



HEXAGON

**Verstopfungs- und
Ablagerungsprozesse:
DEM-Simulationen für
partikelbestimmte Strömungen**

Bayreuther Konstruktionstag 2022

Dr.-Ing. Thomas KÄCHELE

Pre-Sales Engineer – Cradle CFD
Design and Engineering business unit
Manufacturing Intelligence division

Hexagon

M: +49 170 452 7284

E: thomas.kaechele@hexagon.com

Warum Simulation?

Ist es herstellbar?

Ist es langlebig?

Wird es versagen?

Ist es sicher?

Kann man es testen?



Wird es funktionieren?

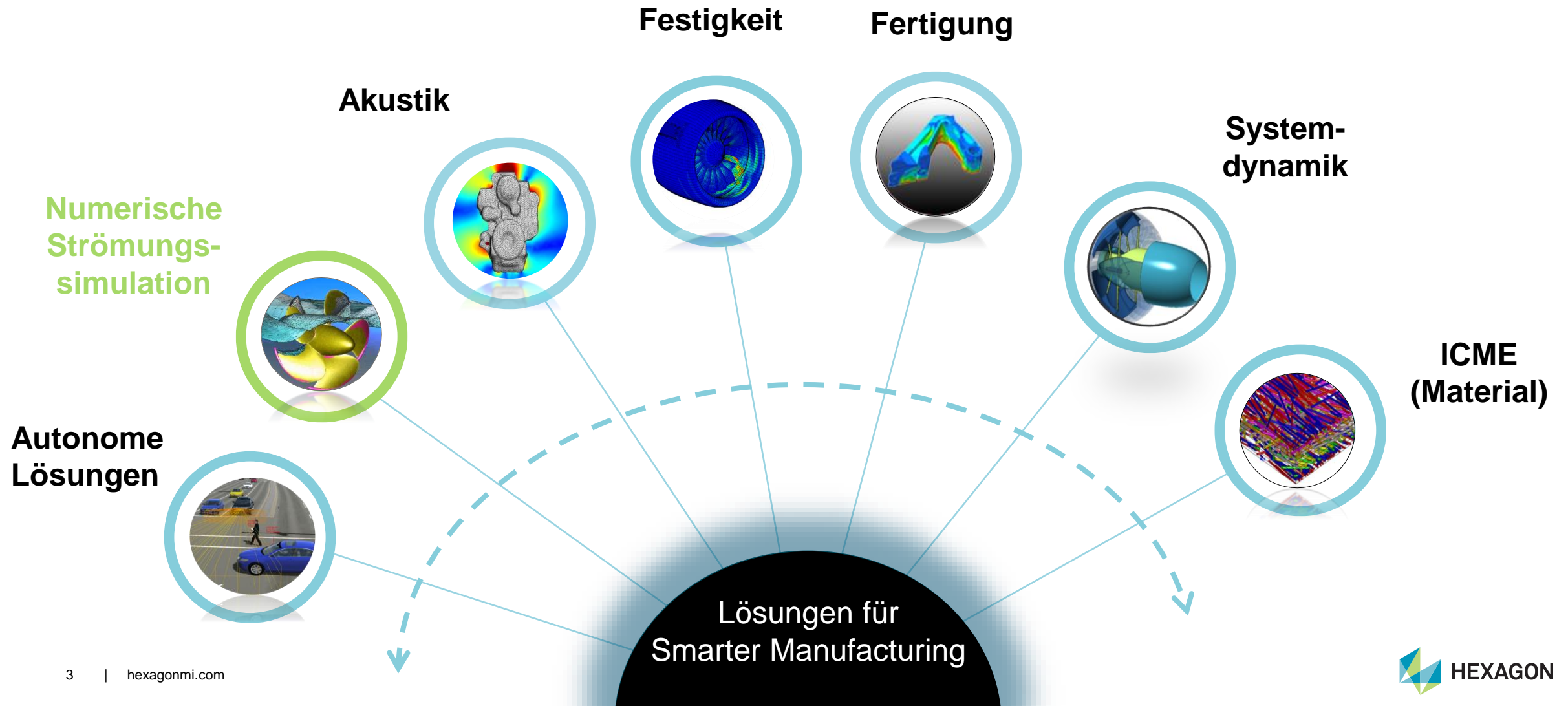
Wie hoch ist die
Crashsicherheit?

Warum hat es versagt?

Kann man es leichter bauen?

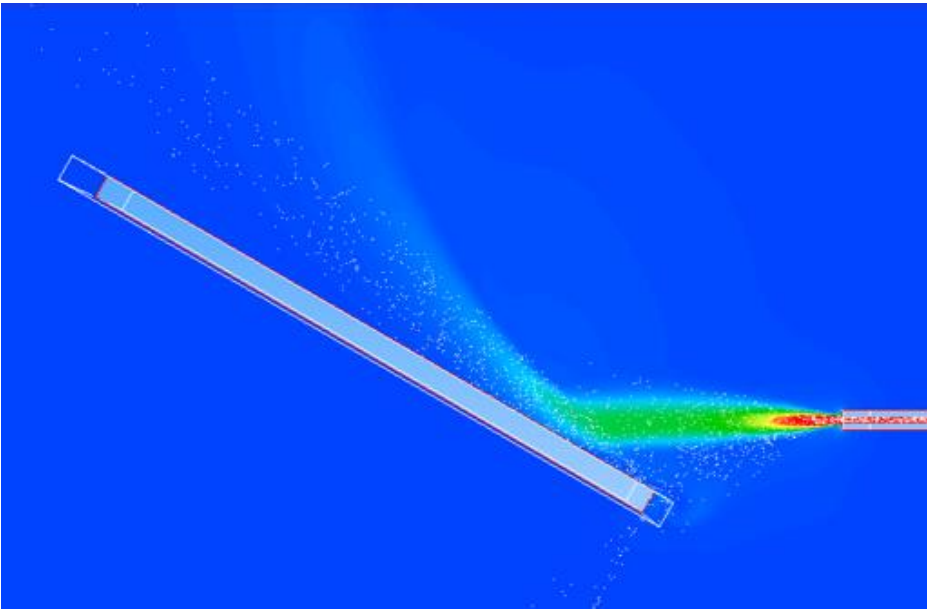
Ist es laut?

