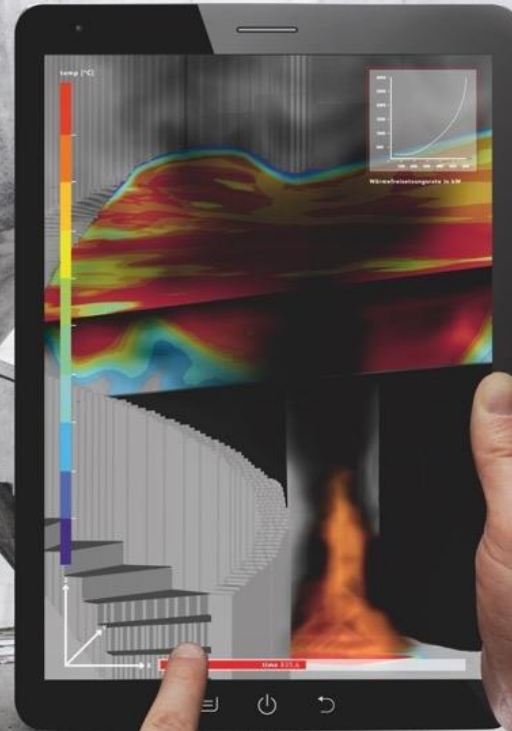


Herausforderungen (nicht nur) bei der Simulation von Evakuierungen



Kurzvorstellung

David Binder

B. Eng. Luft- & Raumfahrttechnik

Projektingenieur ingenieurmäßige Nachweisverfahren bei der
Sinfiro GmbH & Co. KG

Seit 7 Jahren im Unternehmen

Davor 6 Jahre als CFD-Berechnungsingenieur bei
Automobilzulieferer tätig



Kurzvorstellung Sinfiro

Eckdaten



> 30 Jahre

Erfahrung
im Brandschutz



> 50

Brandschutz-
experten



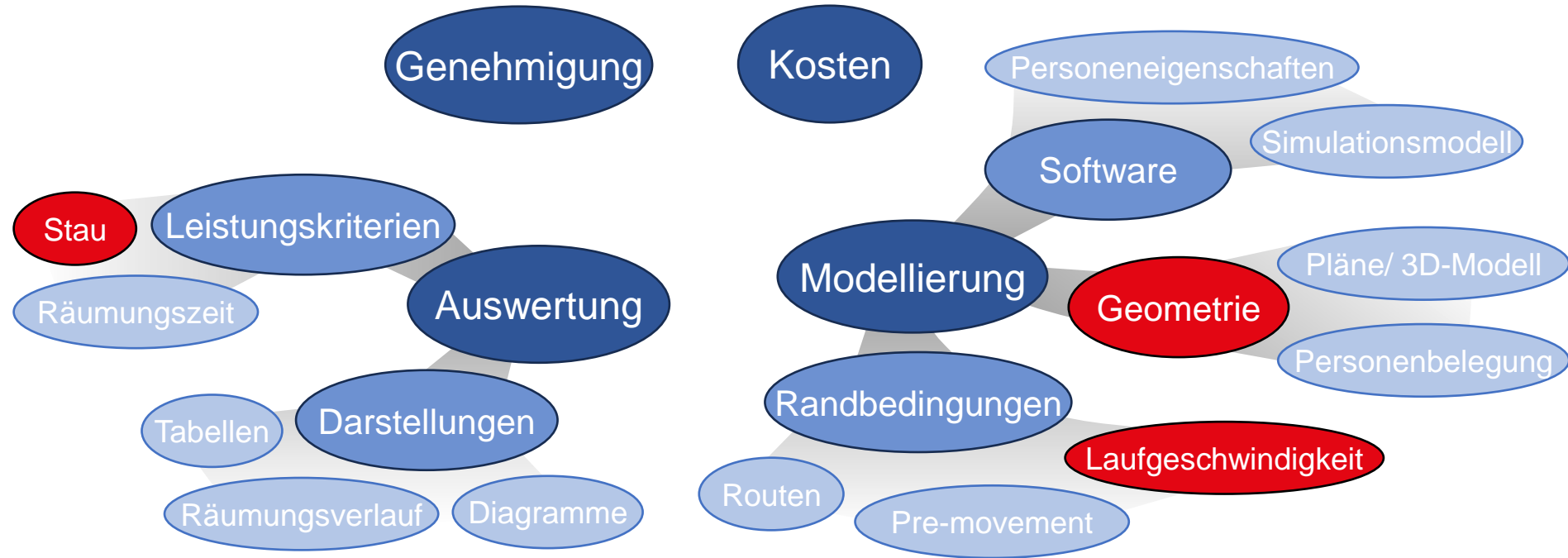
> 10.000

realisierte
Projekte



- **Gründung 1993** als Ingenieurbüro Riesener durch Kreisbrandmeister a. D. Clemens Riesener
- **seit 2009** Geschäftsführung durch Joachim Wollstädt und Ralf Galster
- **2018 Umfirmierung zu Sinfiro GmbH & Co. KG**
- **50 Mitarbeiter**
- Standorte: Balingen und München
- Einsatz von Räumungssimulationen > 15 Jahre PTV Viswalk seit 5 Jahren

