

Wassernebel in FDS

Stephan Klüh

FDS Usergroup 2018, Freitag, 9. November 2018, Berlin



Hintergrund

FOGTEC Brandschutz GmbH

- **Mittelständisches Unternehmen mit Hauptsitz in Köln**
- **Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von festinstallierten Brandmelde- und bekämpfungsanlagen**
- **Zulassung von Anlagen durch Brandversuche**
- **Seit Mitte 2017 Forschungsprojekt SUVEREN**
 - **Eigene Brandsimulationen (FDS)**

Wo & Warum Wassernebel



Forschungsprojekt SUVEREN



„Sicherheit in unterirdischen städtischen Verkehrsbereichen bei Einsatz neuer Energieträger“

- **Laufzeit: 3 Jahre**
- **Programm „Zivile Sicherheit“ (BMBF)**
- **Beinhaltet sowohl Brandversuche als auch Simulationen**



SUVEREN -- Neue Energieträger (NET)

- **NET als Gegensatz zu mit Benzin / Diesel betriebenen Fahrzeugen**
- **Aktueller Schwerpunkt: Elektrofahrzeuge**
- **Gas-betriebene Fahrzeuge**
 - **Betrachtung von CNG, LNG, LPG („neu“)**
 - **Wasserstoff**
- **Fazit in Bezug auf HRR: Der Antrieb ist es nicht alleine. Das Fahrzeug hat unabhängig davon einen erheblichen Einfluss auf das Brandverhalten (vor allem im Anbetracht immer größerer PKW)**

SUVEREN -- Unterirdische Verkehrsbereiche

Anwendungsbeispiele:

- Tief- / Parkgaragen
- Busbahnhöfe
- Kommerzielle Anlieferungszone
- Tunnel



SUVEREN -- Unterirdische Verkehrsbereiche

Anwendungsbeispiele:

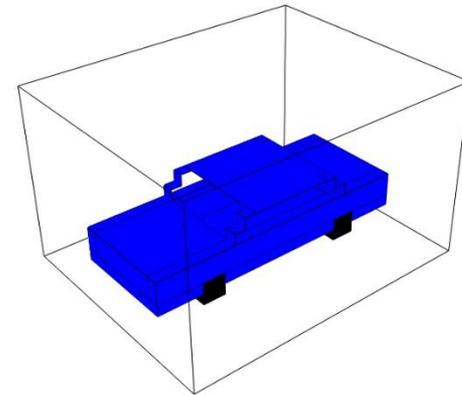
- Tief- / Parkgaragen
- Busbahnhöfe
- Kommerzielle Anlieferungszone
- (Tunnel)



FDS in SUVEREN – Simulation & Brandversuche

Zwei Versuchsreihen -- jeweils inklusive Wiederholungsversuchen mit Wassernebel

- **Energieträger „stand alone“**
 - Li-Ion Batterie (Fahrzeugbereich)
 - Jet Feuer (kein Wasserstoff)
- **Fahrzeugbrand (Mock-Up)**