Hexagon D&E Simulationsportfolio



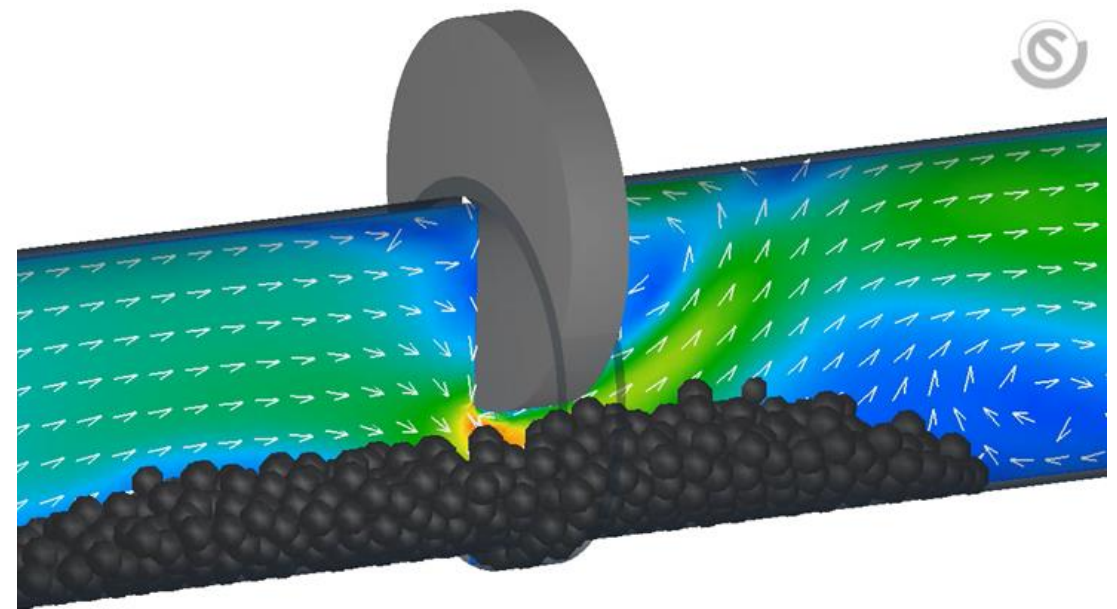
Partikelströmung vs. partikelbestimmte Strömung

Partikelströmung (z. B. Sandstrahlen)



Partikel haben keinen Einfluss auf das Strömungsfeld.
Partikel interagieren nicht miteinander.

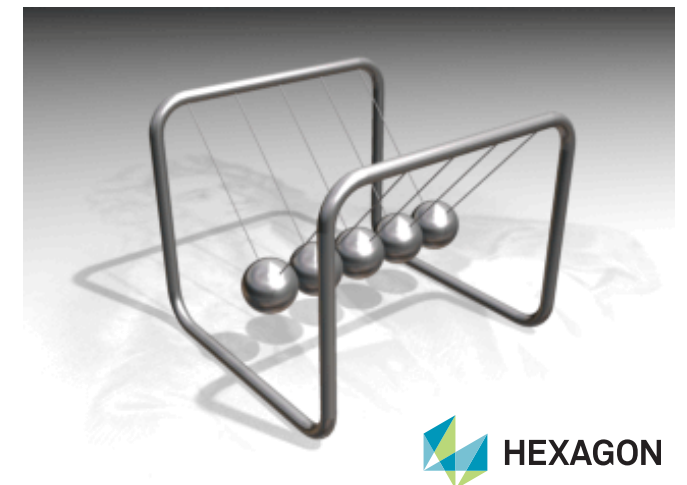
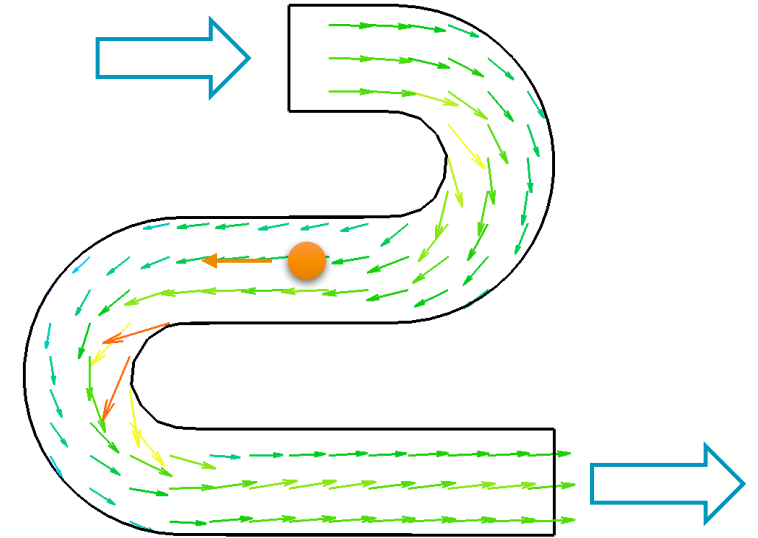
Partikelbestimmte Strömung



Partikel haben Einfluss auf das Strömungsfeld.
Partikel interagieren miteinander.

