

Der virtuelle Sandkasten

Ass.Prof. DI Dr. Stefan Radl
TU Graz

HS-Prof. Mag. Dr. Erich Reichel
Pädagogische Hochschule Steiermark

Netzwerktag 2017
3.3.2017



Überblick

- A. Was ist schwerer: trockener oder feuchter Sand?
- B. Natur- und ingenieurwissenschaftlicher Unterricht mit Sand
- C. Modellbildung in der Physik & Forschendes Lernen mit feuchtem Sand
- D. Wie macht das der Sand? (Wasserbrücken & Kapillarität)
- E. Forschung am Computer und industrielle Relevanz: Industrie 4.0
- F. Reynolds'sche Dilatanz - ein „Keksperiment“









A) Was ist schwerer?

Trockener oder feuchter Sand?

Wovon hängt die Stabilität einer Sandburg ab?

Wie kann man die Stabilität einer Sandburg testen?



B) Natur- und ingenieurwissenschaftlicher Unterricht mit Sand

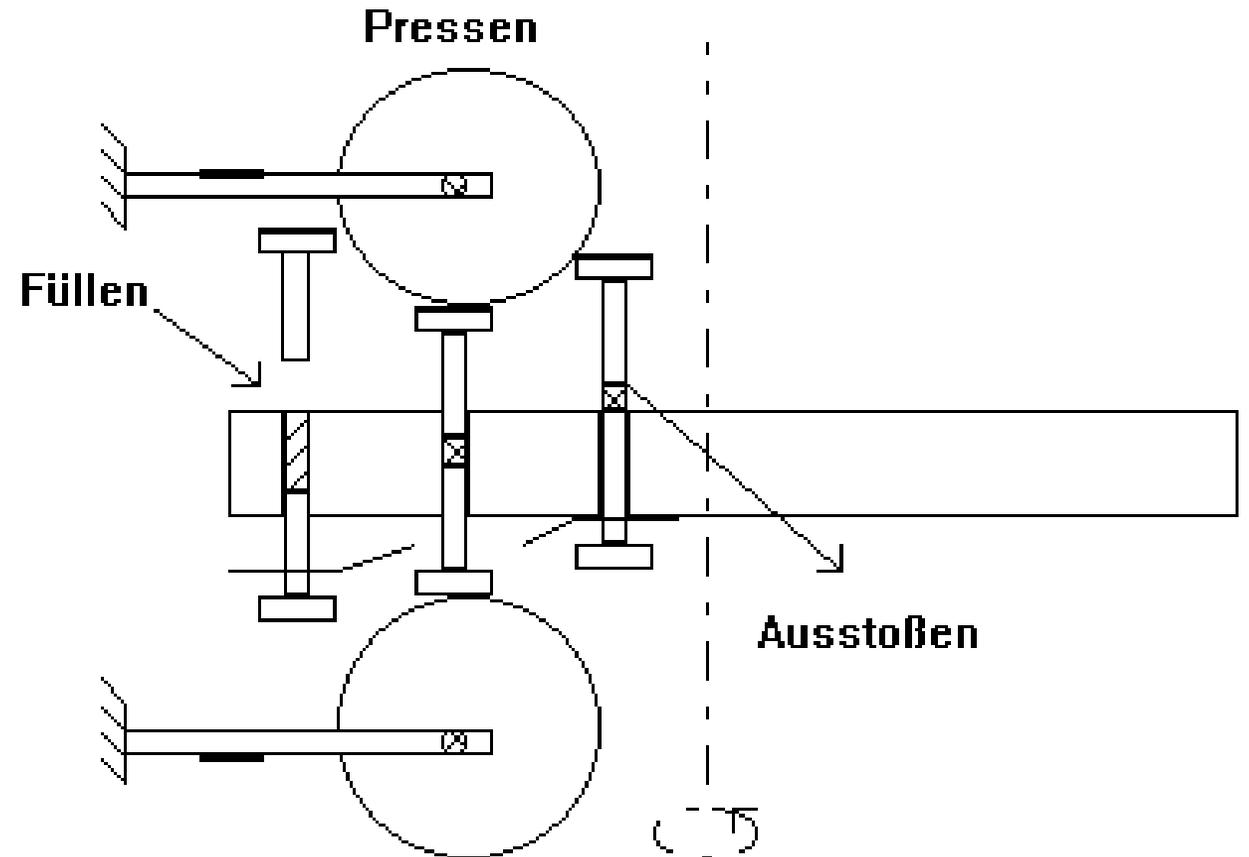
Am Beispiel der Dichte

Dichte

Warum ist die Dichte wichtig?



<https://www.welt.de>



<http://www.fuzzytech.com>



Dichte

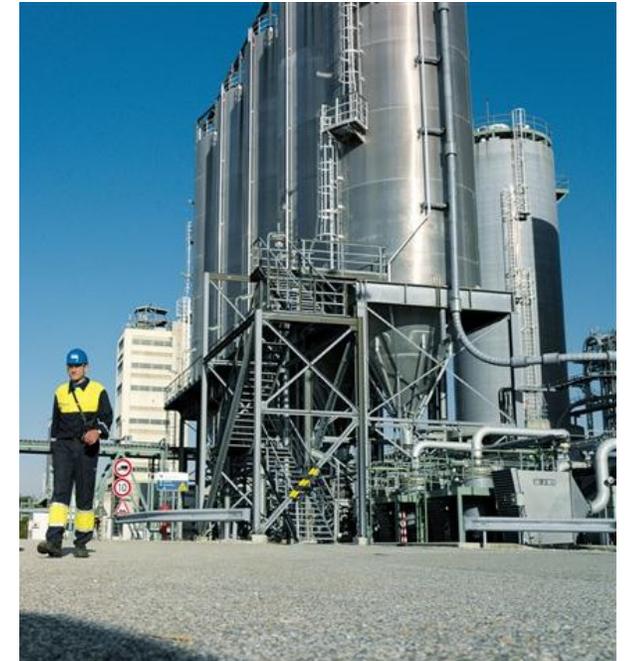
Bedeutung der Schüttdichte für das tägliche Leben – Beispiele?



<https://www.welt.de>



<http://www.robel.info>



<http://www.burghausen.com>
(Borealis)

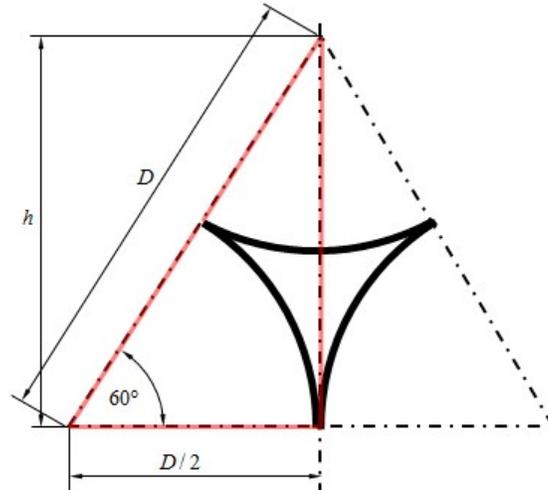
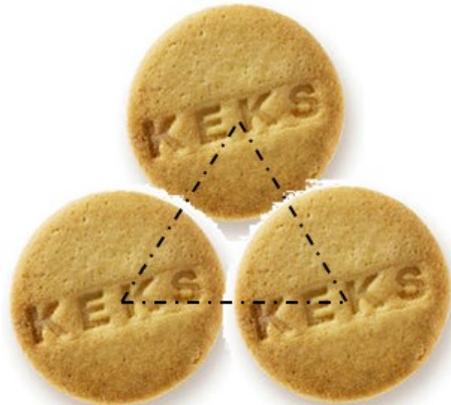


Themen für den Unterricht

Keksperimente

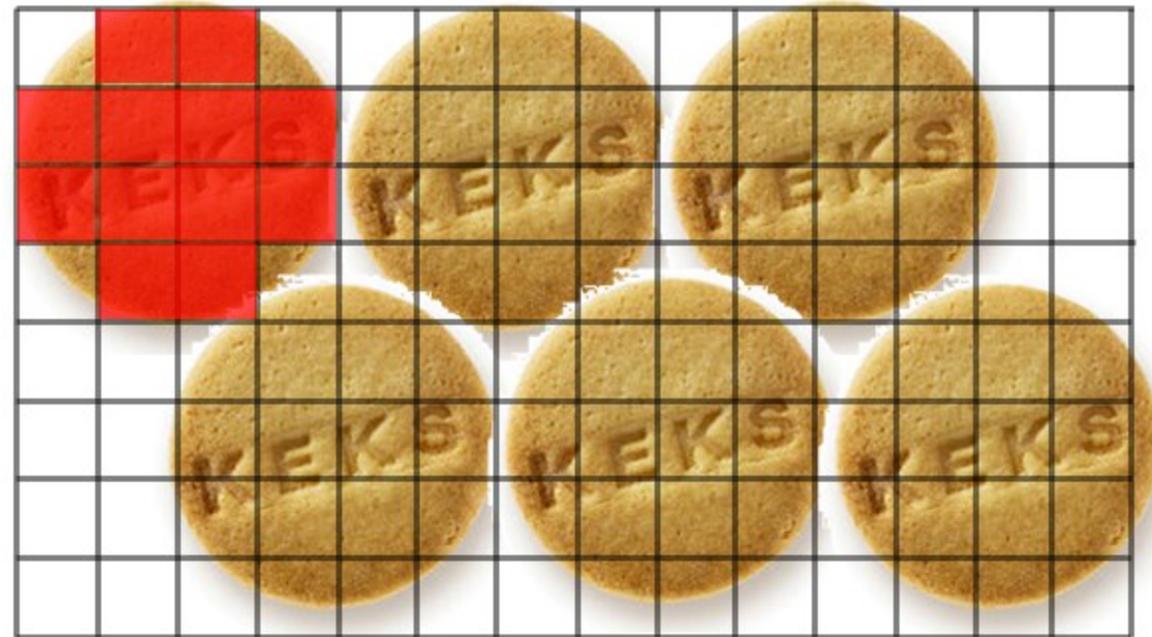
Einfache **Dichtemessung** (in Abhängigkeit von Partikelgröße, Feuchte)

Trigonometrie & Geometrie



Differentialrechnung (Krümmung)

Programmierübung **Monte-Carlo Integration**





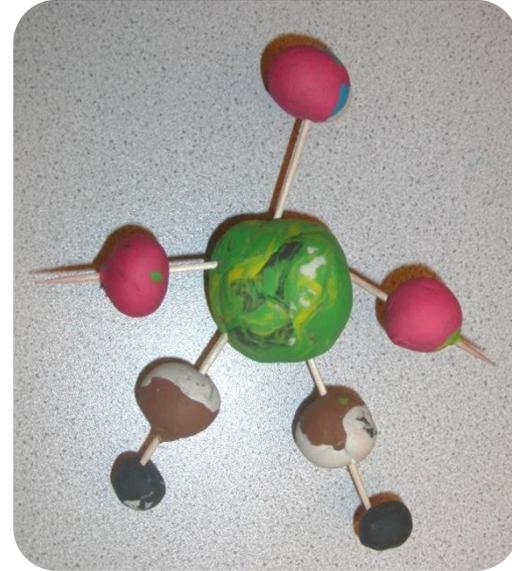
Kompetenzförderung mit Sand?

