

Brücken bauen – Einführung in die Mechanik über die Statik

Franz Boczianowski

**Didaktik der Physik,
Humboldt Universität Berlin**

GDCP Jahrestagung, Paderborn, 22. September 2005

- **Projekt im Rahmen von Piko zum Entwurf einer Unterrichtseinheit zur Einführung in die Mechanik**
- **Team aus 16 Lehrerinnen und Lehrern von 9 verschiedenen Schulen, seit Mai 2004**
- **Wissenschaftliche Betreuung Prof. Schön, Boczianowski (Doktorand, seit März 2005)**
- **Unterricht in zehn Klassen
9. Klasse, eine 10. Klasse,
7mal Haupt-Real, 3mal Gymnasium**
- **2 Treffen pro Monat**



Ablauf

- **Didaktische Konzept**
- **Unterrichtsentwurf**
- **Einführung von Vektoren**
- **Brücken, Tragwerke**

Didaktisches Konzept

Situated Learning

Ausgangspunkt ist sinnliche Wahrnehmung.

Phänomenologisch

Fachbegriffe werden aus der Beobachtung entwickelt.

Kumulativ

Weitreichende Formalismen der Beschreibung

Kontextbasiert

Alltagserfahrungen werden aufbereitet.

Statik?

- **Unsere Annahme: Umsetzung des didaktischen Konzepts so einfacher?**
 - ***„Das grundlegende Dilemma bei der Einführung in die Dynamik besteht darin, daß man erst bis zu einem gewissen Grad in die Theorie einsteigen muß, bevor die verschiedenen Zusammenhänge einen Sinn ergeben.“*** (*„Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht“*, Wodzinski, 1996)
 - **Probleme später beim Übergang zur Kinematik?**
 - ***Saubere Unterscheidung von Kinematik und Statik vermeidet Schwierigkeiten*** (*Theilmann, 2001*)
-

Unterrichtsverlauf

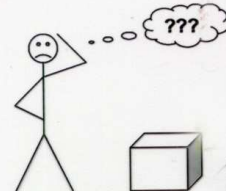
1. Tragen von Lasten
2. Grundelemente von Tragwerken:
Stütze, Träger, Seil
3. Kräfteaddition durch Vektorrechnung
4. Gleichgewichtssituationen:
Brücken, Dreiecke, Finite Elemente
5. Störung des Gleichgewichts:
Hebelgesetz an der Wippe
6. Feste und lose Rolle am Speichenrad
7. Kinematik: Vom Halten zum Führen ...

Tragen von Lasten

- Eine Getränkebox ist von Schülern zu tragen.
- Wo „drückt es“?
Wo „zieht es“?
- Pfeile sind *intuitiv* einzuzeichnen
- Diskussion der Vor- und Nachteile
- Große Begeisterung, auch bei sonst Nicht-Interessierten
- „Kraft“ erfahren, „Zug und Druck“ spüren
⇒ Situated Learning
- Alltagsgegenstände
⇒ Lebensweltlicher Kontext

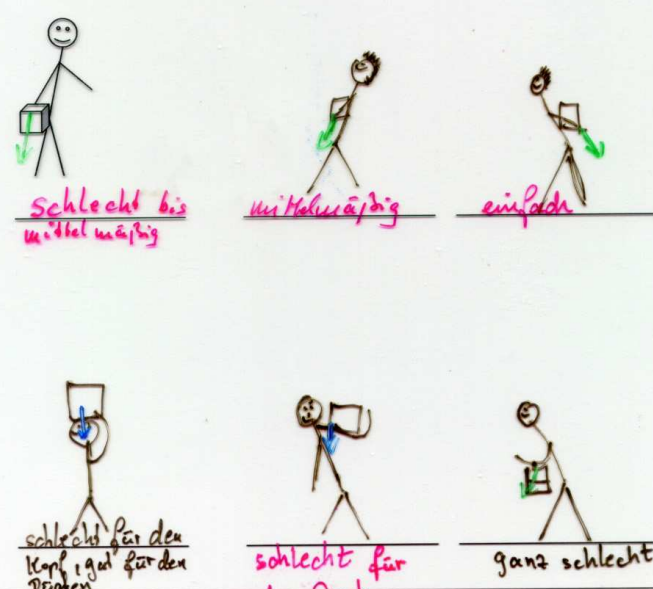
Ph	Mechanik 9	Name:
	Das Tragen von Lasten	Datum:

Problem:



Wie kann ich den Flaschenkasten am besten von A nach B transportieren?

Aufgabe: Skizziere verschiedene Möglichkeiten, wie man den Kasten tragen kann. Ein Beispiel ist vorgegeben. Notiere jedes Mal, ob diese Möglichkeit gut oder schlecht ist.