Modellierung von Wassernebel in FDS

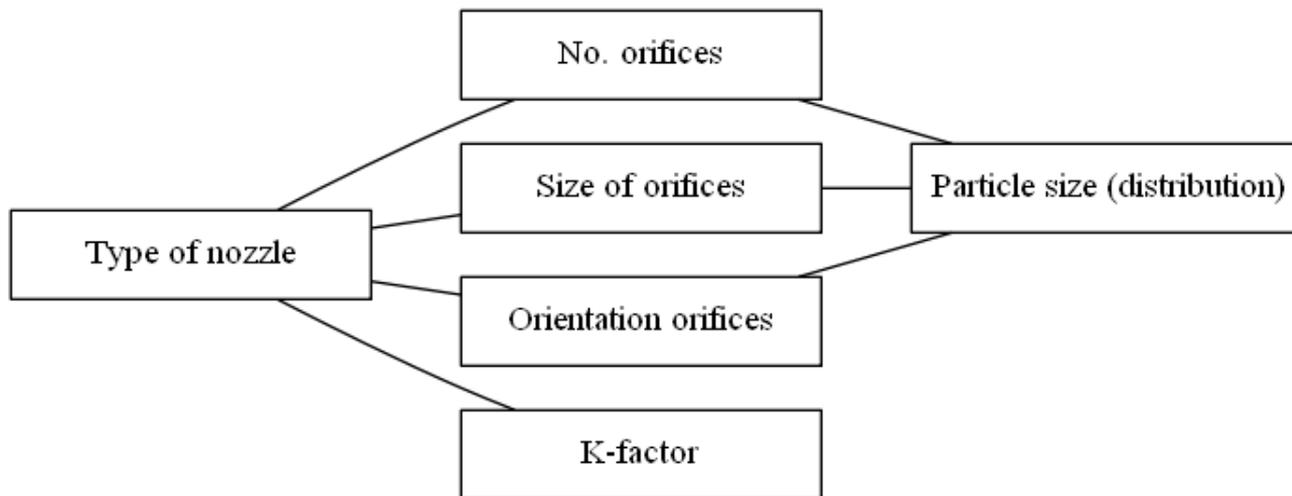
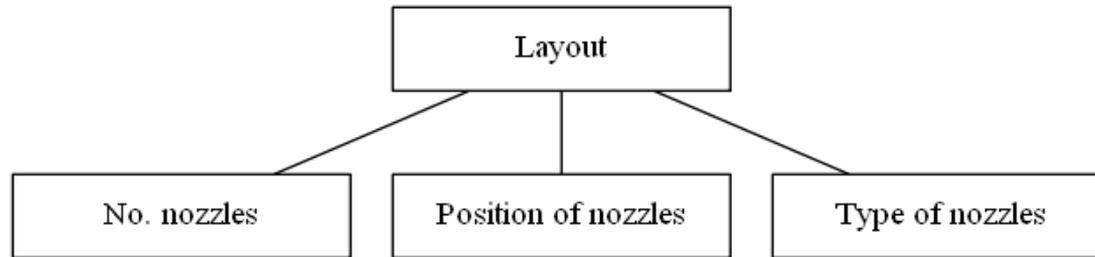
Offensichtliche Probleme:

- **Gitterweite vs Tröpfchengröße**
- **Zeitschritt vs Geschwindigkeit**

- **Ansatz in FDS : Lagrangian-Particles**



Wassernebel Anlage „from Scratch“



Die Umsetzung im Code

- Düse(n)-Layout

```
&DEVC ID = 'noz1',
      XYZ = 0.5,0.5,2.7,
      PROP_ID = 'nozzle' ,
      INITIAL_STATE = .TRUE. ,
      ORIENTATION = 0.0,0.0,-1.0/
```

- Düse

```
&PROP ID = 'nozzle',
      PART_ID = 'water_droplets',
      K_FACTOR = 5 ,
      OPERATING_PRESSURE = 100,
      SPRAY_ANGLE = 60,75 ,
      OFFSET = 0.3 /
```

- Löschmittel

```
&PART ID = 'water_droplets',
      SPEC_ID = 'WATER VAPOR',
      DIAMETER = 400.0 /
```

