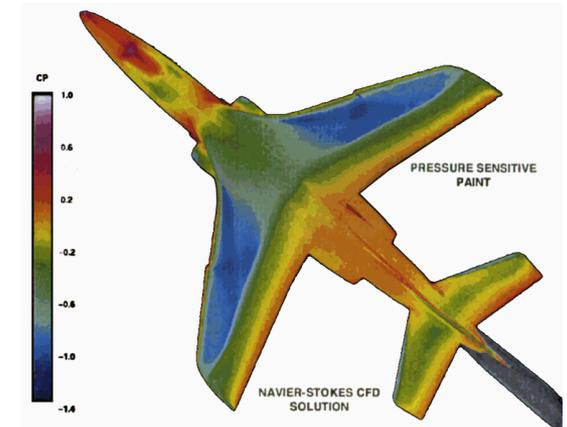
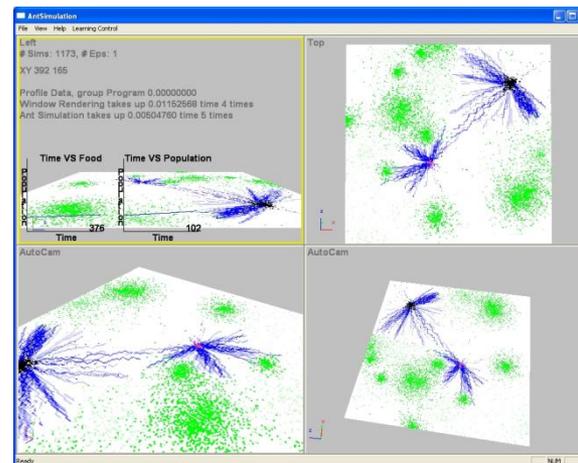
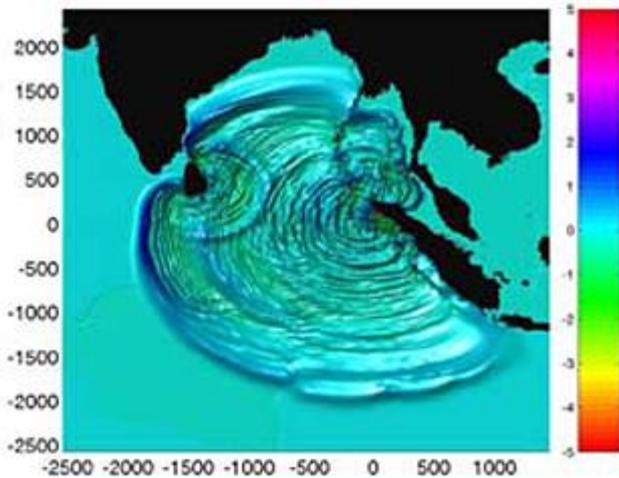
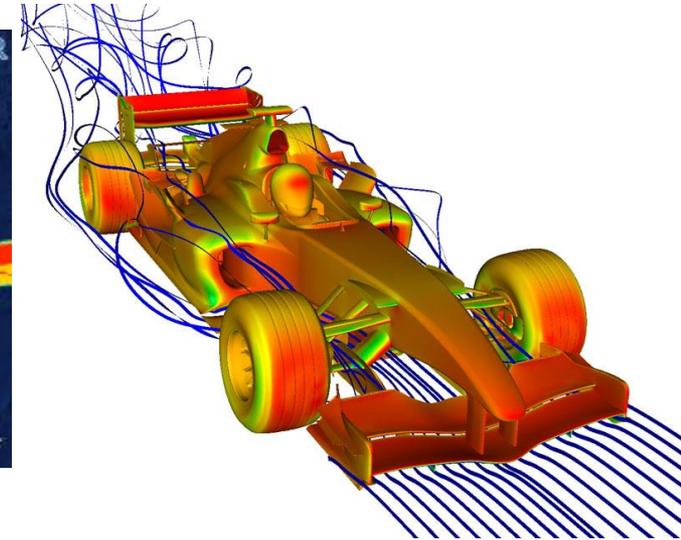
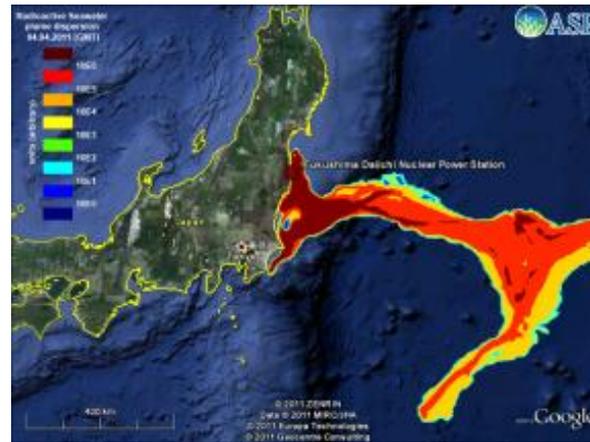
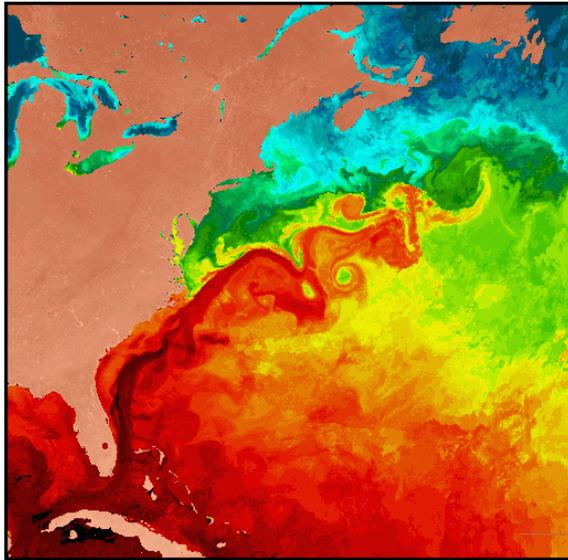