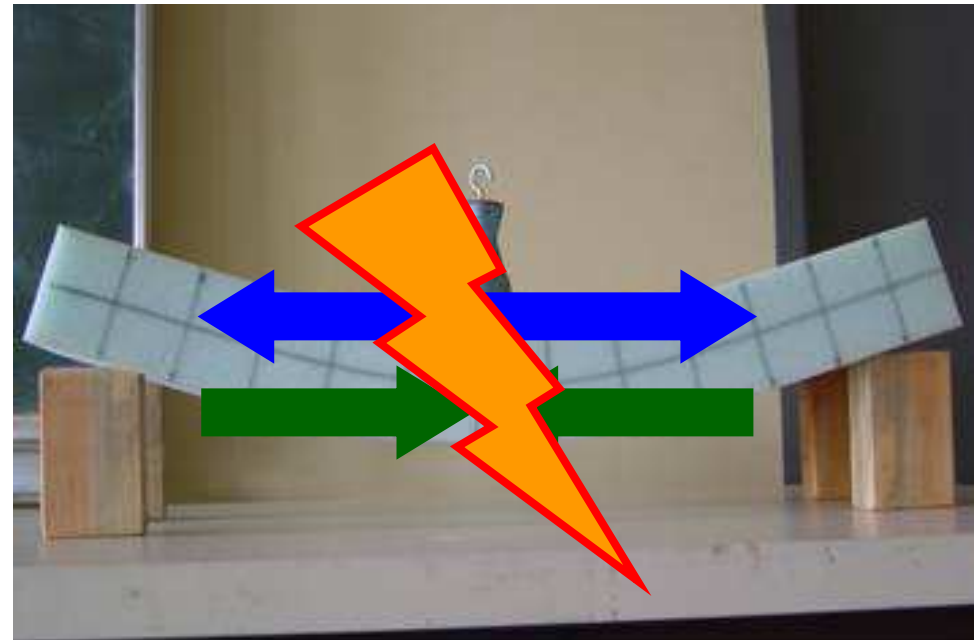
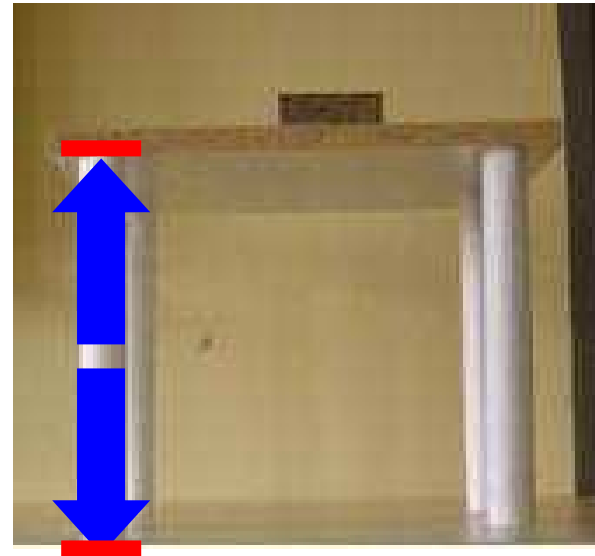
Schlecht bis mittelmäßig *mit Halswappig* *einfach*

schlecht für den Kopf, gut für den Rücken *schlecht für den Rücken* *ganz schlecht*

• Zug • Druck

Tragwerk-Elemente: Stütze, Träger, Seil

- **Genaue Beobachtung tragender Systeme (Phänomenologisch)**
- **Belastungstest!**
- **Belastbarkeit der Papierstützen beeindruckt**
- **Steine, Papier und Schaumstoff (Kontext)**
- **Druck- und Zugpfeile**
- **Die Unterscheidung von Stützen, Trägern und Seilen**



Regeln

1. Stütze: Ich drücke.
2. Seil: Ich ziehe.
3. Zur Notation: Pfeile *im* Material



**Seile
ziehen**



**Stützen
drücken**

Schülerexperimente

- Heben mit dem Seil:
„Sonderbares“ Verhalten
- Zug am Seil
unterschiedlich
(Situated learning)

