

Physics – Particle Systems

tum:3D
computer graphics & visualization

Übersicht/Gliederung

- Geschichte und Motivation
- Grundlagen
 - Partikel und Engine
 - Rendering
- Anwendungsbeispiel Fackel
- Komplexere Anwendungen

Geschichte & Motivation

- **Bisher:**

Modelling, Animation und Rendering von
Objekten mit definiertem Umriss
Quader, Kugeln, Meshes, ...

- **Heute:**

Was ist mit Rauch, Feuer, Nebel, Wasser, ... ?

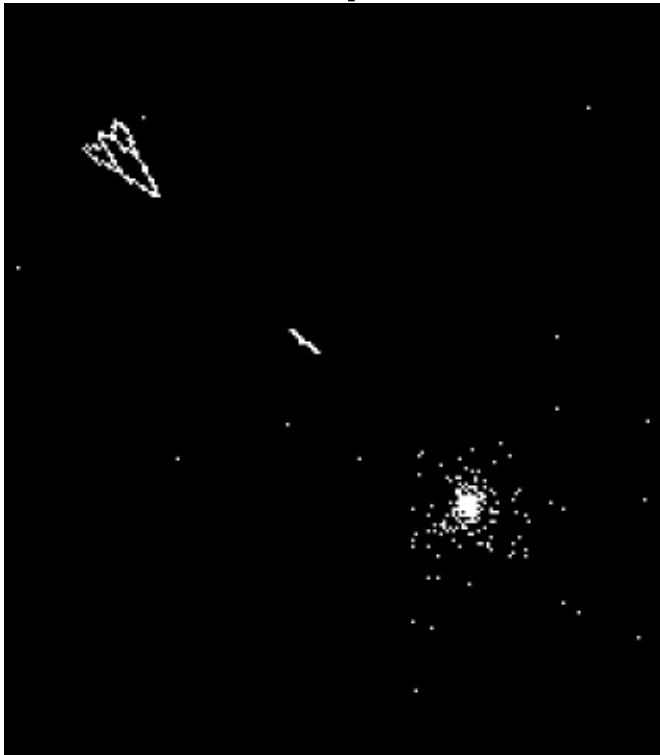
Geschichte & Motivation

- Wie erzeugt man virtuelles Feuer?



Geschichte & Motivation

- 1962 Spacewar



- 1982 Star Trek II
„Der Zorn des Khan“
William Reeves [REEV83]

Die Idee

- physikalisch korrekte Simulation von Explosionen, Feuer, Rauch, ... sehr aufwändig zu modellieren und zu rendern
 - Gesamteindruck ist wichtiger als physikalisch korrekte Details
- ersetze Volumina durch viele generierte punktförmige Objekte

Das Partikel

- Eigenschaften:

- **Bewegung:**

- Position, Geschwindigkeit

- **Aussehen:**

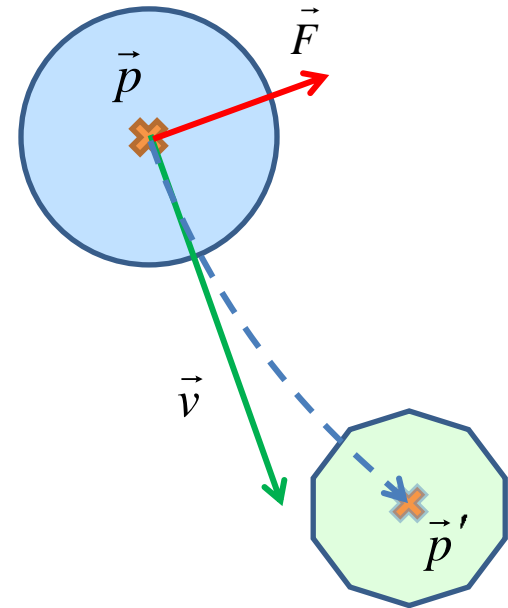
- Farbe, Größe,
Alpha-Wert(Transparenz), ...

- **Simulation:**

- Alter, Lebensspanne, ...

