



NAHVERKEHR MIT DISTANZ: WIE VIEL NÄHE VERTRÄGT DER BAHNSTEIG?

23. Juni 2026 | Deutscher Nahverkehrstag, Koblenz, Armin Seyfried, a.seyfried@fz-juelich.de

ÜBERBLICK

- Einführung
 - Forschungsfragen und Methoden
 - Projekt CroMa
- Feldstudie Bahnhof Bern
 - Welche Wartepositionen werden bevorzugt?
- Laborexperiment
 - Wie wird der Raum (Bahnsteig) genutzt, wenn es eng wird?
- Zusammenfassung und Ausblick



Dr. Mira Küpper,
Bergische Universität
Wuppertal

VORSTELLUNG

Forschungsthemen

- Grundlagenforschung zur Dynamik von
 - Feuer und Rauch
 - Menschenmengen in Bewegung
- Kontext
 - Mobilität: Öffentlicher und Fuß-Verkehr
 - Sicherheit: Crowd-Management für Veranstaltungen, Brandschutz
 - Robotik, Kollektive Systeme, ...



*Chowpatty-beach, Mumbai, India, J. Sorabjee, Urban Design
Res. Inst.*

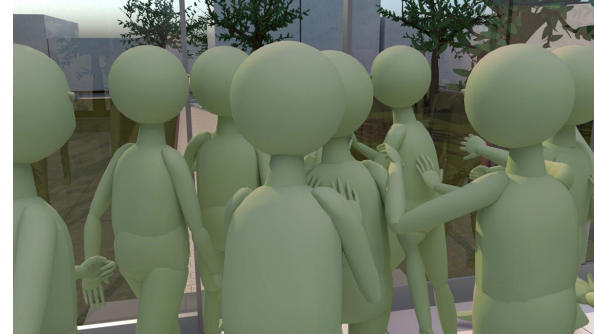
VORSTELLUNG

Institute for Advanced Simulation, Zivile Sicherheitsforschung (IAS-7)