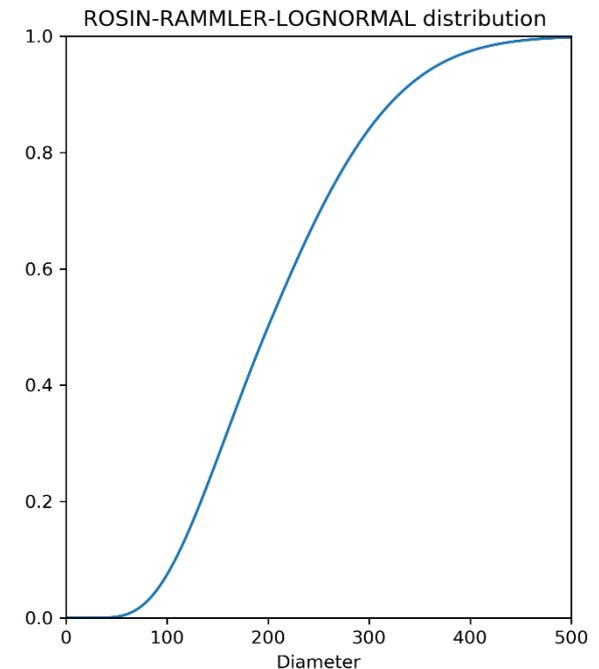
Auswahl Betriebsparameter

- **Löschmittel: meistens Wasser (Zusatz von Additiven möglich), Aerosole**
- **Maximales Löschmittelreservoir**
- **Betriebsdruck: größer 35 bar (Hochdrucksysteme)**
- **Aktivierung**
 - **Automatisch (Glaßfass)**
 - **Detektion & Steuerung**

Beschreibung des Wassernebels

Tröpfchengröße:

- **Bestimmung z. B. mittels PDA oder Laser-Tomographie**
- **In FDS Verteilungsfunktion**
 - **Default: Kombination aus Log-Normal & Rosin-Rammler-Verteilung**
 - **Anpassen an experimentelle Werte möglich**



Modellierung der Düsen -- Spray angle

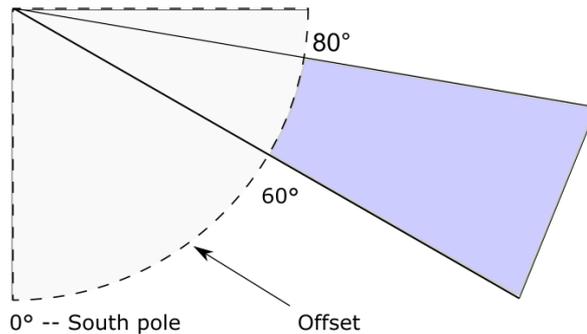


```

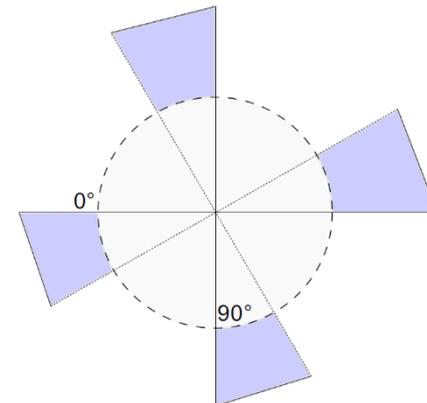
&PROP          ID          = 'nozzle',
                PART_ID     = 'water_droplets',
                ...
                SPRAY_PATTERN_TABLE = 'TABLE1' /

&TABL ID='TABLE1' , TABLE_DATA = 60,80, 0,30, 50,0.25/
&TABL ID='TABLE1' , TABLE_DATA = 60,80, 90,120, 50,0.25/
&TABL ID='TABLE1' , TABLE_DATA = 60,80, 180,210, 50,0.25/
&TABL ID='TABLE1' , TABLE_DATA = 60,80, 270,300, 50,0.25/
    
```

Latitude (60,80)



Longitute (0,30), (90,120), (180,210),(270,300)



Weitere Einstellungsmöglichkeiten

- **Viele Einstellungen in FDS haben analoge Entsprechungen**
- **Es gibt aber auch „rein numerische“ Parameter**
- **Visualisierung & Berechnungsdauer**
 - **PARTICLES_PER_SECOND**
 - **SAMPLING_FACTOR**
- **Anpassung an („offensichtliche“) Probleme**
 - **OFFSET**
 - **VELOCITY_COMPONENT**
 - **VELOCITY_PATCH**