Forschendes Lernen

Physik



Physik ist die Naturwissenschaft, die sich mit dem Verhalten von Körpern, Materie und Energie in ihrer Wechselwirkung mit Raum und Zeit beschäftigt. Die wichtigste Methodik **besteht in der Modellbildung** und der **experimentellen Überprüfung des Modells**.

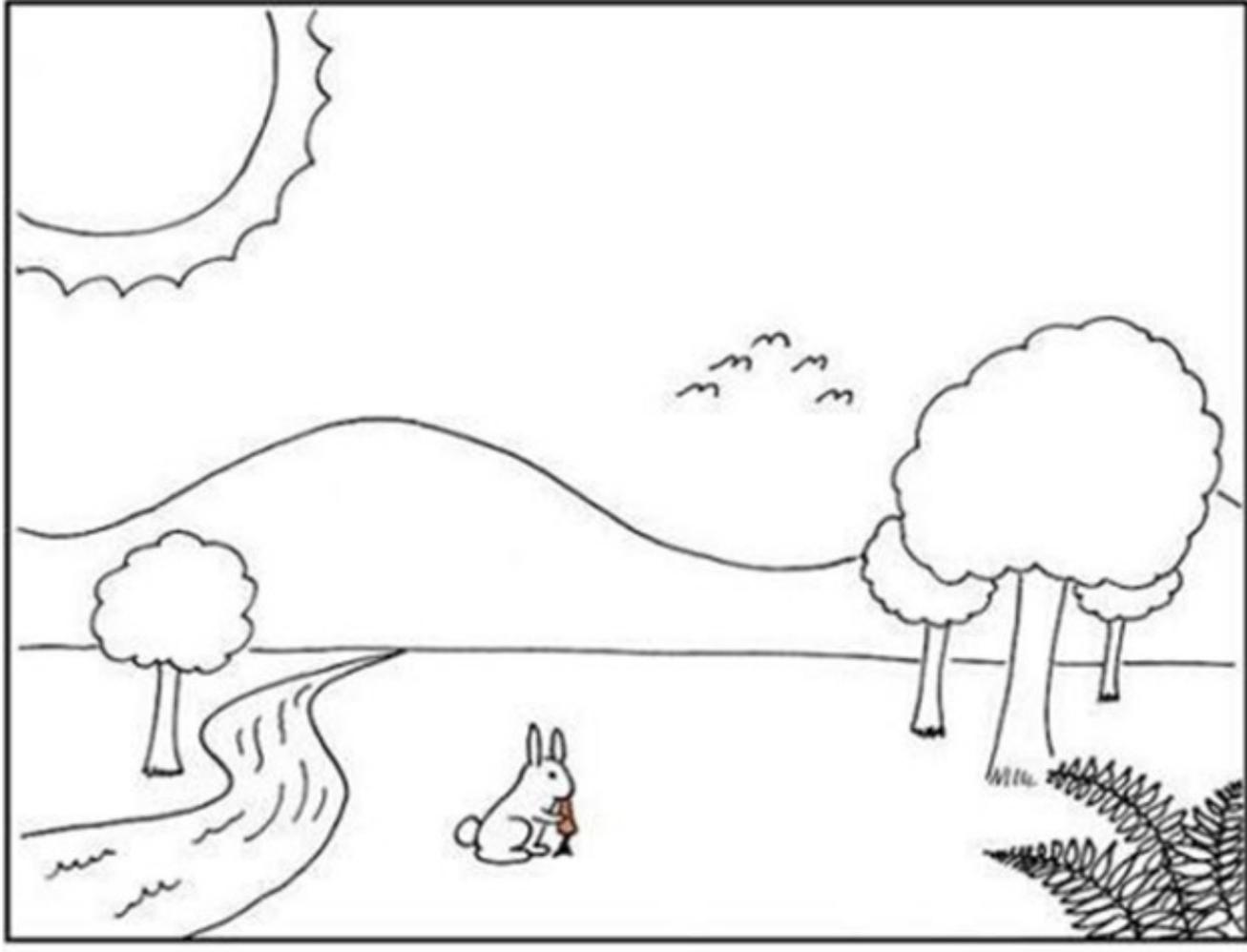


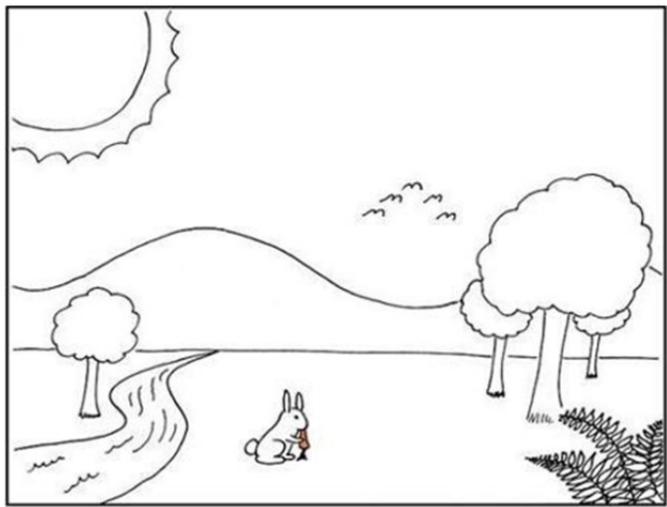
Modellbildung

$$F = m \cdot a$$
$$M = F \cdot r$$
$$F = m \cdot g$$
$$E = m \cdot g \cdot h$$

.....







$$\begin{aligned} & 1\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 2\text{H} + 2\text{e}^- \\ & 1\text{H} + 1\text{H} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H} \\ & 2\text{He} + 2\text{He} \rightarrow 4\text{He} + 2\text{H} \end{aligned}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{j}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$R_{\text{uv}} - \frac{1}{2} R g_{\text{uv}} = 8\pi G T_{\text{uv}} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{j}$$

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = C$$

$$n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{O}_2$$

$$[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V] \Psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$$

$$f_1(x, y) = \begin{bmatrix} a_1 \pi & a_2 \pi \\ -a_3 \pi & a_4 \pi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \dots$$

$$f_2(x, y) = \begin{bmatrix} a_1 \pi & a_2 \pi \\ a_3 \pi & a_4 \pi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \dots$$

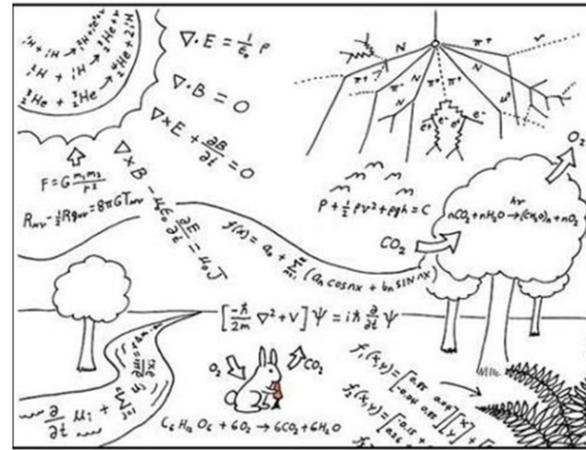
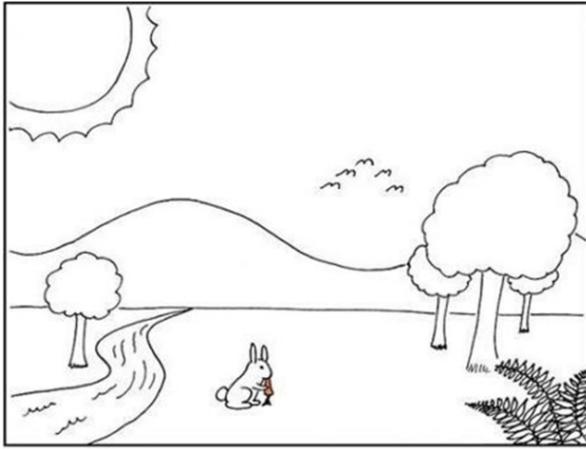
$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \mu_i + \dots$$

This is how scientists see the world.

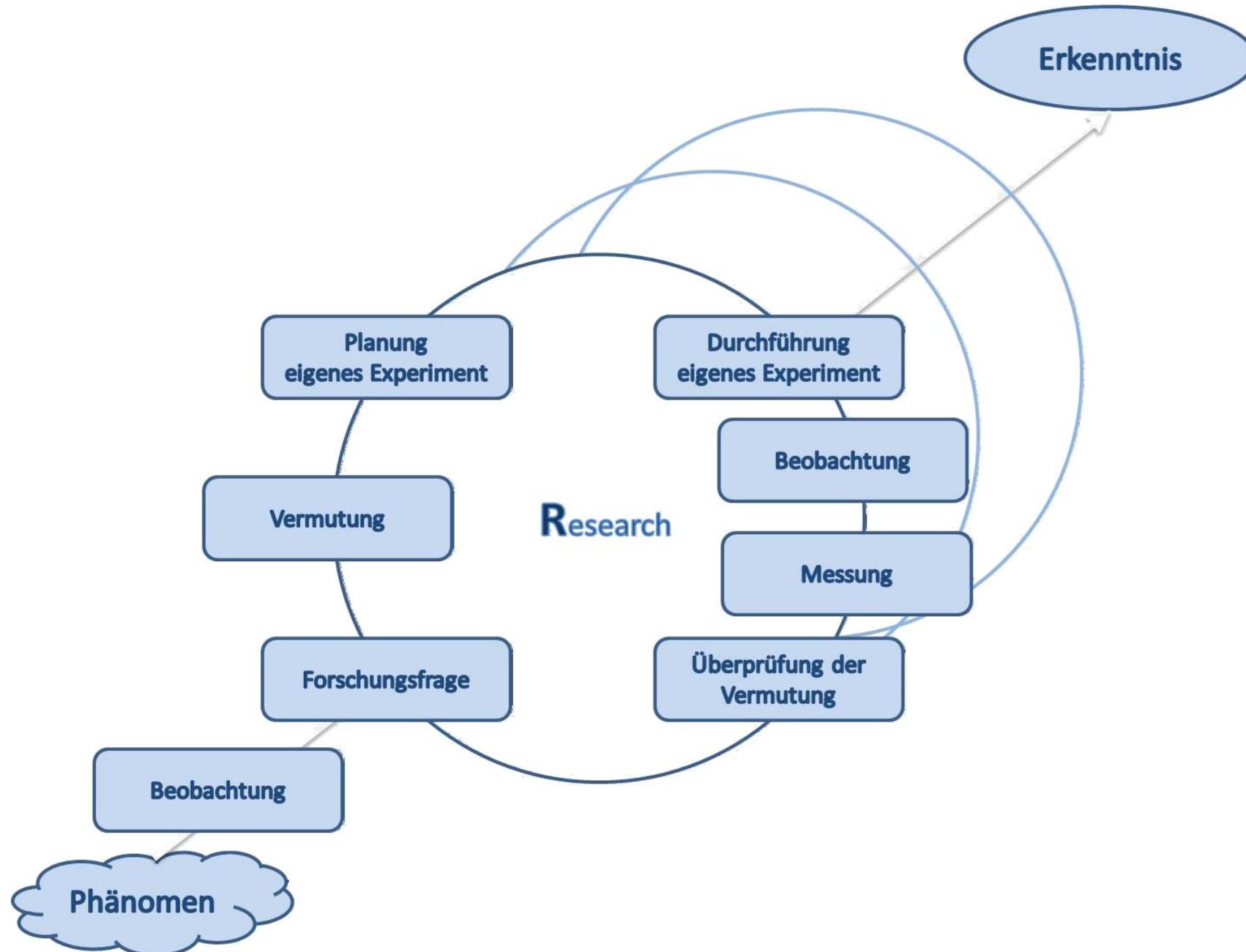


Der Weg zur Industrie 4.0



This is how scientists see the world.





