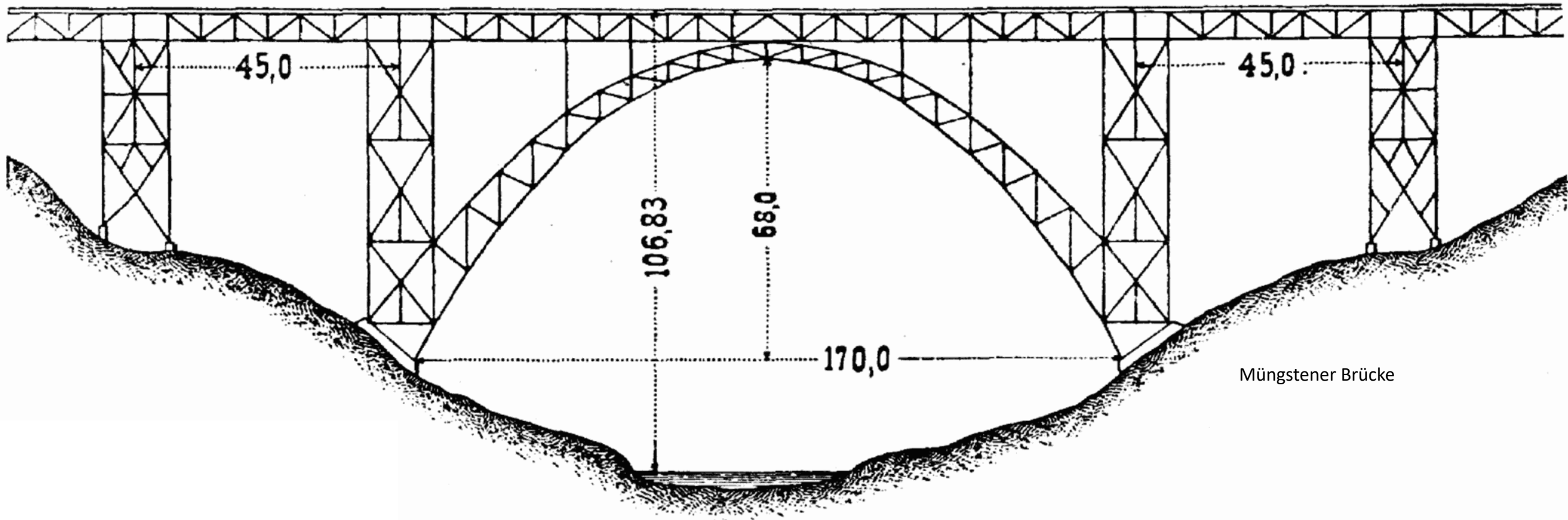


# Brücken bauen – eine physikalische und didaktische Herausforderung



Lutz-Helmut Schön, Berlin und Wien

# Brücken bauen – mit Martin Wagenschein



Exemplarisch: Die Wahl der Anfangs- und Endpunkte  
Genetisch: Die Form des Bogens  
Sokratisch: Das gemeinsame Bauen der Brücke

Ponte dei Salti, Lavertezzo, Tessin, Schweiz

Foto: Jacky Kobelt, fotocommunity

# Stein für Stein die Brücken bauen – mit Martin Wagenschein

- (1) Phänomen als Ausgangspunkt auswählen
- (2) Phänomen erleben, unmittelbar, eindrucksvoll, in „menschlichen Dimensionen“
- (3) Staunen, Stammeln erlaubt (Sprache bei MW)
- (4) Beschreiben, nicht erklären
- (5) Nach ähnlichen Erfahrungen/Beobachtungen suchen, vergleichen
- (6) Aktivierung des bereits bekannten Fachwissens
- (7) Problem physikalisch formulieren
- (8) Ideen entwickeln, Zusammenhänge zwischen Neuem und Bekanntem vermuten
- (9) Ideen prüfen (meist experimentell), verwerfen oder bestätigen
- (10) Perspektive variieren, prüfen
- (11) Lösung formulieren, Zusammenhang in begriffliche Form bringen
- (12) Mathematische Beschreibung / Formel erarbeiten
- (13) Einordnen in die Wissenschaft

