VR-Labor

Nachtrag zum letzten Mal…

Prof. F.-E. Wolter
Maximilian Klein

Welfenlab

Bis heute!

22.05.2015

1. Ein 1D Heightfieldwater implementieren.
2. Die Heat Equation lösen
3. Advektion berechnen
4. Eine Erweiterung Implementieren
5. Warum rechnen wir mit Kräften und nicht mit Beschleunigungen?

Ihr stellt vor

Warum Kräfte?

1. Actio = Reacti

Kraft = Gegenkraft

1. Actio = Reacti

Kraft = Gegenkraft

Nicht Beschleunigung = Gegen Beschleunigung

2. Superpositionsprinzip

Kräfte addieren sich unabhängig von deren Ursprung

3. Rigid Body Dynamics

Kräfte erzeugen Drehmomente*

*Natürlich irgendwie umformulierbar auf Beschleunigungen, aber Vorsicht ist geboten!

Deswegen auch Energie!

Energie ist eine Invariante

Deswegen auch Energie!

Energie ist eine Invariante
formal schön aufschreibbar

Deswegen auch Energie!

Energie ist eine Invariante
formal schön aufschreibbar

(Energie selber beobachtet man aber eigentlich nicht.)

Heute…

Kollisionen

Simple und schwere…

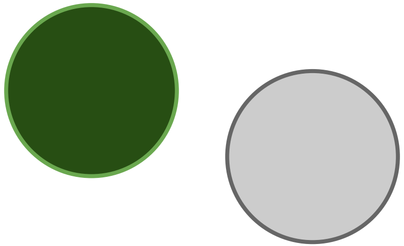
Kollisionen sind immer schwer!

Kollisionen sind (idealisiert) nicht differenzierbar!

Das ist schlecht

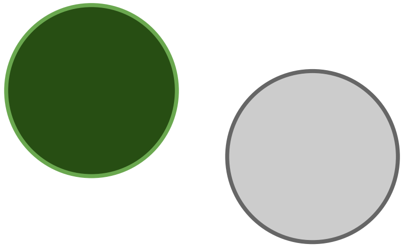
Das Problem

Zeitpunkt 1

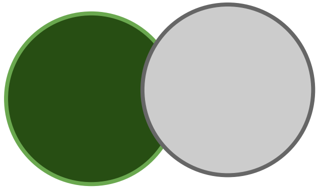


Das Problem

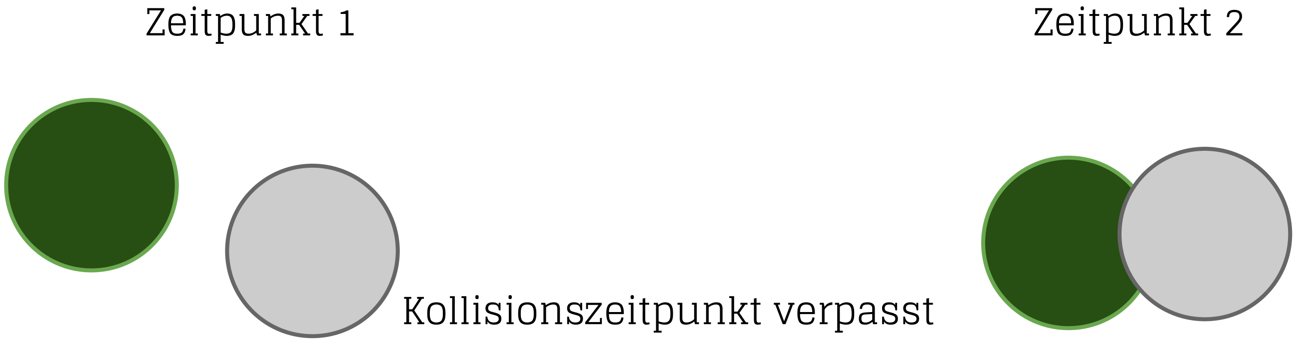
Zeitpunkt 1



Zeitpunkt 2



Das Problem



Lösung CCD

Continuous Collision Detection

CCD

Es darf keine Penetrationen geben,
also müssen alle Kollisionszeitpunkte
nacheinander abgearbeitet werden