Grundlagen Strömungssimulation

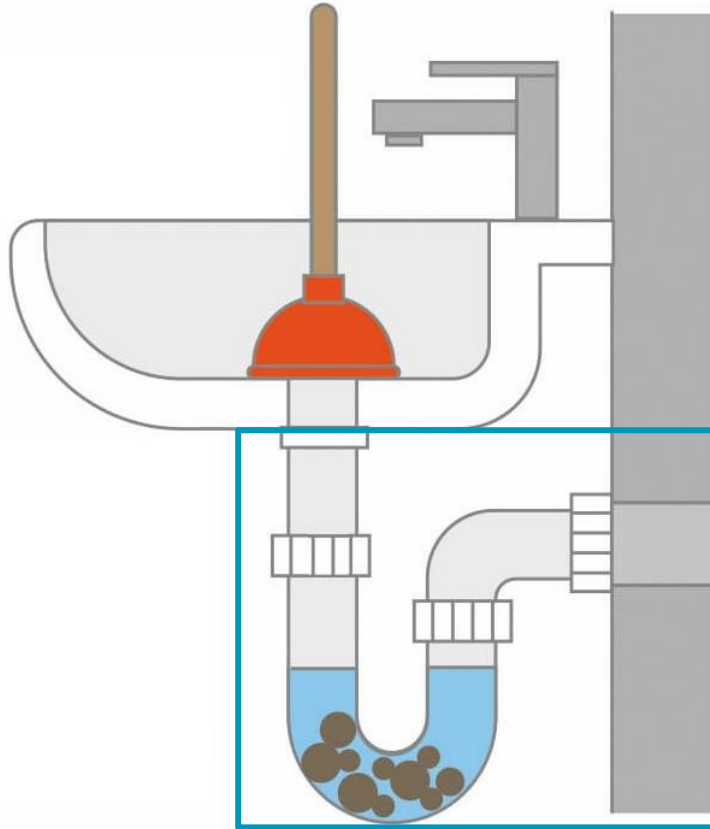
- CFD: Kontinuum (keine Fluidpartikel) in Kontrollvolumen
 - „Was reingeht, muss auch wieder raus, sonst wird's eng“
 - Erhaltung von
 - Masse
 - Impuls
 - Energie
- Partikelstudie: Massepartikel folgen der Strömung und interagieren mit Wänden
- DEM: Kugelstoß
 - Stärke der Impulsänderung abhängig von
 - Steifigkeit der Kugeln
 - Auftreffwinkel
 - Oberflächenbeschaffenheit -> Reibung



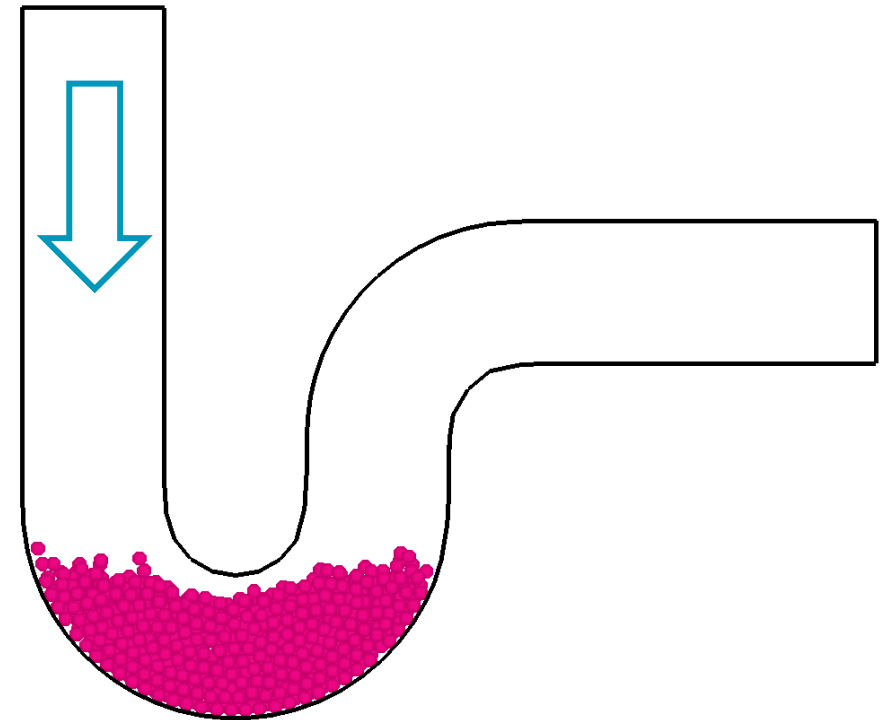
Partikelströmung vs. partikelbestimmte Strömung

Partikel	Partikelströmung	Partikelbestimmte Strömung
Unterliegen der Gravitation	+	+
Besitzen Strömungswiderstand	+	+
Reagieren mit Wänden	+	+
Interagieren untereinander	-	+
Beeinflussen das Strömungsfeld	-	+
Simulationsworkflow	Seriell	gekoppelt