I. Einleitung.

1. Natur; Naturkörper. Durch die Vermittlung unserer Sinne (Gesichts-, Gehör-, Gefühls-, Geruchs- und Geschmackssinn) nehmen wir um uns herum verschiedene Dinge wahr und erkennen an ihnen mancherlei besondere Eigenschaften.

So erkennen wir mit dem Auge u. a. die Gestalt, die Farbe und den Glanz der Dinge; wir sehen auch, an welchem Orte sie sich befinden. Der Gefühlssinn bringt uns zur Kenntnis, ob sie glatt oder rauh, kalt oder warm sind; er verrät uns auch manches über die Gestalt der Dinge und läßt uns gleichfalls den Ort erkennen, an dem sie sich befinden. — Was erfahren wir durch die anderen Sinne?

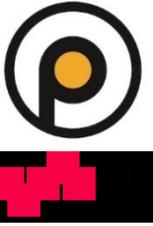
Die Gesamtheit alles desjenigen, was wir durch die Sinne wahrnehmen, bezeichnen wir als **Sinnenwelt** oder **Natur**. Die sinnlich wahrnehmbaren Dinge selbst heißen **Naturkörper**.

Wir unterscheiden belebte oder organische Naturkörper oder Organismen (Tiere und Pflanzen) und unbelebte oder anorganische Naturkörper. — Nenne verschiedene Naturkörper und gib an, was wir über sie durch unsere Sinne erfahren!

WIEN, 1911.

DR. KARL ROSENBERG,
k. k. Landeschulinspektor.





Beobachtung

- Wahrnehmung eines Phänomens mit allen Sinnen.
- Messen = „objektivierbare“, wiederholbare Beobachtung



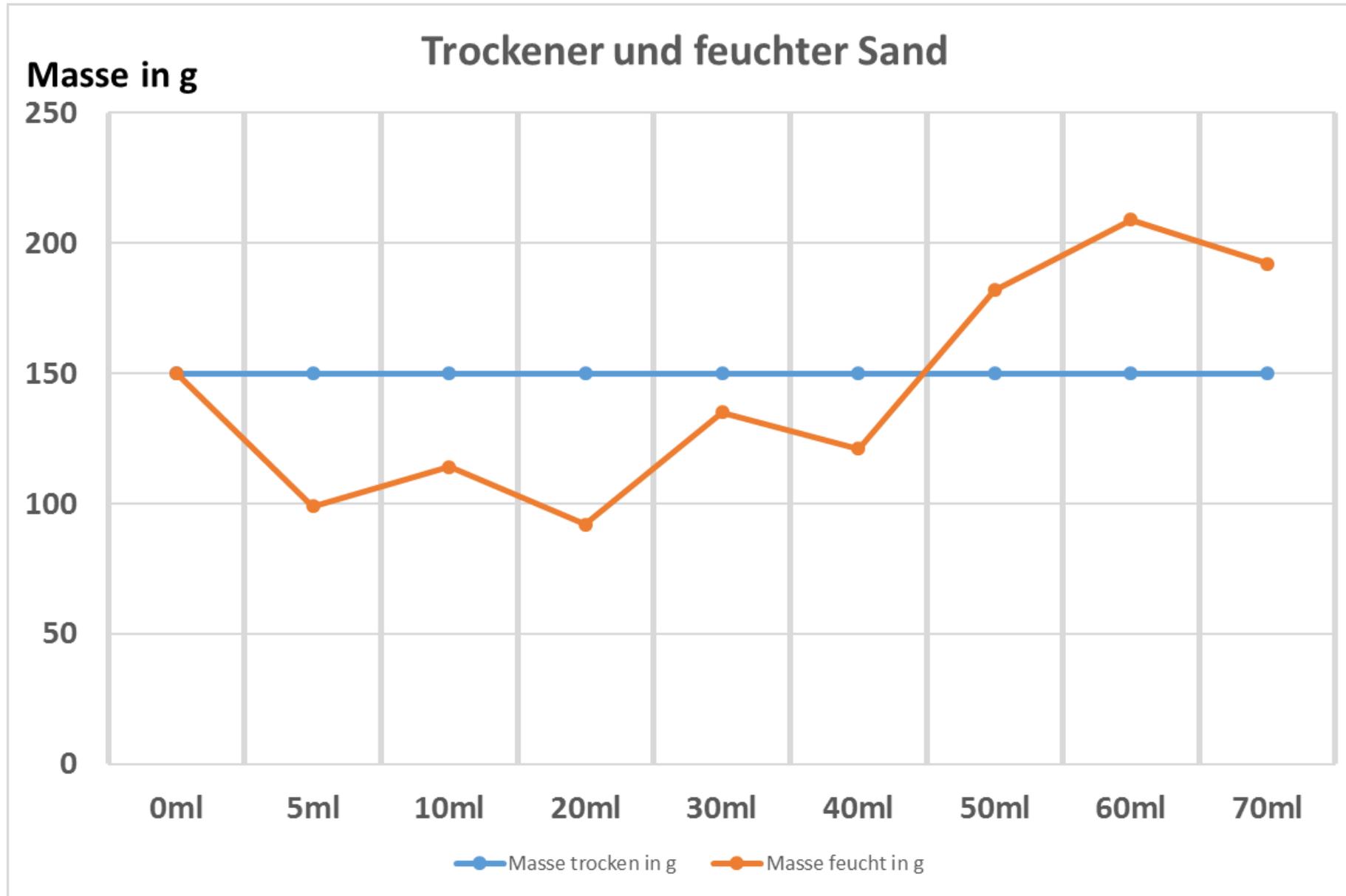
Vorteile dieses Lernzyklusses

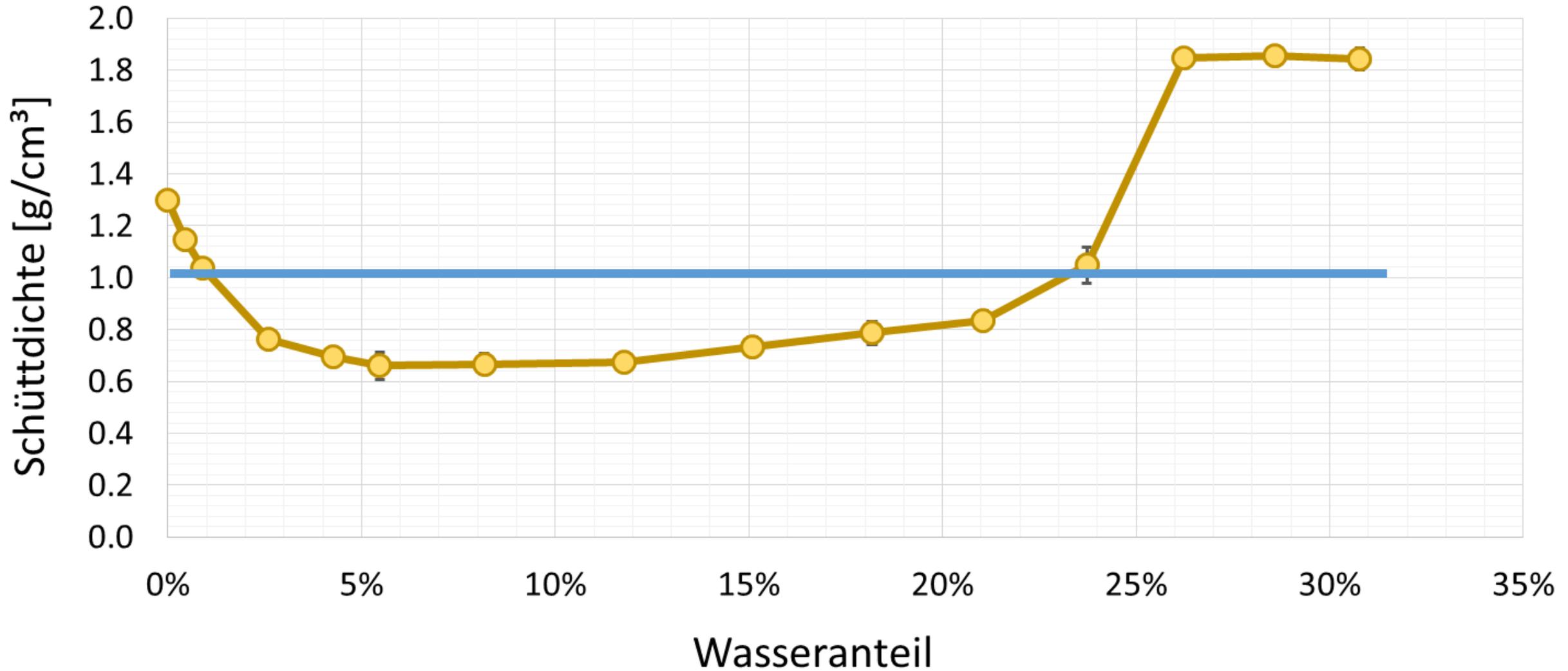
- Eine inhomogene Gruppe erhält vereinheitlichte Vorkenntnisse.
- Abstimmung des Soll- Ist- Vergleiches ermöglicht eine schülernahe Planung.
- Defizite können geortet werden.
- Erstellung eines individuellen Lernproduktes