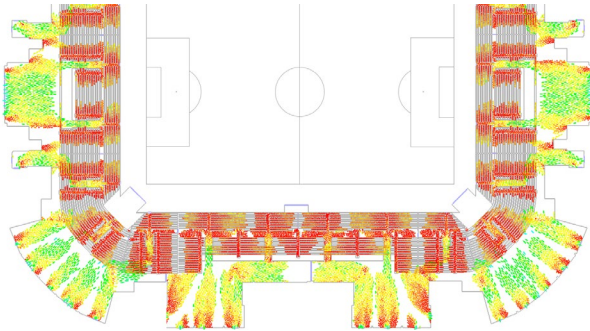
Fußgängerdynamik - Empirie

Experimente zur Beschreibung der Bewegung von Fußgängern



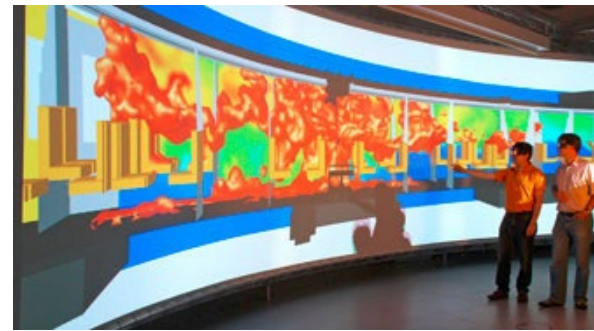
Fußgängerdynamik - Sozialpsychologie

Untersuchung sozialpsychologischer Dynamiken & Verhalten von Fußgängern



Fußgängerdynamik - Modellierung

Modellierung und Simulation von Fußgängern



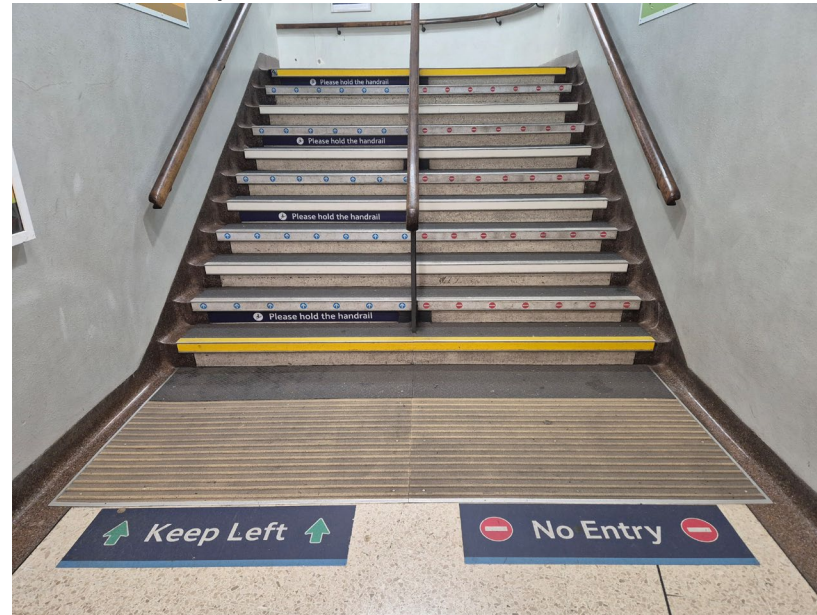
Branddynamik

Modellierung von Feuer und Ausbreitung von Rauch

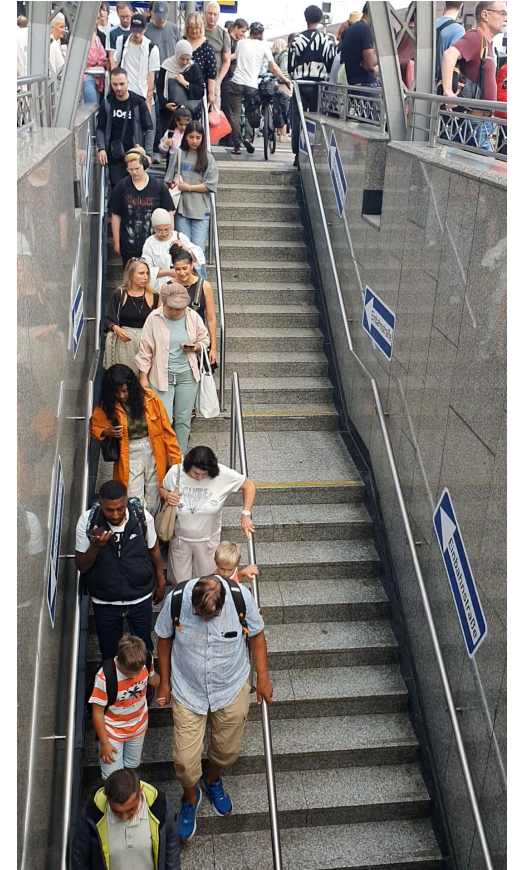
FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Transport in Personenströmen (Stauforschung)
 - Ist eine Einbahnstraßenregelung für Fußgängerströme sinnvoll?

Bristol, Temple Meads, UK



Köln HBF



FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Transport in Personenströmen (Stauforschung)
 - Ist eine Einbahnstraßenregelung für Fußgängerströme sinnvoll?
 - Bei welcher Dichte kommt ein Fußgängerstrom zum Stillstand?