- ~~Kräfte?~~

- Speicherung nur in komplexen Anwendungen nötig



Die Engine - Physik

- Animation

- Bewegungsgleichungen

$$\vec{v}' := \vec{v}_0 + \int \vec{a} dt$$

$$\vec{p}' := \vec{p}_0 + \int \vec{v} dt$$

- Euler Integration
mit a konstant

$$\vec{v}' := \vec{v} + \vec{a} \cdot \Delta t$$

$$\vec{p}' := \vec{p} + \frac{\vec{v} + \vec{v}'}{2} \cdot \Delta t$$

- Wie berechnet man a ?
Summe aller wirkenden Kräfte / Partikelmasse

Beeinflussung durch:

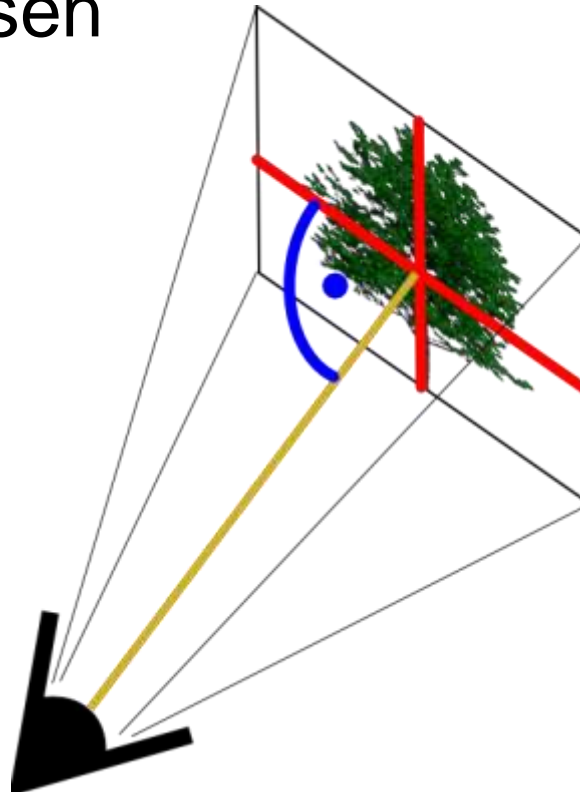
- Wind, Luftwiderstand, ...
- Zufall
- Ideen der Designer (\rightarrow uncanny valley)

Die Engine - Partikelemitter

- Eigenschaften eines Emitters
 - Form, Verteilungsfunktion
 - Initialeigenschaften der Partikel (Zufallskomponente!)
 - Frequenz (Partikel pro Zeiteinheit)
 - ...