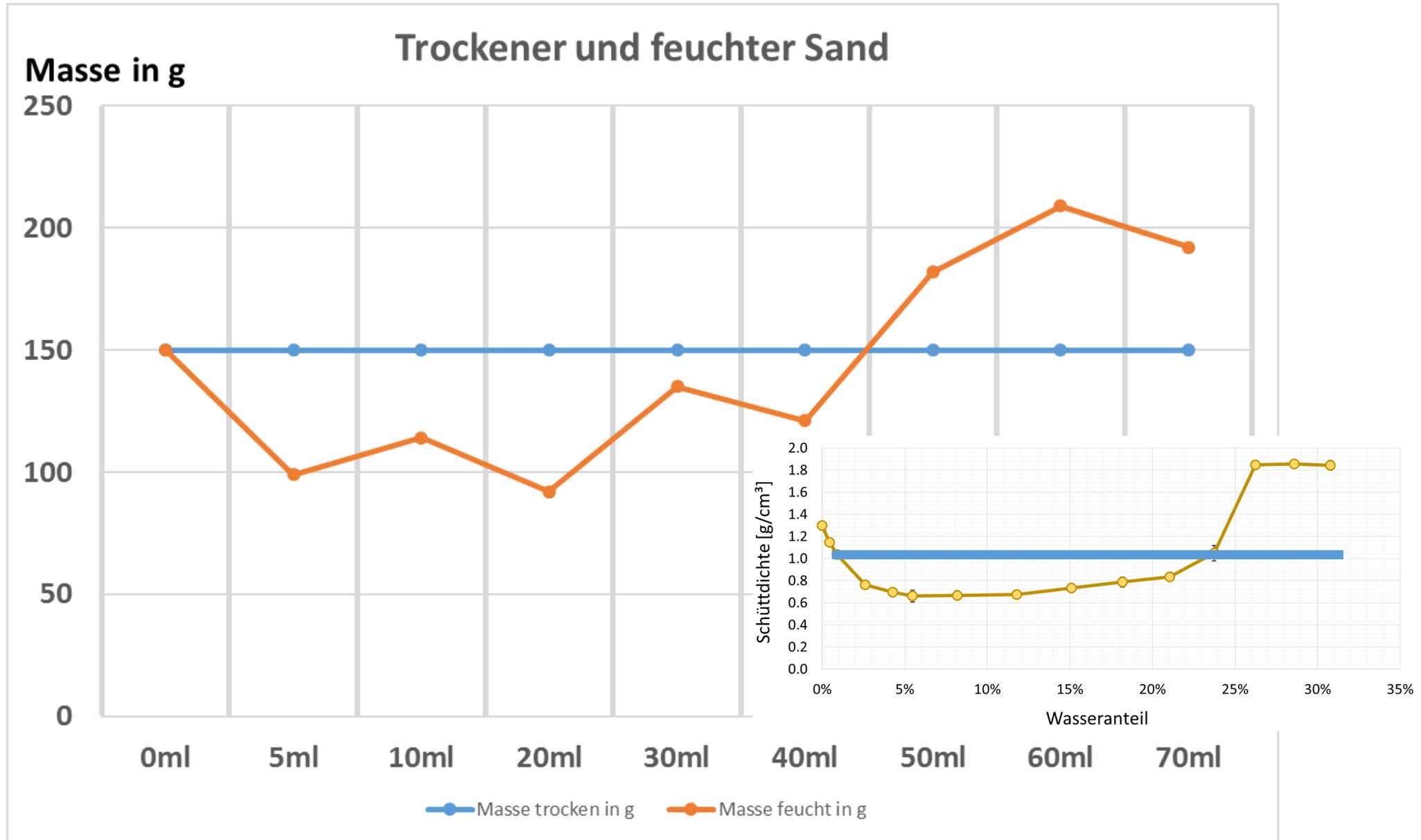


①	trocken 154,7g	+ 5ml 98,6g
②	150,7g	+ 10 ml 113,8g
③	153,7g	+ 20 ml 92,0g
④	150,5g	+ 30 ml 134,7g
⑤	149,5g	+ 40ml 121,1g

⑥	trocken 147,0 g	+ 50 ml 182g
⑦	157,4g	+ 60 ml 208,7g
⑧	154,0g	+ 70 ml 192,0g
⑨	154,7g	+ 10 ml 114,9g
⑩	158,3g	+ 20ml 99,6g







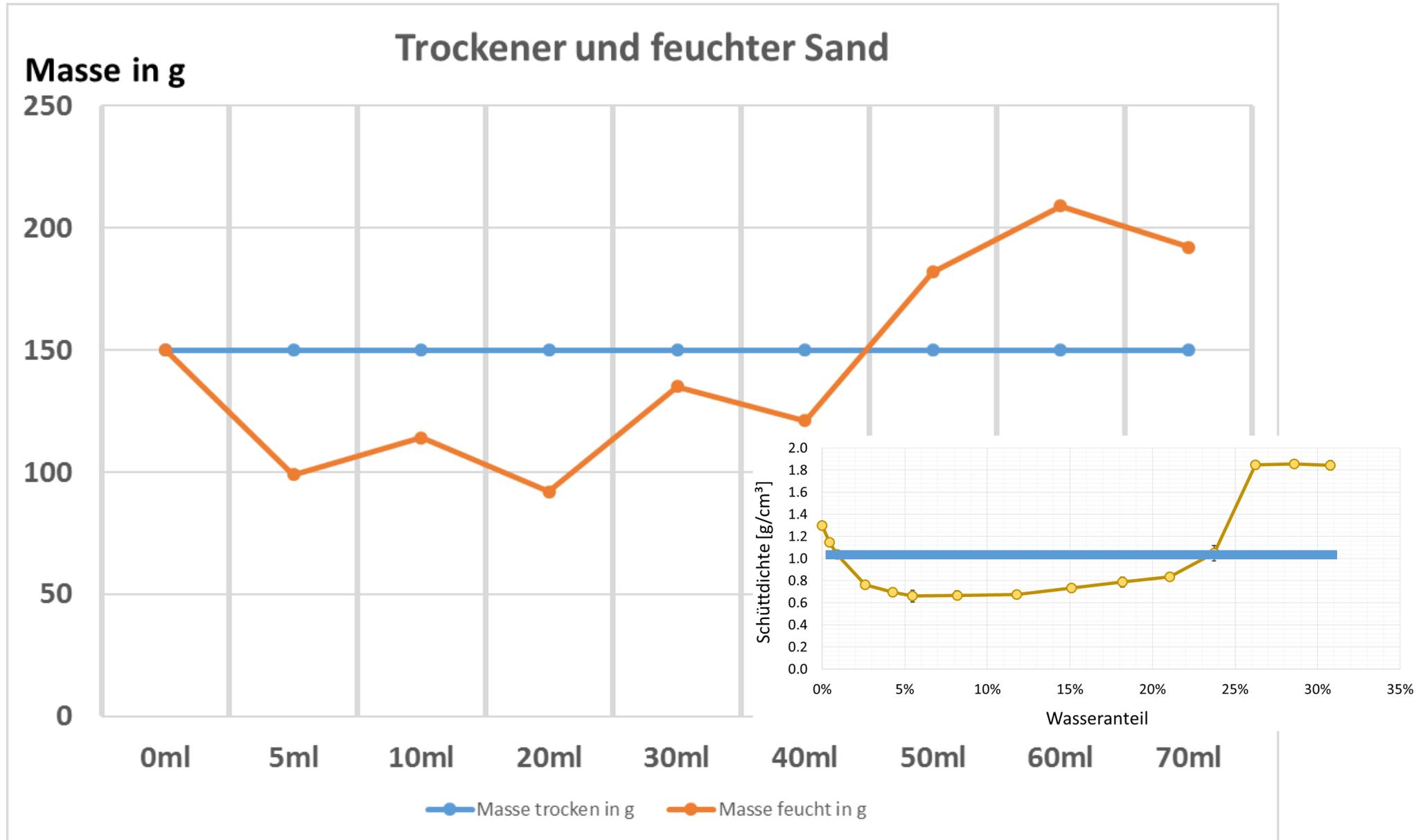
Wie sehen diese Unterrichtseinheit die 10-jährigen?