Kreuzende Personenströme, Hannover HBF



Kreuzende Personenströme, Laborexperiment



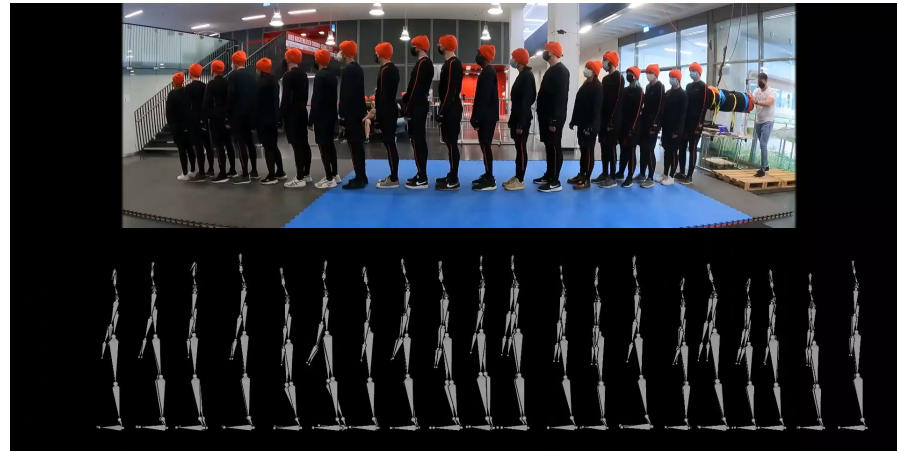
FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Transport in Personenströmen (Stauforschung)
 - Ist eine Einbahnstraßenregelung für Fußgängerströme sinnvoll?
 - Bei welcher Dichte kommt ein Fußgängerstrom zum Stillstand?
 - Warum kann ein Gedränge lebensgefährlich sein (Loveparade)?

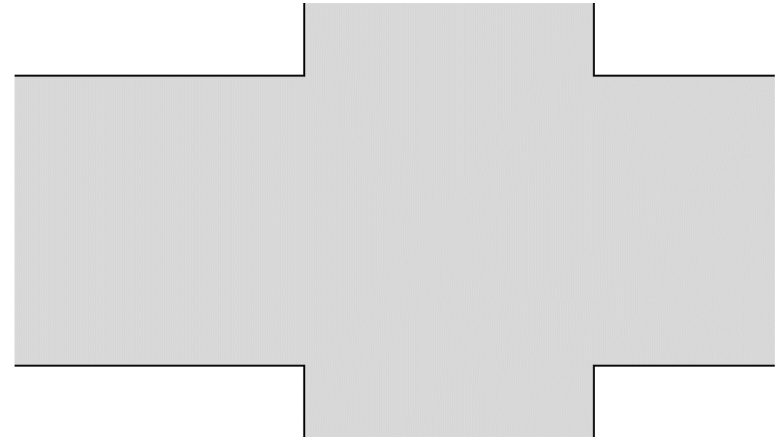
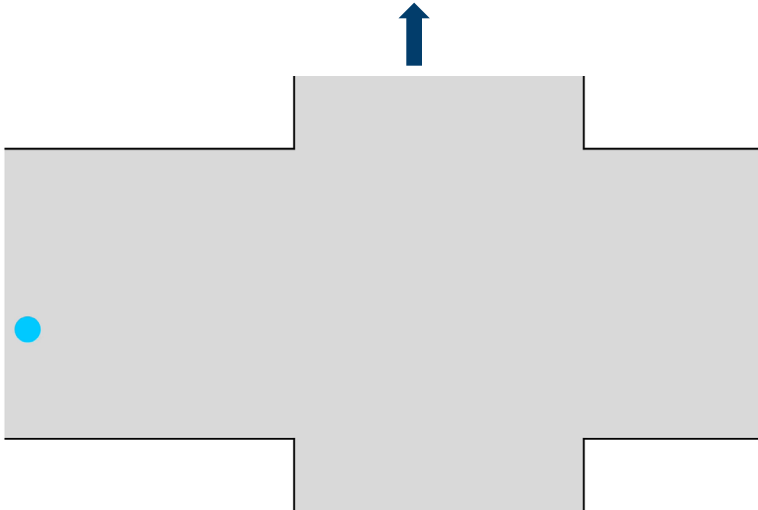
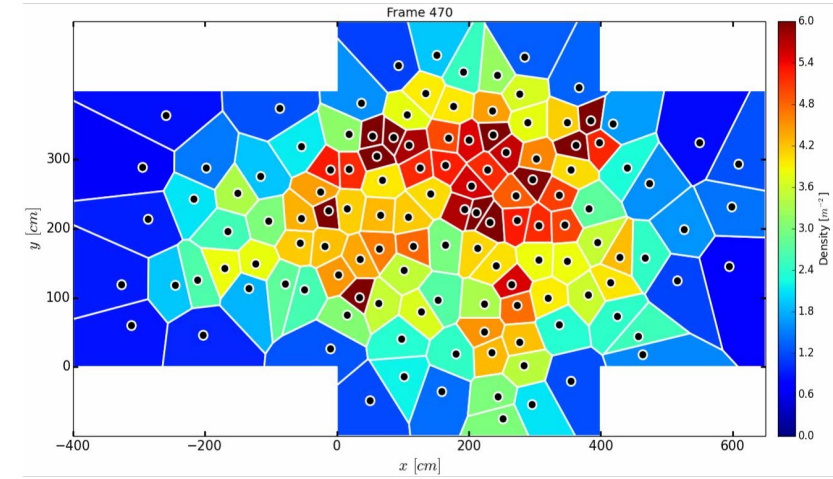


FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Transport in Personenströmen (Stauforschung)
 - Ist eine Einbahnstraßenregelung für Fußgängerströme sinnvoll?
 - Bei welcher Dichte kommt ein Fußgängerstrom zum Stillstand?
 - Warum kann ein Gedränge lebensgefährlich sein (Loveparade)?
 - Wie breiten sich Wellen in dichten Menschenmengen aus?

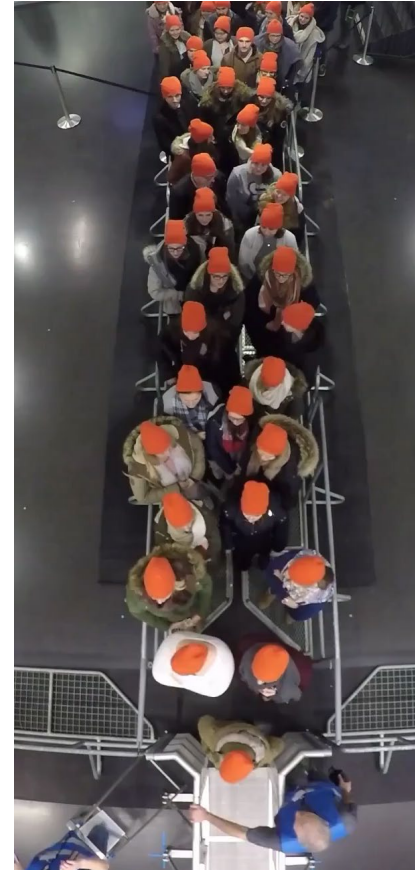


BEISPIEL STAUUNGEN



FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Verhalten in Personenströmen
 - Wie hängen räumliche Struktur, Motivation und Gedränge zusammen?



FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Verhalten in Personenströmen
 - Wie hängen räumliche Struktur, Motivation und Gedränge zusammen?
 - Soziale Regeln: Wann zerfällt eine Warteschlangen und wird zur Menschentraube?



FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODEN

- Verhalten in Personenströmen
 - Wie hängen räumliche Struktur, Motivation und Gedränge zusammen?
 - Soziale Regeln: Wann zerfällt eine Warteschlangen und wird zur Menschentraube?
 - Wie nutzen wartende Fußgänger den Raum (Bahnsteige)?