Herausforderungen bei Räumungssimulationen





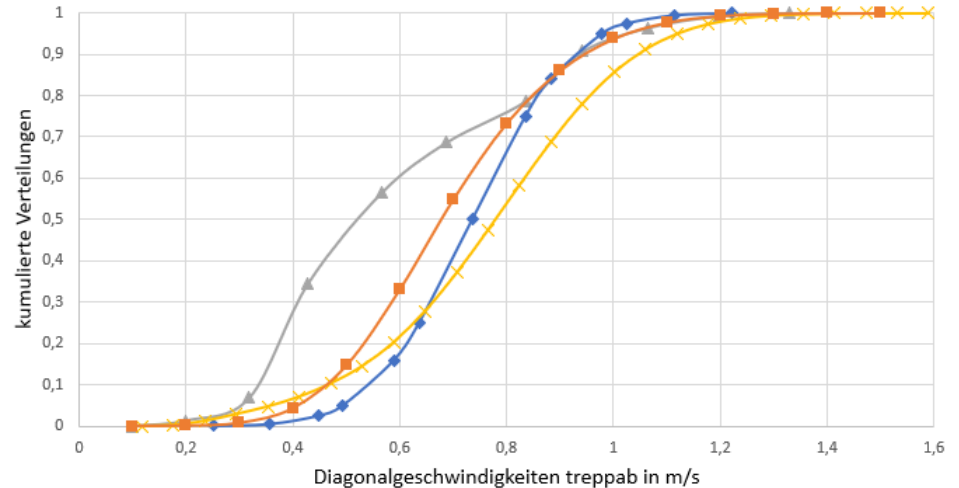
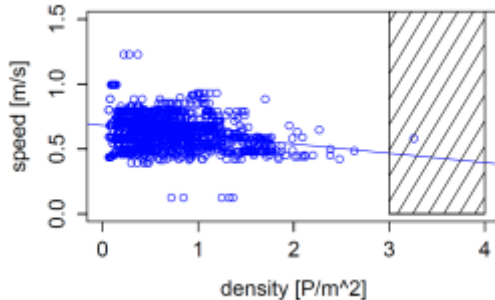
Laufgeschwindigkeit treppab

Auswirkungen auf die Räumungszeit

Laufgeschwindigkeit treppab

Nach DIN 18009-2 verschiedene Ansätze möglich:

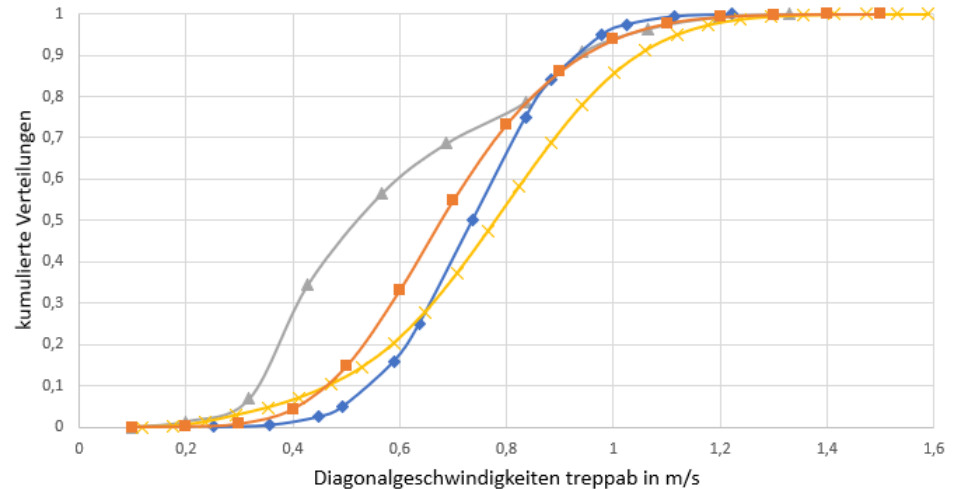
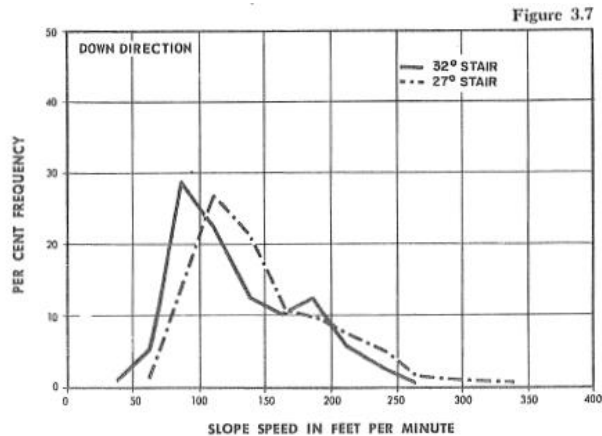
- Nach Fruin, aufgeteilt auf 3 Personengruppen —
- Vereinfacht $v_{\text{horz}} = 0,5 * v_{\text{Ebene}}$ —
- Ansatz nach Köster et al —
- Nach Fruin, abgeleitet aus Fig. 3.7