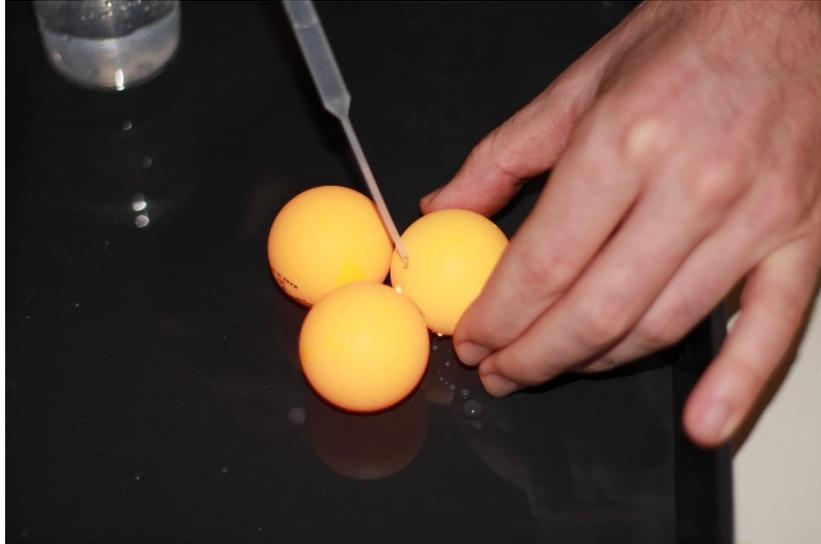
Zielscheibe



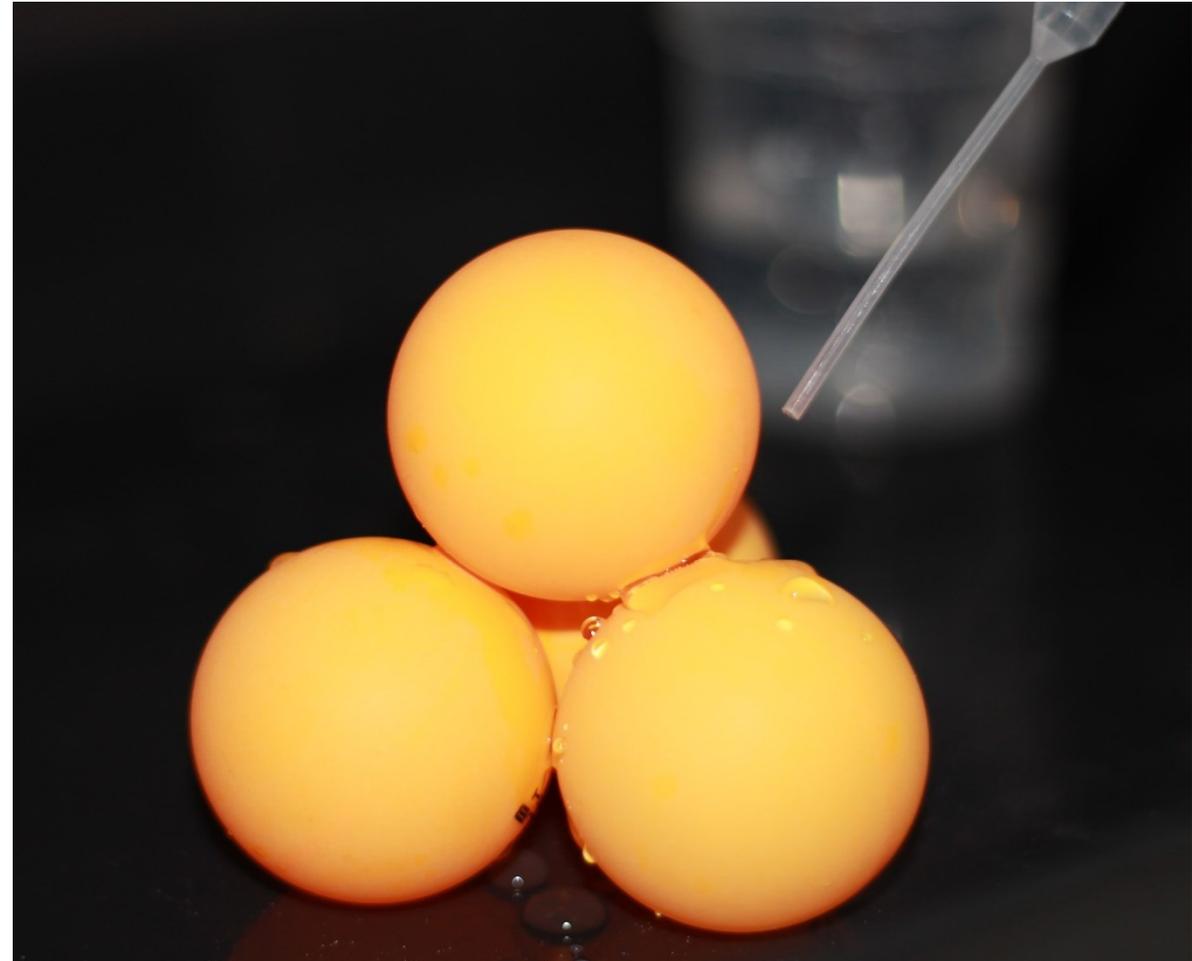
D) Wie macht das der Sand?

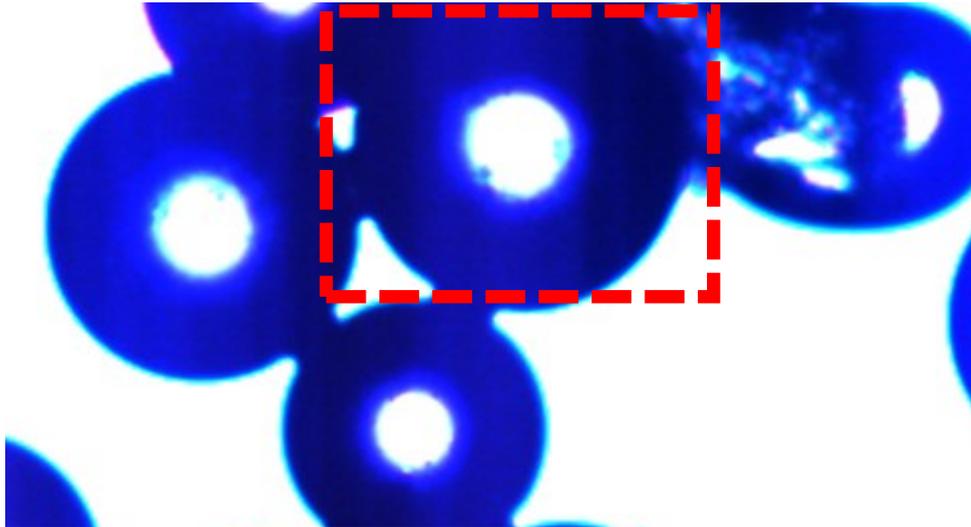


Tischtennisballpyramide



Hands On!

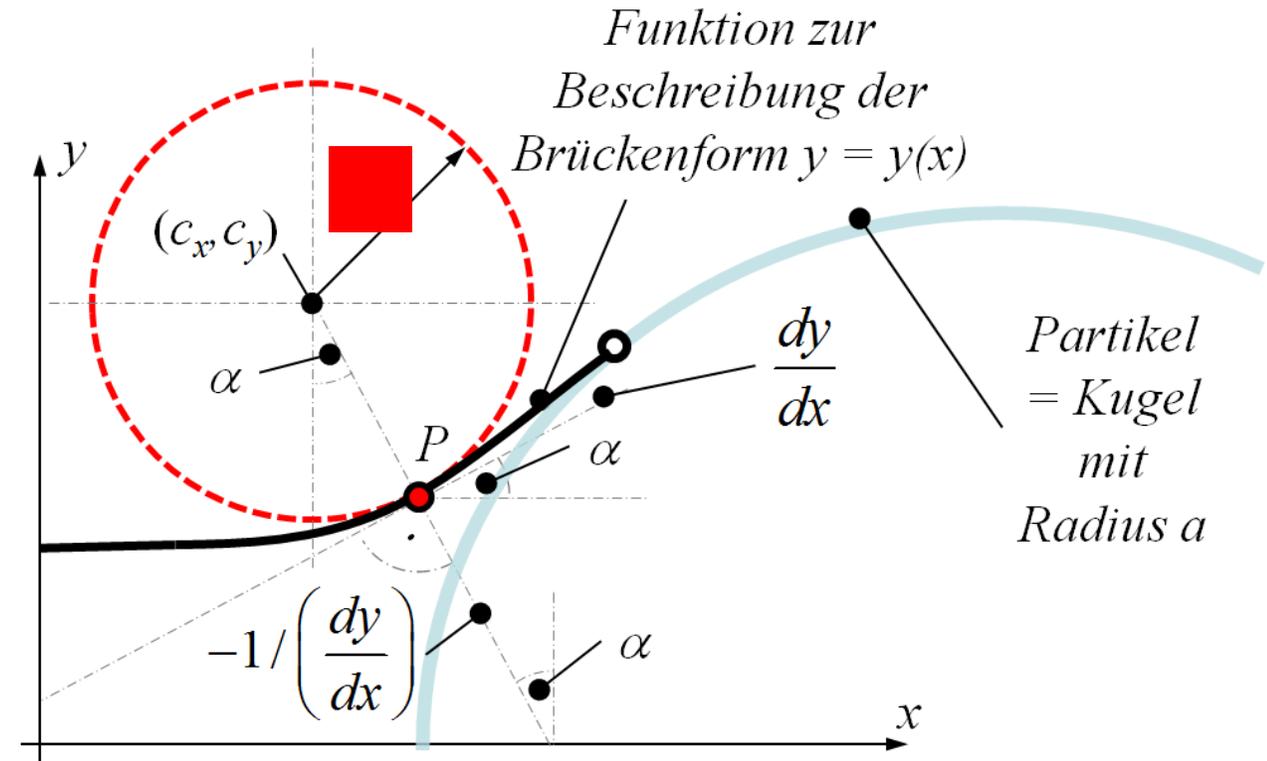




Die Young-Laplace Gleichung

$$H \approx \frac{1}{2a} \frac{d^2 Y}{dX^2}$$

- Erkennen wesentlicher trigonometrischer Zusammenhänge
- Ableiten einer Funktion



$$H = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\alpha} \right) \quad H \approx \frac{1}{2a} \frac{\frac{d^2 Y}{dX^2}}{\left[1 + \left(\frac{dY}{dX} \right)^2 \right]^{3/2}}$$



E) Forschung am Computer und industrielle Relevanz: Industrie 4.0

Warum Forschung am Computer?

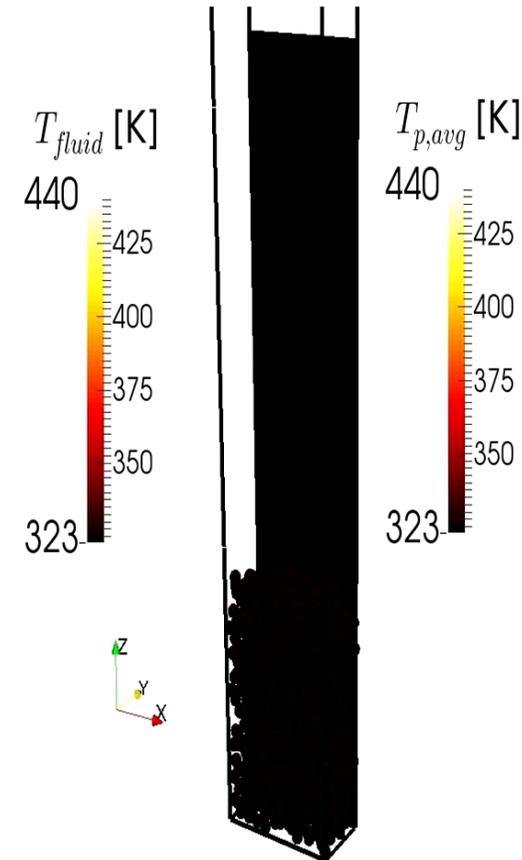
Ziel: **Bessere** Produkte, **effizientere** Herstellungsprozesse



(TU Graz)

Experimente

- sind meistens **teuer**
- erlauben nur **beschränkten Einblick**
- scheitern hin und wieder („**Wer misst misst Mist**“)
- **Sicherheit** = 1. Gebot