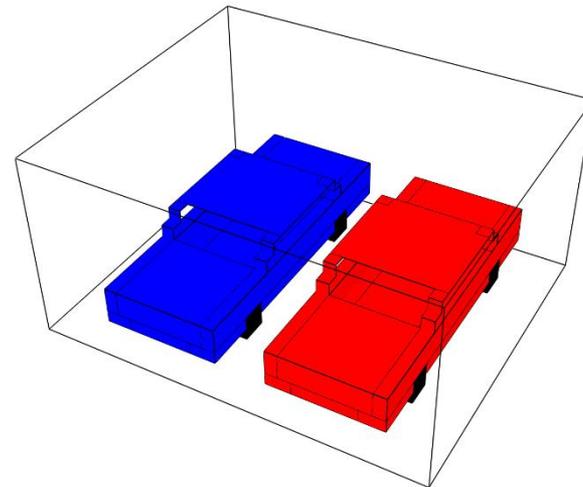
Wirkung auf der Oberfläche des Brennstoffs

- **Wasser verteilt sich auf Oberflächen (wird in FDS modelliert)**
- **Wasser beeinflusst die Pyrolyserate von Brennstoffen**
- **Berücksichtigung in FDS durch E_COEFFICIENT:**
 - **Reduziert die lokale HRR in Abhängigkeit der Wassermenge**
 - **Muss experimentell bestimmt werden (schwierig)**



Brandausbreitung

- **Wasserdnebel beeinflusst die Brandausbreitung**
- **Ist die Vorgabe einer zeitabhängigen HRR dann sinnvoll?**
- **Im FDS User Guide werden zwei Möglichkeiten:**
 - **Ignition Temperature**
 - **Arrhenius Ansatz / Gleichung**

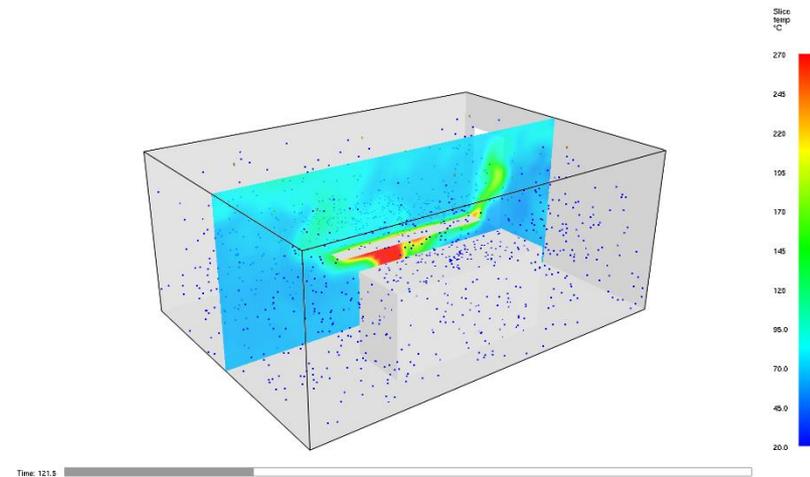


Validierung

FDS Validation Guide enthält „CG/HAI Water Mist Suppression Tests“

Versuche der US Küstenwache

- Mit mehreren Düsen
- Von unterschiedlichen Herstellern



FOGTEC-Düse 500 kW Brand nach FDS Validation Guide

Ziel: Validierung von aktuellen Düsen in den Brandversuche zu PKW-Bränden

Da sind noch ein paar Fragen offen...

Problem / Fragestellung	Überlegungen & Lösungsansätze
Hohe Geschwindigkeiten	CFL_Particle (aber kleiner Zeitschritt erforderlich)
Auswirkungen von Gitterweite und Parallelisierung	
Ausfall von verdunstetem Wasser	z. Z. nicht implementiert
Tröpfchenverteilung realistisch?	Anpassungen in der Modellierung der Düsen
Zusammenspiel mit mechanischer Ventilation	Untersuchungen von „Kalt“-Versuchen
Brandausbreitung & Eindämmung	Bestimmung E_COEFFICIENT Anwendung Arrhenius in Large Scale Geometriedifferenzen (gitterbedingt)
Gegenseitige Beeinflussung	
Einfluss auf Umgebungsgase	Auswaschen von Gasen
Anwendungsbereiche	Reduzierung / Unterstützung von Brandversuchen

Vielen Dank!