V. Simulation

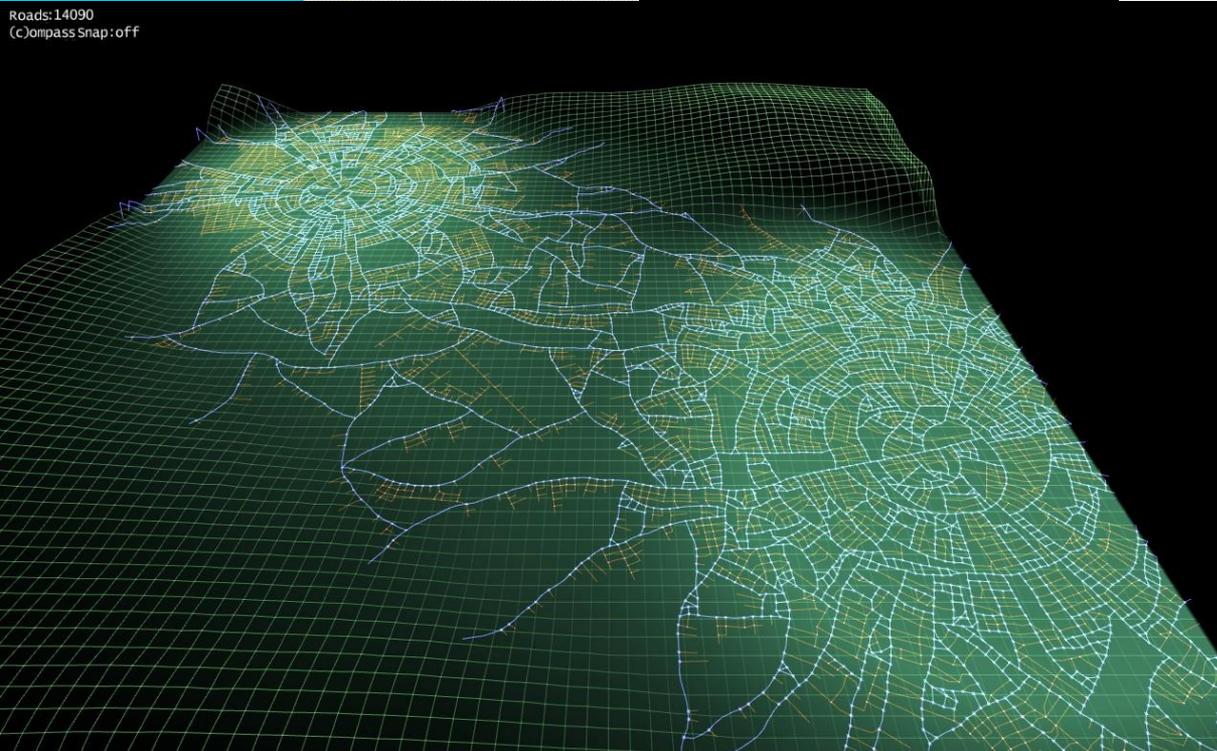
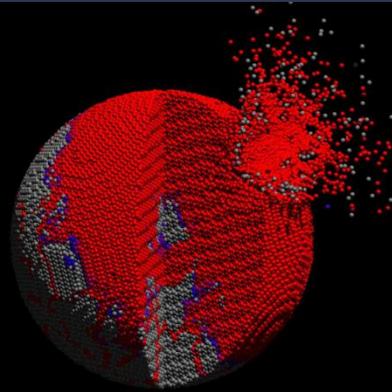
V. Simulation