Laufgeschwindigkeit treppab

Nach DIN 18009-2 verschiedene Ansätze möglich:

- Nach Fruin, aufgeteilt auf 3 Personengruppen —
- Vereinfacht $v_{\text{horz}} = 0,5 * v_{\text{Ebene}}$ —
- Ansatz nach Köster et al —
- Nach Fruin, abgeleitet aus Fig. 3.7



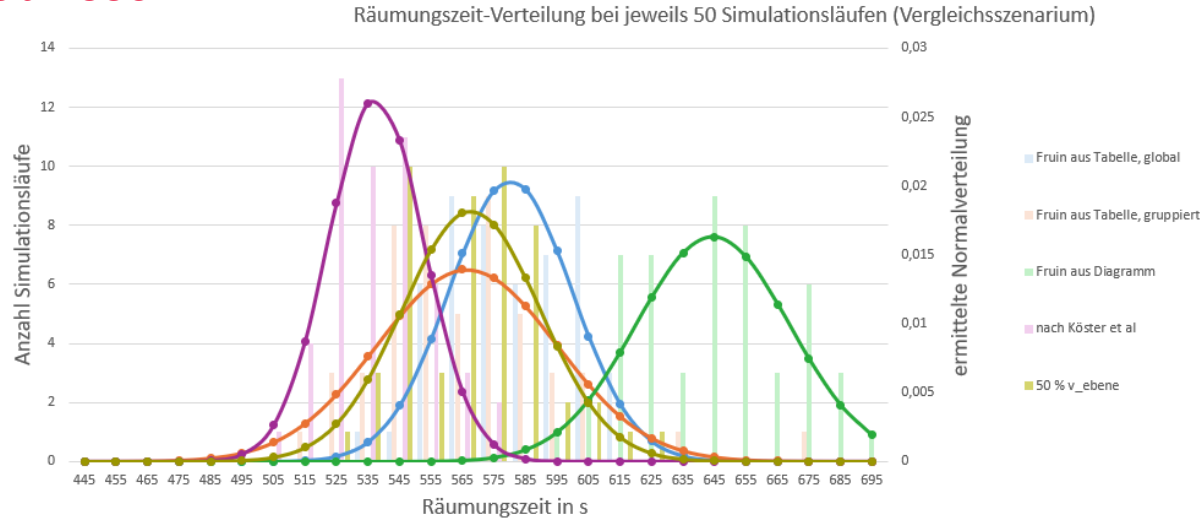
Laufgeschwindigkeit treppab

Untersuchungen mit verschiedenen Ansätzen

- 1.1) Fruin nach DIN 18009-2 (1 Verteilung)
- 1.2) Fruin nach DIN 18009-2 (3 Verteilungen)
- 1.3) Fruin abgeleitet aus Diagramm
- 2) Verteilung abgeleitet aus Köster et al.
- 3) Horizontalkomponente 50 % der Ebenengeschwindigkeit

Laufgeschwindigkeit treppab

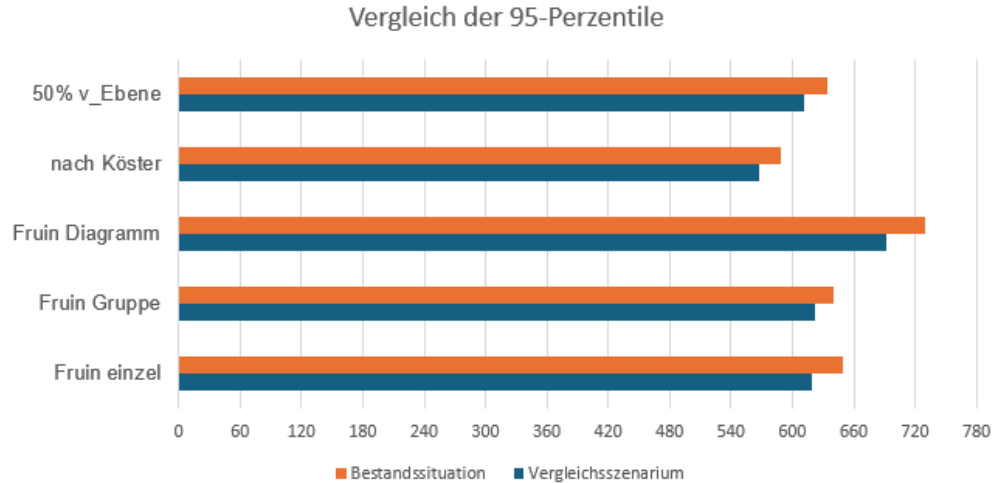
Ergebnisse



	1 Verteilung	Fruin gruppiert	Fruin aus Diagramm	nach Köster et al	50% v _{Ebene}
mittl. Räumungszeit	580,2 s	566,3 s	644,4 s	537,5 s	567,7 s
Standardabweichung	19,588 s	28,589 s	24,481 s	15,134 s	21,930 s
95-Perzentil	618,6 s	622,4 s	692,4 s	567,1 s	610,6 s

