

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326092648>

# Unleash the Full Potential of Virtual Cleanrooms!

**Presentation** · June 2018

DOI: 10.13140/RG.2.2.10112.94729

---

CITATIONS

0

READS

17

## 1 author:



**Stefan Radl**

Graz University of Technology

**138** PUBLICATIONS **686** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

## Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



FLIPPR<sup>o</sup> - Future Lignin and Pulp Processing Research [View project](#)



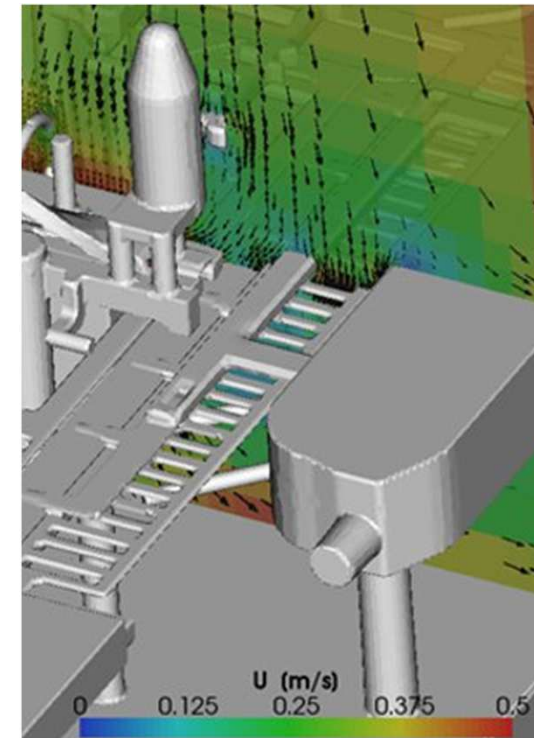
Cleanroom Technology - Teaching [View project](#)

# Unleash the Full Potential of Virtual Cleanrooms!

Stefan Radl

Institute of Process and Particle Engineering,  
Graz University of Technology

Mitglied des  DRRI | DEUTSCHES  
REINRAUMINSTITUT e.V.



**OERRG Jahrestagung 2018**

**Riegersburg, 2018-06-29**

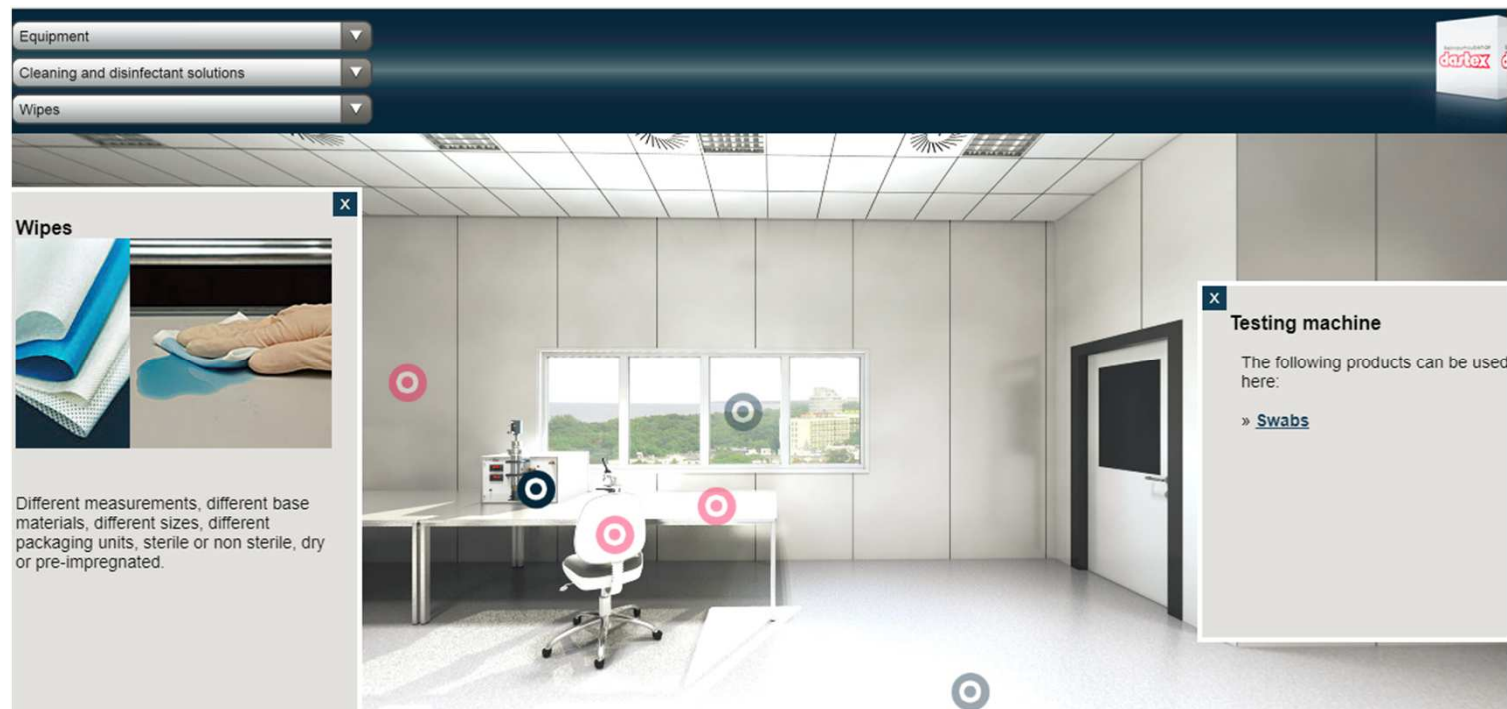
**20 Minuten**

- **Was ist ein „Virtueller Reinraum“?**
  - Warum virtuell?
  - Warum jetzt?
- **Virtueller Reinraum 2.0: Anforderungen und Potentiale**
- **Beispiel: Gesamtanalyse eines Reinraumsystems**
- **Resümee & Ausblick**
  - F&E Heute
  - F&E Morgen