CCD

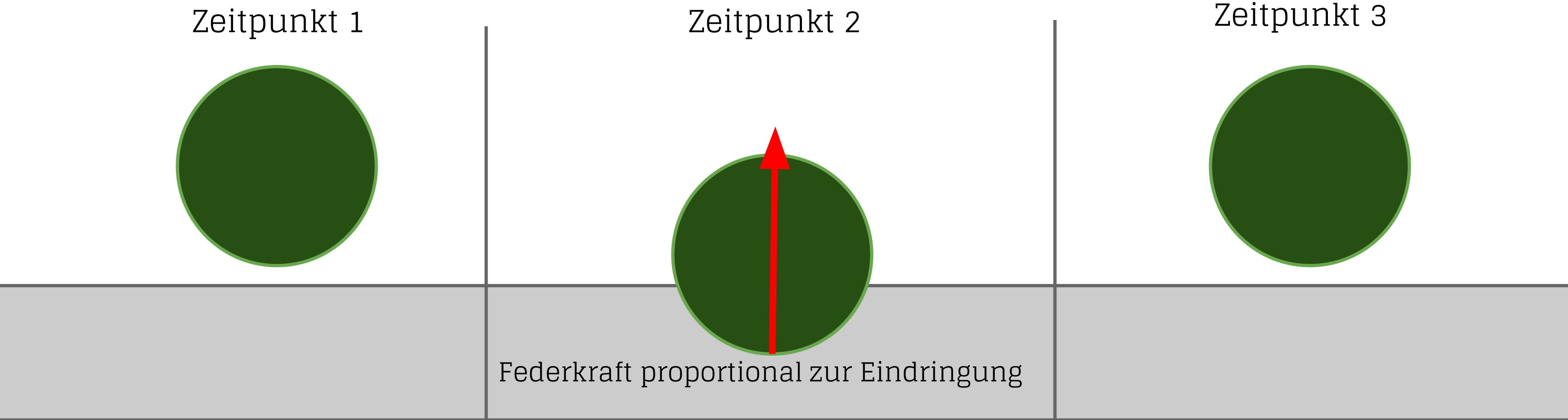
Es darf keine Penetrationen geben, also müssen alle Kollisionszeitpunkte nacheinander abgearbeitet werden

Wenn man die Kollisionszeitpunkte vorhersagen kann funktioniert das richtig gut.. nur langsam

Federn

Die übliche Herangehensweise

Feder nur für Abstoßung



Kollisionsfederkraft

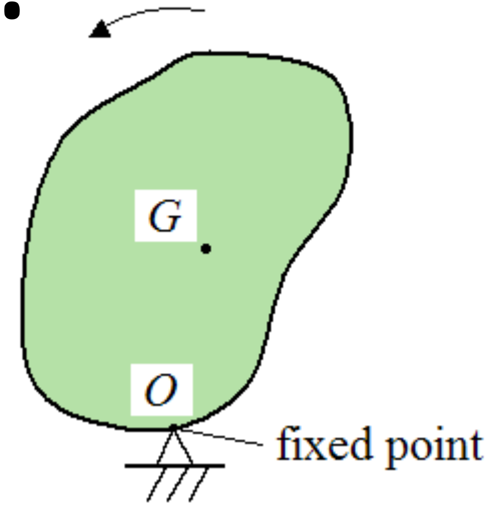
$$\vec{F} = \begin{cases} 0 & \text{Bei keiner Eindringung} \\ k(\vec{d} \cdot \vec{n})\vec{n} & \text{sonst} \end{cases}$$

k = Federkonstante, d = Eindringungsvektor, n = Normalenvektor der Kontaktfläche

Rigid Bodies!

Rigid Bodies!

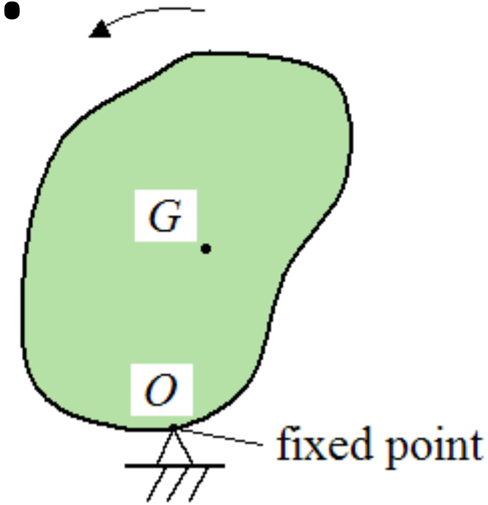
Simulieren von Kartoffeln...



Rigid Bodies!

Simulieren von Kartoffeln...