Laufgeschwindigkeit treppab

Ergebnisse



Bestandssituation	Fruin			nach Köster et al	50% v_Ebene
	1 Verteilung	gruppiert	aus Diagramm		
Vergleichssz. 95-%il	618,6 s	622,4 s	692,4 s	567,1 s	610,6 s
Bestand 95-%il	649,7 s	640,4 s	729,4 s	589,2 s	634,1 s
relative Abweichung	+ 31,1 s	+ 18,0 s	+ 37,0 s	+ 22,1 s	+ 23,4 s
Abweichung in % *	+ 7,0%	+ 4,0 %	+ 7,2 %	+ 5,6 %	+ 5,4 %

Laufgeschwindigkeit treppab

Fazit

- Für 1 zu 1 Vergleiche ist der Ansatz der Treppengeschwindigkeit egal
- Differenz bis zu 2 Minuten für die verschiedenen Ansätze
- Deutlich größere Unterschiede bei großen Gebäuden zu erwarten



Auswertung von Personenstauungen

Auswertung von Personenstauungen

praktikable Staukriterien

- Personen im Stau – qualitativ

Für einfache Geometrien praktikabel
(wenige Engstellen und Ausgänge)

- Dichte bzw. erlebte Dichte

Unter anderem bei Vergleichen mit
Vergleichsszenarium; eher ergänzend
zu anderen Staukriterien

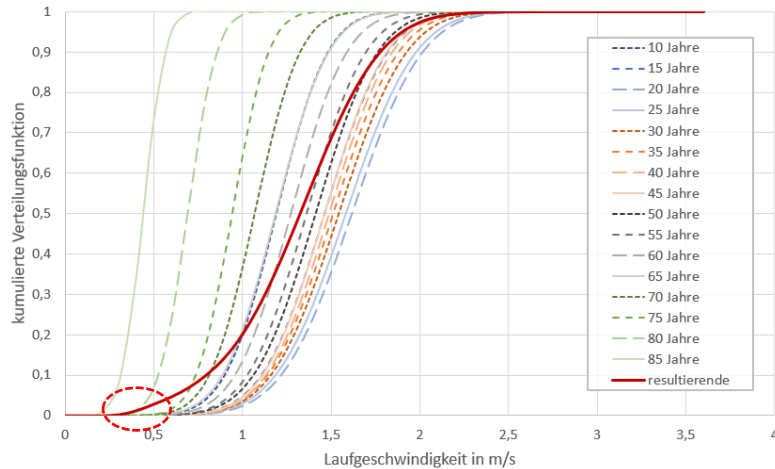
- Individuelle Anstehzeit

Für komplexe, unübersichtliche
Gebäude mit mehreren Engstellen und
vielen Ausgängen

Auswertung von Personenstauungen

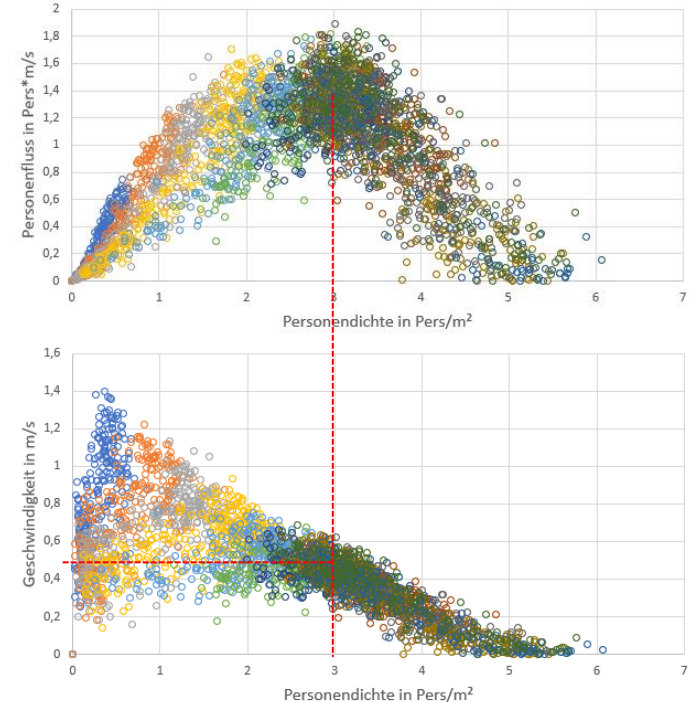
Grenzgeschwindigkeit

Wunschgeschwindigkeit-Verteilung



→ Ansatz für „Person im Stau“ i.A. von der Wunschgeschwindigkeit

Fundamentaldiagramm



Auswertung von Personenstauungen

Individuelle Anstehzeit

Für jeden Agenten wird die Zeit aufsummiert, in der sich der Agent im Stau befindet