FORSCHUNGSPROJEKT CROMA (2018-2022)

Motivation und Ziele



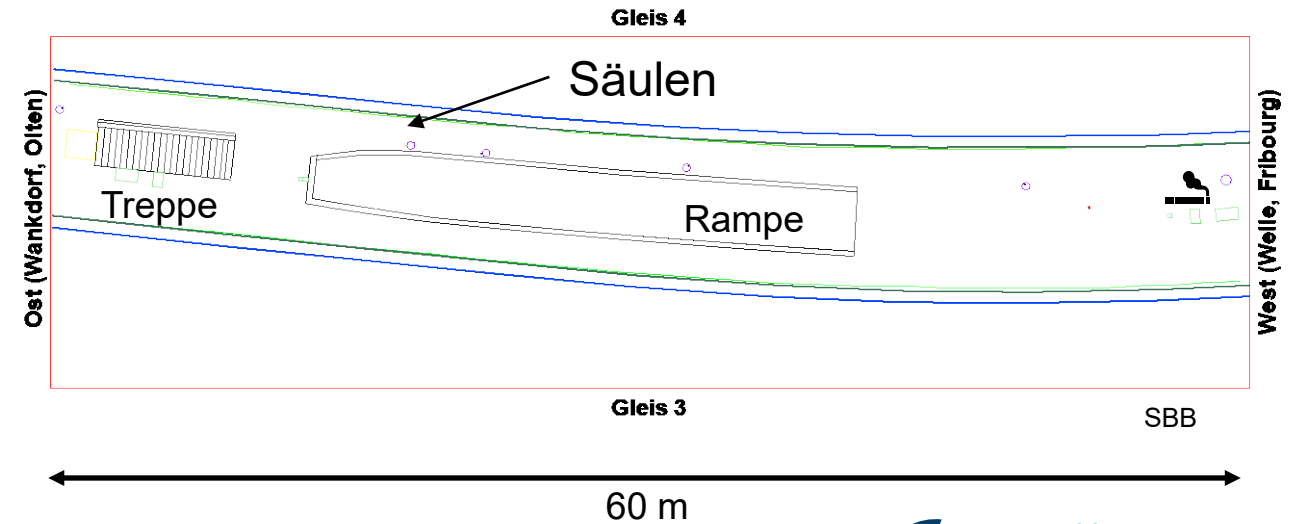
- Anlass
 - Überlastete Infrastruktur
 - Besondere Ereignisse (Veranstaltungen, Unwetter, ...)
 - Überfüllte Bahnhöfe, z.B. Bahnsteige, ...
- Ziele und Ergebnisse
 - Empfehlungen für bauliche Maßnahmen
CroMa-Handreichungen
 - Neue Informations- und Raumnutzungskonzepte
 - Crowd-Managementmaßnahmen für Bahnhöfe



FELDSTUDIEN BAHNHOF BERN

Bahnsteignutzung und Warteverhalten

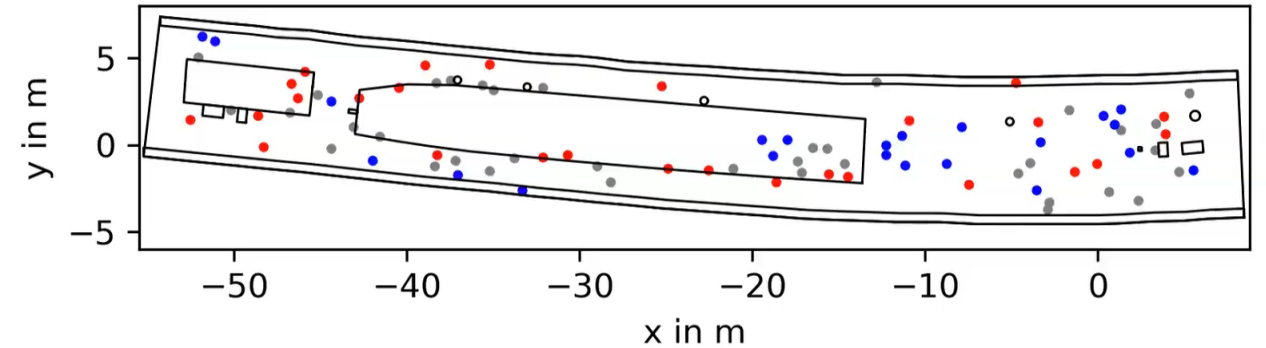
- Hauptbahnhof Bern (Gleis 3/4), Schweiz
- Projekt Zeitraum: Corona-Pandemie mit deutlich weniger Verkehr als üblich