Deutsche Physiker nennen sie auch gern Starre Körper



Starrer Körper

- Nicht deformierbar
- Beschreibbar durch
  - Massenschwerpunkt
  - Schwerpunktsmechanik

1. Schwerpunkt

Kann für unsere Simulationen meist nicht experimentell bestimmt werden…

Schwerpunkt bestimmen

Bestimmbar durch Integral!

$$\vec{r}_s = \frac{1}{M} \int_K \vec{r}\, \mathrm{d}m = \frac{1}{M} \int_K \vec{r}\, \rho(\vec{r})\, \mathrm{dV}$$

Schwerpunkt bestimmen

Oder eher diskret

$$\vec{r}_s = \frac{1}{M} \sum_i m_i \vec{r}_i$$

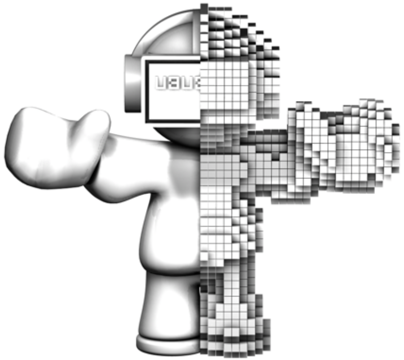
Schwerpunkt bestimmen

Oder eher diskret

$$\vec{r}_s = \frac{1}{M} \sum_i m_i \, \vec{r}_i$$

Z.B. über Voxeldiskretisierung

(jeder Voxel wäre ein m_i)



Einfache Schwerpunkt Bestimmung

Einfach den Schwerpunkt manuell festlegen…

Schwerpunktmechanik

Ist die selbe wie bei allen Partikeln

(z.B. wie die Planeten)

Alt....

Schwerpunktmechanik

Ist die selbe wie bei allen Partikeln

(z.B. wie die Planeten)

Damit ist die Bewegung des
Massenschwerpunktes gemeint

Alt….

Schwerpunktmechanik

Ist die selbe wie bei allen Partikeln

(z.B. wie die Planeten)

Rotation!

Schwerpunktsrotation natürlich!

Neu!

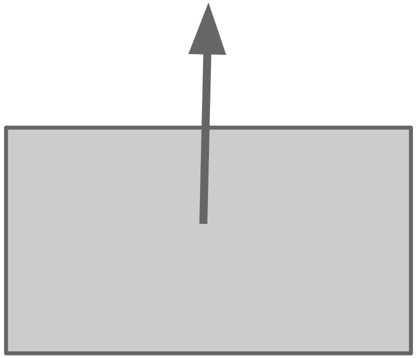
Rotation!

Schwerpunktsrotation natürlich!

Heute nur 2D!

3D ist deutlich schwerer und wird Gruppenprojekt

In 2D gibt es nur eine Rotationsachse!



Eulerwinkel beschreibt Rotation

Analogon zu Position

Drehgeschwindigkeit ist skalar

Aber analog zur Geschwindigkeit.

In 3D wäre sie auch ein Vektor, die Drehachse

Rotations-Zeit-Integration

```
ω_neu = ω_alt + dt * τ
euler_neu = euler_alt + dt * ???
```

τ ist die Drehbeschleunigung

Rotations-Zeit-Integration

```
ω_neu = ω_alt + dt * τ
euler_neu = euler_alt + dt * ω_neu
```

τ ist die Drehbeschleunigung

Drehbeschleunigung

Analog zur Beschleunigung, berechnet sich aus Drehmoment M

$$M = I \tau$$

I = Trägheitsmoment

Trägheitsmoment

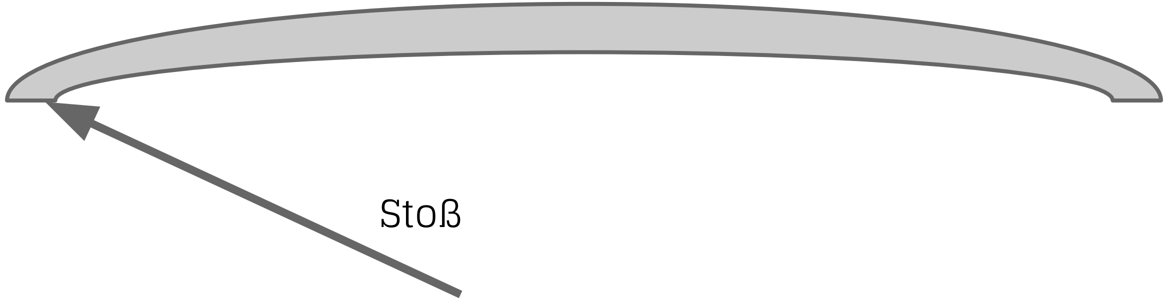
Analog zur Masse. Widerstand gegen Änderung der Drehung (bei uns skalar)

Wo kommt das Drehmoment her?

