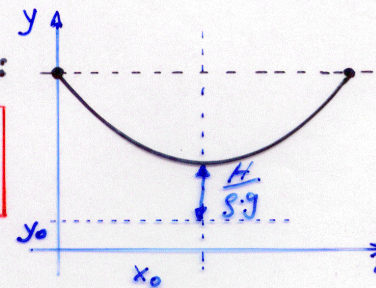


DIFFERENTIELLE FORM :

$$y'' = \sqrt{1 + y'^2} \frac{\rho \cdot g}{H}$$

LÖSUNG DURCH SUBSTITUTION :

$$y = y_0 + \frac{H}{\rho g} \operatorname{ch} \left\{ \frac{\rho g}{H} (x - x_0) \right\}$$



(B) HÄNGEBRÜCKE : $\Delta m = \rho \cdot \Delta x$

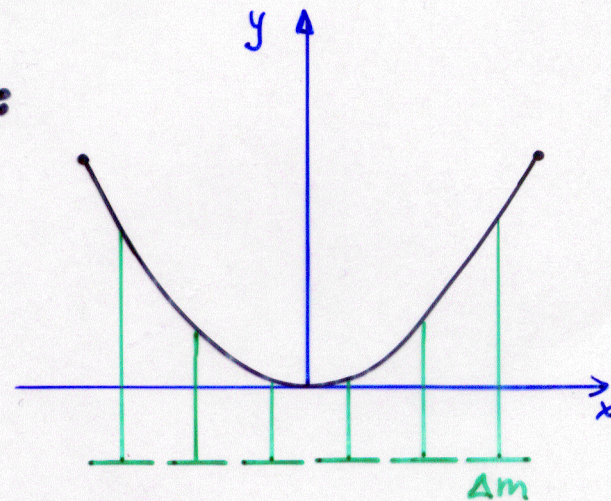
$$\frac{\Delta\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)}{\Delta x} = \frac{\rho \cdot g}{H}$$

DIFFERENTIELLE FORM :

$$y'' = \frac{\rho \cdot g}{H}$$

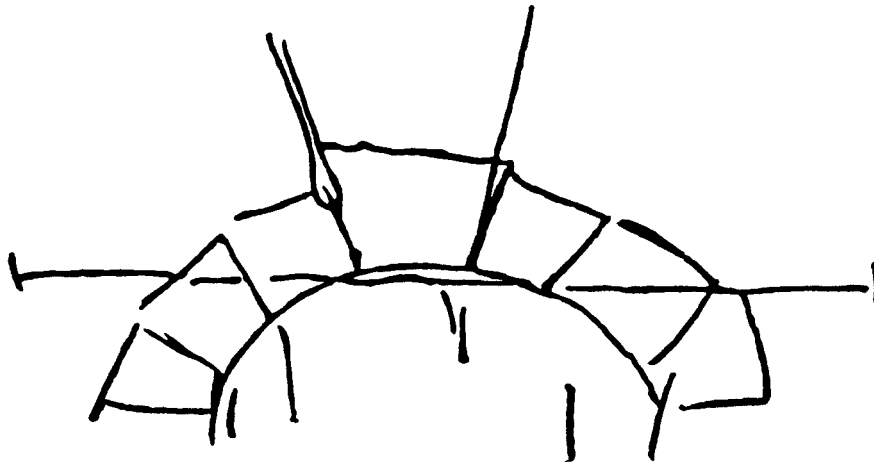
LÖSUNG :

$$y = \frac{\rho \cdot g}{2H} x^2$$



Ich gieng an jenem Abend vor dem wichtigsten Tage meines Lebens in Würzburg spazieren. Als die Sonne herabsank war es mir als ob mein Glück anerglebe. Mir schauerte wenn ich dachte, daß ich vielleicht von Allem scheiden müßte, von Allem, was mir theuer ist.

Da gieng ich, in mich gekehrt, durch das gewölbte Thor sinnend zurück in die Stadt. Warum, dachte ich, sinkt wohl das Gewölbe nicht ein, da es doch keine Stütze hat? Es steht, antwortete ich, weil alle Steine auf einmal einstürzen wollen — und ich zog aus diesem Gedanken einen unbeschreiblich erquickenden Trost, der mir bis zu dem entscheidenden Augenblicke immer mit der Hoffnung zur Seite stand, daß auch ich mich halten würde, wenn Alles mich sinken läßt.



Heinrich von Kleist

1777-1811

Danke!!

Quelle der schönen Brückenfotos:

David J. Brown:

Brücken - Kühne Konstruktionen über Flüsse, Täler, Meere

Callwey, München 1994

Bridge Builder: aus dem Internet

Piko- Projekt: www.ipn.uni-kiel.de

Dominik Essing, HU