# Virtueller Reinraum. Was ist das?

## Virtueller Reinraum „1.0“: einige Beispiele

- Abbildung des Reinraums in 2D (passiv)
- Ziel: Produktportfolio vorstellen



<https://www.dastex.de/virtueller-reinraum>

# Virtueller Reinraum. Was ist das?

## Virtueller Reinraum 1.0: einige Beispiele

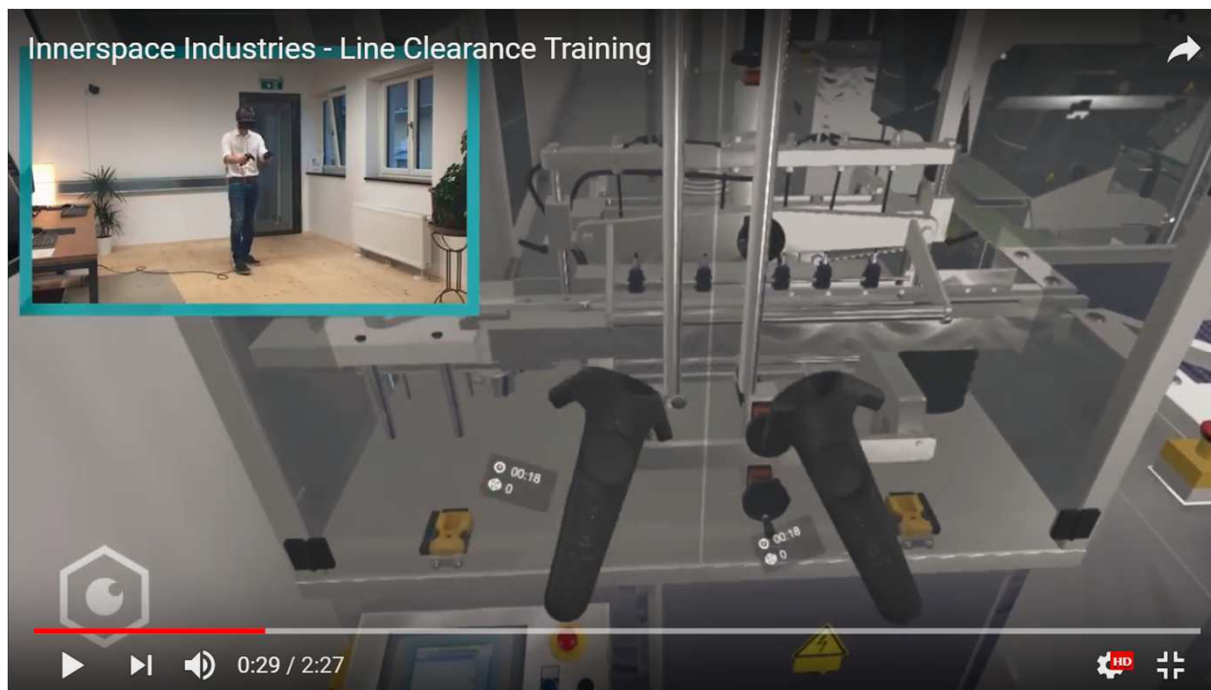
- Abbildung des Reinraums in 3D (interaktiv)
- Ziel: Reproduzierbares Training



# Virtueller Reinraum. Was ist das?

## Virtueller Reinraum 1.0: einige Beispiele

- Abbildung des Reinraums in 3D (interaktiv)
- Ziel: Training „besser als in der Wirklichkeit“



<https://www.innerspace.at/>

<https://www.youtube.com/watch?v=m4Px9edqRuk>

# Virtueller Reinraum. Warum jetzt?

## Geschichte der „Virtual Reality“

- Eigentlich sehr alte Idee!
- Herausforderung: Interaktion & „Physik“

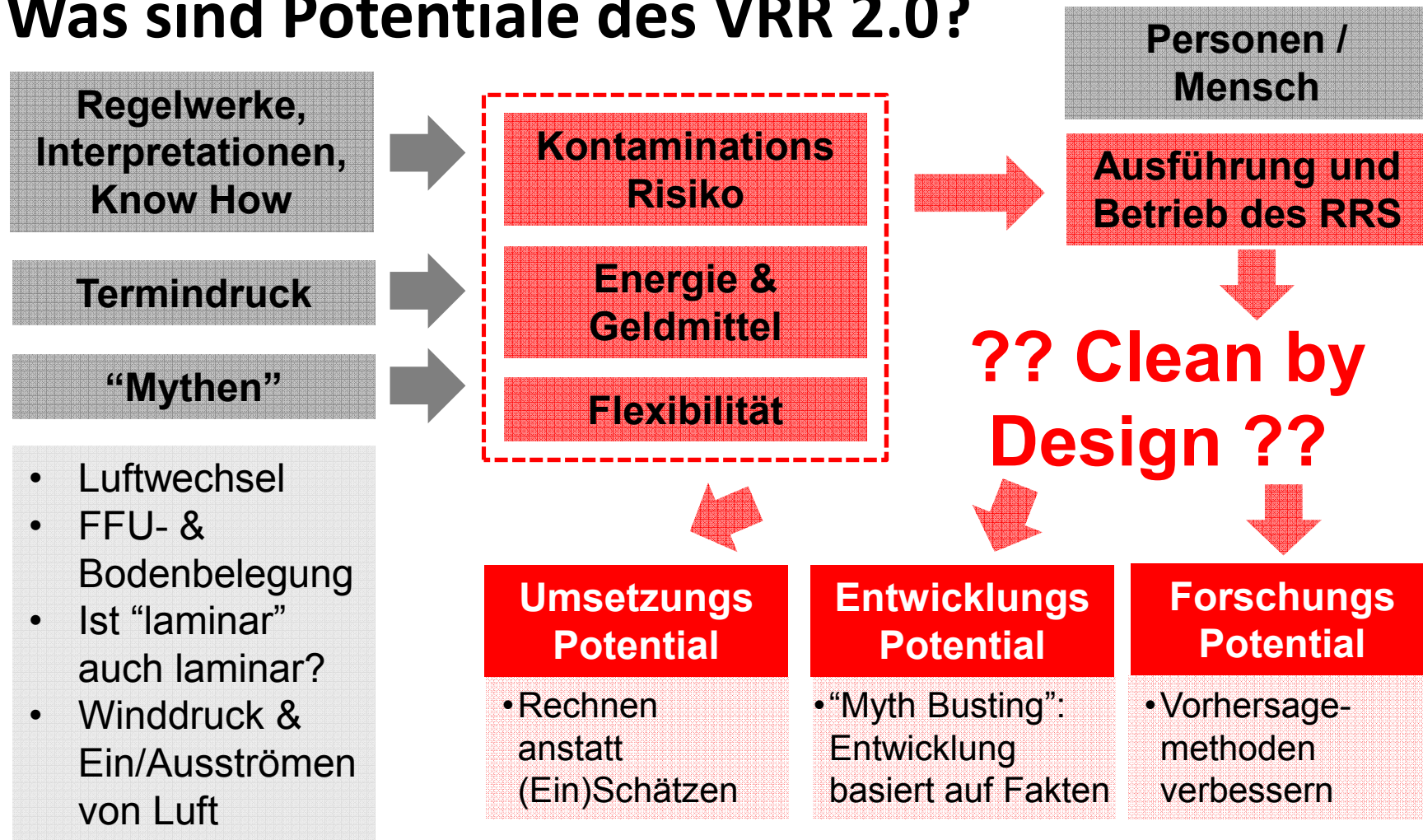
**Virtualisierung** ist  
ein Grundprinzip  
von „Industrie 4.0“!