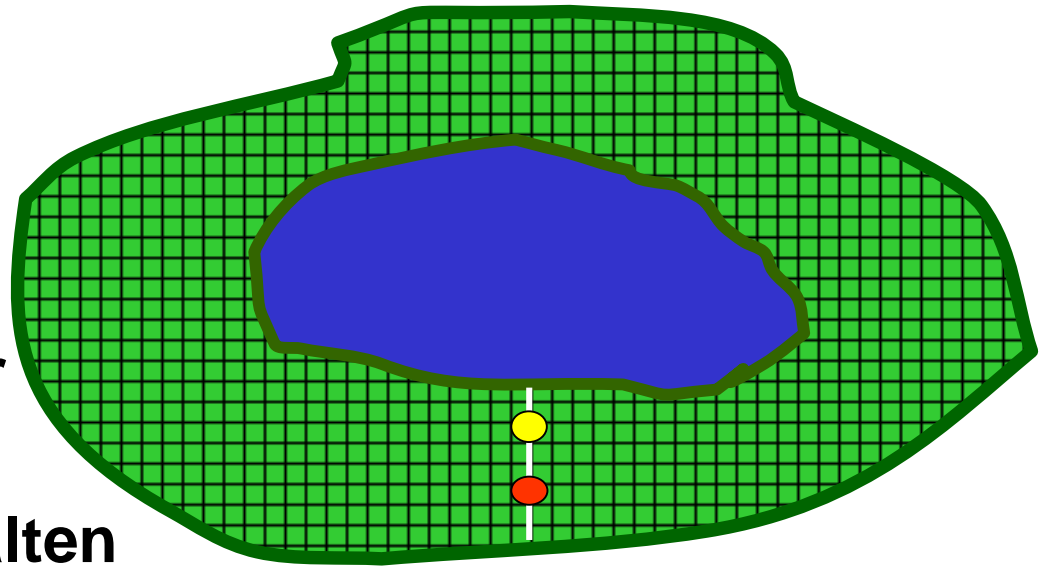


- Offenes Experimentieren,
Gruppenarbeit
- Reißen von Fäden in verschiedenen
Aufbauten (Lebenswelt: Sand, Faden..)
- **Wie lassen sich Pfeile addieren?**

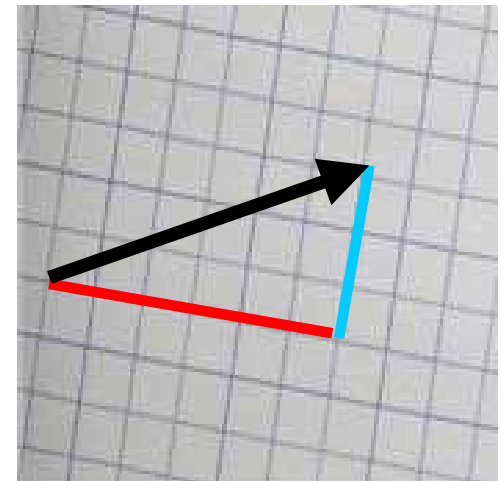
Einführung: Das Vektor-Spiel

Spielregeln:

- Würfel sind den Richtungen fest zugeordnet
- Vorzeichen ist wählbar
- Gewürfelte Züge in Spaltennotation festhalten
- Alle Vektoren sind rechnerisch zu addieren



$$\begin{pmatrix} 6 \\ 3 \end{pmatrix}$$



Interpretationsmodelle des Vektorbegriffs

Exkurs

Fünf Modelle (Mathematikunterricht Sek II, Tietze et al., 2000)

– **Arithmetisch:**

1. **n-Tupel**

(Addition: Komponenten, Problem: Interpretation)

– **Geometrisch:**

2. **Pfeilklassen**

(Addition: Aneinanderhängen, Problem: Klassenbildung)

3. **Ortsvektoren**

(Addition: Parallelogramm, Problem: Koord.-Ursprung)