Time: 0.00 sec

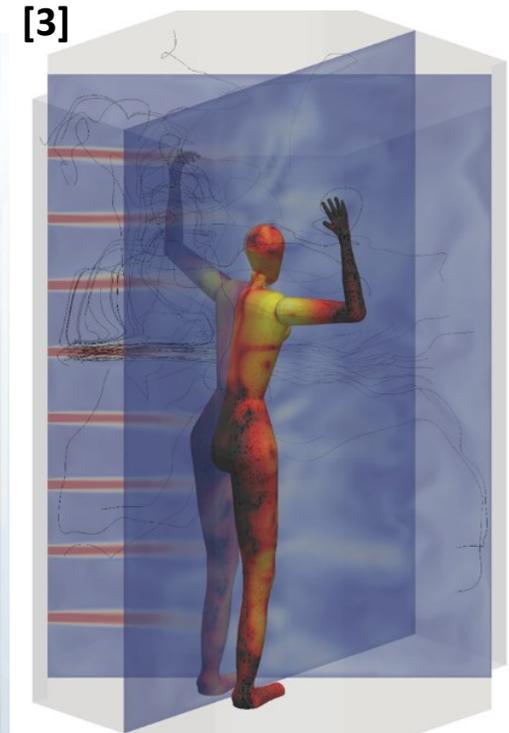
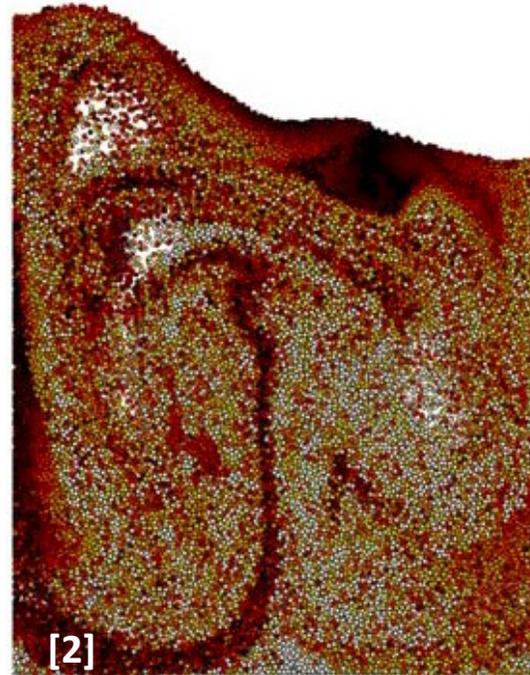
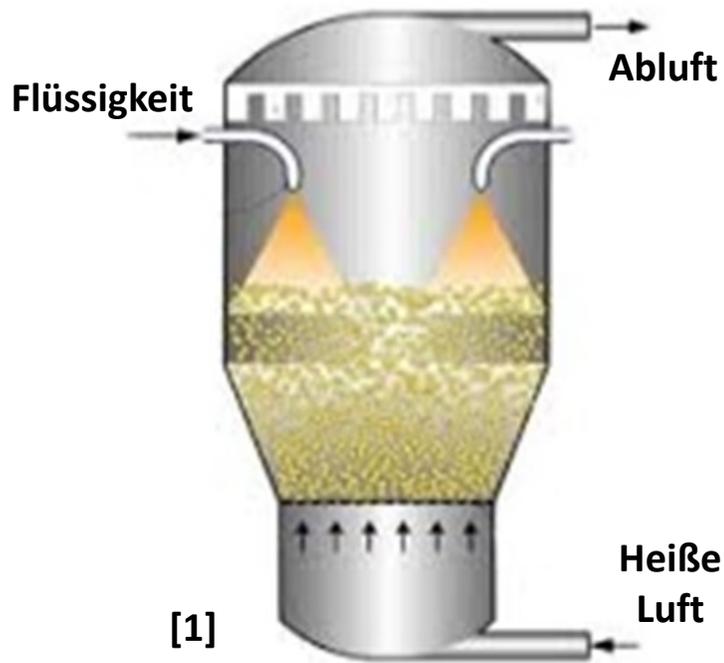
Simulationen

- erlauben einen „**tiefen Einblick**“: **Datenflut!**
- ermöglichen **extreme Variationen** der Parameter

Warum Forschung am Computer?

Beispiele für Herausforderungen aus der Industrie

- Granulierung & Beschichtung im Bereich “Food & Pharma”, Reinraumtechnik, etc. Strömungsprobleme!
- Industrie 4.0 - oder die “Wettervorhersage” für die industrielle Produktion



[1] Sharmista Chatterjee, AAPS Annual Meeting, 2011

[2] Askarishahi et al., AICHE J, 2016

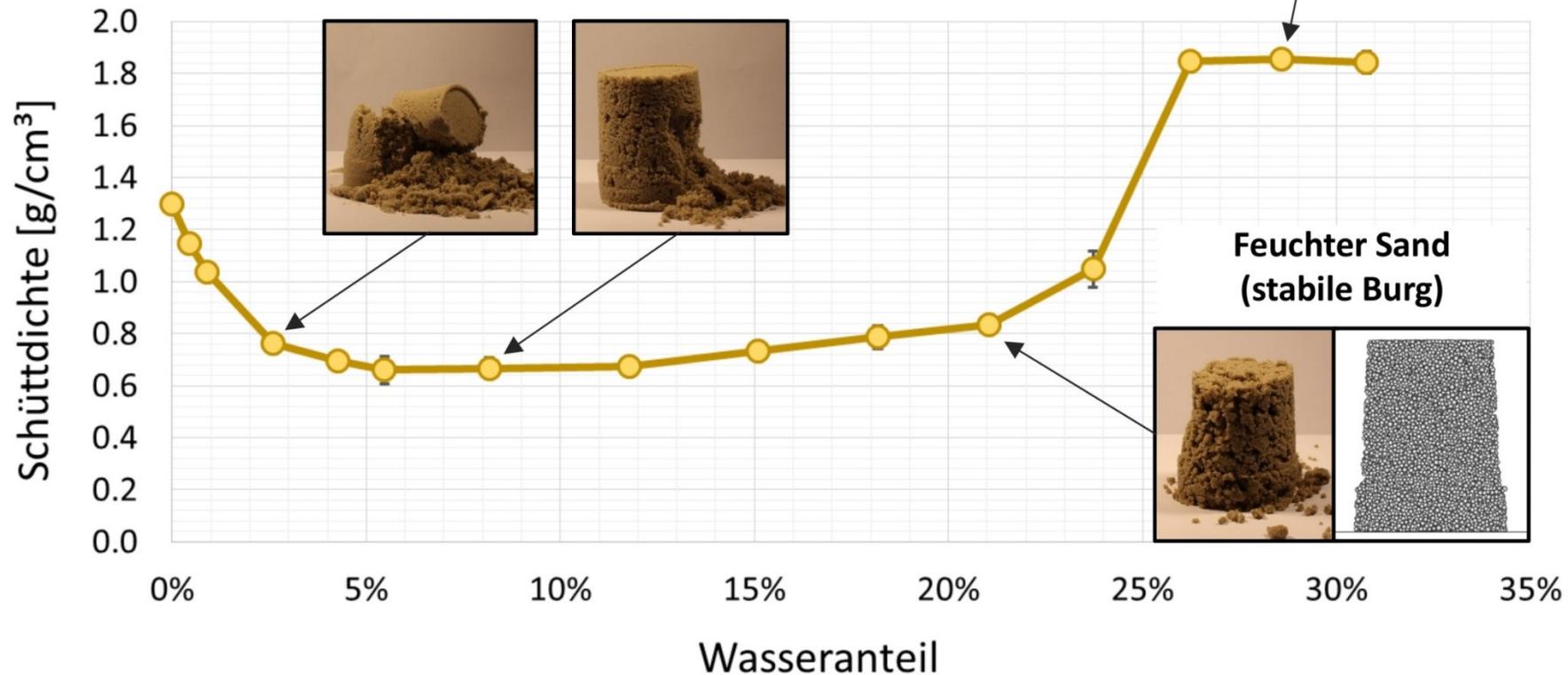
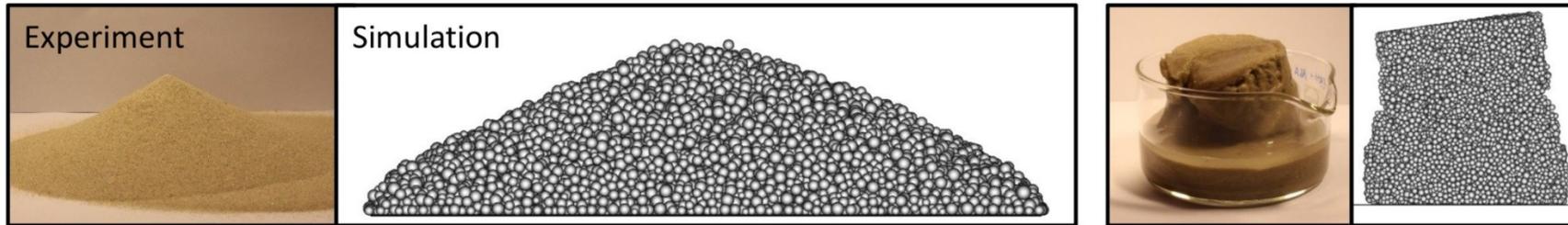
[3] Redlinger-Pohn et al., TU Graz.



Warum Forschung am Computer?

Trockener Sand

Zu feuchter Sand (Slurry)



Simulationen

- erlauben die **Vorhersage** und **Analyse** von Vorgängen in der Industrie

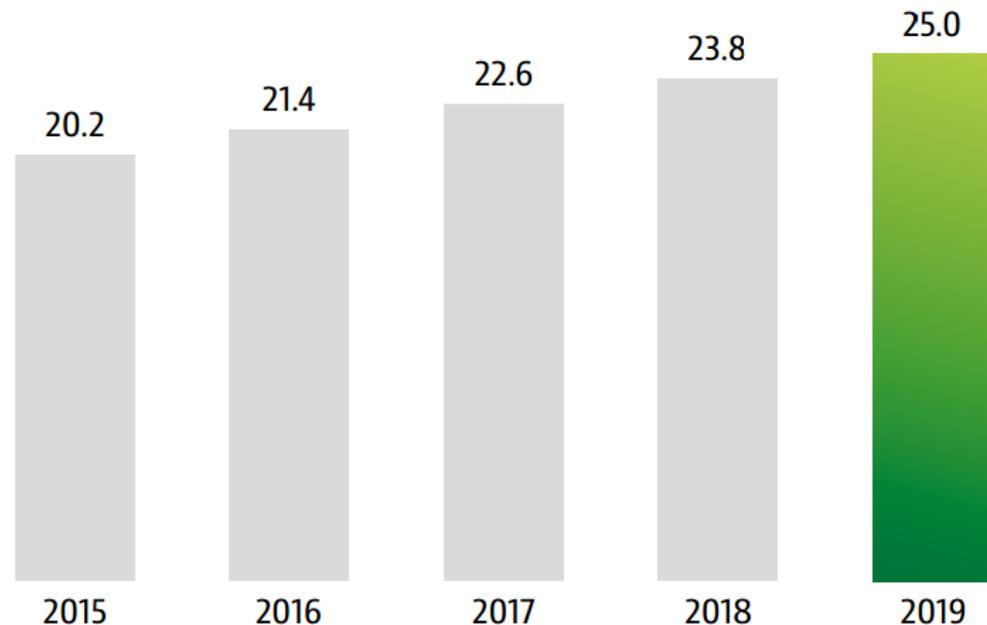
→ **Planungs-sicherheit!**



Warum Forschung am Computer?

Welcher Wert steckt dahinter?

- Europäischer Softwaremarkt ca. **78 Milliarden €/a** (German Trade and Invest, www.gtai.de), europäischer Spielemarkt ca. **20 Milliarden €/a** (<http://www.bigfishgames.com>)
- Wissenschaftliche Software: ca. **200 Mio.€/a** in Europa [4].



Wohin geht die Reise bei Industrie 4.0?