Simulationsbeispiel: Verstopfter Abfluss



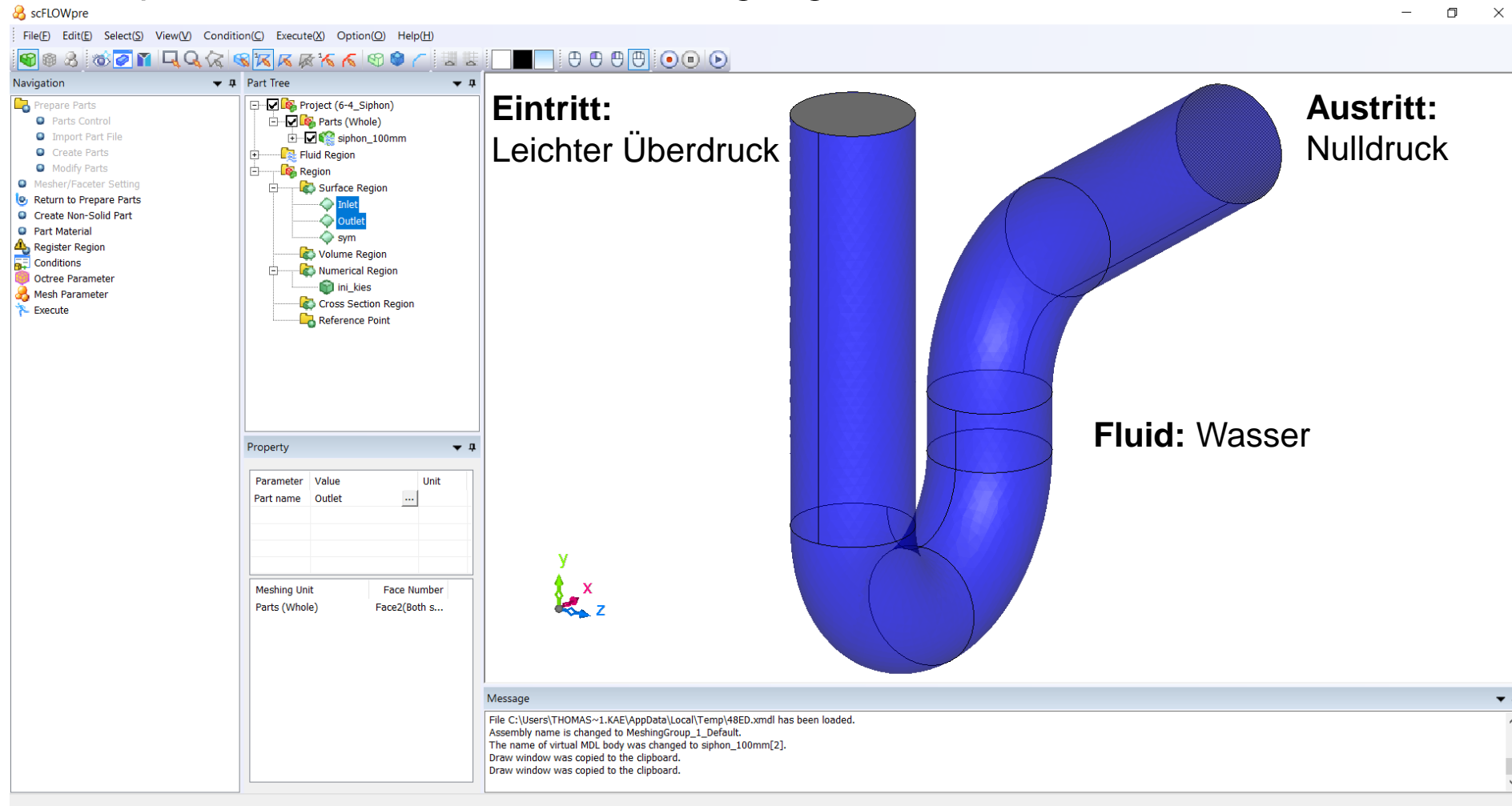
Quelle: <https://www.sanier.de/wp-content/uploads/images/abfluss-reinigen-poempel-grafik-nk.jpg>