4. **Translation**

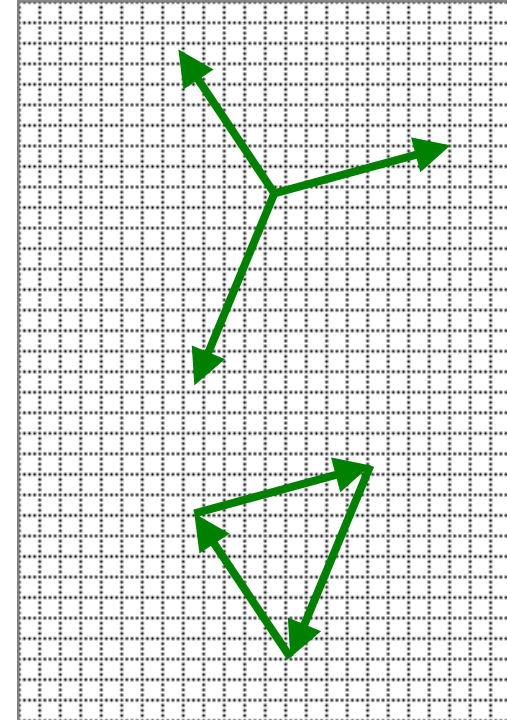
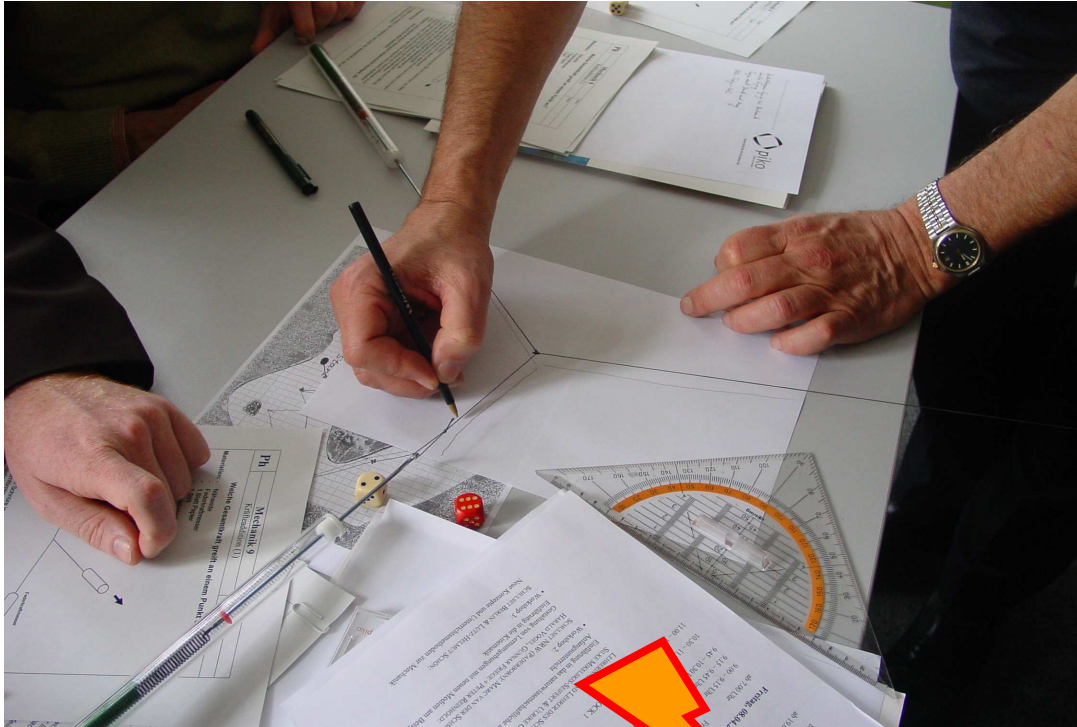
5. **Punkte**

⇒ **Unser Modell: Geometrisches Objekt des
parallel-verschiebbaren Pfeils mit arithmetischer
Beschreibung durch *Spaltennotation***

(Schülerkonzepte, Tietze et al., 2000, vgl. auch Wittmann 1996)