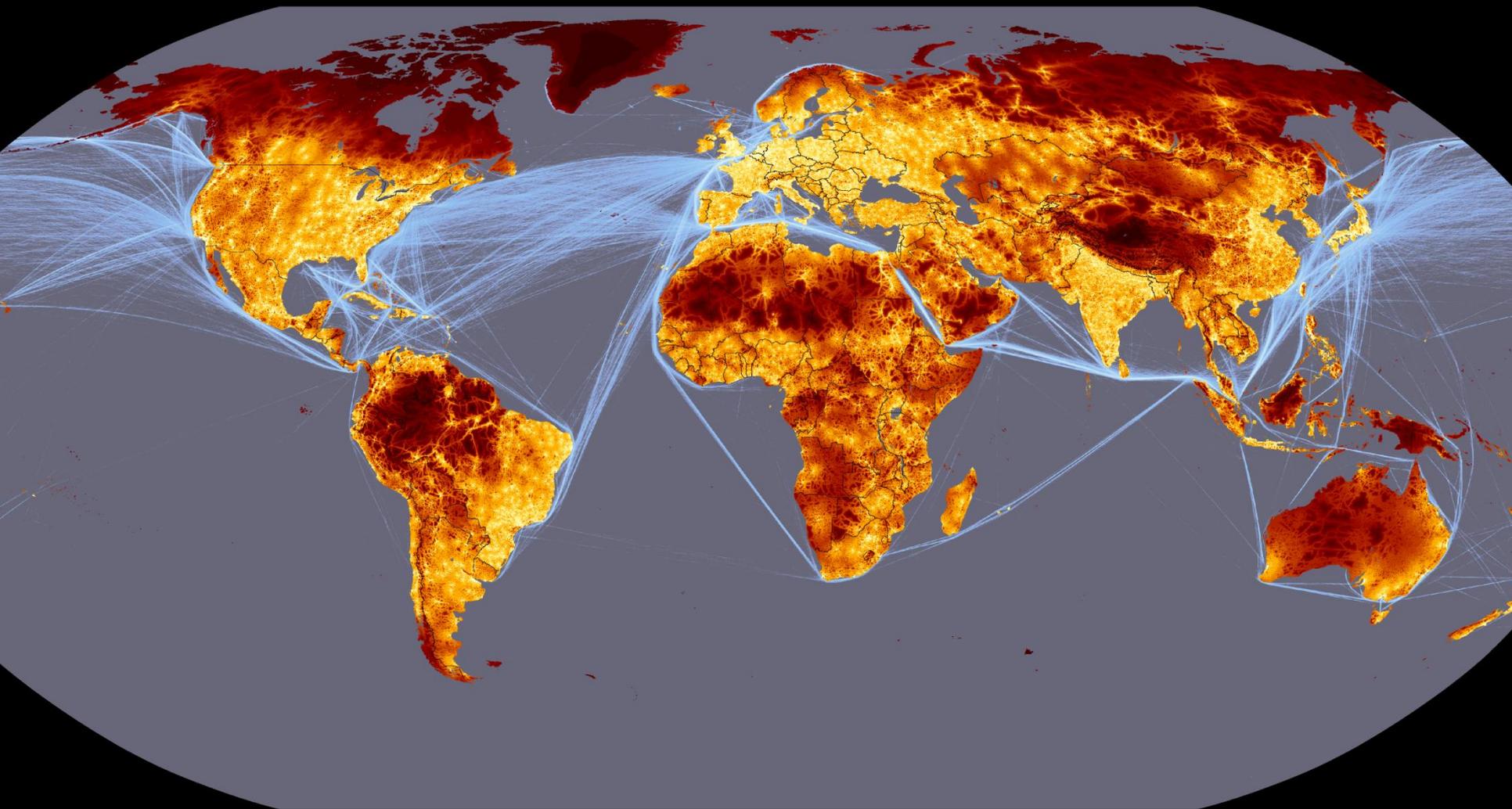
- Was sind Simulationen?
 - Simulationen bezeichnet man im allgemeinen die experimentelle Durchführung an einem mathematischen Modell, um echte Systeme nachzubilden. Bei der Durchführung werden **Strukturen, Funktionalität** und **Verhalten** von Systemen analysiert. In Computersimulationen werden für Rechenmodellen Programme zur Hilfe genommen.
 - In Simulationen werden Prozesse dargestellt und auf Phänomene und Aktivitäten analysiert. Nur selten werden dabei die eigentlichen Prozesse verbessert.
 - Warum?
 - Simulationen werden eingesetzt in:
 - Metrologie, Chemie, Biologie, Physik, Astrophysik
 - Populationsdynamik., Psychologie, Sozialwissenschaft und Ökonomie
 - Maschinen-, Flugzeug- und Automobilbau
 - Transport- und (Tele-)Kommunikation
- Simulationen in der Computergrafik
 - Computergrafiker sind nicht an der Analyse oder Auswertung, sondern an den erzeugten Strukturen und Bewegungen berechneter Simulationssysteme interessiert.