Phil Kauffold, The Future of Virtual Reality, TEDxSonomaCounty, 2016  
<https://www.youtube.com/watch?v=d-HRgfJbPvk>

## Was beeinflusst ein Reinraumsystem (RRS)?

## Was sind Potentiale des VRR 2.0?





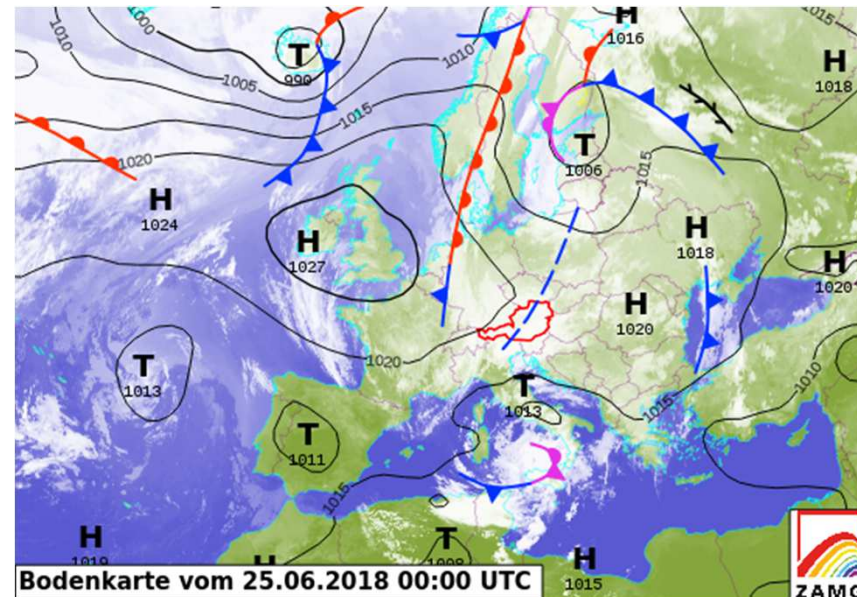
## Ein „Virtueller Reinraum 2.0“ sollte...

- ...die Geometrie ausreichend genau abbilden (Spalte, FFUs, poröse Böden, Waffeltisch, Wanddurchbrüche...)
- ...eine schnelle Berechnung der Strömung (Geschwindigkeit/Druck/Dämpfe/Partikel) für unterschiedliche Szenarien ermöglichen
- ...eine Einbettung in eine Virtual Reality Umgebung ermöglichen (Ergebnisdarstellung/Training)

## Beispiel VRR 2.0: Entwicklung neues RRS

- Mythen testen (z.B. Welche Luftgeschwindigkeit & FFU Belegung brauchen wir mindestens?)
- = „Wettervorhersage“ für das RRS!

Druckverteilung in Europa  
<http://www.zamg.ac.at>



# Was kann der VRR 2.0?

- **Geschwindigkeitsverteilung und Druck**
  - + Turbulente Strömung
  - + Instationäre Effekte
  - + Auftriebseffekte (Dämpfe)
  - + **Bewegungs-induzierte Strömung**
  - **Bewegung von Textilien und flexiblen Körpern**