Verschmutzung durch Partikel

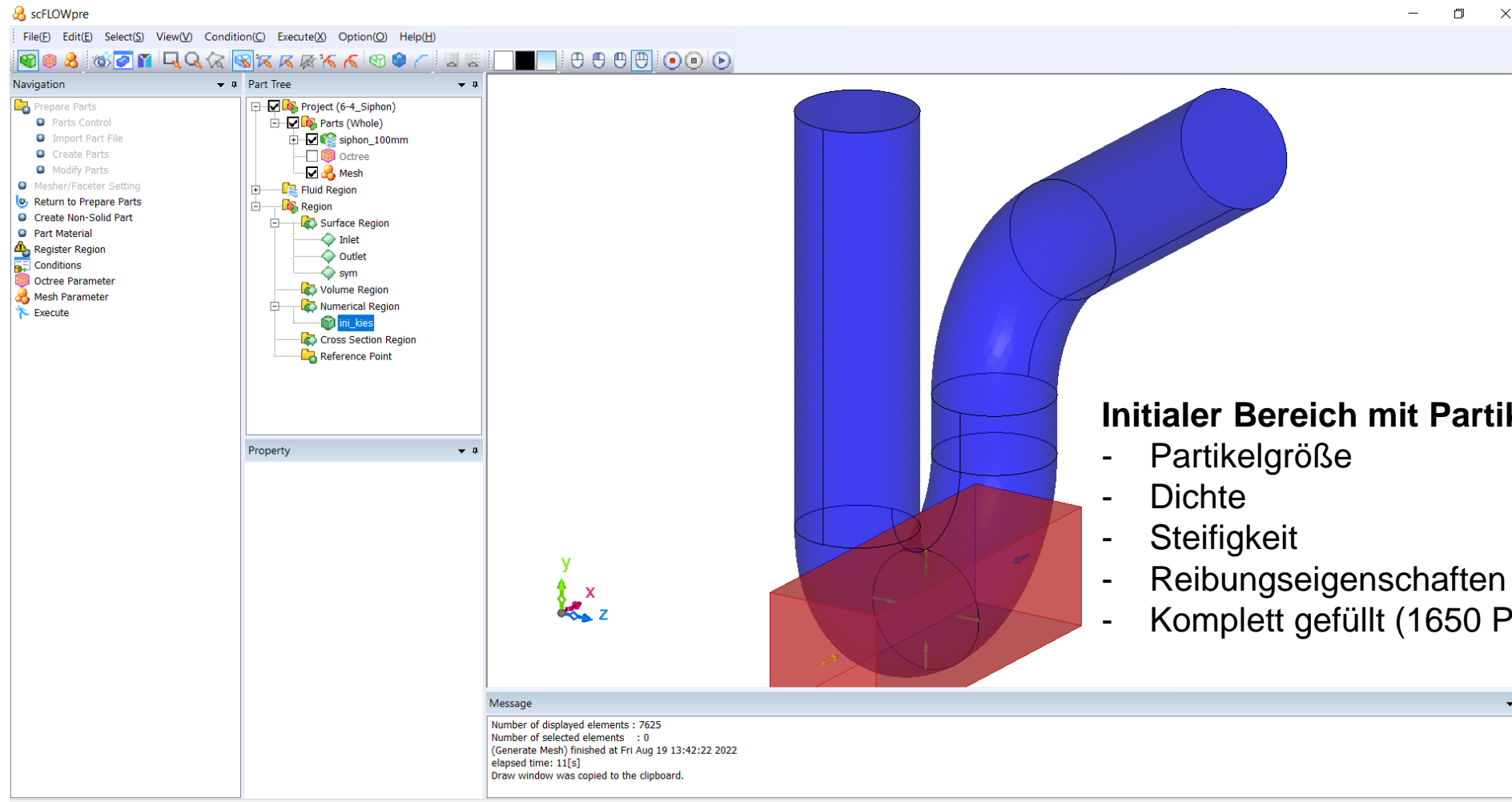
Cradle CFD Workflow

1. Geometrieimport und Setzen der Randbedingungen



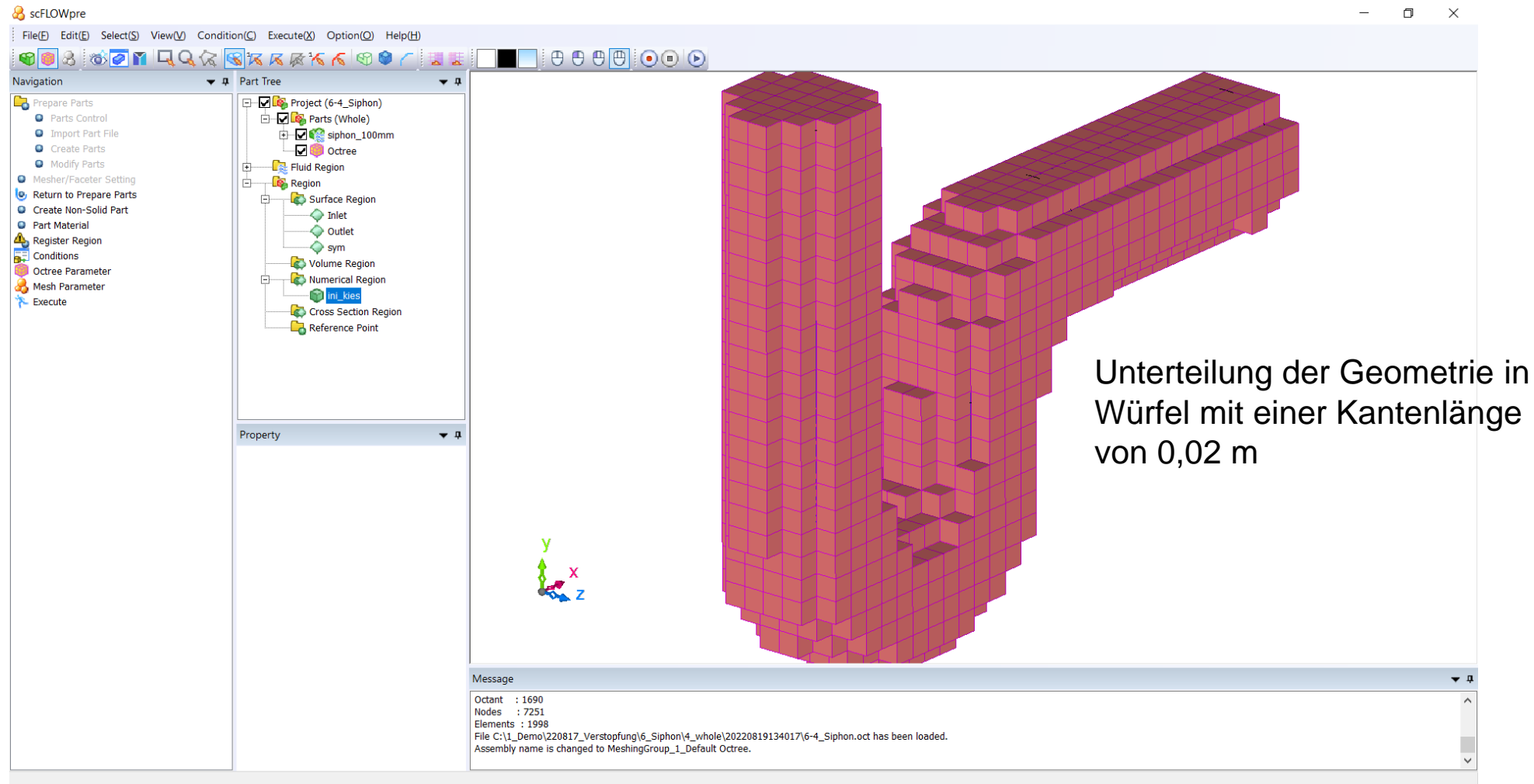
Cradle CFD Workflow

2. Initialisierung der DEM-Partikel



Cradle CFD Workflow

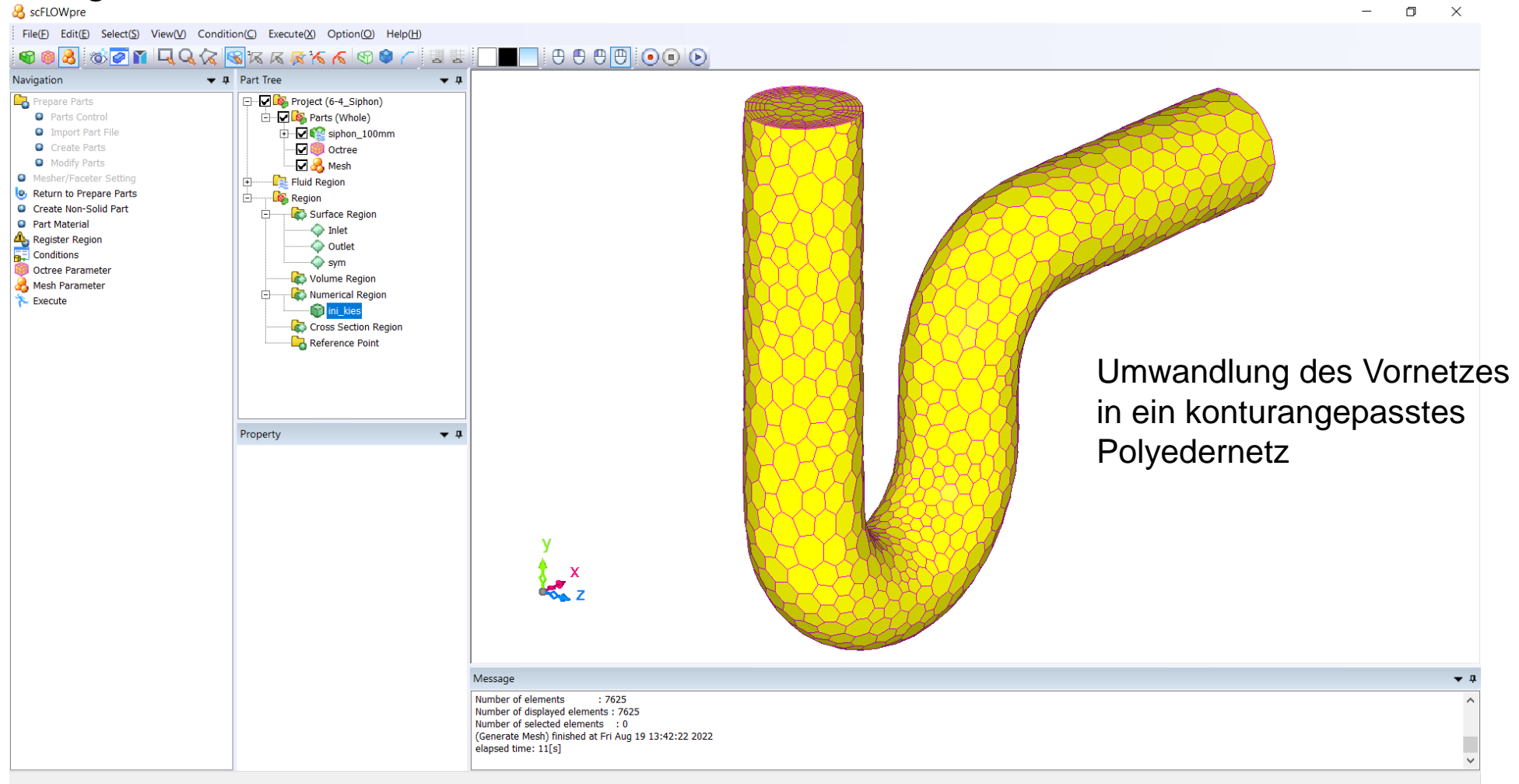