Vorgehensweise:

- Benutzerdefiniertes Attribut für Fußgänger im Netz „tindiv“, Startwert = 0
- Attributänderung in jedem Zeitschritt

```
if([MOTIONSTATE]=12;  
    if([SPEED]<0,3*[DESSPEED]*[DESSPEEDFACTIND]*0,863;  
        [TINDIV]+0,1;  
        [TINDIV]);  
    if([DWELLTM]=0;  
        if([SPEED]<0,3*[DESSPEED]*[DESSPEEDFACTIND];  
            [TINDIV]+0,1;  
            [TINDIV]);  
        [TINDIV]))
```

- Auswertung über Python-Skript

Auswertung von Personenstauungen

Individuelle Anstehzeit – Skript (Ausführung in jedem Zeitschritt)

Grober Aufbau:

- Schleife über alle Fußgänger im Netz, die sich auf einer Auswertefläche befinden und auf dieser noch nicht getrackt wurden
- Individuelle Anstehzeit, PedNo, AreaNo, Simulationszeit werden in csv-Datei fortlaufend geschrieben
- Import csv-Datei in Vorlage

Nachteil ggü. Auswertung mittels Fußgängerprotokoll: deutlich höhere Simulationszeit

Vorteil: Einfachere Auswertung, geringere Speicher

Auswertung von Personenstauungen

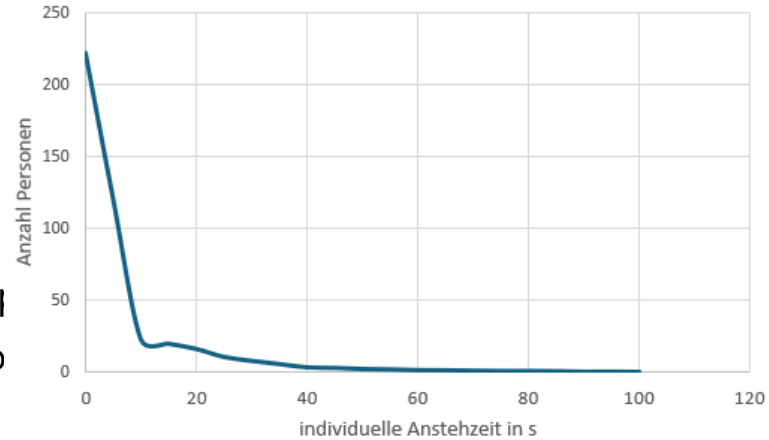
Individuelle Anstehzeit – Skript (Ausführung in jedem Zeitschritt)

Grober Aufbau:

- Schleife über alle Fußgänger im Netz, die sich auf einer Auswertefläche befinden und auf dieser noch nicht getrackt wurden
- Individuelle Anstehzeit, PedNo, AreaNo, Simulationszeit werden in csv-Datei fortlaufend geschrieben
- Import csv-Datei in Vorlage

Nachteil ggü. Auswertung mittels Fußgänger

Vorteil: Einfachere Auswertung, geringere Sp



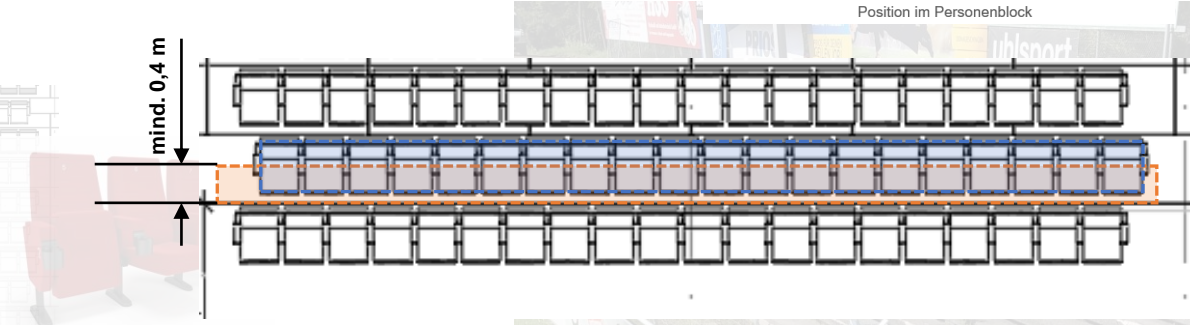
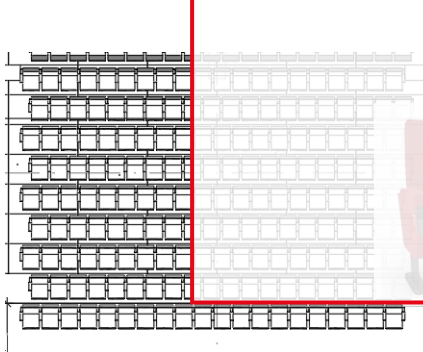
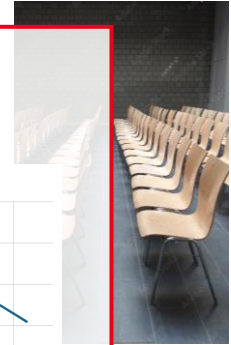