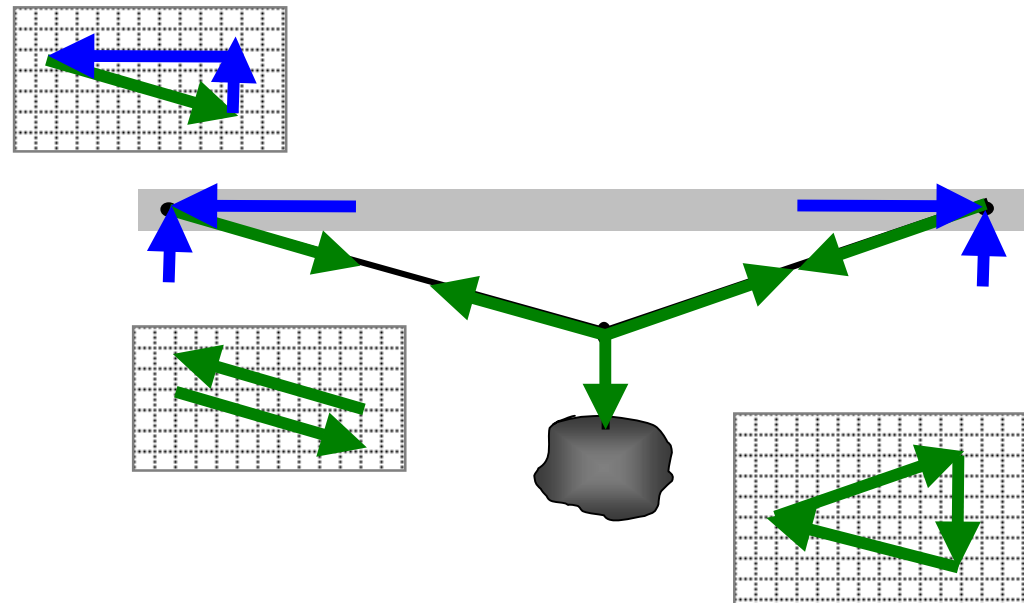
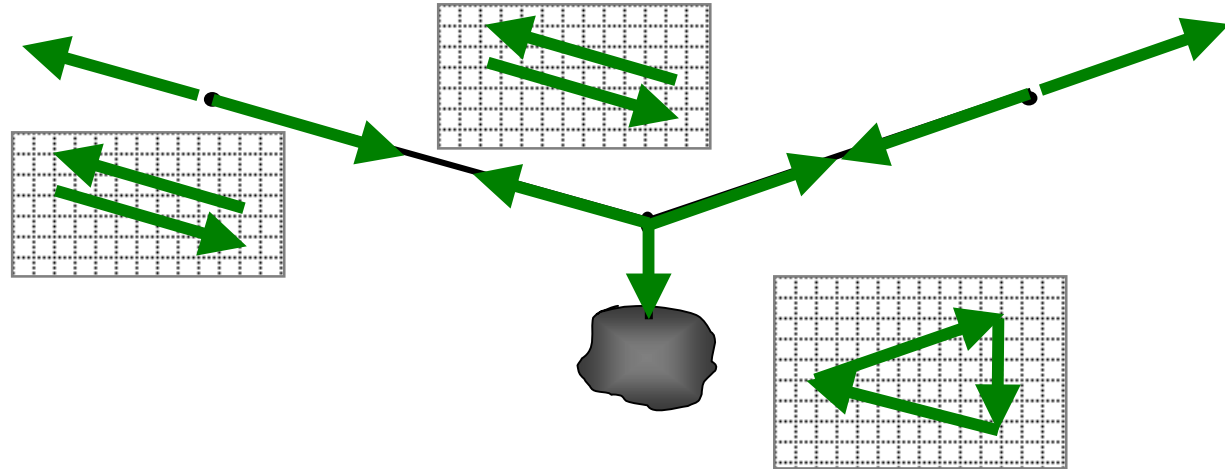
- ✓ **Weil es geht!** nach bisherigen Erfahrung
- ✓ **Mächtiges Werkzeug**
Addition beliebig vieler Pfeile
- ✓ **Rechnen mit Spaltenvektoren einfach**
nach bisherigen Erfahrung
- ✓ **Schülerkonzept in Sek.II : Definition über Eigenschaften, Bewegungsvorgang dominant**
(Tietze et al., 2000)
- ✓ **Einführung der Vektorrechnung in Klasse 8 muss über die Physik, Anwendungsbezug**
(Geschwindigkeitspfeile, Wittmann, 1996)
- ✓ **Kumulativität**
 - **Mathematik Sek.II**
 - **Zeiger-Optik**

Knotenpunkte in der Statik

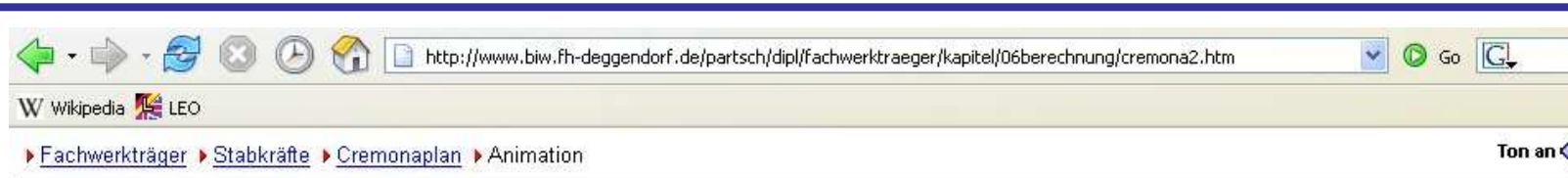


- Ein Körper in Ruhe – Summe der Kraftpfeile Null
- Die Pfeile bilden einen geschlossenen Streckenzug (Polygon)