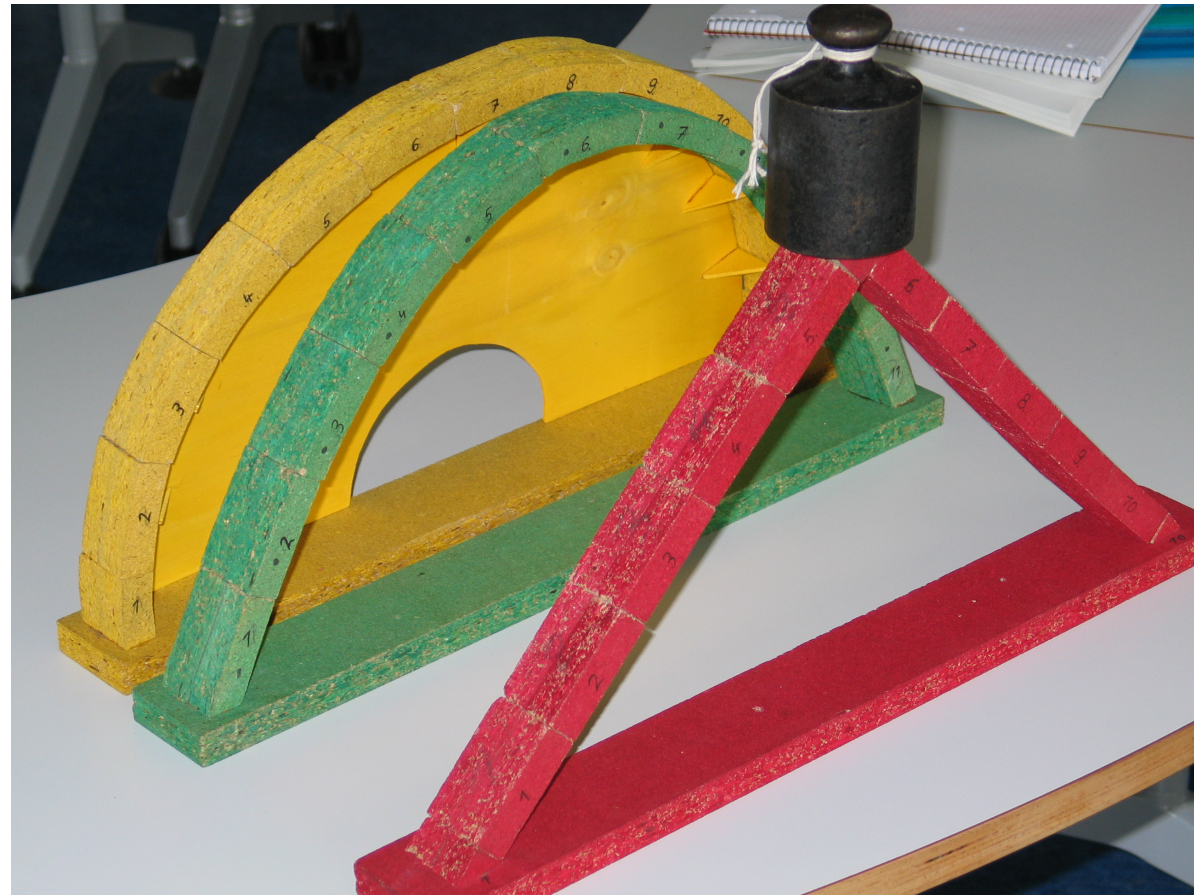
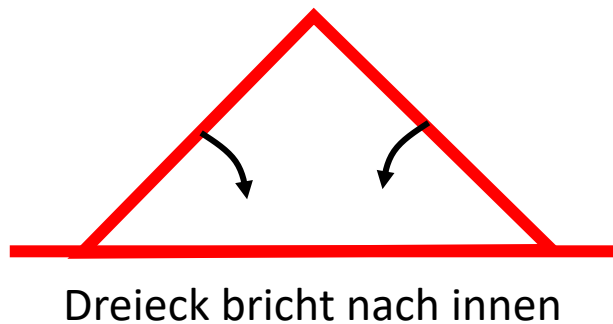
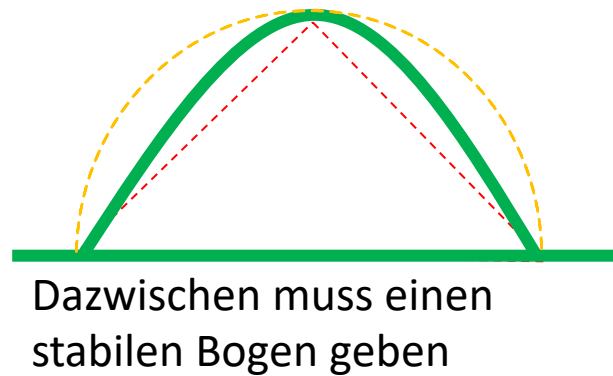
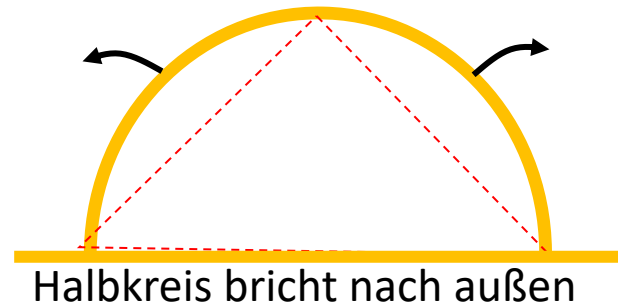
genetisch – sokratisch – exemplarisch