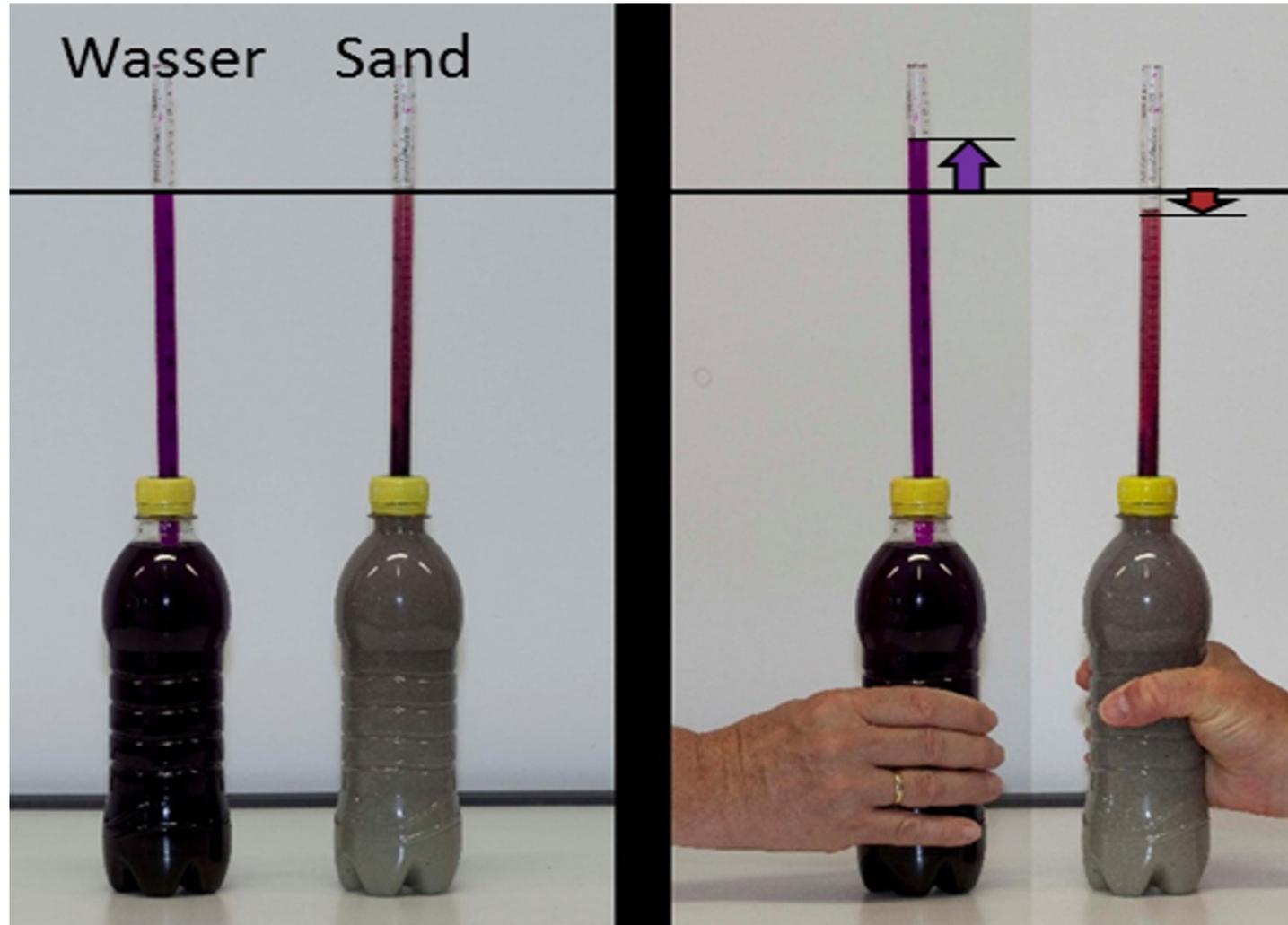
Entwicklung des **Softwaremarktes (gesamt)** in Deutschland (Mrd. €/a, www.gtai.de)



F) Reynolds'sche Dilatanz

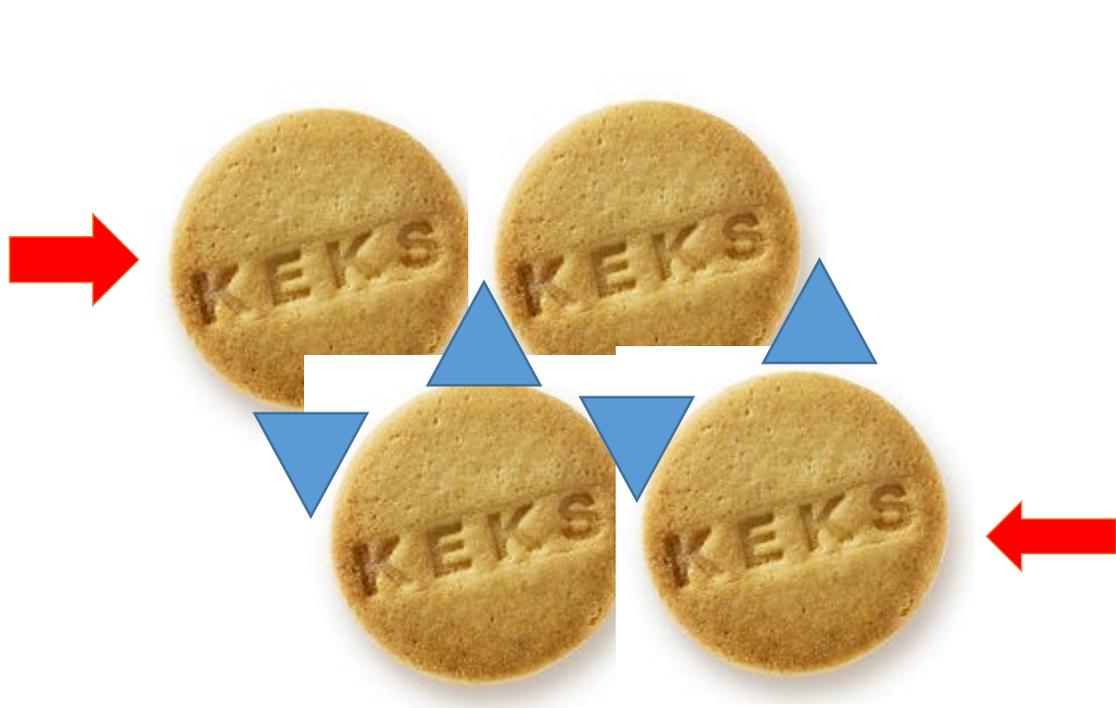
Ein Keksperiment

Reynolds'sche Dilatanz – das Experiment

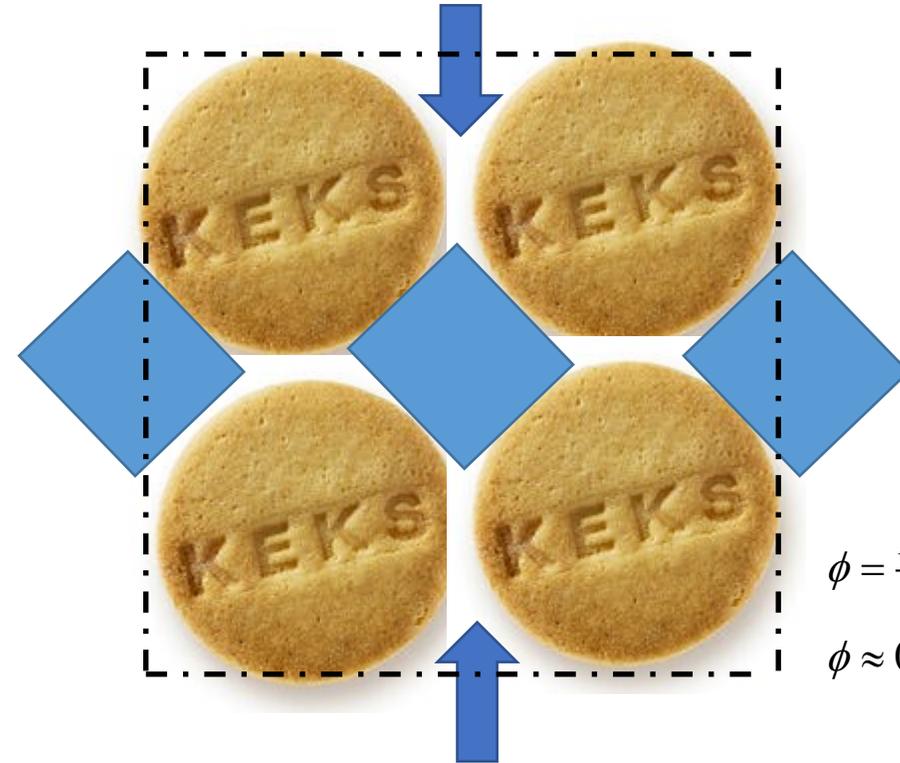




Keksperiment: „Keksmodell“



Wie groß ist der Flächenanteil in diesem Fall?



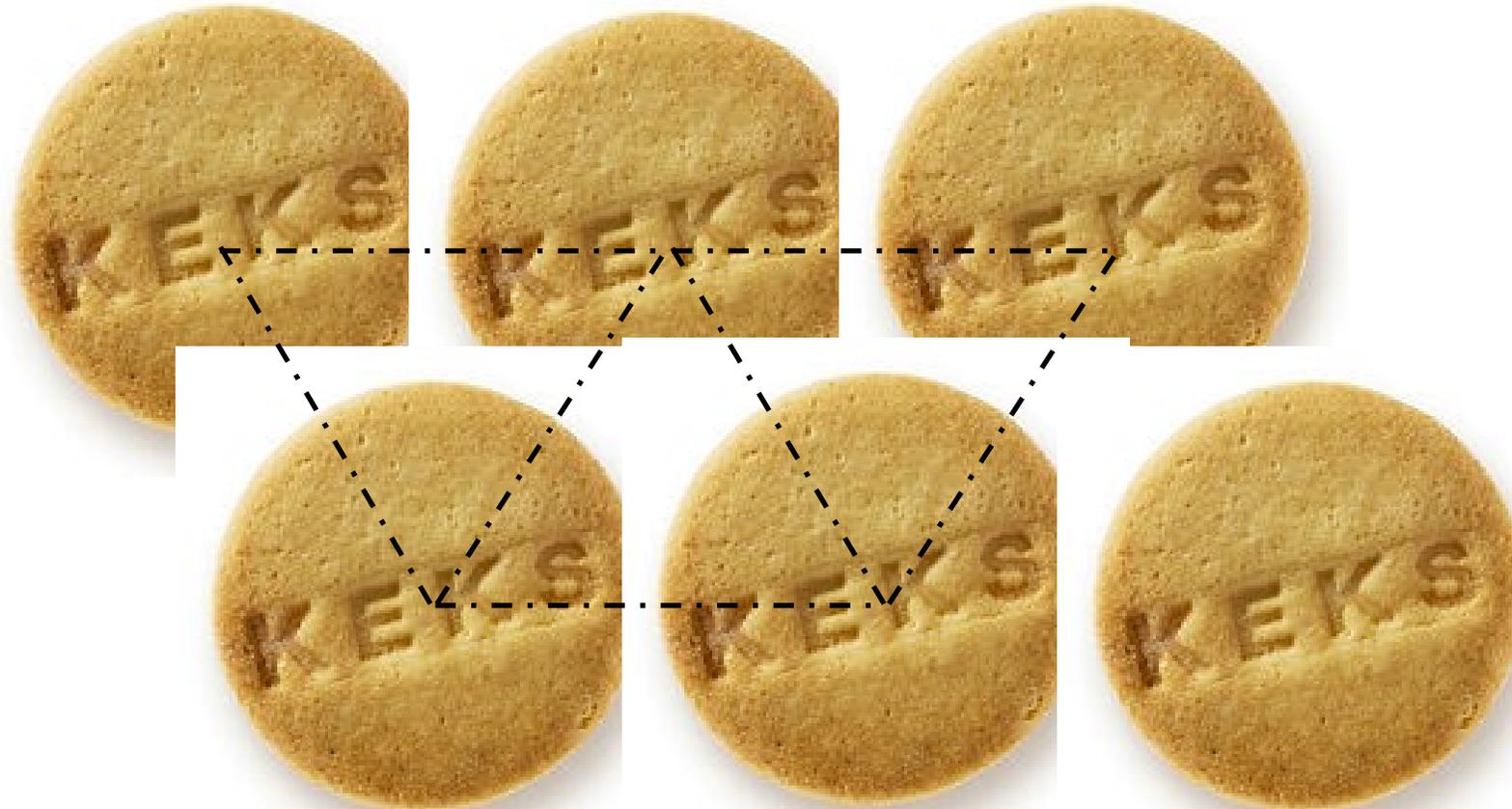
$$\phi = \frac{D^2 \pi}{4} \frac{1}{D^2} = \frac{\pi}{4}$$
$$\phi \approx 0.785$$