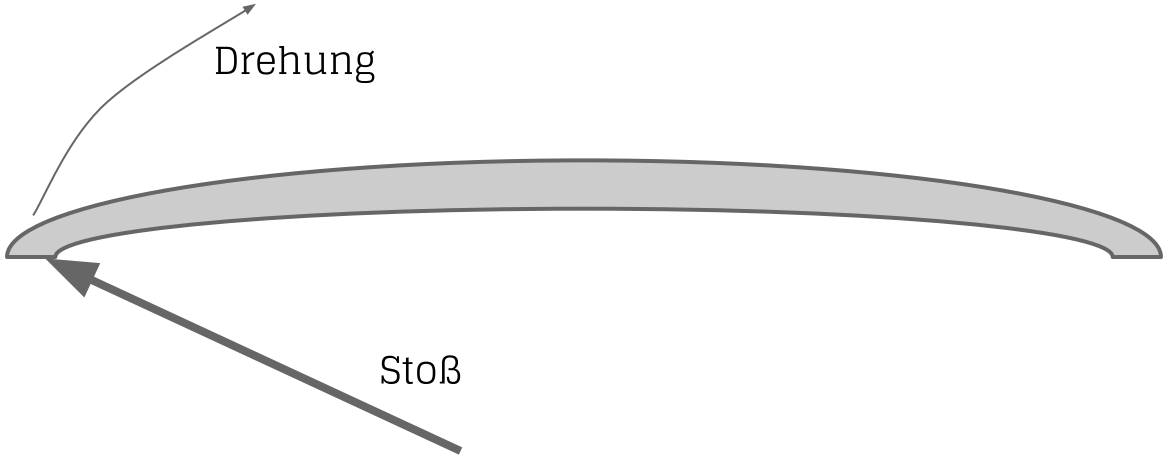
Aus der Kraft!

Nicht zentrale Kräfte

Nicht zentrale Kräfte



Nicht zentrale Kräfte



Splitten der nicht zentralen Kraft an Punkt

$$\vec{F}_z = \vec{F} \cdot \vec{r} \cdot \frac{\vec{F}}{|\vec{F}|}$$

Fz ist die Zentrumskraft
(Schwerpunktskraft)

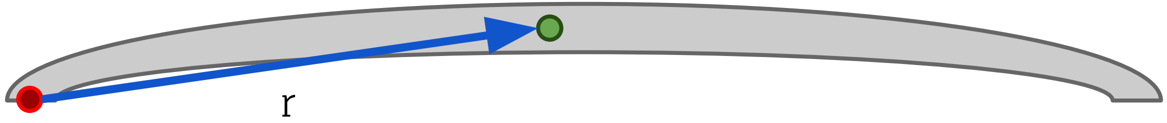
$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

oder in 2D M = M_z

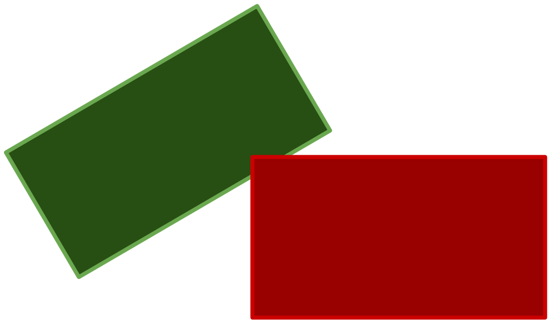
r ist die Position an der die Kraft F greift, F_z ist die Kraft auf das Zentrum, M_z ist das Drehmoment auf das Zentrum

Der r Vektor

Zeigt vom Kollisionspunkt zum
Zentrum = Schwerpunkt!



Box Kollisionen sind nicht leicht...!



Box Kollisionen sind nicht leicht…!

Wo sollen die Federn sein?
In welche Richtung zeigen sie?

Box Kollisionen sind nicht leicht…!

Wo sollen die Federn sein?
In welche Richtung zeigen sie?

Das hängt von der Geschwindigkeit ab!

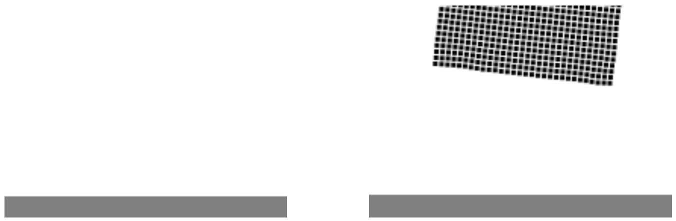
Box Kollisionen sind nicht leicht...!

In 2D “gottseidank” noch weniger problematisch, da Ecken ausreichen zur Schnittpunktfindung.

Bis zum nächsten Mal

1. Kollisionen von Kugel mit Ebenen implementieren
2. Softbody Simulation
3. Bonus: Extras!

05.06.2015



Lösungen an vrlab15@welfenlab.de bis zum:

04.06.2015

Ein Tag vor unserem nächsten Treffen.