FELDSTUDIEN BAHNHOF BERN

Bahnsteignutzung und Warteverhalten

- Hauptbahnhof Bern (Gleis 3/4), Schweiz
- Projekt Zeitraum: Corona-Pandemie mit deutlich weniger Verkehr als üblich
- Daten: Automatische Erkennung von Laufwegen mithilfe eines handelsüblichen Kamerasystems
- 24/7 für einen Teil des Bahnsteigs (60 m)

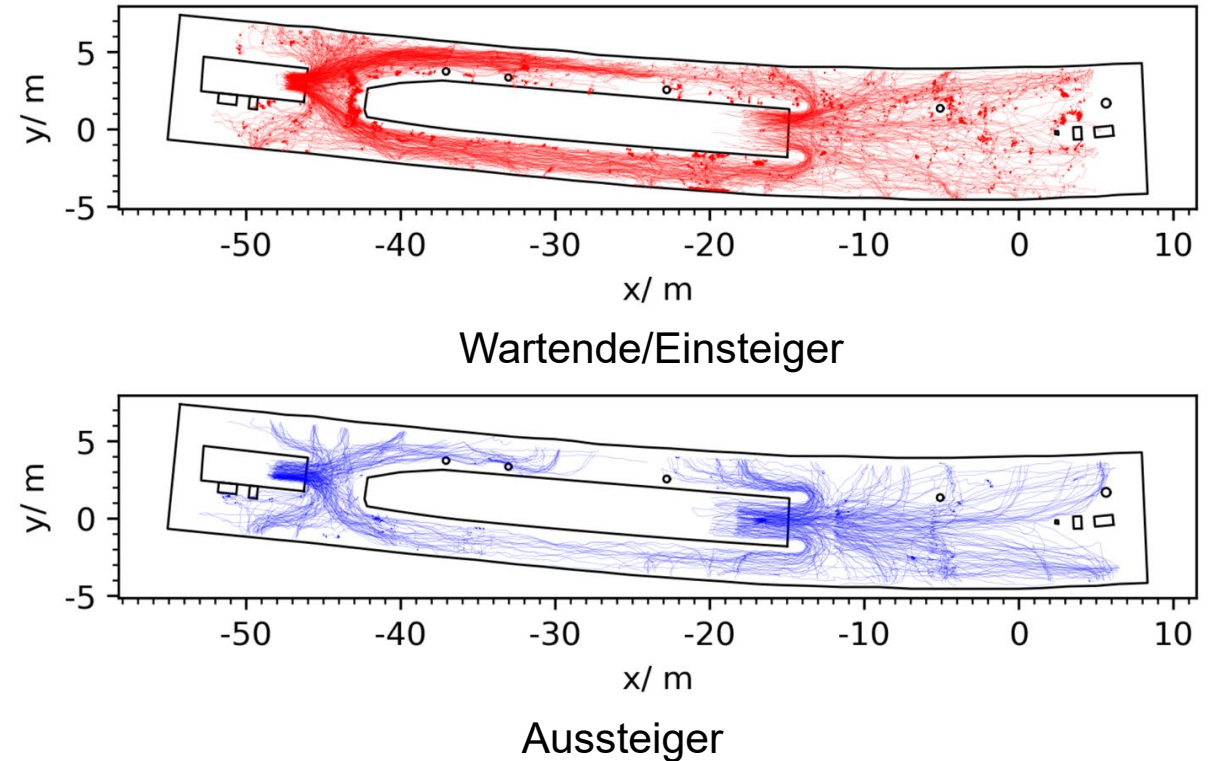


Küpper, M., Seyfried, A., 2020. Analysis of Space Usage on Train Station Platforms Based on Trajectory Data. Sustainability 12, 8325. <https://doi.org/10.3390/su12208325>