Berechnung des Flächenanteils **einfach!**

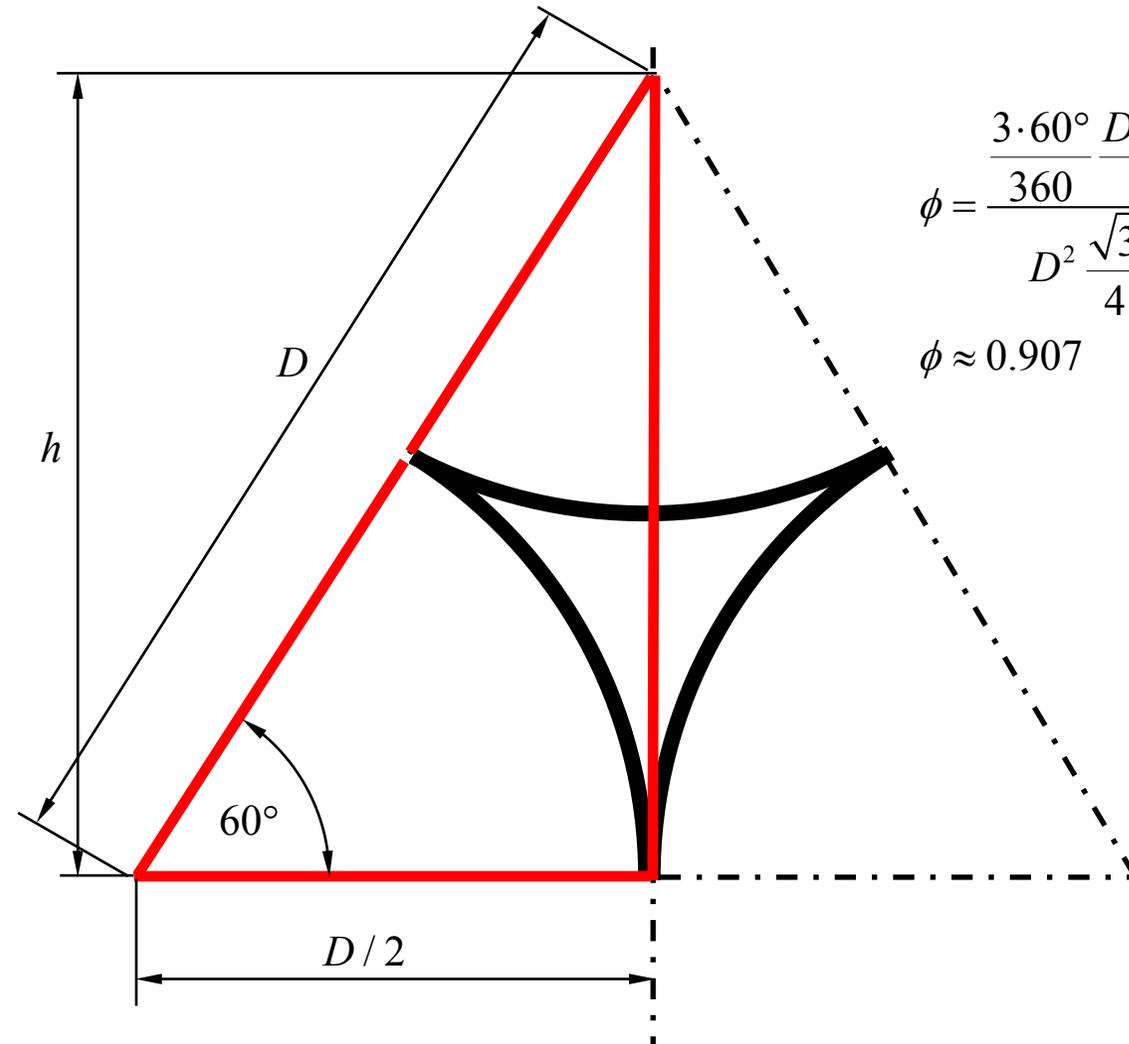
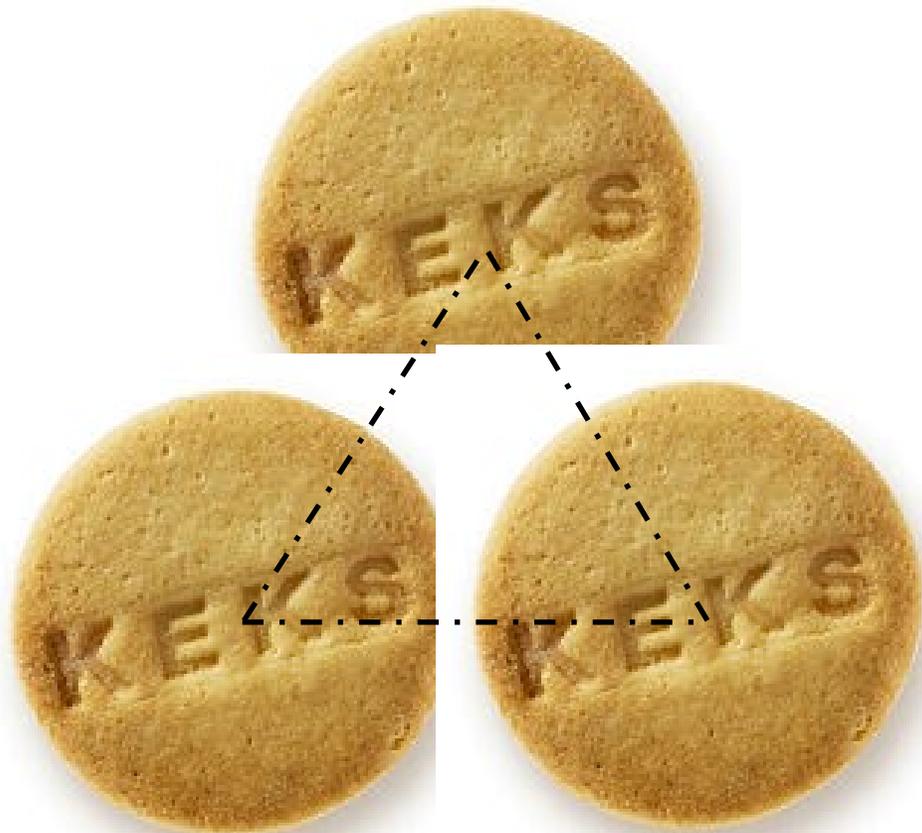


Keksperiment: „Keksmodell“

Hurra: **Symmetrie!**



Keksperiment: „Keksmodell“



$$\phi = \frac{3 \cdot 60^\circ \frac{D^2 \pi}{4}}{D^2 \frac{\sqrt{3}}{4}} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}}$$
$$\phi \approx 0.907$$

Keksperiment für Alle!


Experiment



ippt.tugraz.at/vsb


Modell

$$\Phi_d = -\beta_{sf}(\mathbf{u}_f - \mathbf{u}_p)$$

$$\beta_{sf} = 18\rho_f\nu_f\varphi_f(1-\varphi_f)\frac{F(\varphi_f, Re)}{d_p}$$

$$F(\varphi_f, Re) = 10\frac{1-\varphi_f}{\varphi_f^2} + \varphi_f^2\left(1 + 1.5\sqrt{1-\varphi_f}\right)$$

$$+ \frac{0.413 Re\left(\frac{1}{\varphi_f} + 3\varphi_f(1-\varphi_f) + 8.4Re^{-0.343}\right)}{24\varphi_f^2\left(1 + 10^{3(1-\varphi_f)}Re^{-\frac{1}{2}(1+4(1-\varphi_f))}\right)}$$

$$\rho_{p,i}V_{p,i}\frac{\partial \mathbf{u}_{p,i}}{\partial t} = f_{cont,i} + \beta_{sf}V_{p,i}(\mathbf{u}_f - \mathbf{u}_{p,i}) - V_{p,i}\nabla P_{f,i} + \mathbf{g}$$

ippt.tugraz.at/vsb


Simulation

```

for (int i = 0; i < nlocal; i++) {
  if (mask[i] & groupbit) {

    // velocity update for 1/2 step
    dtfm = dtf / (rmass[i]*onePlusCAddRhoFluid_);
    v[i][0] += dtfm * f[i][0];
    v[i][1] += dtfm * f[i][1];
    v[i][2] += dtfm * f[i][2];
  }
}

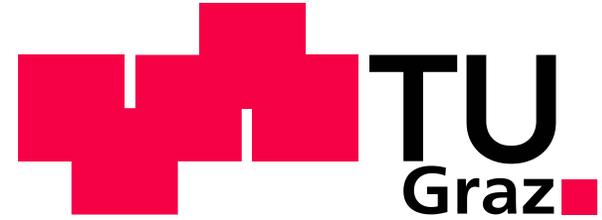
```

ippt.tugraz.at/vsb


Vorhersage



ippt.tugraz.at/vsb



Ass.Prof. DI Dr. Stefan Radl
TU Graz

HS-Prof. Mag. Dr. Erich Reichel
Pädagogische Hochschule Steiermark

Netzwerktag 2017
3.3.2017