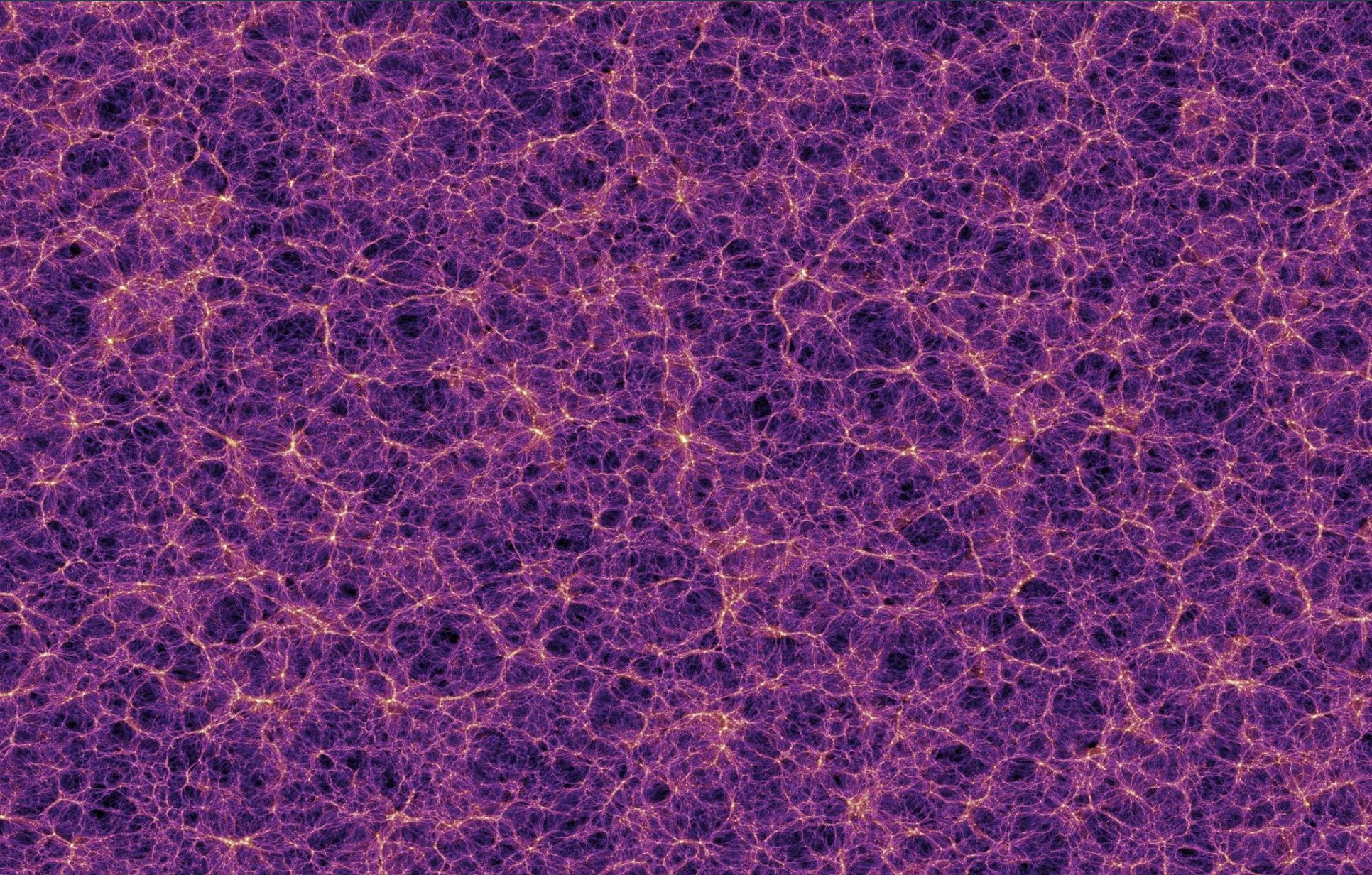




Roads: 14090
(c)ompass Snap: off





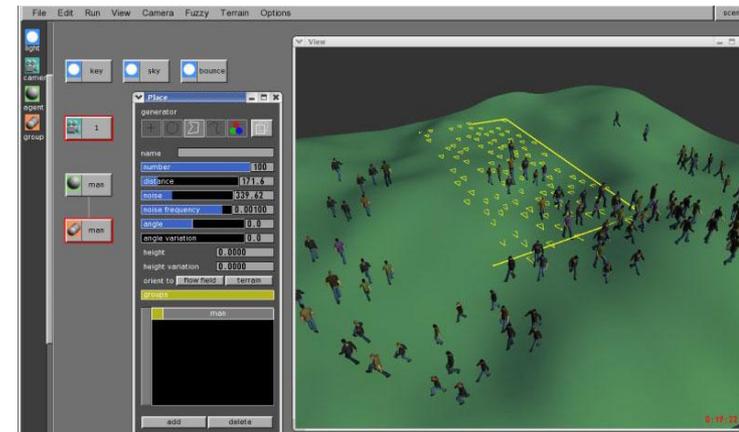
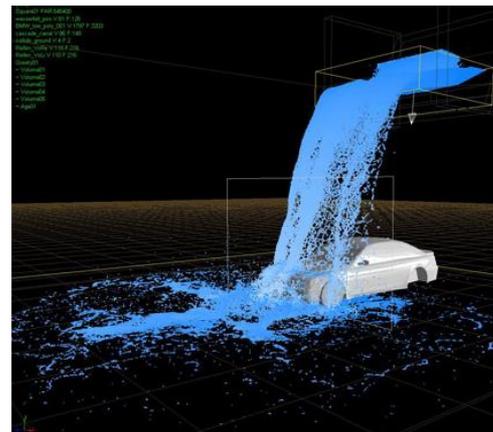




V. Simulation

■ Simulationen in der Computergrafik

- Computergrafiker sind nicht an der Analyse oder Auswertung, sondern an den erzeugten Strukturen und Bewegungen berechneter Simulationssysteme interessiert.
- Welche Elemente?
 - Körper
 - Partikel
 - Abstrakte Entitäten (Agenten, Schwärme)



V. Simulation

▪ Eigenschaften

<p>Statisch ohne zeitliche Komponente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Belastungen von Konstruktionen • Glücksspielvorhersagen • Endliche Null-Summen-Spiele (z.B. Schach) 	<p>Dynamisch mit zeitlicher Komponente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewegung von Flüssigkeiten • Kollisionsberechnungen • Deformationen
<p>Stochastisch Berücksichtigung zufälliger Ereignisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewegung von Wasser • Rotation im freien Fall • Zufällige Verteilung 	<p>Deterministisch keine zufälligen Ereignisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weg-/Zielfindung • Glücksspielvorhersagen • Wahrscheinlichkeitsberechnungen
<p>Kontinuierlich endet oder setzt sich immer weiter fort</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regen • Wind • Beschleunigung im freien Fall 	<p>Diskret löst weitere Ereignisse aus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertigungssimulation • Massensimulation • Kommunikationswege

V. Simulation

▪ Anwendungsfälle

- Wie kann sich ein Computergrafiker die Eigenschaften von Simulationen zunutze machen?

- Regen fällt vom Himmel. Beim Aufprall sollen Spritzer entstehen und zum Boden zurückfallen.

Kontinuierliche Erzeugung von Partikeln → Stochastische Verteilung → Kontinuierliche Bewegung bis zum Boden → Erzeugt neue Partikel beim Bodenkontakt → Stochastische Verteilung von X Partikeln → Abprall und Rückfall zum Boden → Auslöschung

- Wasser soll in ein Glas gefüllt werden.

Kontinuierliche Erzeugung von Partikeln → Stochastische Verteilung → Dynamische Bewegung bis zum Boden → Dynamische Kollisions- und Abstandsberechnung zwischen den Partikeln und dem Glas

- Die Kleidung an einem Charakter soll im Wind wehen.