Wagenschein Tagung 2021

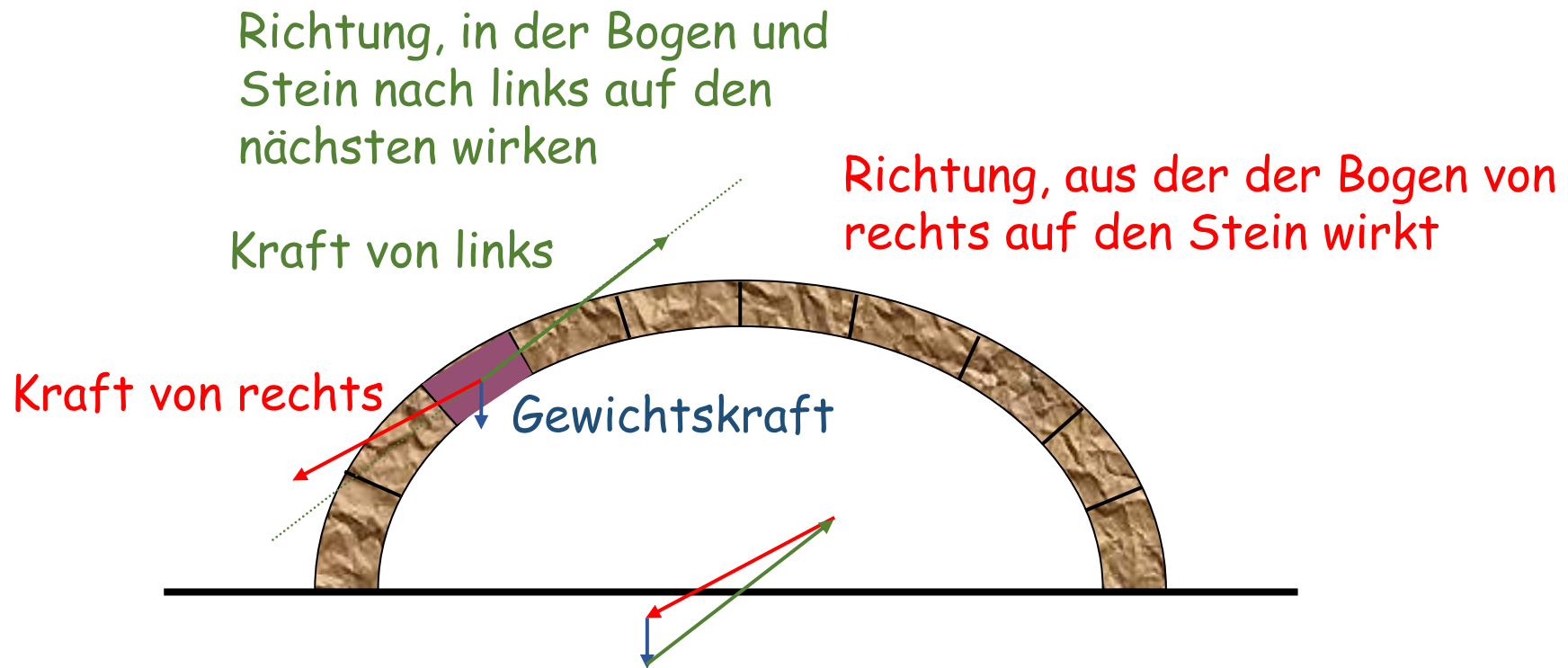
# Welche Form hat der stabile Bogen?