3. Vornetz



Unterteilung der Geometrie in
Würfel mit einer Kantenlänge
von 0,02 m

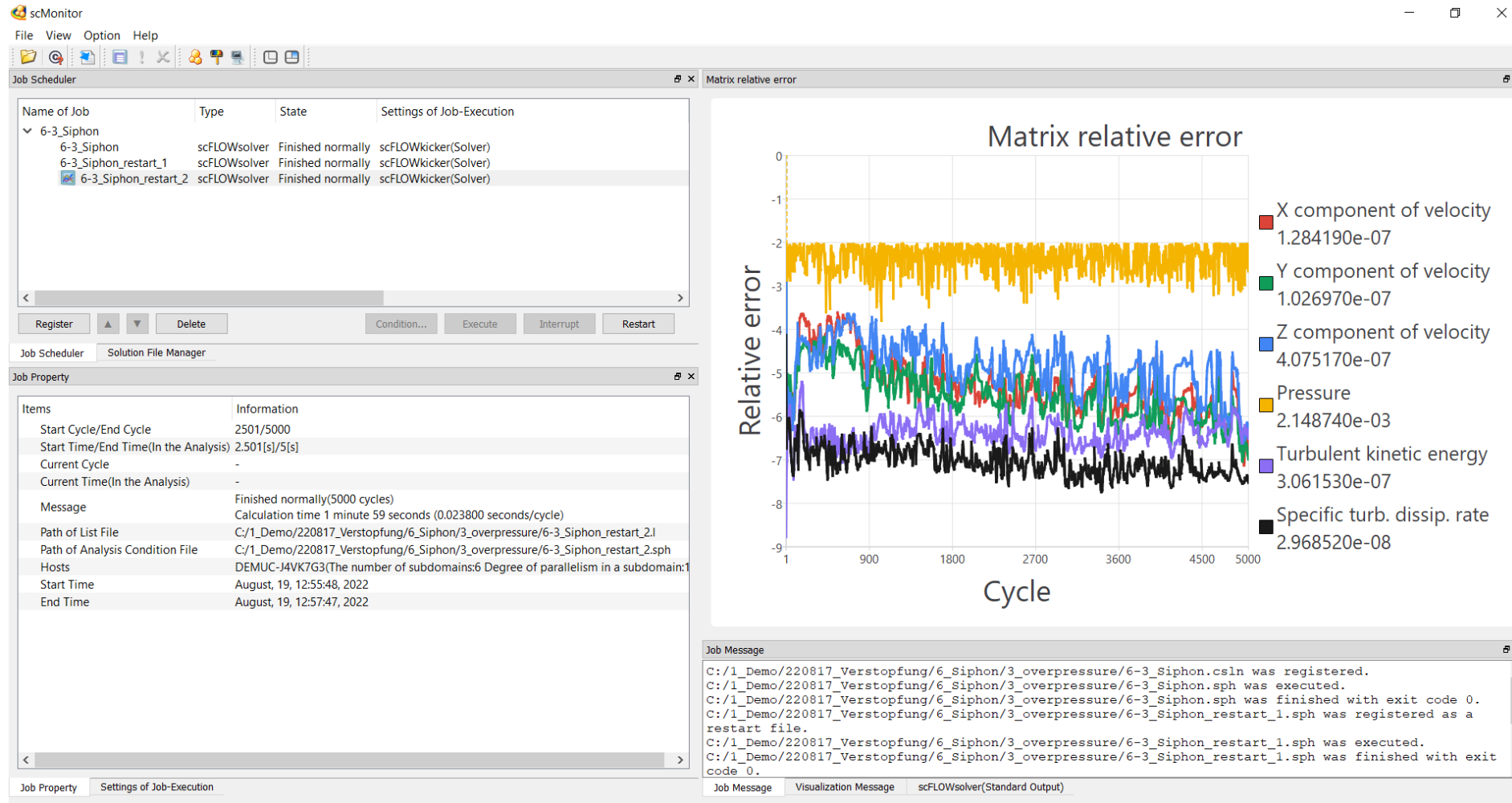
Cradle CFD Workflow

4. Vernetzung



Cradle CFD Workflow

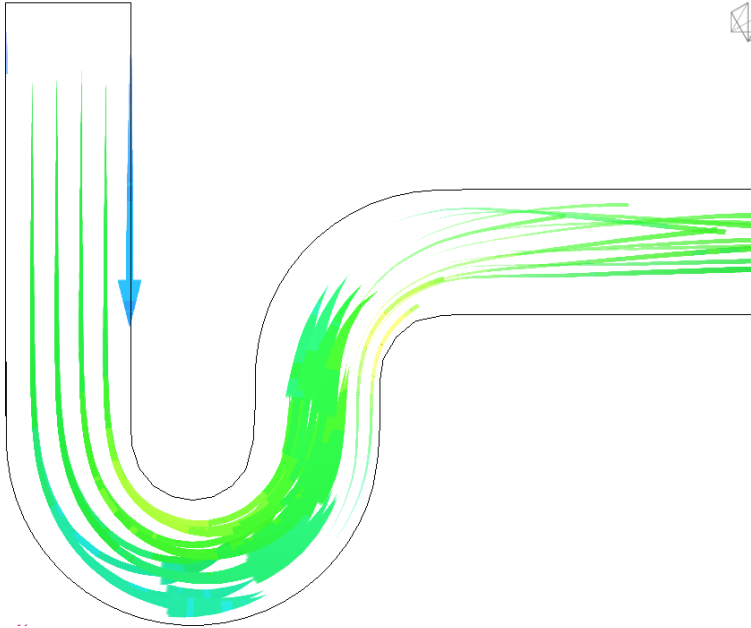
5. Simulation



Cradle CFD Workflow

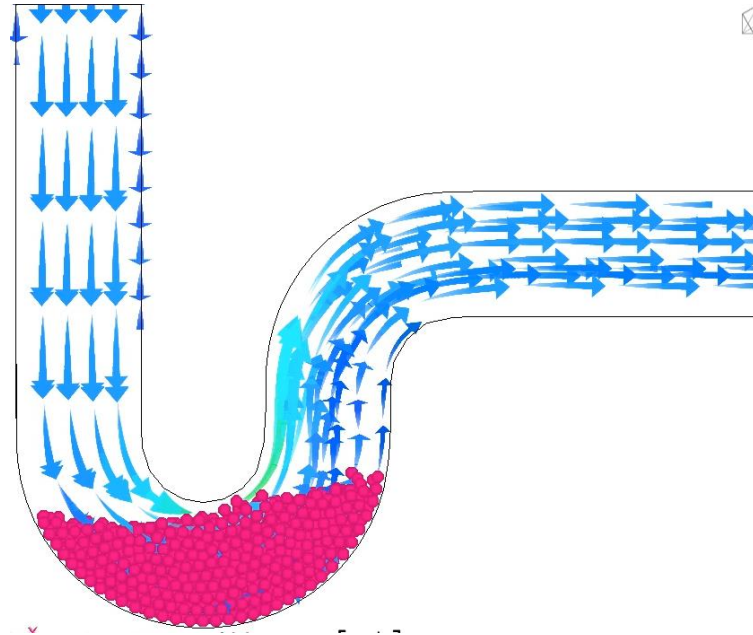