Vorhandenes Modell wird defomiert → Stochastische Veränderungen (Wind, Unebenheiten) → Dynamische Bewegung im Wind → Dynamische Kollisions- und Abstandsberechnung mit Abprall und Rückfall zum Objekt

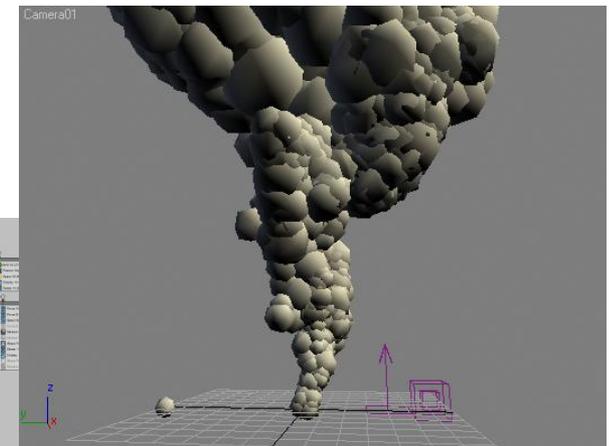
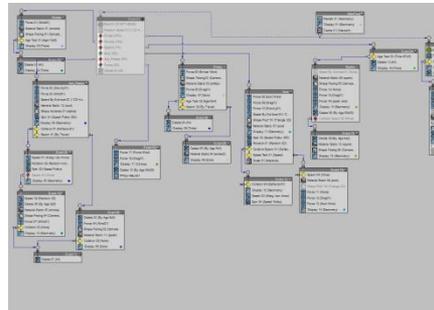
- Mehrere CG-Charaktere sollen zufällig Aktionen ausführen, gehen und sich grüßen, wenn sie sich sehen

Vorhandene Figuren werden mit Key-Frames voranimiert → Stochastische Verteilung der Gruppe → Diskretes Multi Agenten System bewegt die Figuren → Stochastisches Abspielen der Key-Frame-Animationen → Bei Näherung o. Sichtkontakt Key-Frame-„Gruß-Animation“

V. Simulation

■ Prozedurale Simulationen

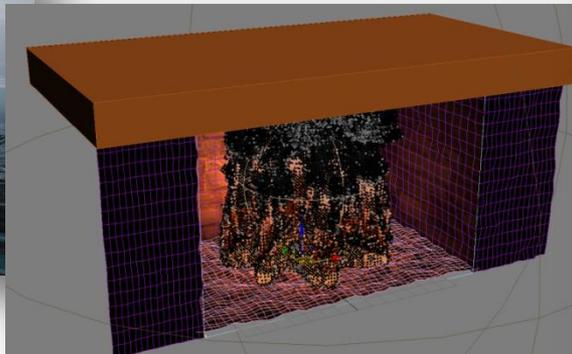
- Nicht-dynamische und nicht-stochastische Simulationen heißen **prozedurale Simulationen** da sie auf unterschiedlichen Systemen generiert werden und zu gleichen Ergebnissen kommen (konsistent).
- Ausgangs- und Endzustand sind bekannt
- Prozedurale Simulationen werden oft über Node-basierte Editoren in Verbindung mit Partikeln genutzt
- Man unterscheidet:
 - Ereignisbasierte Systeme (Event-Driven)
 - Nicht Ereignisbasierte Systeme (Non-Event-Driven)
 - Multi Agenten Systeme (Crowds)
 - Funktionelle Abhängigkeiten (z.B. Lichtschalter, Magneten, Mechanische Steuerungen)



V. Simulation

▪ Dynamische Simulationen

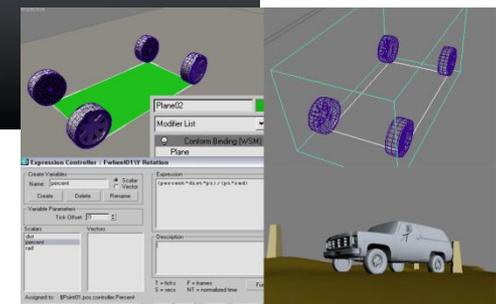
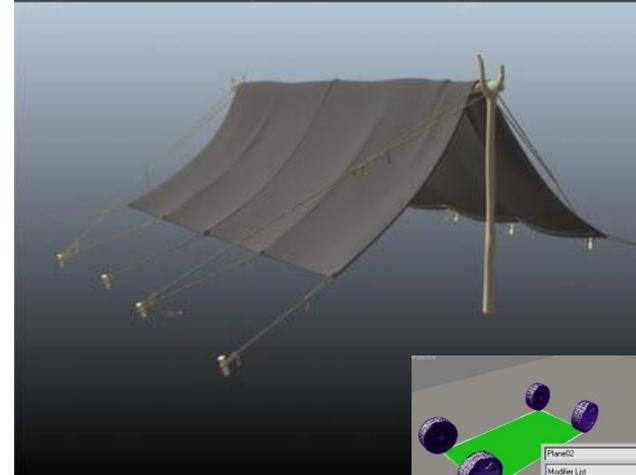
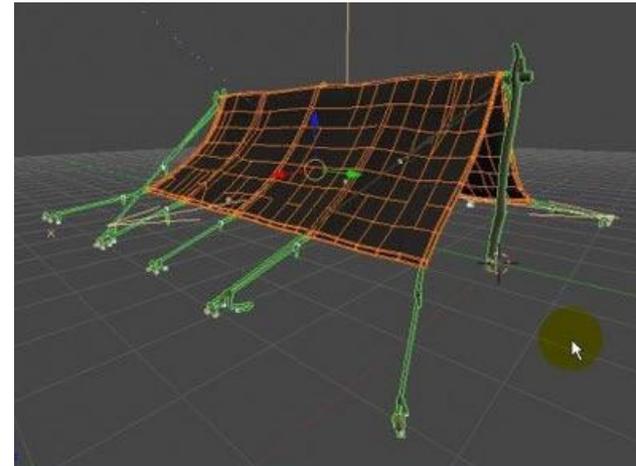
- In dynamischen Simulationen ist der Ausgangszustand bekannt, der Endzustand jedoch nicht bekannt. Es sind allein Tendenzen vorhersehbar. Der Animator kann nach dem ersten „Anstoß“ nicht mehr in die Simulation eingreifen.
- Dynamische Simulationen sind:
 - Physikalischen Berechnungen (z.B. Kollisionsberechnung, Schwerkraft, Wind, Reibung, etc.)
 - Deformierungen (Deformations)
 - Gas- & Flüssigkeitssimulationen (Fluid Dynamics)
 - Haarsimulationen (Hair Dynamics)
 - Aerodynamische Simulationen (Aero Dynamics)