*Variiere die Form!*



# Welche Kräfte wirken im stabilen Bogen?

*Versetze Dich in den Bogen hinein!  
Erleide den Bogen!*



# Welche Form hat der stabile Bogen?

*Wechsele die Perspektive!*



# Welche Form hat der stabile Bogen?

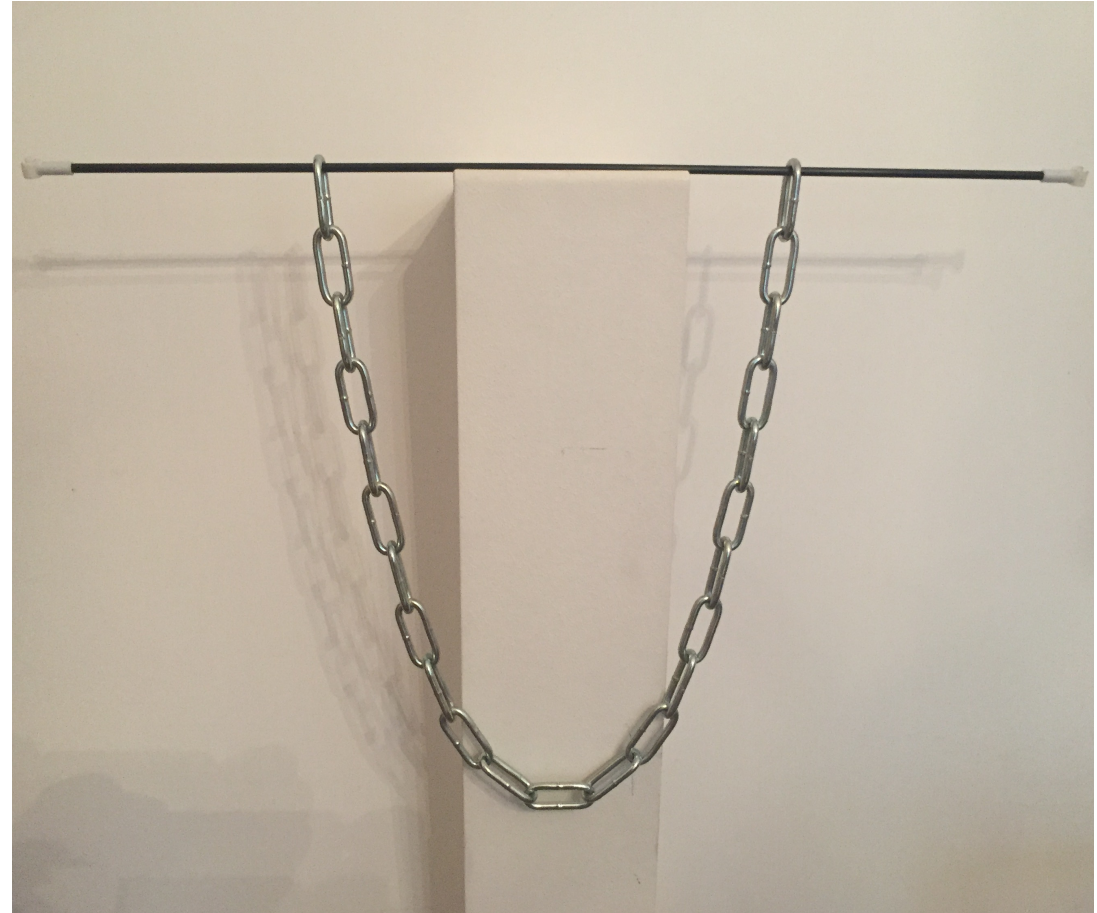
*Wechsele die Perspektive!*



(c) H. Joachim Schlichting



# Welche Form hat der stabile Bogen?

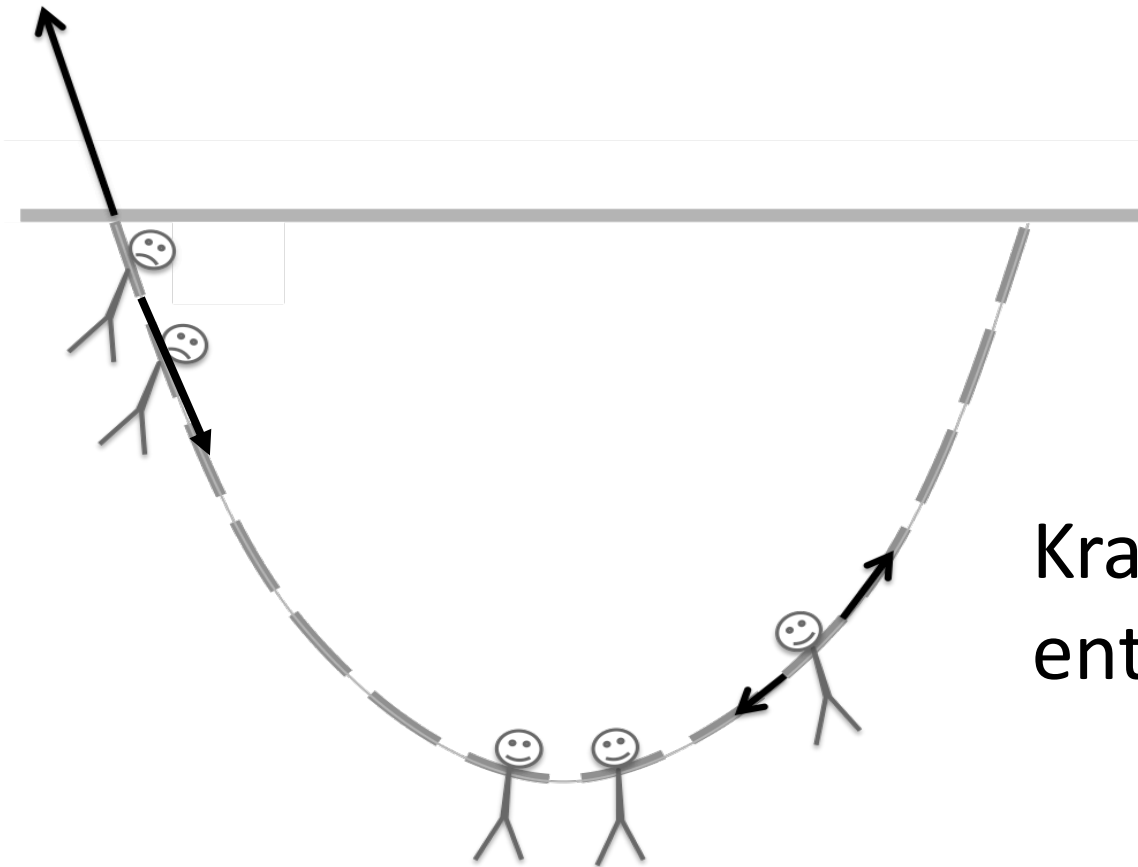


Teste mit einer Kette diesen Bogen!



Welche Kräfte wirken in der hängenden Kette?

*Versetze Dich in den Kette!  
Spüre, was das Kettenglied spürt!*



Kraftverlauf exakt  
entlang der Kette

# Kettenlinie, Berechnung der mathem. Form



GLEICHGEWICHTS BED.:

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

STEIFUNG LINKS UND RECHTS VON  $\Delta m_n$  :