CROMA - FELDSTUDIEN BAHNHOF BERN

Bahnsteignutzung und Warteverhalten

- Analyse
 - Unterschiede zwischen einsteigenden und aussteigenden Fahrgästen: Strecken, Aufenthaltsdauer, Geschwindigkeit
 - Einfluss der Ankunft des Zugs auf Dichte, Geschwindigkeit und Flussprofile

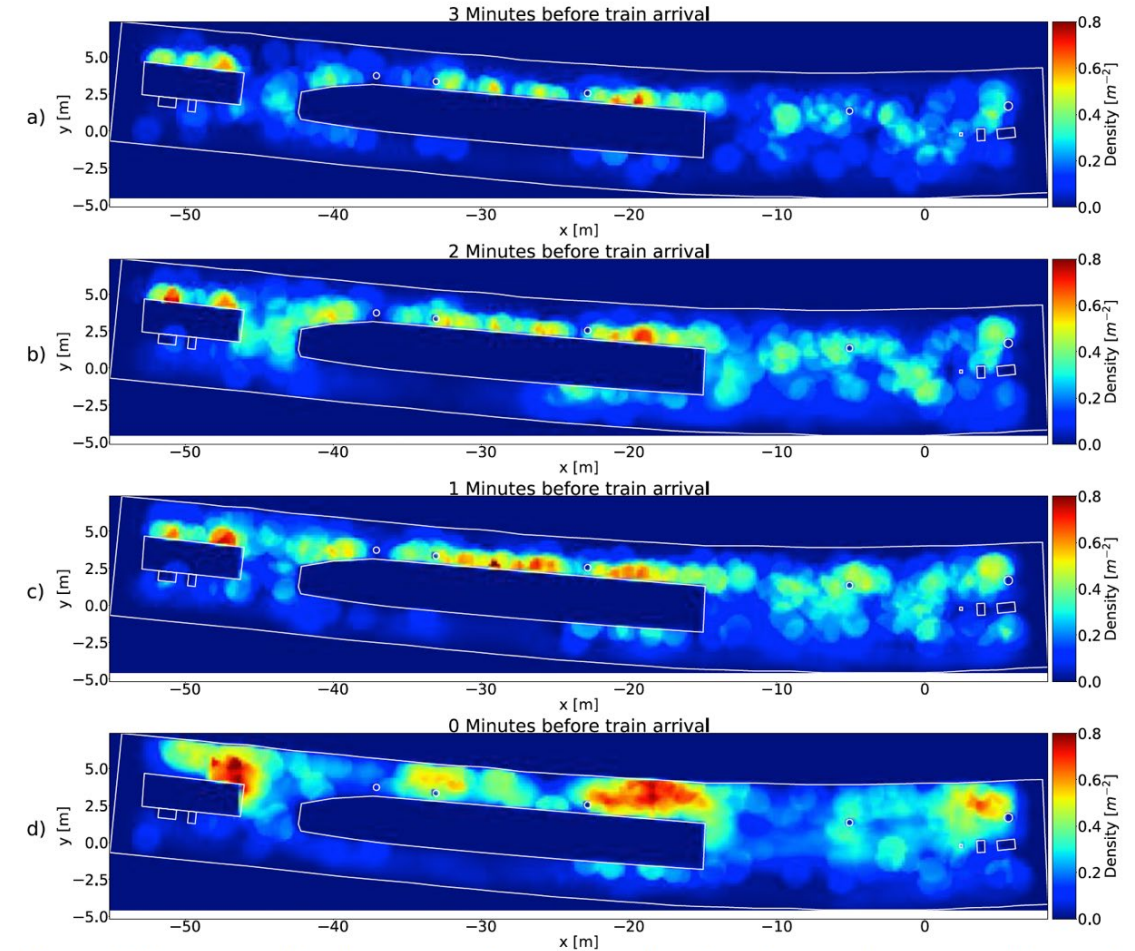


Küpper, M., Seyfried, A., 2020. Analysis of Space Usage on Train Station Platforms Based on Trajectory Data. Sustainability 12, 8325. <https://doi.org/10.3390/su12208325>