V. Simulation

■ Dynamische Simulationen

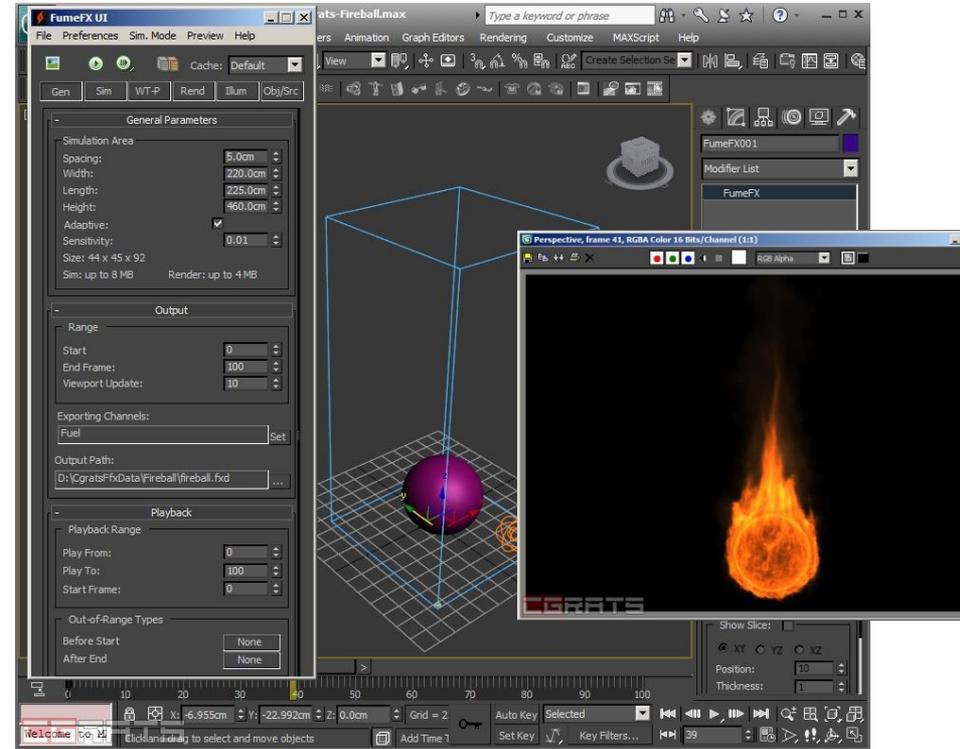
- Allg. Starre Körper (Rigid Bodies)
 - Tisch, Boden, Würfel
- Deformierbare Körper
 - Kissen, biegsame Metalle, Äste
- Stoffe/Kleidung (Cloth)
 - Umhänge, Kleider, Fahnen
- Seile (Ropes)
 - Gummis, Fäden
- Dämpfer/Federn (Damper, Springs)
 - Stoßdämpfer
- Scharniere (Hinges)
 - Türschwingen
- Systeme
 - Skelette (Ragdolls)

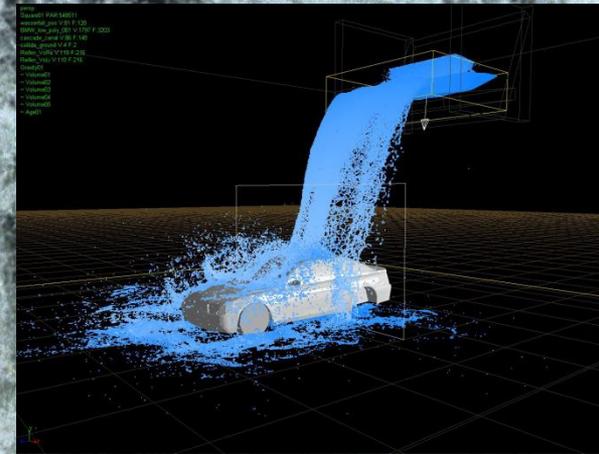


V. Simulation

- Dynamische Simulationen
 - Gas- & Flüssigkeitssimulationen (Fluid Dynamics)
 - Flüssigkeiten
 - Rauch
 - Dampf/Nebel
 - Sichtbare Gase