Tragen mit Seil und Träger

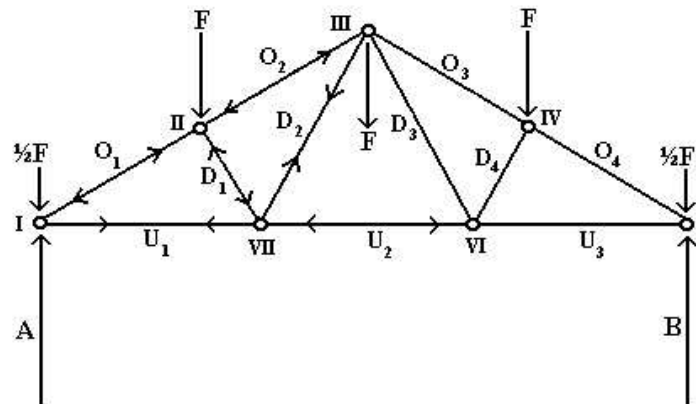


Cremona-Plan

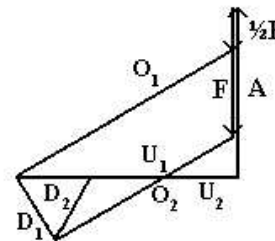


Animation

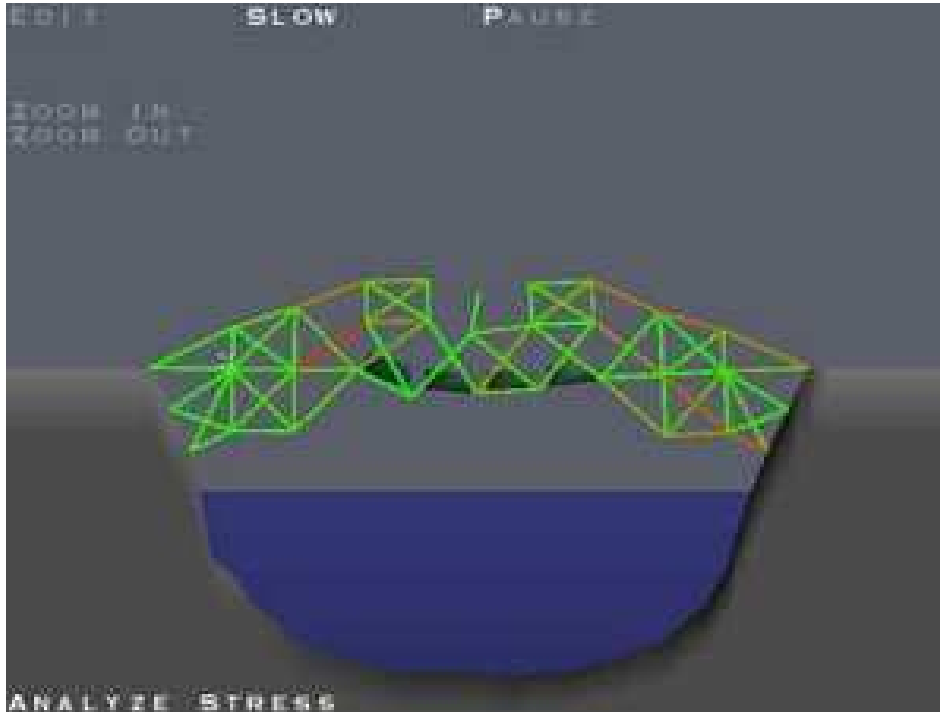
Diese Animation soll die einzelnen Schritte zur Erstellung des Kräfteplans verdeutlichen. Sie können die Animation auch [abbrechen](#) oder [wiederholen](#).