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

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

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

# Kettenlinie, Berechnung der mathem. Form

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

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

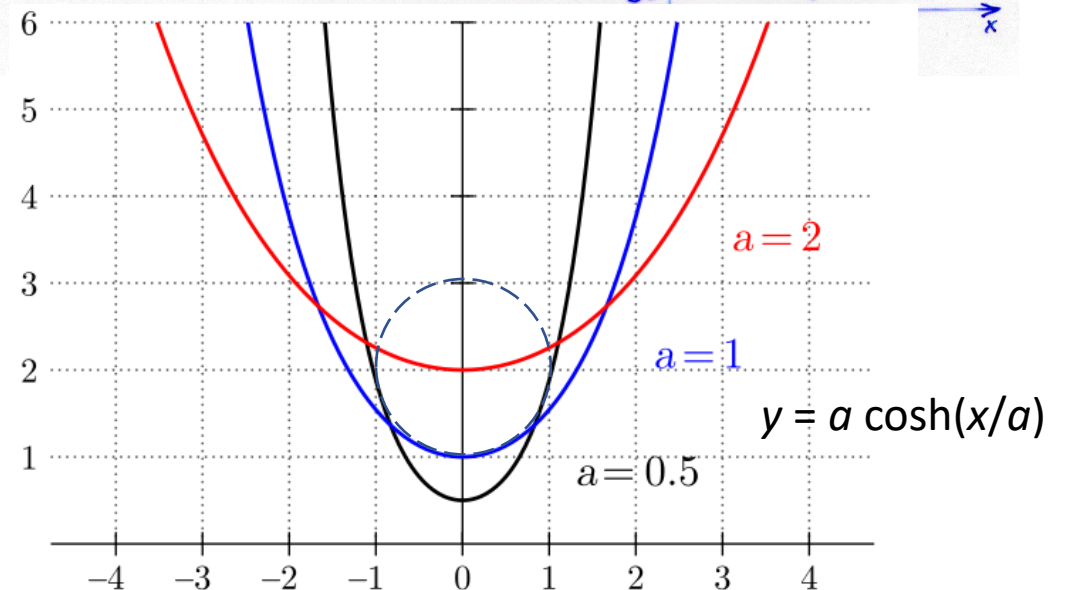
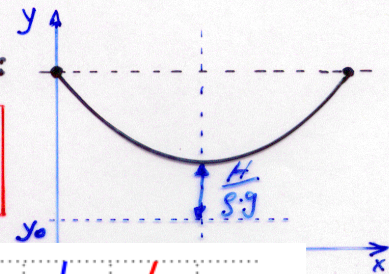
$$\rightarrow \frac{\Delta \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)}{\Delta x} = \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2} \cdot \frac{\rho \cdot g}{H}$$

DIFFERENTIELLE FORM :

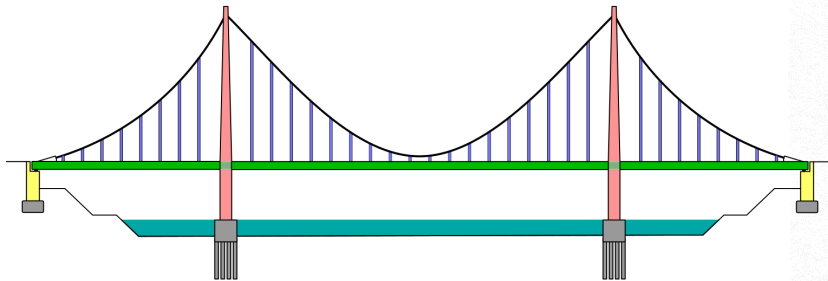
$$y'' = \sqrt{1 + y'^2} \frac{\rho \cdot g}{H}$$

LÖSUNG DURCH SUBSTITUTION :

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



# Kettenlinie - Hängebrücke



Parabel

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

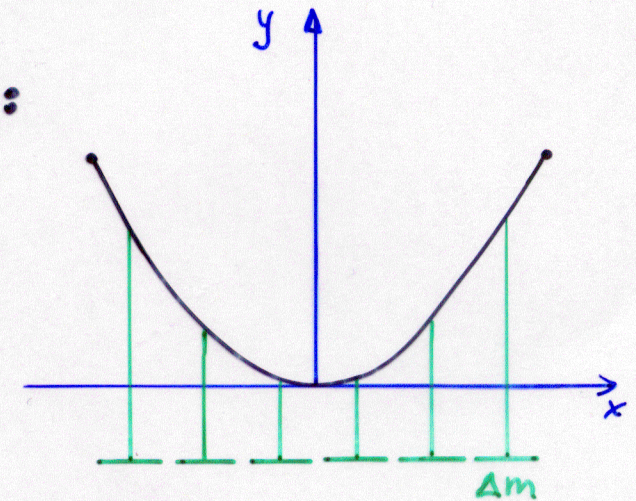
$$\frac{\Delta\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)}{\Delta x} = \frac{\rho \cdot g}{H}$$

DIFFERENTIELLE FORM :

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

LÖSUNG :

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



# Bogen – Andy Goldsworthy, David Craig

## Das ist doch keine Kettenlinie?!



Da steckt eine Kettenlinie drin!