6. Ergebnisauswertung

Sauber normaler Eintrittsdruck



Durchfluss: 15 l/min

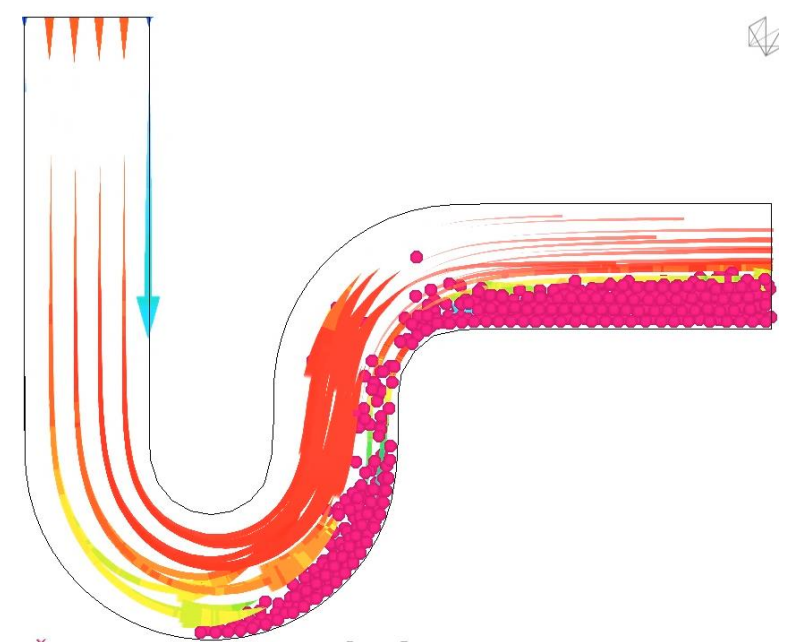
Normaler Eintrittsdruck



Durchströmung wird durch Schmutz blockiert

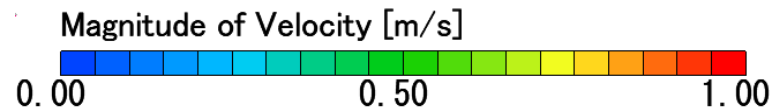
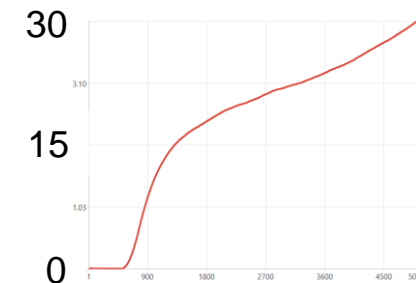
Durchfluss: 3 l/min