Rendering: Billboard

- Halbtransparente Flächen, die immer zum Betrachter weisen



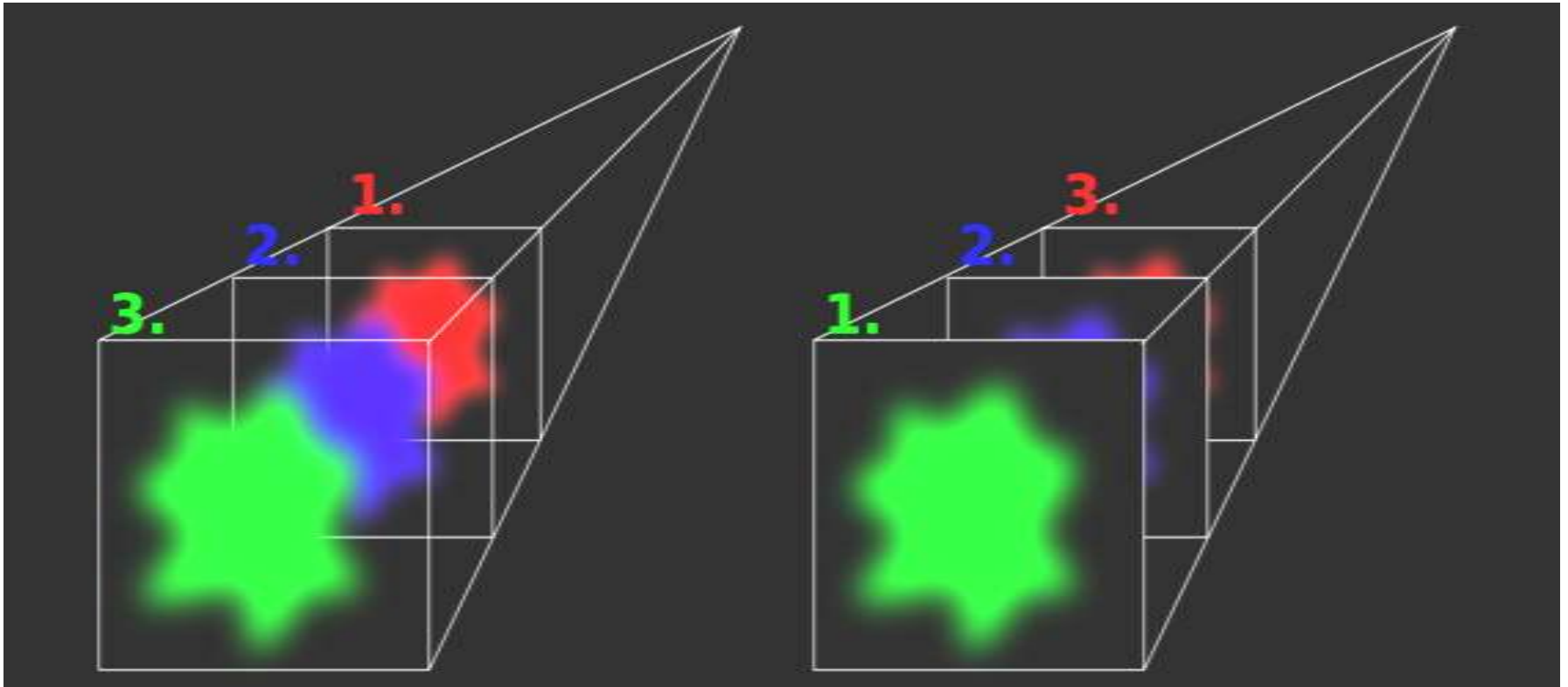
Exkurs – Transparenz, Blending

- Blending: Kombination von Hintergrund mit dem gerade zu zeichnenden Objekt
 - **Additiv:** $\text{Neu} = \text{VG} + \text{HG}$
 - **Alpha Blending:**
 - α : 0 unsichtbar – 1 komplett undurchsichtig
 - $\text{Neu} = \text{VG} * \alpha + \text{HG} * (1 - \alpha)$
 - ...



Exkurs – Transparenz, Blending

- Problem: Reihenfolge



Exkurs – Transparenz, Blending

- Lösungen

- sortieren nach Abstand zur Kamera:

- Sortierung teuer, wenn möglich durch anderes Blending vermeiden oder optimieren

Anwendung – Eine Fackel

- **Emitter**
 - zufällige Position in Halbkugel
 - Lebensdauer höher für Mitte
 - zufällige Farbe (viel rot, etwas grün, ein wenig blau)
- **Animation**
 - Beschleunigung entlang Brennrichtung
 - Abbremsen durch Luftwiderstand
 - gegen Lebensende durchsichtig werden
 - zufällig drehen
- **Rendering**
 - additiv → keine Sortierung nötig