Cremona
1860 Professor in Bologna



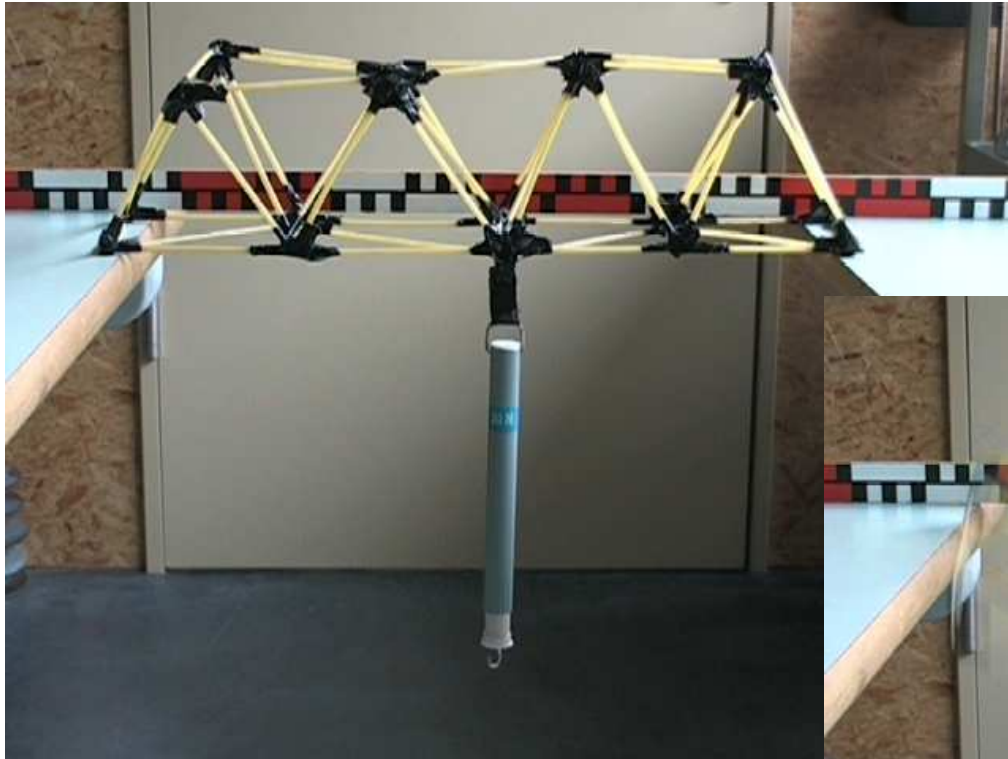
Brücken



**Bauen von Brücken in
verschiedenen Kontexten:**

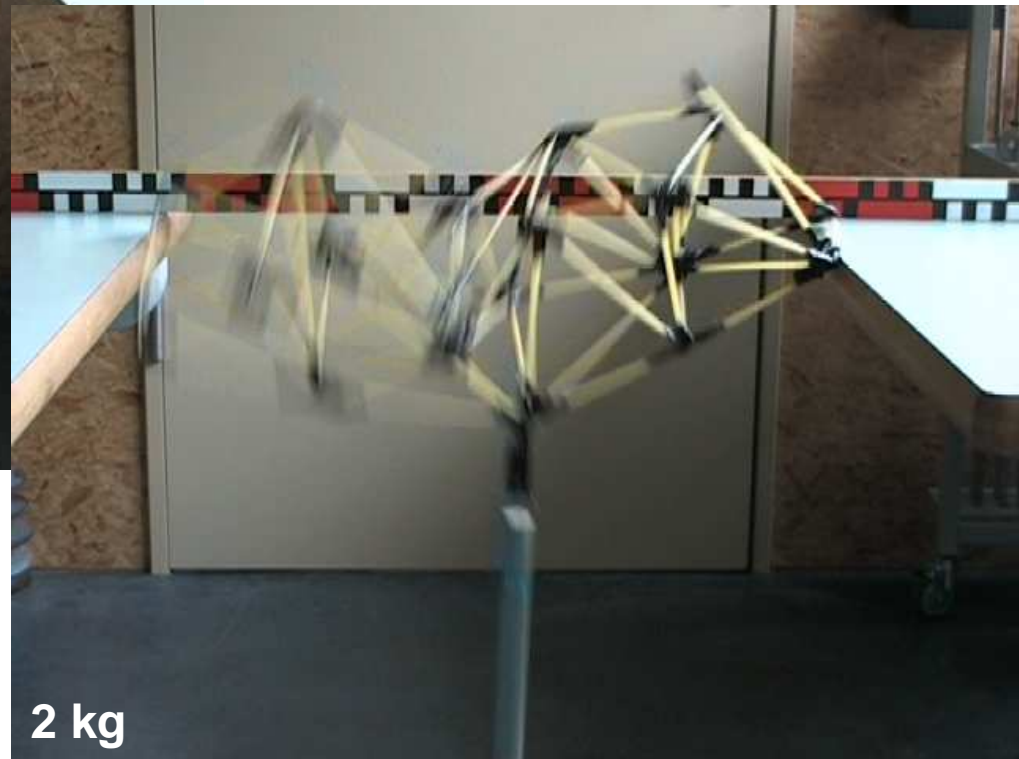
- **Computerspiel „Bridge Builder“**
- **Magnetbaukasten**
- **Großer Erfolg**