Erhöhter Eintrittsdruck



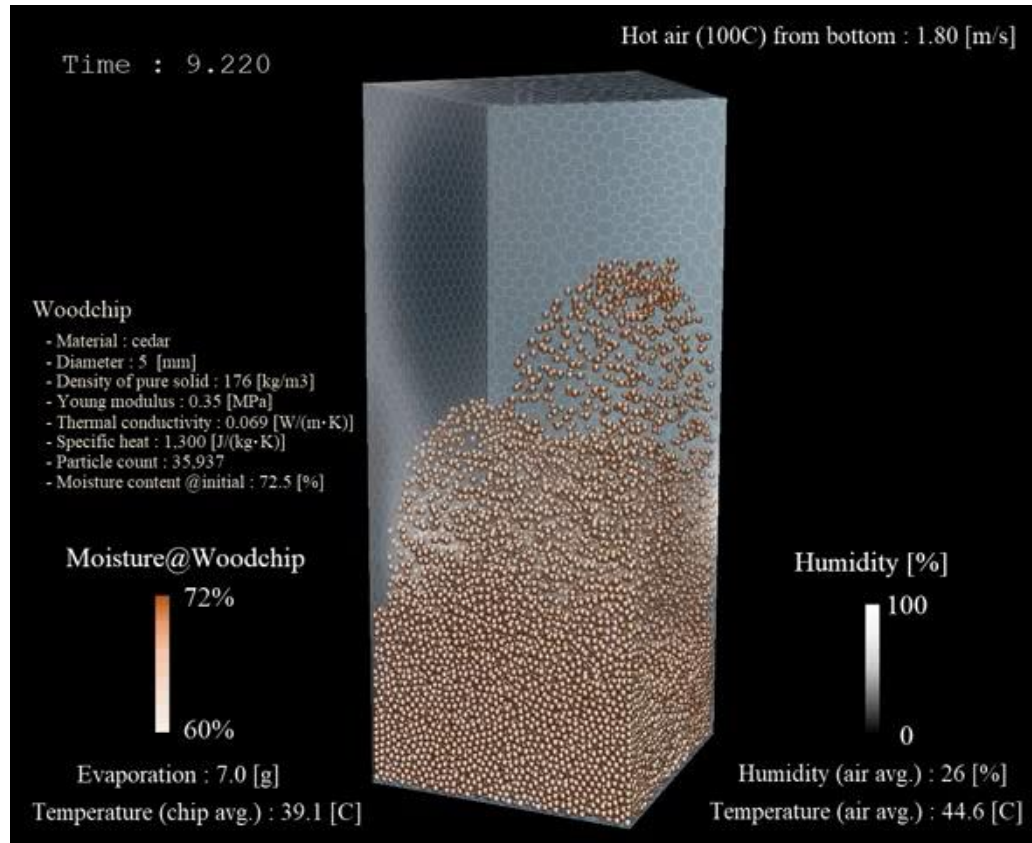
Nach Abtransport steigt der Durchfluss

Durchfluss: 35 l/min



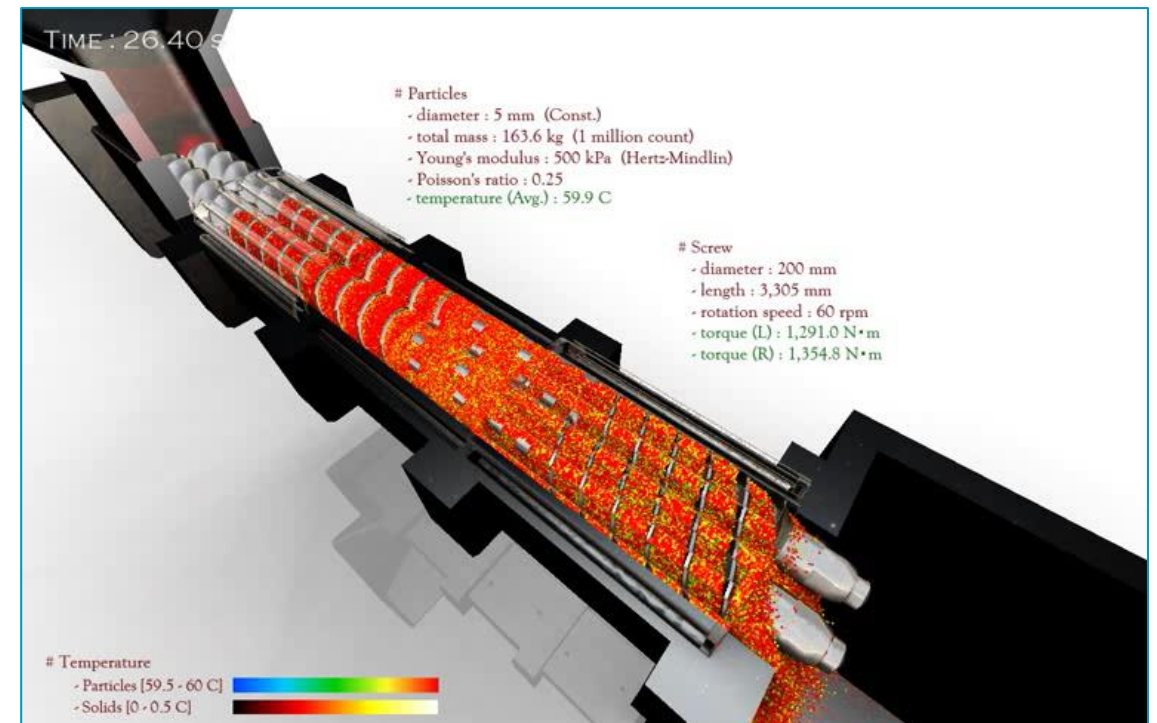
Weitere DEM Anwendungen

Trocknungsprozess



Partikel geben Feuchtigkeit an die Heizluft ab

Isolierte DEM Simulation: Förderschnecke



Partikeltransport erzeugt Lasten auf Förderschnecke

Zusammenfassung

- In partikelbestimmten Strömungen beeinflussen Partikel sich gegenseitig und haben einen direkten Einfluss auf die Fluidströmung.
- Zur Simulation von partikelbestimmten Strömungen wird die Strömungssimulation mit der Diskreten Element Methode (DEM) gekoppelt, die auf dem Kugelstoß basiert.
- In Cradle CFD ist dieser Workflow vollintegriert und ermöglicht eine einfache Bedienung.
- Neben dem Transport von Partikeln lassen sich auch Wärme- und Feuchtigkeitsübertragung sowie Strukturbelastungen abbilden.