Modellierung von Personenblöcken

Modellierung von Personenblöcken

Besonderheiten:

- Laufgeschwindigkeit innerhalb der Sitzreihe
- Platz zum „Überholen“ im Personenblock
- Reaktionszeit-Verteilung im Personenblock
- Definition der Reaktionszeit



Modellierung von Personenblöcken

Herausforderung

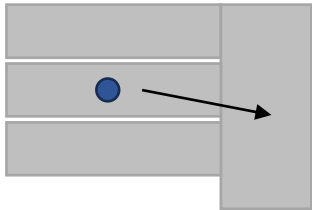
- Standard-Ansatz mit Personenzufluss und Wartefläche mit entsprechender Reaktionszeit kann nicht verwendet werden



Modellierung von Personenblöcken

Ansätze zur Modellierung von Personenblöcken

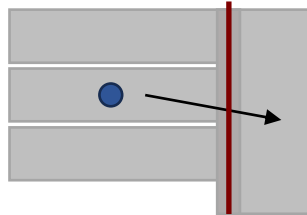
Personenzufluss über Zeit



Zufluss: z.B. 20 Pers über 60 s hinweg

Nachteil: Darstellung

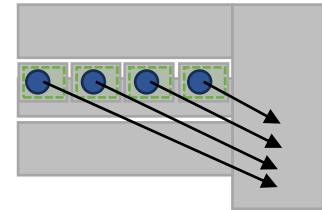
Verwendung von LSAs



Zufluss: z.B. 20 Pers im 1. Zeitschritt
LSA mit Grünphase nach x Sekunden

Nachteile:
Modellierungsaufwand,
Reaktionszeitverteilung

Einzelstühle



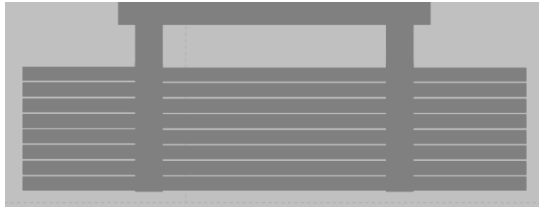
Zufluss: jeweils 1 Pers im 1. Zeitschritt
Je 1 Wartefläche mit Zeitverteilung

Nachteile:
Modellierungsaufwand
Lange Routenberechnung vor Simulationslauf

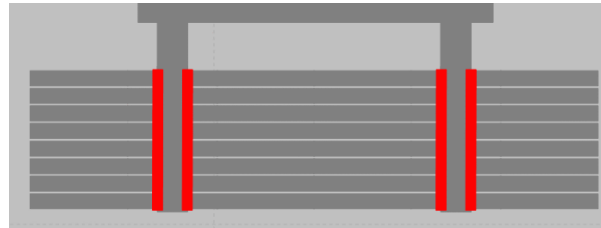
Modellierung von Personenblöcken

Ansätze zur Modellierung von Personenblöcken

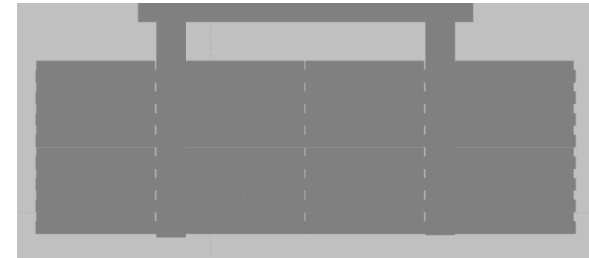
Personenzufluss über Zeit



Verwendung von LSAs



Einzelstühle

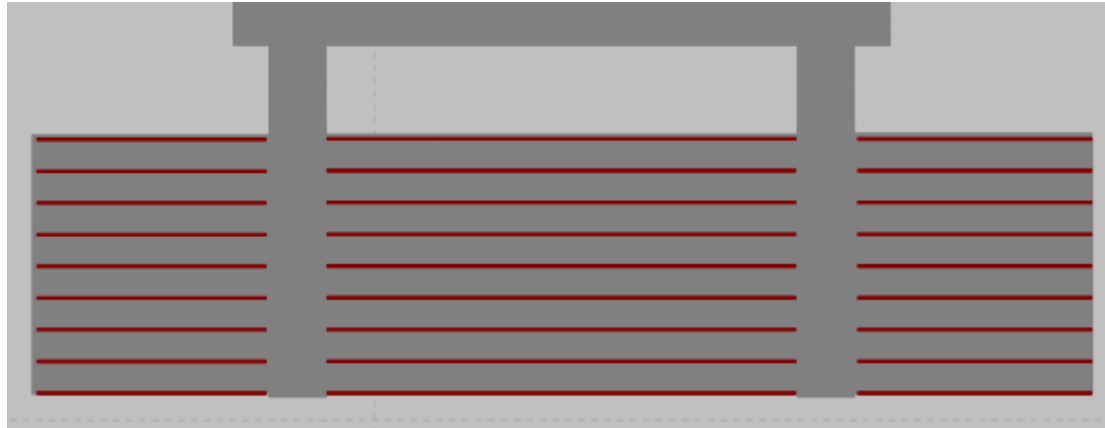


Modellierung von Personenblöcken

Erstellung Personenblock mit COM-Skript

Vorteile vereinen:

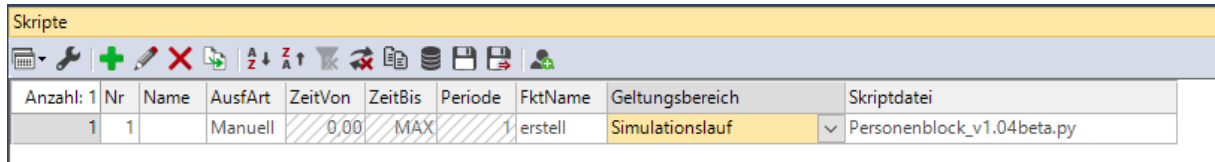
- einfache Modellierung
- flexible Reaktionszeitverteilungen anwendbar
- „realistische“ Darstellung gegeben



Modellierung von Personenblöcken

Erstellung Personenblock mit COM-Skript

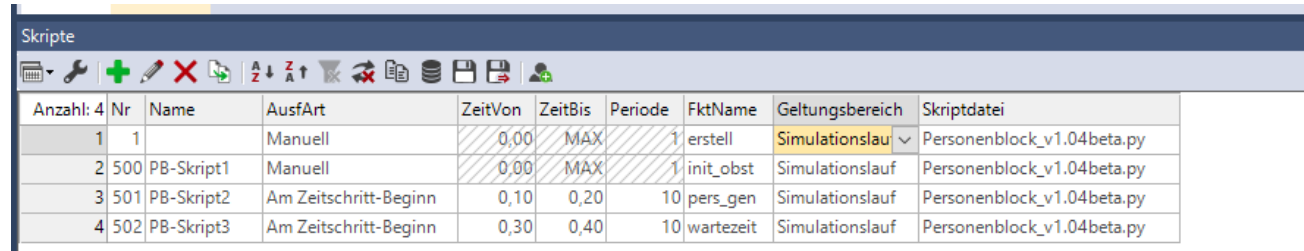
- 1) Eine Funktion des Skripts wird manuell geladen



The screenshot shows the 'Skripte' window with a toolbar and a table containing one entry. The table columns are: Anzahl, Nr, Name, AusfArt, ZeitVon, ZeitBis, Periode, FktName, Geltungsbereich, and Skriptdatei.

Anzahl	Nr	Name	AusfArt	ZeitVon	ZeitBis	Periode	FktName	Geltungsbereich	Skriptdatei
1	1		Manuell	0,00	MAX		erstell	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py

- 2) Ausführen erzeugt die erforderlichen Skriptaufrufe...



The screenshot shows the 'Skripte' window with a toolbar and a table containing four entries. The table columns are: Anzahl, Nr, Name, AusfArt, ZeitVon, ZeitBis, Periode, FktName, Geltungsbereich, and Skriptdatei.

Anzahl	Nr	Name	AusfArt	ZeitVon	ZeitBis	Periode	FktName	Geltungsbereich	Skriptdatei
1	1		Manuell	0,00	MAX	1	erstell	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
2	500	PB-Skript1	Manuell	0,00	MAX	1	init_obst	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
3	501	PB-Skript2	Am Zeitschritt-Beginn	0,10	0,20	10	pers_gen	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
4	502	PB-Skript3	Am Zeitschritt-Beginn	0,30	0,40	10	wartezeit	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py