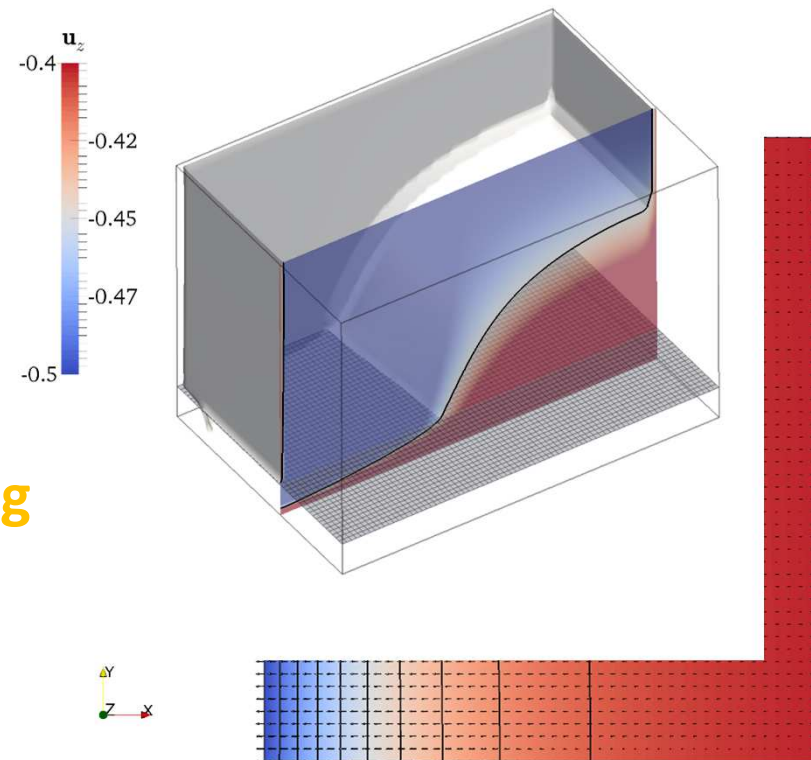
## Legende

+ (einfach) machbar

+ **in Studien gemacht, aber herausfordernd**

- **nicht, bzw. nur mir**

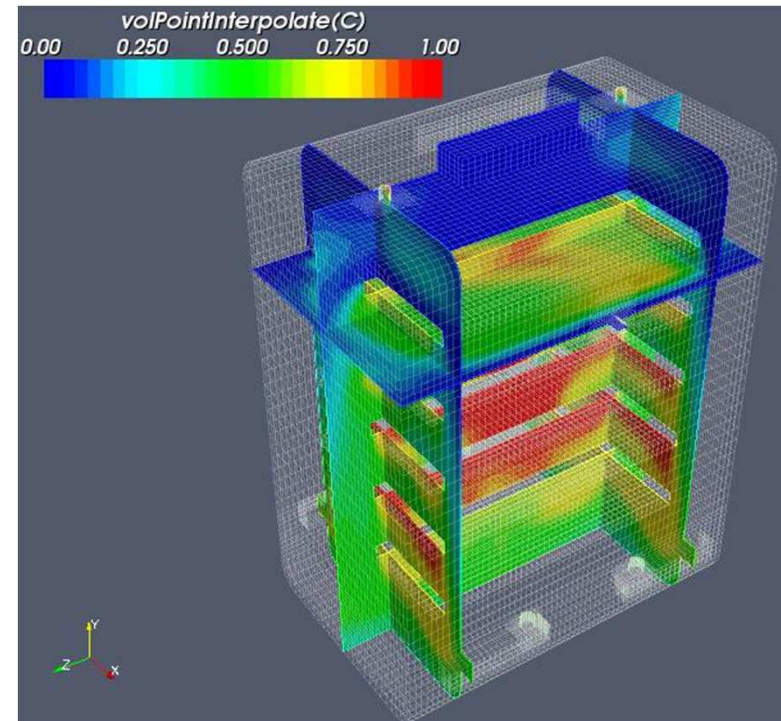
**Forschungsaufwand machbar**



Typische Druckverteilung im Doppelboden eines typischen Reinraums

# Was kann der VRR 2.0?

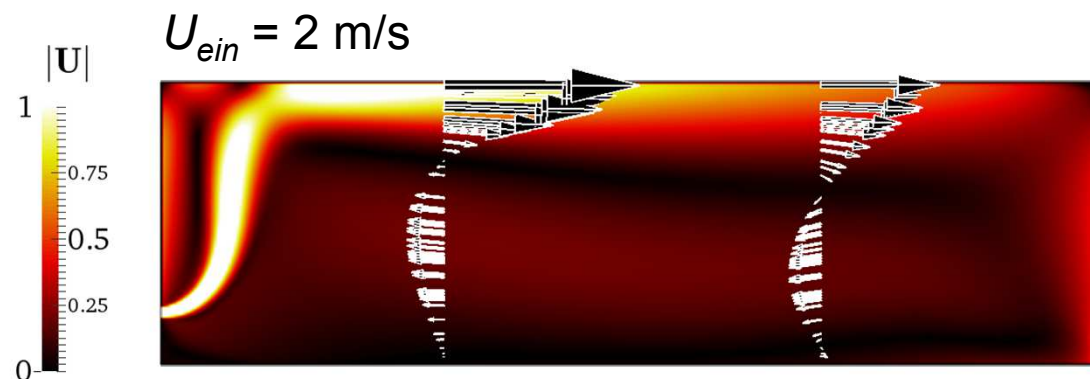
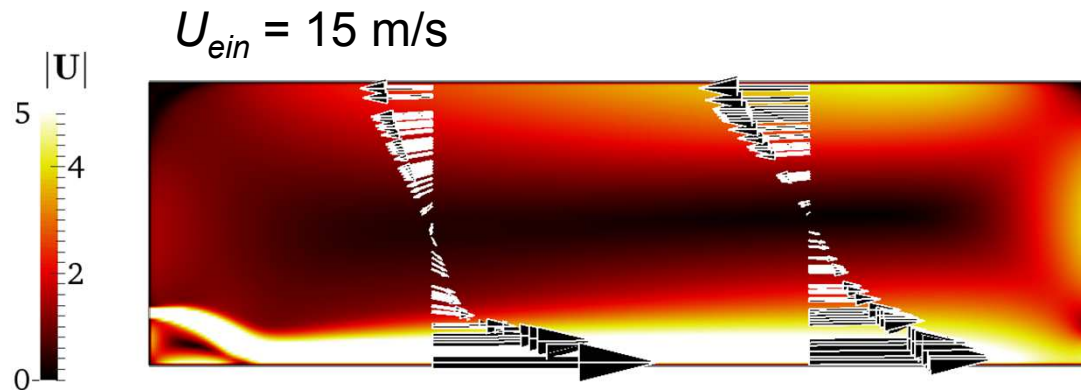
- **Konzentration von Partikel/Dämpfen/AMC**
  - + Partikel- & Gasverteilung
  - + Chemische Reaktionen (z.B. Zersetzung von  $\text{H}_2\text{O}_2$ )
  - + Kondensation von Luft-Dampf-Gemischen
  - + Partikelablagerung/anhaften
  - Tropfenbildung an Wänden
  - Partikel-Textil Interaktion



Typische  $\text{H}_2\text{O}_2$  Konzentrationsverteilung bei der Dekontamination in einer beladenen Schleuse.

# Was kann der VRR 2.0?

- **Beispiel: Einfluss der „Thermik“**

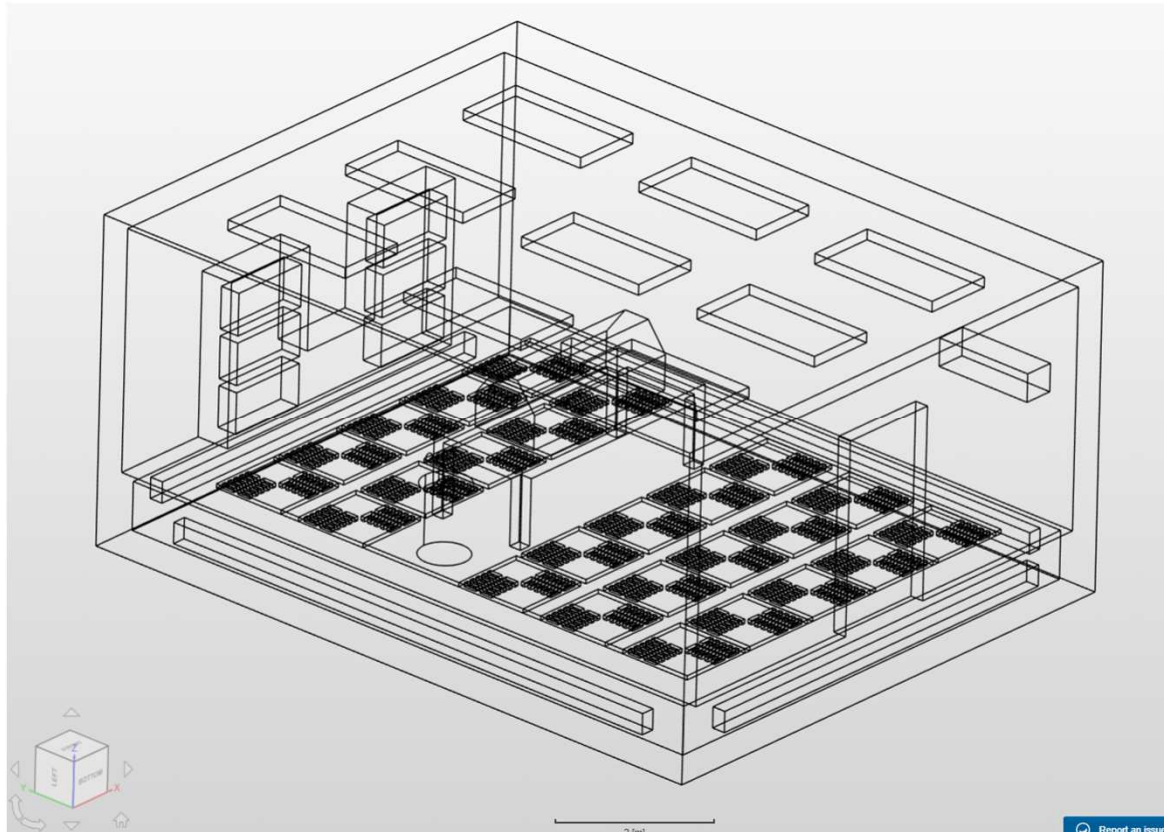


Effekt der Eintritts-geschwindigkeit,  $T_{ein} = 60^\circ\text{C}$

- **Hohe Eintritts-geschwindigkeit induziert eine linksdrehende Zirkulation**
- **Niedrige Eintritts-geschwindigkeit → Änderung der Strömungs-Richtung!**

# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

- **Typical Geometry**

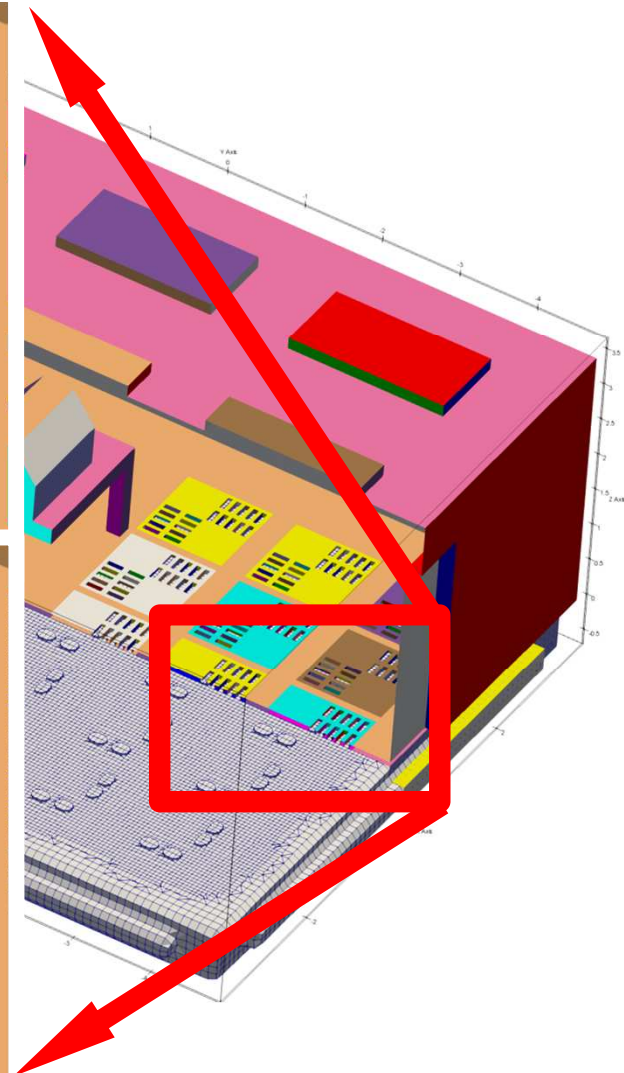
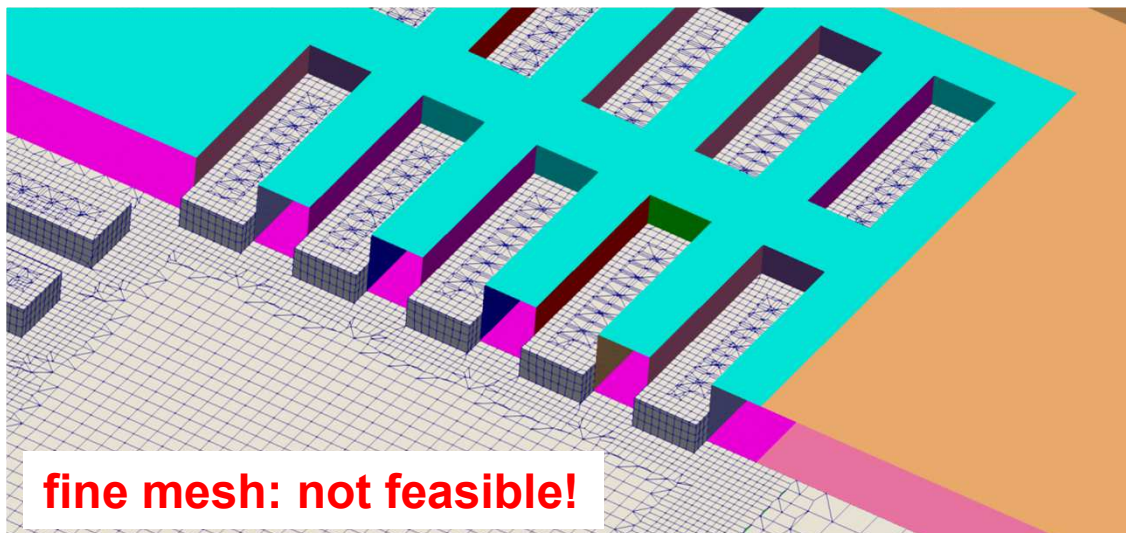
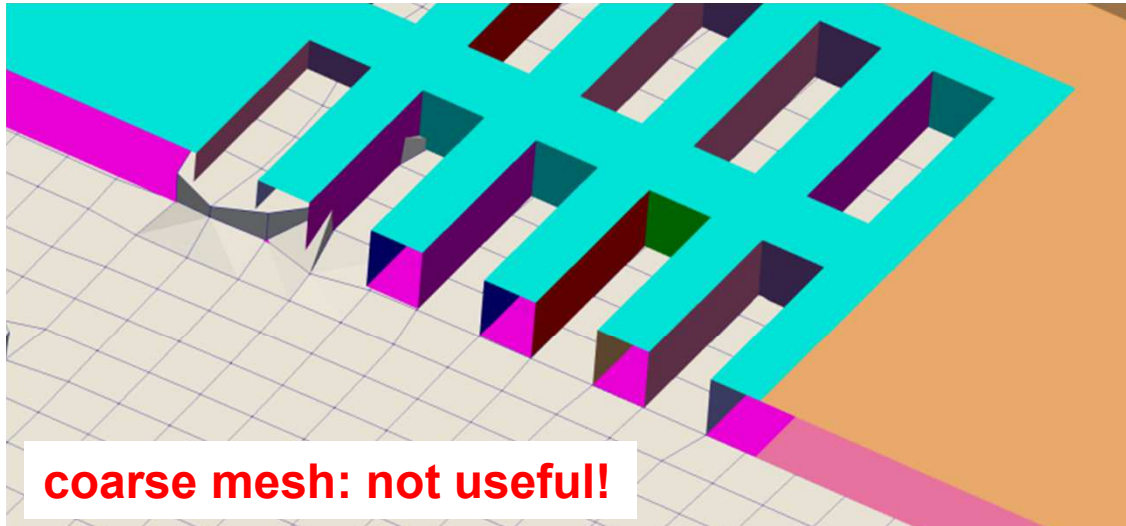


<https://www.simscale.com>

- Small details (floor tiles, piping, waffle table, gaps, etc.) → not practicable to be included directly!
- Need to make meaningful assumptions in the model!