Brücken aus Makkaroni



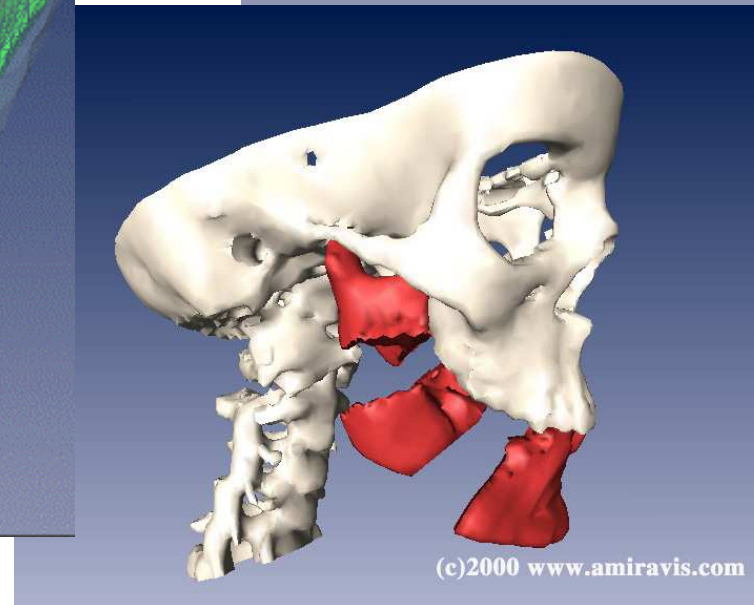
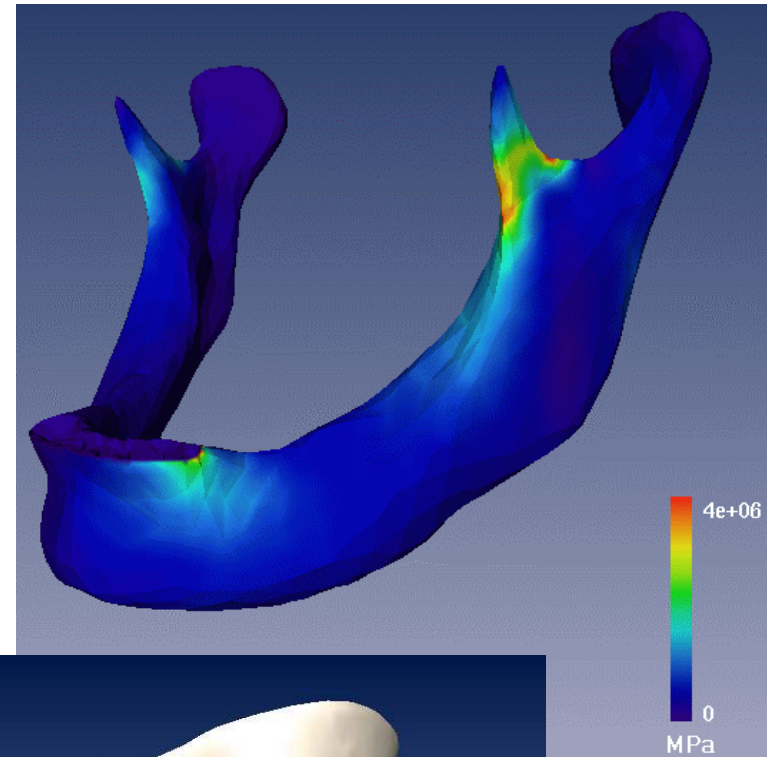
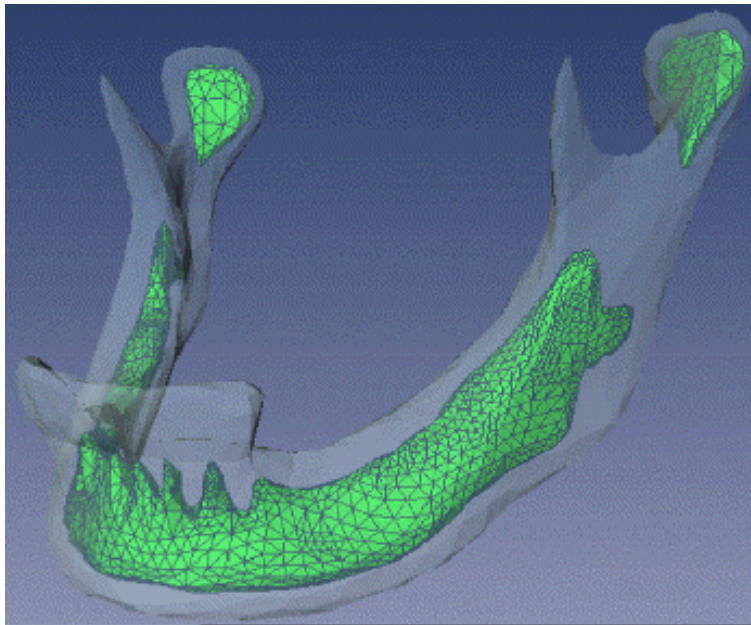
Wettbewerb

Distanz von 30 cm
überspannen



Finite Elemente am Konrad Zuse Institut

- Lehrer- / Expertenvortrag
- Kontext:
 - Medizin
(Physik, Sek II, *Berger, 2002*)
 - Computer
 - Aktuelle Wissenschaft



Zusammenfassung

- „Physik im Kontext“ Berlin
- Didaktisches Konzept:
 - situated learning
 - phänomenologisch
 - kumulativ
 - kontextbasiert
- Umsetzung in der Mechanik durch Statik
- Unterrichtsverlauf
- Einführung von Vektoren
- Experimente



Bonus

Hebelgesetze

- Begehbare Wippe
- Gewicht der Wasserkiste?



Lose und feste Rolle

- Herleitung aus den Hebelgesetzen