Modellierung von Personenblöcken

Erstellung Personenblock mit COM-Skript

2) ...sowie mehrere benutzerdefinierte Variablen

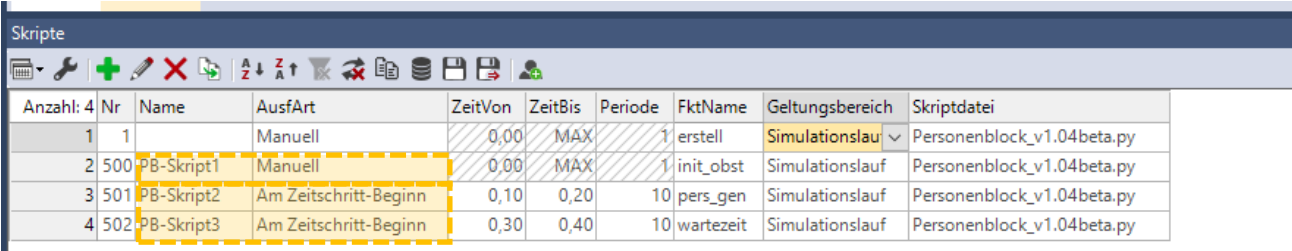
Anzahl:	Nr	ObjTypName	NameKurz	NameLang	LeerwertErlauben	Datentyp	SubAttr	StdWert	Kor
18	511	Flächen	isBlock	isBlock	<input type="checkbox"/>	Bool		0	
19	512	Fußgänger im Netz	remainWaitTime	remainWaitTime	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		1,00	
20	513	Flächen	numInArea	numInArea	<input type="checkbox"/>	Ganzzahl		0	
21	514	Flächen	alpha	alpha	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		0,00	
22	515	Flächen	gaenge	gaenge	<input type="checkbox"/>	Ganzzahl		7	
23	516	Flächen	vDist	vDist	<input type="checkbox"/>	Ganzzahl		1	
24	517	Flächen	tReac1	tReac1	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		0,00	
25	518	Flächen	tReac99	tReac99	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		0,00	
26	519	Flächen	nReihen	nReihen	<input type="checkbox"/>	Ganzzahl		1	
27	520	Fußgänger im Netz	numinrow	numinrow	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		0,00	
28	521	Fußgänger im Netz	actrow	actrow	<input type="checkbox"/>	Ganzzahl		0	
29	522	Flächen	hthick	hthick	<input type="checkbox"/>	Gleitko...		0,10	

3) Für Flächen, die Personenblöcke darstellen, müssen die Variablen gesetzt werden

Modellierung von Personenblöcken

Erstellung Personenblock mit COM-Skript

- 4) Die Ausführung des nächsten Skripts erzeugt Hindernisse im Personenblock

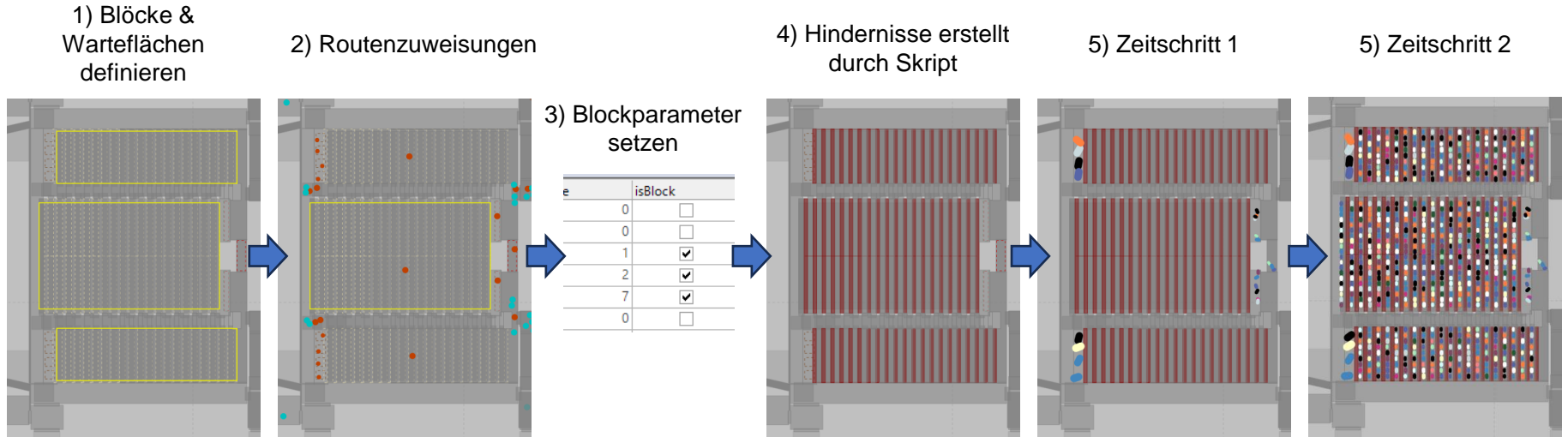


Anzahl:	Nr	Name	AusfArt	ZeitVon	ZeitBis	Periode	FktName	Geltungsbereich	Skriptdatei
4	1		Manuell	0,00	MAX	1	erstell	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
2	500	PB-Skript1	Manuell	0,00	MAX	1	init_obst	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
3	501	PB-Skript2	Am Zeitschritt-Beginn	0,10	0,20	10	pers_gen	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py
4	502	PB-Skript3	Am Zeitschritt-Beginn	0,30	0,40	10	wartezeit	Simulationslauf	Personenblock_v1.04beta.py

- 5) Die beiden anderen Skripte werden während der Simulation ausgeführt
PB-Skript2 platziert die Personen
PB-Skript3 weist den Personen eine Reaktionszeit (von außen nach innen) zu.

Modellierung von Personenblöcken

Erstellung Personenblock mit COM-Skript – Workflow





Sinfiro

BRANDSCHUTZINGENIEURE

Vielen Dank.