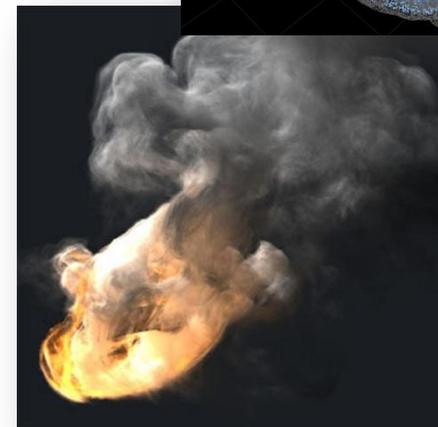
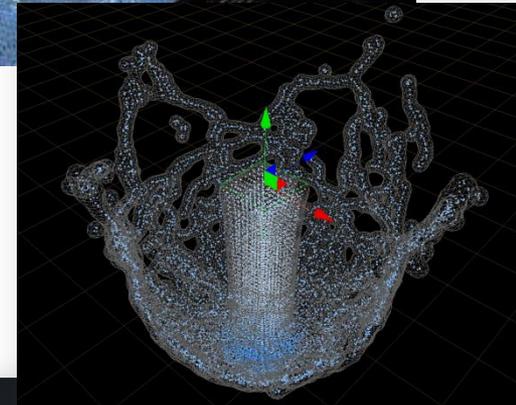
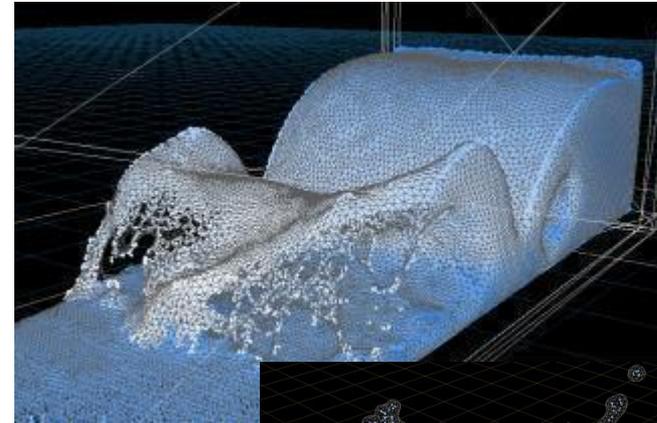
- Oft mit Partikeln berechnet
 - Unterschiedliche Einsatzgebiete durch Ersetzung der Partikel

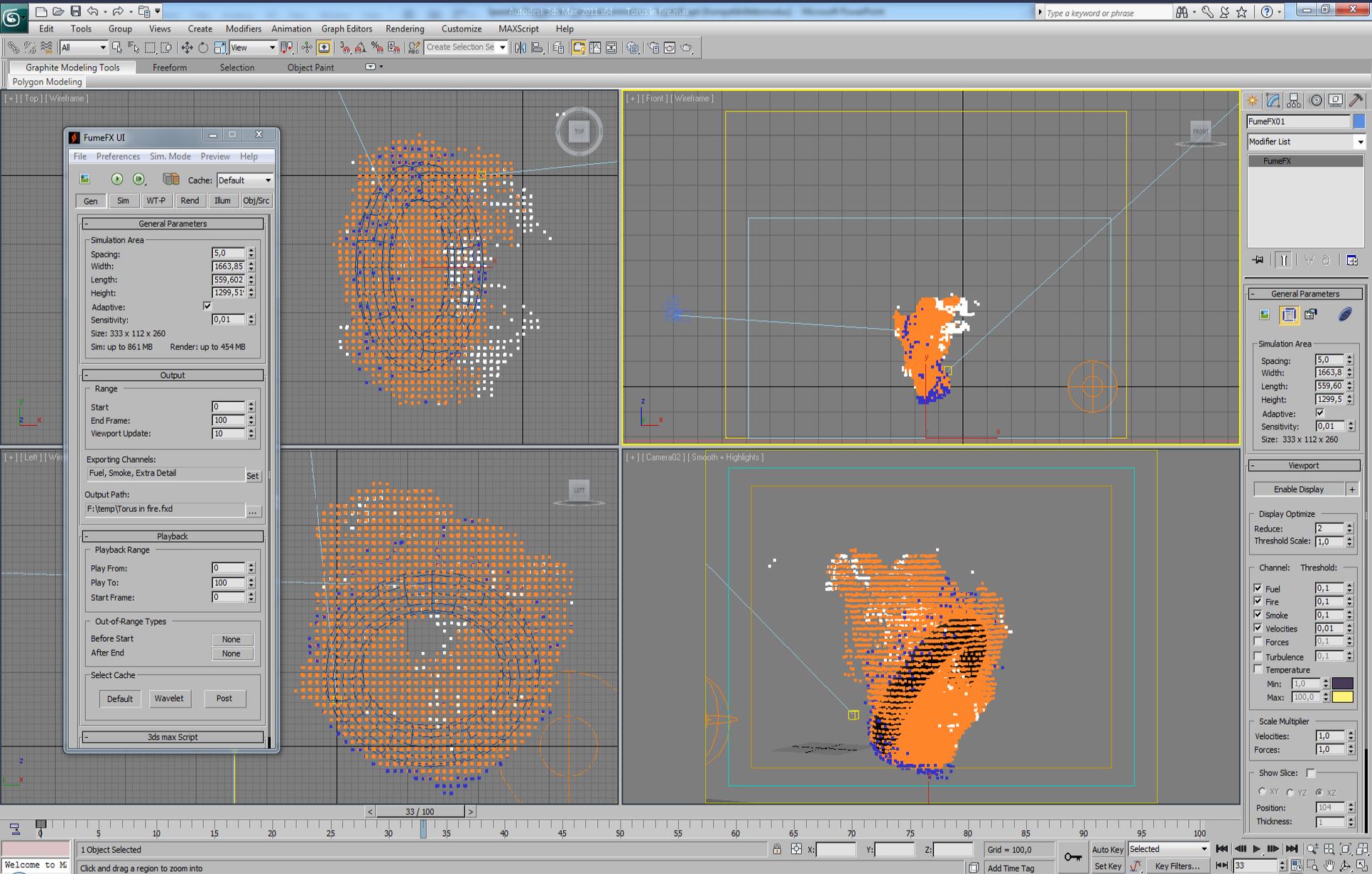




V. Simulation

- Anmerkungen zu Partikel
 - Eine mit Partikel berechnete Simulation soll nicht aus einzelnen Punkten bestehen, sondern aus einem Meshobjekt:
 - Um jeden Partikel wird ein Mesh gelegt (Metaballs). Jeder Partikel repräsentiert „ein Tropfen“.
 - Mesh wird dynamisch aus den Partikelabständen generiert
 - Partikel sind nicht fein genug (z.B. für Rauch) und breiten sich in Gegenden aus, die bei der Simulation nicht berücksichtigt werden müssten.
 - **Voxel-Systeme** besitzen begrenzte „Container“, in denen die Partikelauflösung weit unterhalb des Subpixel-Bereichs eines Renderings liegen.
 - Hohe Voxel-Auflösungen ermöglichen sehr enge und feine Strukturen und sind sehr schnell zu berechnen und zu rendern.