Anwendung – Eine Fackel



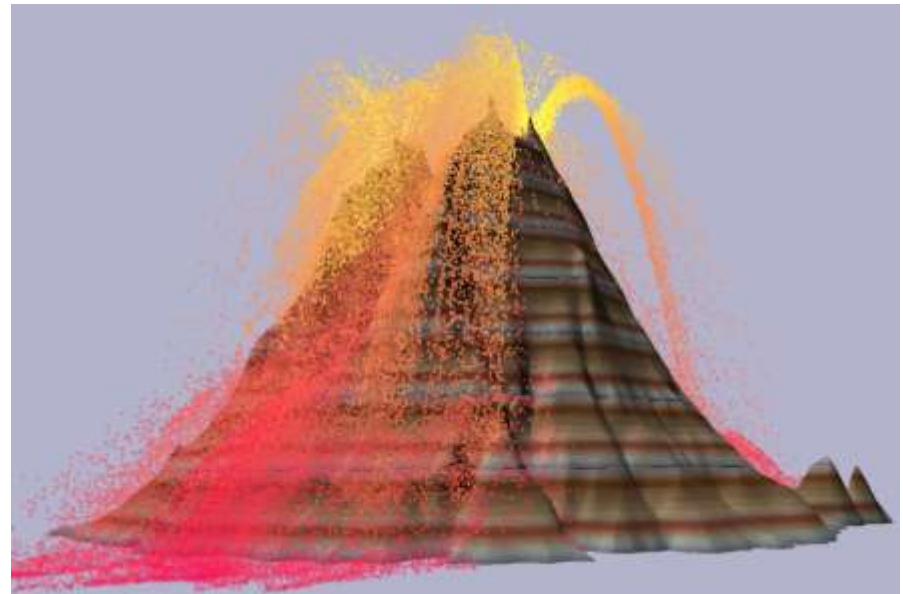
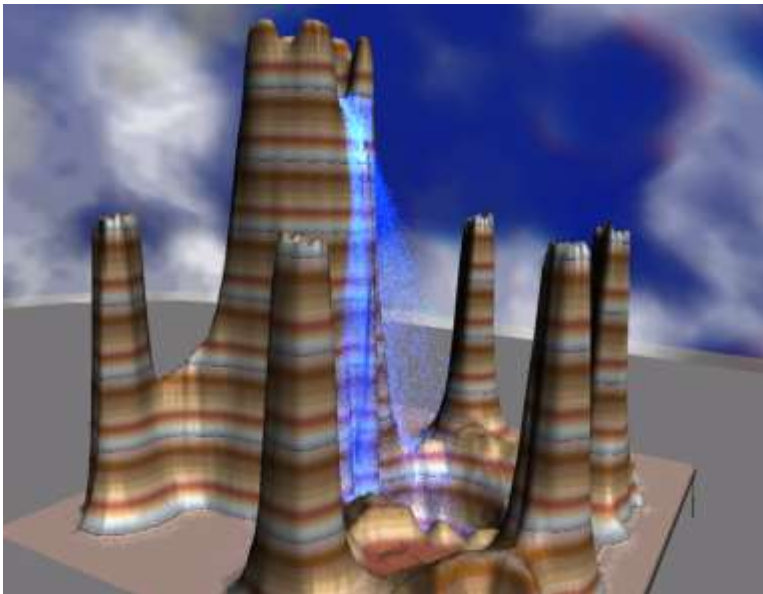
Häufige Schwierigkeiten

- Integration in Szene
- Wechselwirkung mit Beleuchtung
- Kombinationen (Feuer+Rauch)
- Performance



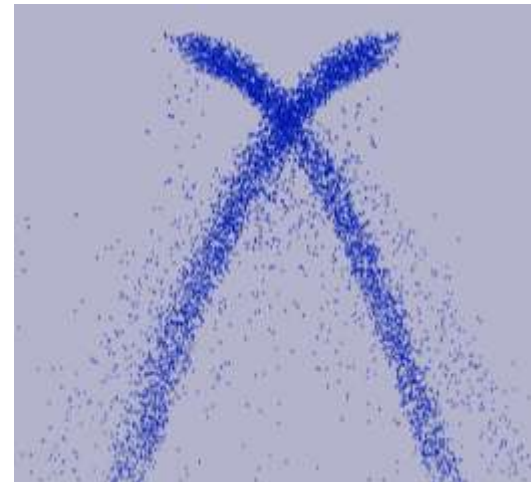
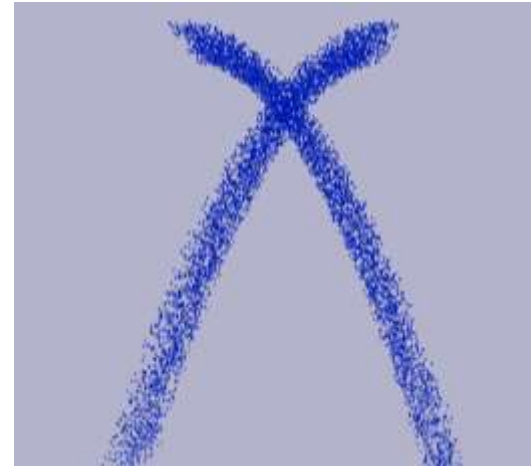
Verbesserungen

- Einsatz der GPU für Rendering **und** Animation
 - CPU: < 100.000 Partikel → GPU: Millionen Partikel
 - Inzwischen auch für Kollisionserkennung, Tiefensortierung etc.