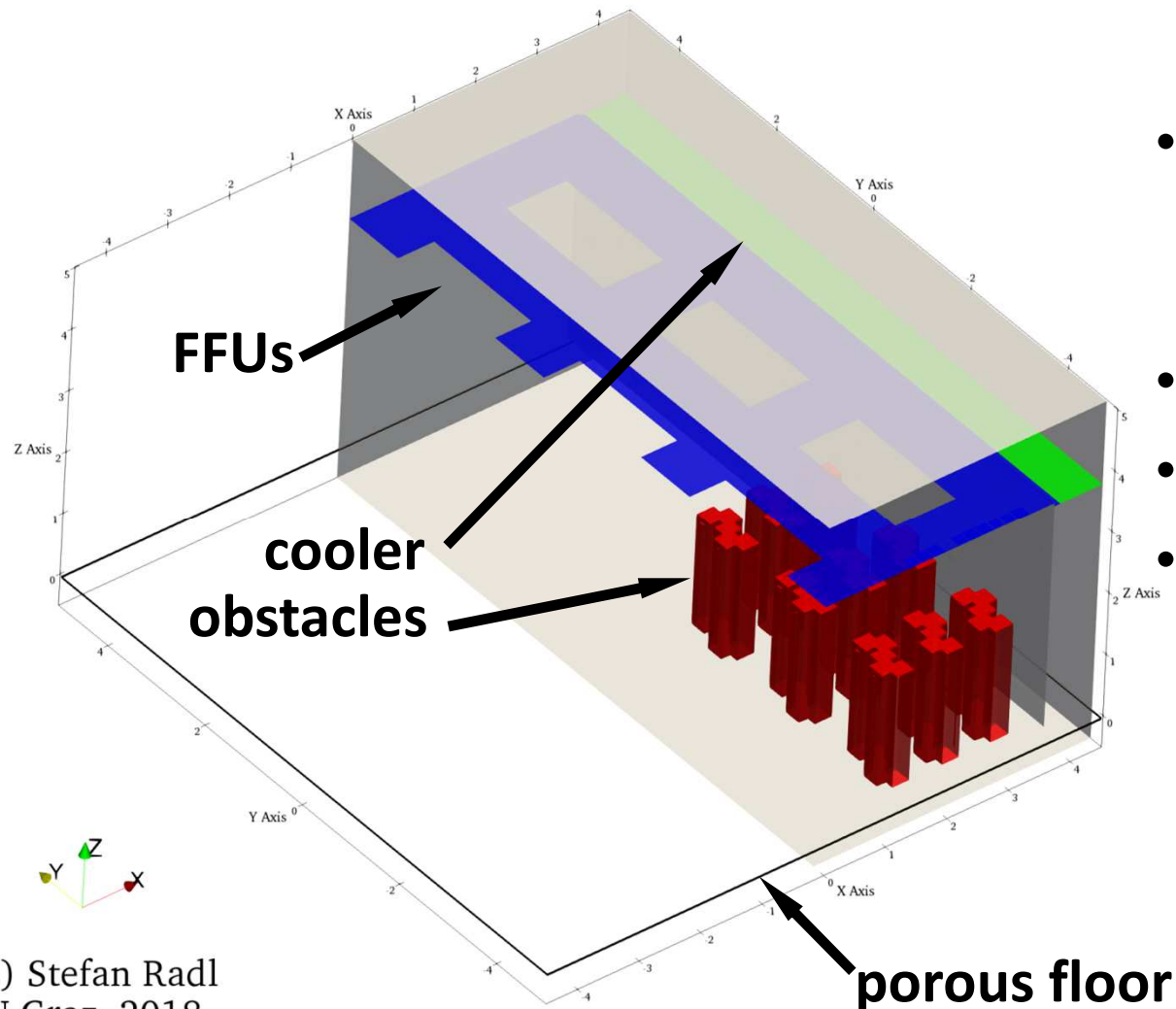
# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

- **Typical Geometry**



# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

- **Simplified Geometry**

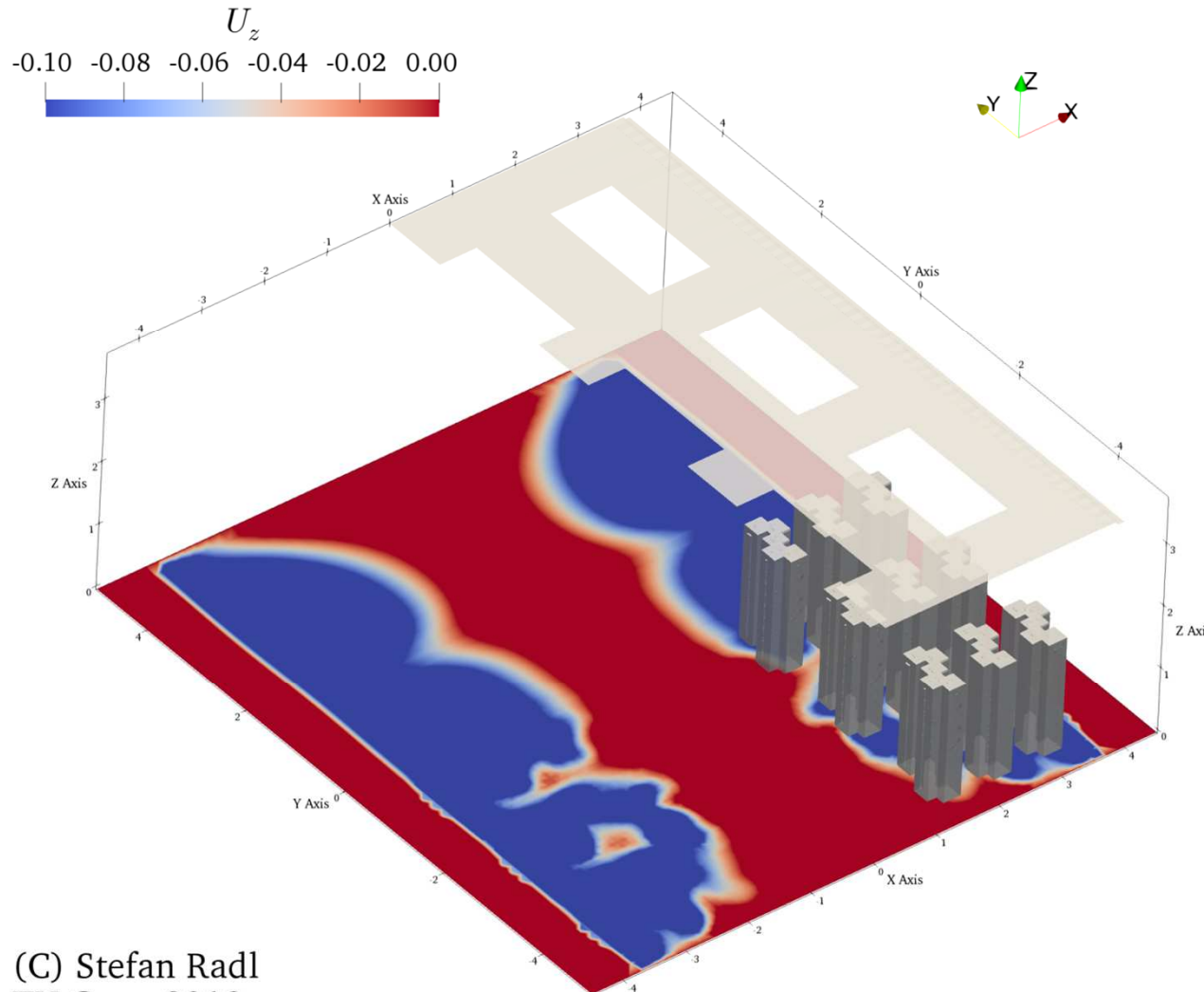


- FFUs and porous floor
- Plenum and flow below floor tiles simulated
- Horizontal cooler
- Obstacles
- Typical simulation time: 3 hrs flow, 2 hrs AMC transport



# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

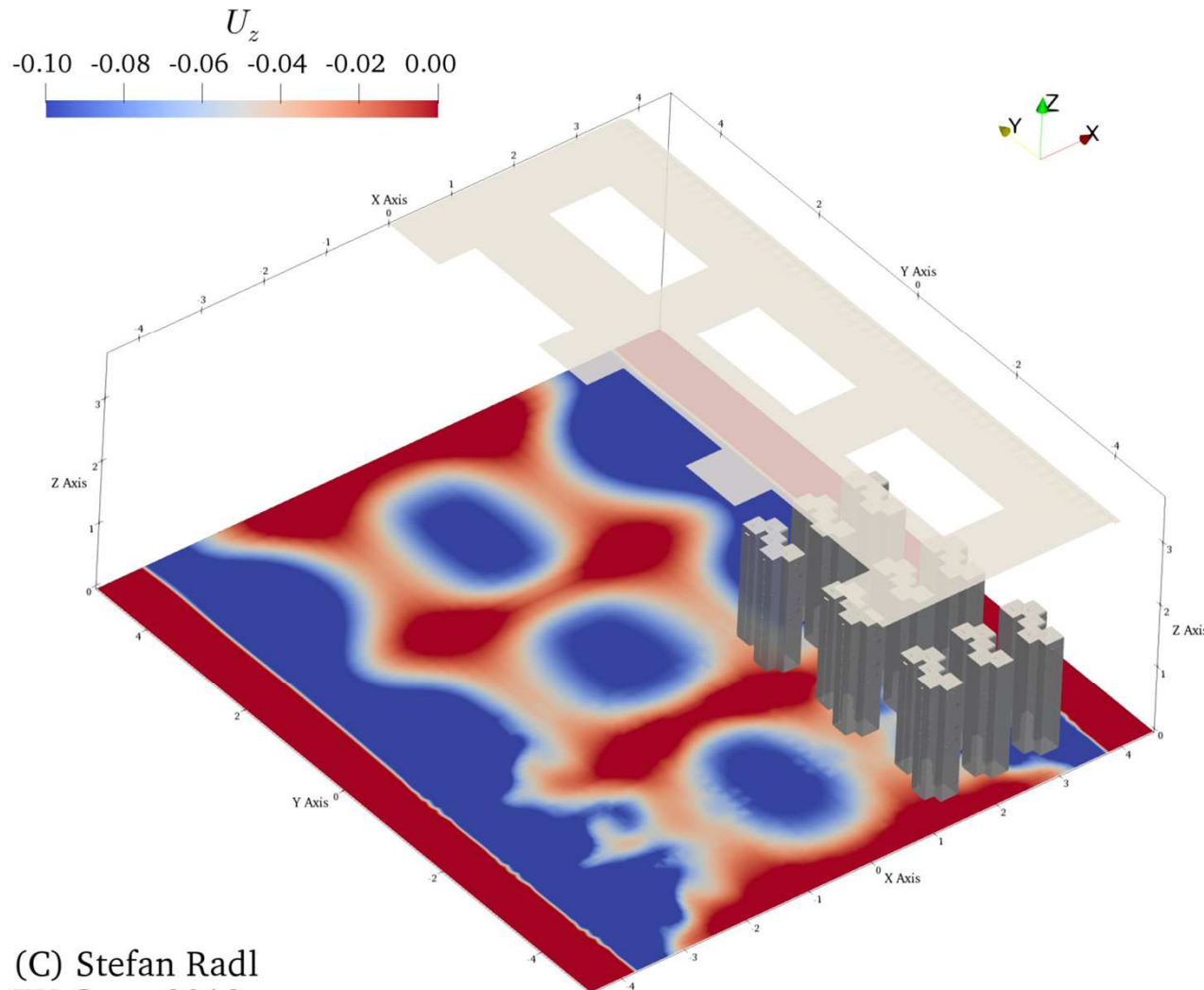
- **1st Design: 6 FFUs**



- **6 FFUs**
- **Low pressure drop of floor tiles**

# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

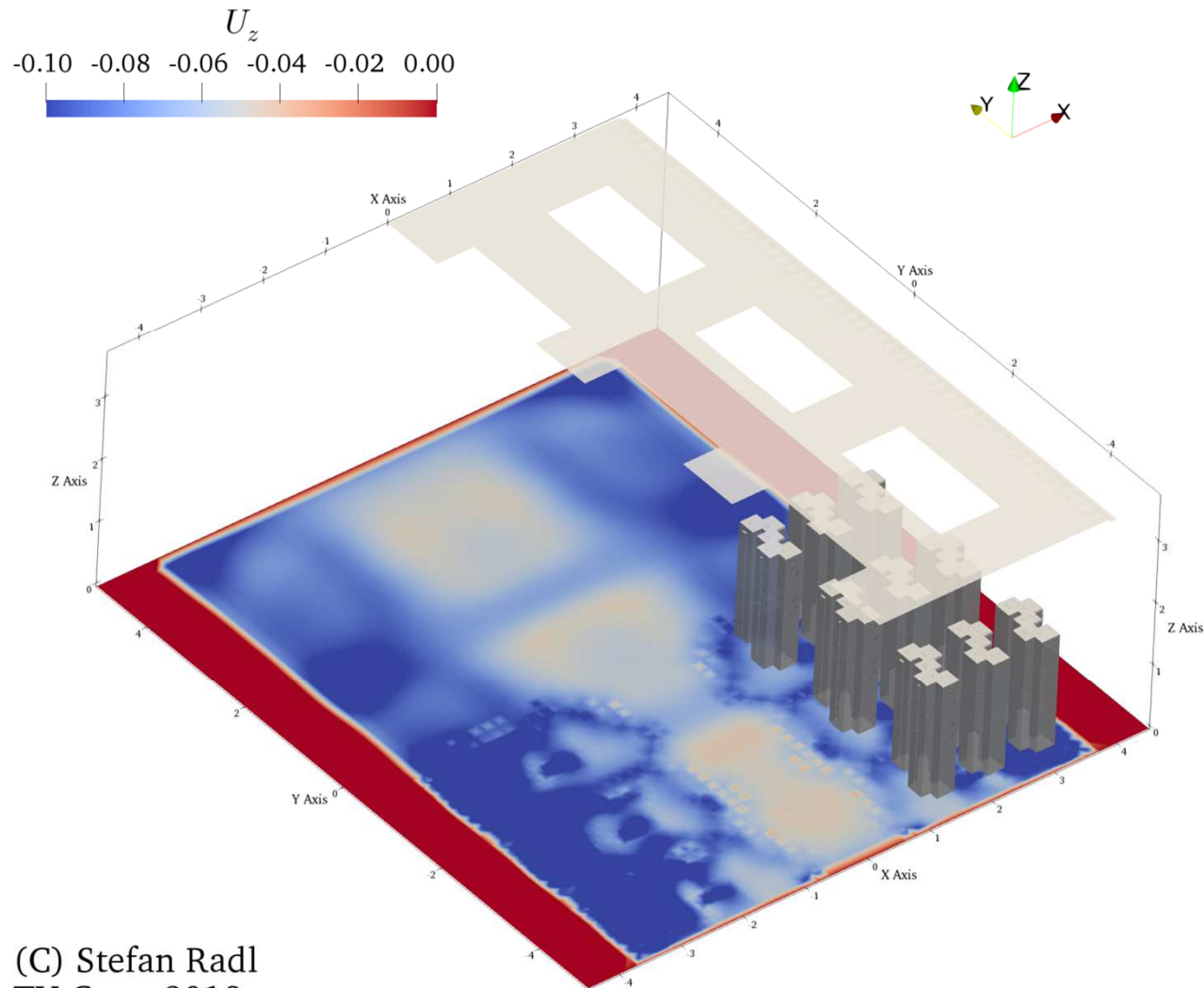
- **2nd Design: 9 FFUs**



- **9 FFUs**
- **Low pressure drop of floor tiles**

# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

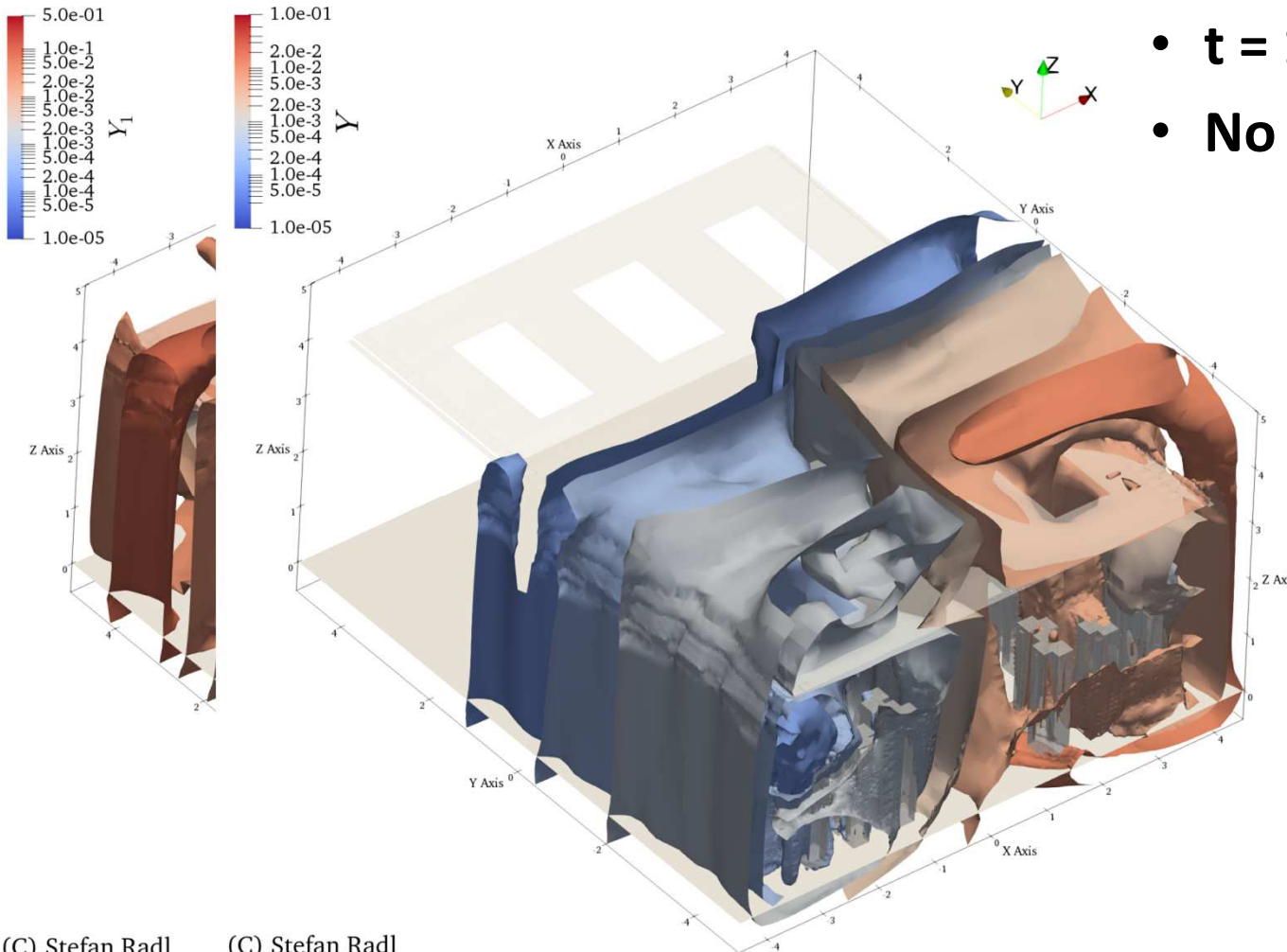
- **3rd Design: 9 FFUs + Low Floor Coverage**



- 9 FFUs
- **High pressure drop of floor tiles**

# Beispiel: Gesamtanalyse RRS

- **3rd Design: Spreading of AMC**



- $t = 140 \text{ s [s]}$
- **No AMC filters**

- **Arbeitsumfeld**  
**Reinraum:** virtueller Trainingsraum für maximales Wohlbefinden („Probefahrt“ im neuen Reinraum vor oder während dem Bau bzw. Ramp Up)



[http://rvlab.icg.tugraz.at/project\\_page/project\\_virtual\\_dressingroom](http://rvlab.icg.tugraz.at/project_page/project_virtual_dressingroom)

- **Echtzeit-Virtualisierung von Prozessen**  
Aufstellungswechsel ohne Zeitverlust; 3D  
Kameras + Strömungssimulation in Echtzeit
- **„Clean by Design“**  
Entwicklung von RRS vollständig am Computer  
ohne (merkbar) Schnittstelle Bau/Technik/User
- **Virtueller Reinraum als Produkt**  
Hersteller produzieren vorab „*in silico*“, und  
kaufen/mieten/leasen sich das beste RRS

# Unleash the Full Potential of Virtual Cleanrooms!

Stefan Radl

**DANKE FÜR  
IHRE AUFMERKSAMKEIT!**

**OERRG Jahrestagung 2018  
Riegersburg, 2018-06-29**