V. Simulation

- Merkmale
 - Eine dynamische Simulation wird meist lokal auf einem System durchgeführt
 - Alle nicht statischen Simulationssysteme besitzen Parameter (z.B. Geschwindigkeit, Zeit oder Schwerkraft)
 - Erinnerung: In nahezu allen 3D-Software Paketen können Parameter über Key-Frame-Animation animiert werden!
 - z.B. Zeit hält an oder Schwerkraft hebt sich auf
 - Im Unterschied zu Echtzeitanwendungen betrachtet die CGI Simulationen generell als **nicht interaktiv**
 - Vergl. Flugsimulator

V. Simulation

- Was unterscheidet Simulationen von Animationen?

	Key-Frame-Animationen	Prozedurale Simulationen	Dynamische Simulationen
Allgemein	Bei Key-Frame-Animationen entscheidet der Animator wie eine Bewegung verlaufen soll. Key-Frame-Animationen liegt kein mathematisches Rechenmodell zugrunde.	Prozedurale Simulationen basieren meist auf einem ereignisbasierten Steuerungsmechanismus. Der Animator kann	Basieren auf einem (vor)definierten Regelwerk (Simulationssystem). Bei Simulationen kennt der Animator Ausgangszustand und Parameter des Systems und kann dessen Werte, Gesetze und Kontrollen nur indirekt steuern.
Determinismus	Key-Frame-Animationen sind deterministisch. Was animiert wurde „passiert“.	Simulationen sind deterministisch.	Dynamische Simulationen sind nicht immer deterministisch. Es können zufällige (stochastische) Ereignisse eintreten.
Kollisionen	Nur Theorie	Nur Theorie	Physikalisch korrekt
Deformierungen	Nur manuelle Modellierung	Keine	Physikalisch korrekt
Flüssigkeiten, Gase, Dampf, Rauch	Keine	Nur einfache Systeme möglich	Komplexe Systeme möglich
Schwarmverhalten (AI/KI)	Nur manuelle Animation	Komplexe Schwärme/Agentensysteme möglich	keine

V. Simulation

- Merkmale
 - Eine dynamische Simulation wird meist lokal auf einem System durchgeführt
 - Alle nicht statischen Simulationssysteme besitzen Parameter (z.B. Geschwindigkeit, Zeit oder Schwerkraft)
 - Erinnerung: In nahezu allen 3D-Software Paketen können Parameter über Key-Frame-Animation animiert werden.
 - z.B. Zeit hält an oder Schwerkraft hebt sich auf
 - Im Unterschied zu Echtzeitanwendungen betrachtet die CGI Simulationen generell als **nicht interaktiv**
 - Vergl. Flugsimulator

V. Simulation

- Gruppensimulationen (Crowd Simulation)
 - Eine Massenszene (Fisch-, Vogel- oder Insektenschwärme) benötigt nicht nur physikalischen Gesetze, sondern auch bestimmte Verhaltensmuster („Ausweichen“, „Jagen“, „Suchen“, „Beschützen“, ...). Solche Verhaltensmuster werden in Crowd-Systemen beschrieben und in einer Gruppensimulation durchgeführt.
 - Gruppen bestehen dabei aus:
 - Partikeln (Schwerkraft, Abstandskontrolle, Anziehung, etc.)
Partikel in Gruppen zusammenzufassen ist sehr viel einfacher als Agenten zu steuern.
 - Agenten/Delegates (Künstliche Intelligenz mit Verhaltenssteuerung)
Sehr komplex durch die Beschreibung von Verhaltensregeln, Teamarbeit, etc.
 - Durch den massiven Einsatz von Einheiten, entsteht ein **Kollektiv** bzw. **Schwarmverhalten**
 - Werden verschiedene Agenten mit unterschiedlichen Eigenschaften eingesetzt, spricht man auch von einem **Multi-Agenten-System**

V. Simulation

▪ Multi-Agenten-Simulationen

- Die Steuerung mehrerer Einheiten mithilfe von Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) erfolgt durch ein **Multi-Agenten-Systeme** wobei die kollaborierten Einheiten als **Agenten** bezeichnet werden. Die Bewegung und Speicherung aller Agenten wird **Multi-Agenten-Simulation** bezeichnet.
- Agenten können gleich oder speziell sein und gleiche oder unterschiedliche Aufgaben durchführen
- Agenten können mit Key-Frame-Animationen voranimiert sein (Motion Library) oder automatisch Bewegungen ausführen.
 - Euphoria in GTA IV
- Multi-Agenten-Systeme zählen zu den Gruppensimulationen, aber nicht alle Gruppensimulationen sind Multi-Agent-Systeme:
 - Agenten können unterschiedlich sein (keine „Partikel“, sondern individuell handelnde Einheiten)
 - Kommen ohne Kollektivverhalten aus

V. Simulation

- Software
 - Prozedurale Animationen
 - 3ds max
 - Maya
 - Softimage
 - Blender
 - Dynamics
 - RealFlow
 - FumeFX
 - Houdini
 - Krakatoa
 - Lagoa
 - Momentum 2
 - Multi-Agenten-Systeme
 - Massive
 - Euphoria
 - MassFX