Verbesserungen

- Partikel abhängig voneinander
z.B. Partikel-Partikel Kollisionen
- Shader-Einsatz für realistischere Darstellung



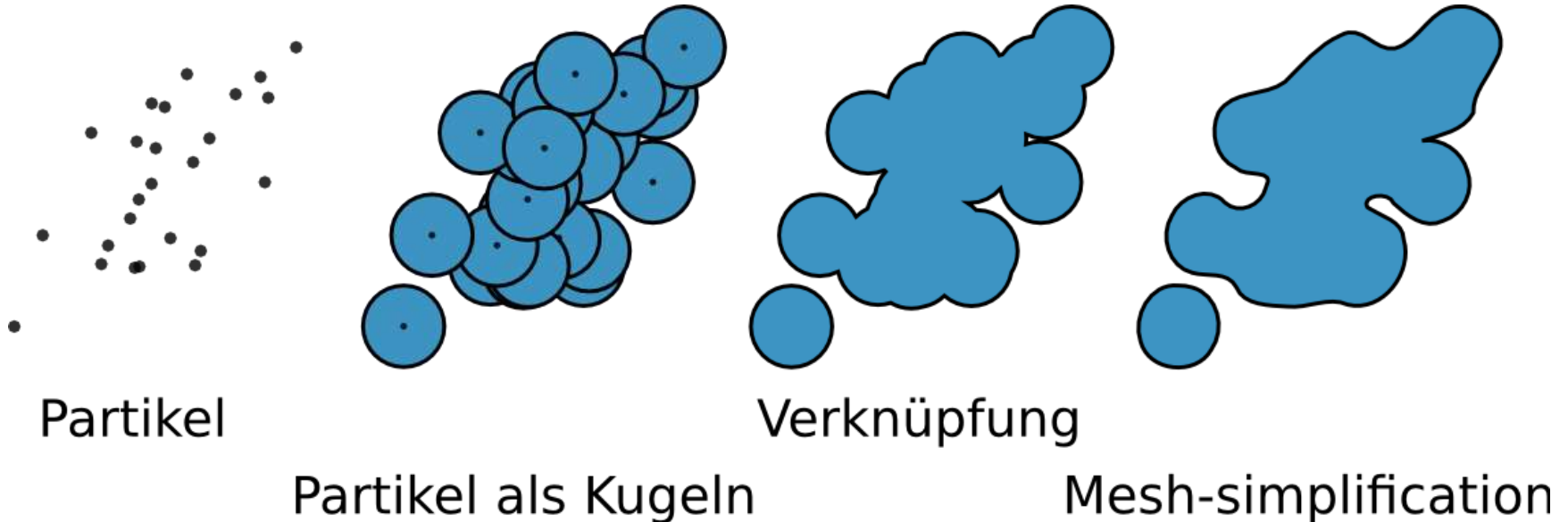
Flüssigkeiten

- Simulation bewegter Flüssigkeiten mit Partikeln



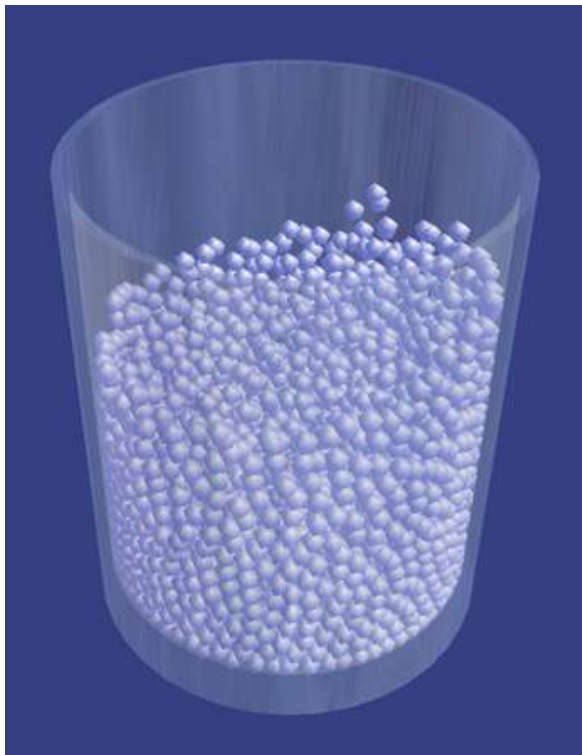
Oberflächenextraktion

- Wie kommt man von einer Punktmenge zu einem Oberflächenmesh?
 - naiver Ansatz:



Oberflächenextraktion

- besser:
marching cubes, „3D-Rasterisieren“

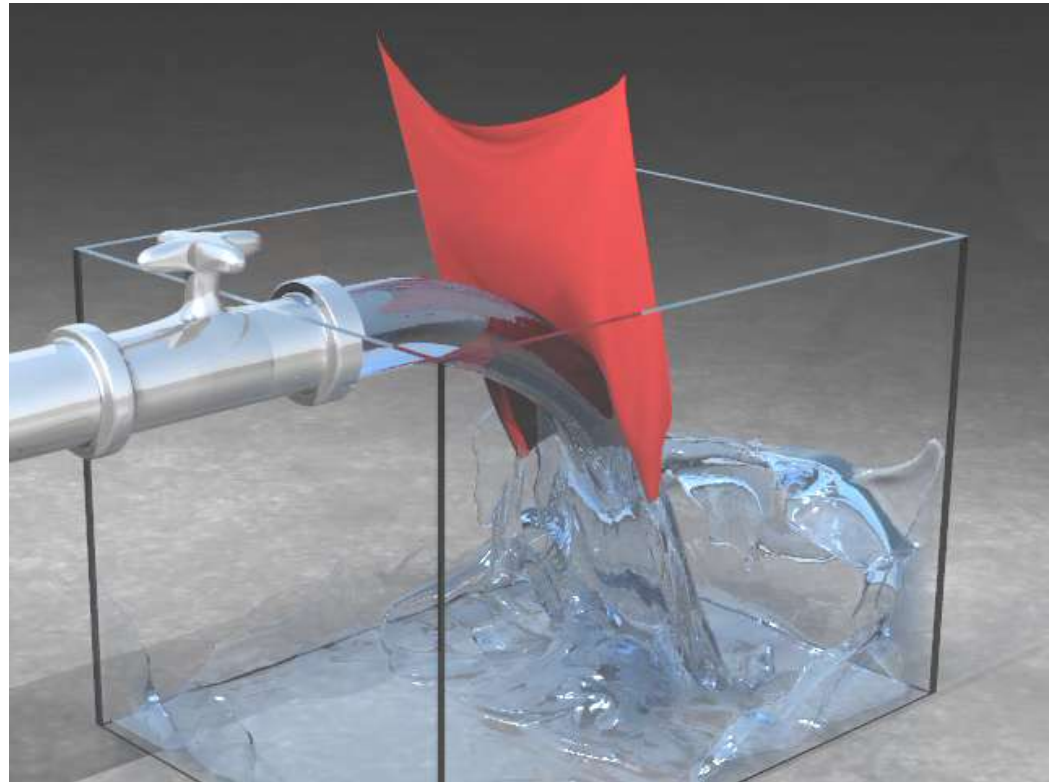


Flüssigkeiten



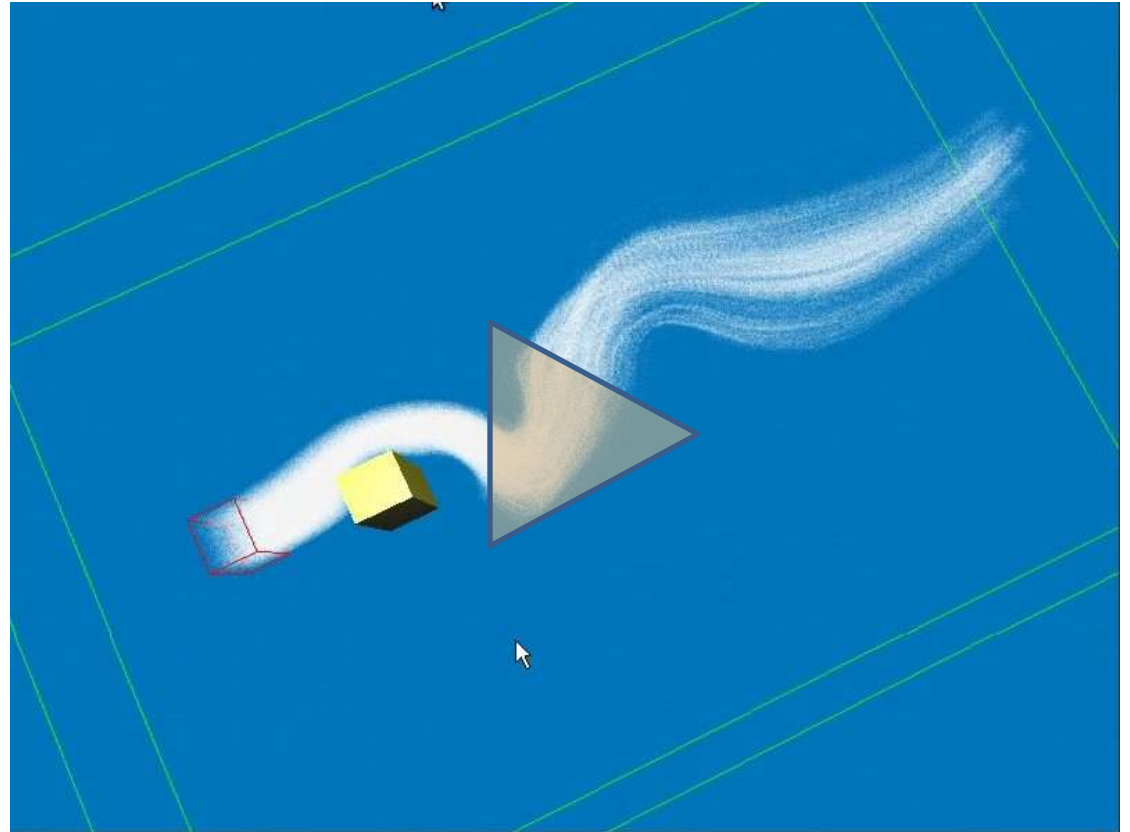
Was gibt es noch?

- Vegetation:
Gras, Bäume, ...
- Textilien
- deformierbare
Körper
- Tier-Schwärme
-



Wissenschaftliche Anwendungen

- Berechnung und Visualisierung von Strömungen



Partikelsysteme - Auf einen Punkt

- Ersatz für volumetrisches Rendering
- nicht nur für Feuer und Rauch
- ermöglichen faszinierende Effekte
- erleichtern die Arbeit von Designern
- stochastischer Prozess als zentrales Element
- auch für wissenschaftliche Anwendungen
nützlich

Effekte



Physics – Particle Systems
Mathias Helminger

Effekte



Effekte



Vielen Dank für eure
Aufmerksamkeit.

Fragen?

Quellen

- Particle Systems – a technique for rendering a class of fuzzy objects, *William T. Reeves, 1983*
- Advanced Animation and Rendering Techniques, *Alan Watt/Mark Watt*
- Partikelsysteme, *Robert Selzmann, TU Dresden*
- Building a Million Particle System, *Lutz Latta, Massive Development GmbH*
- Particle-Based Fluid Simulation for interactive Applications, *Matthias Müller et. al.*
- Simulating Whitewater Rapids in Ratatouille, *Eric Froemling & Tolga Godekin & Darwyn Peachey, PIXAR Animation Studios*
- Partikelengine in Kürze unter www.kernelz.de (inkl Source)