# Brücken bauen lernen mit Martin Wagenschein

- (1) Phänomen
- (2) Phänomen erleben, unmittelbar, eindrucksvoll, in „menschlichen Dimensionen“
- (3) Staunen, Stammeln erlaubt (Sprache bei MW)
- (4) Beschreiben, nicht erklären
- (5) Nach ähnlichen Erfahrungen/Beobachtungen suchen, vergleichen
- (6) Aktivierung des bereits bekannten Fachwissens
- (7) Problem physikalisch formulieren
- (8) Zusammenhänge zwischen Neuem und Bekanntem vermuten
- (9) Ideen prüfen: experimentieren
- (10) Varianten prüfen, verwerfen oder bestätigen
- (11) Lösung formulieren, Zusammenhang in begriffliche Form bringen
- (12) Mathematische Beschreibung – vereinfachen, den Kern herausarbeiten
- (13) Wissenschaft - Das Exemplarische herausarbeiten, sichtbar machen

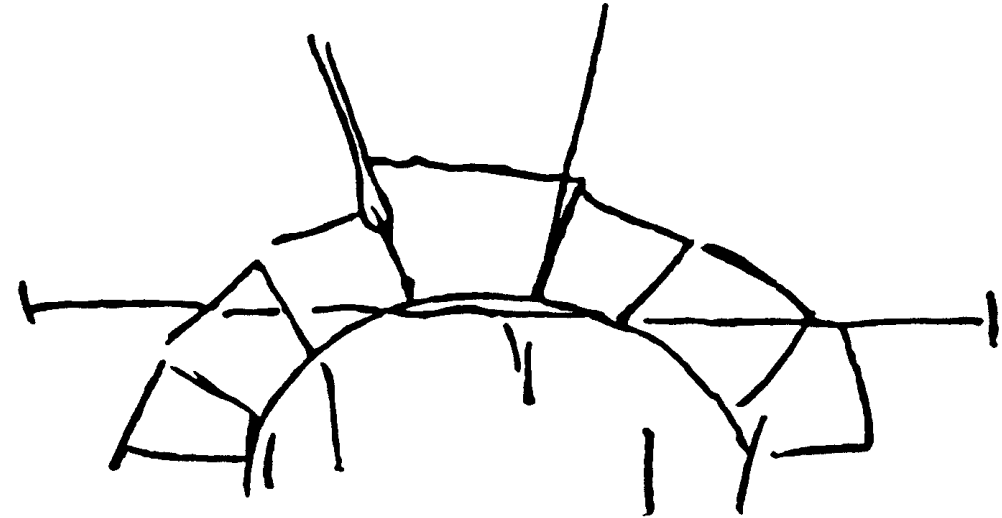
# Die Brücke abbauen

Ein Weg zum Lehren nach Martin Wagenschein

- ↑ Finde die angemessene Dimension des Phänomens
- ↑ Schaffe Raum für verschiedene Perspektiven - **sokratisch**
- ↑ Entdecke die problematischen Stellen im Lernprozess
- ↑ Suche und strukturiere den fachlich begründeten – **genetischen** - Weg zum Wissen
- ↑ Mit dem Wissen des Wissenschaftlers gehe Schritt für Schritt zurück zum Phänomen
- ↑ Ordne das Thema in das wissenschaftliche Umfeld ein – **exemplarisch**

# Epilog – Heinrich von Kleist

„Da ging 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 unbeschreiblichen 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.



Das, mein liebes Minchen, würde mir kein Buch gesagt haben, und das nenne ich recht eigentlich lernen von der Natur.“

# Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Beteiligt waren heute Franz Boczianowski und Marc Müller