CROMA - FELDSTUDIEN BAHNHOF BERN

Bahnsteignutzung und Warteverhalten

- Analyse
 - Unterschiede zwischen einsteigenden und aussteigenden Fahrgästen: Strecken, Aufenthaltsdauer, Geschwindigkeit
 - Einfluss der Ankunft des Zugs auf Dichte, Geschwindigkeit und Flussprofile
- Ergebnisse
 - Bevorzugte Warteplätze entlang der Wand der Rampe
 - Während der Wartephase: Der Raum wird homogen genutzt (ab einem bestimmten Auslastungsgrad).

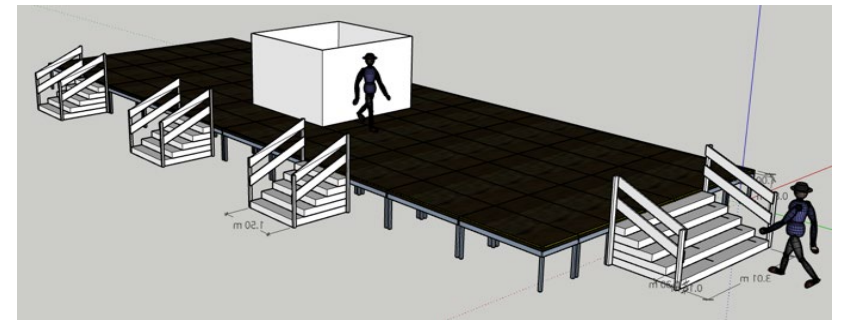
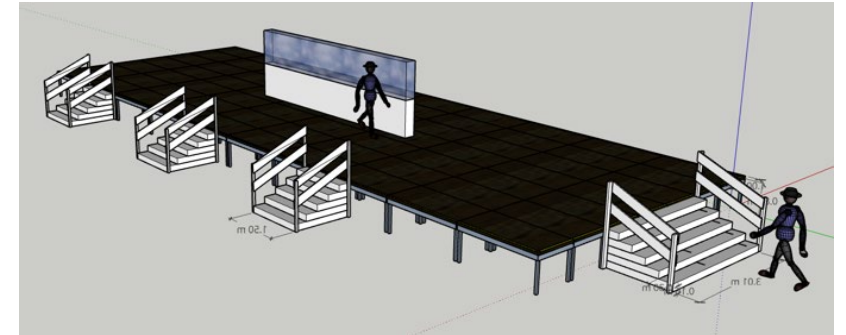
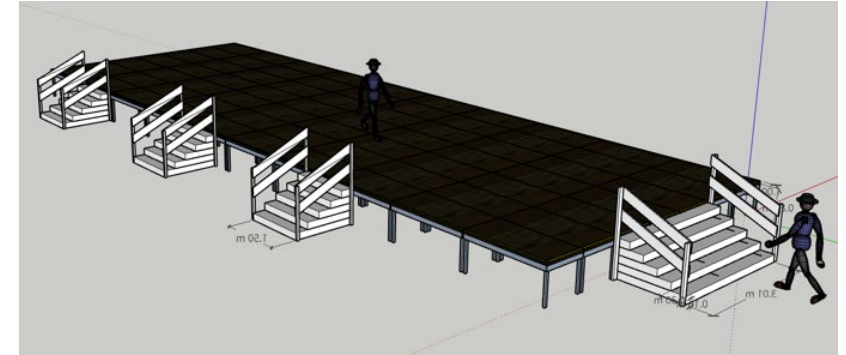
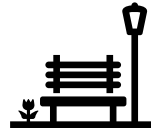


Küpper, M., Seyfried, A., 2020. Analysis of Space Usage on Train Station Platforms Based on Trajectory Data. Sustainability 12, 8325. <https://doi.org/10.3390/su12208325>

LABORVERSUCHE ZUM WARTEVERHALTEN

Fragestellung

- Einfluss baulicher Elemente auf die Verteilung von Wartenden am Bahnsteig?
- Bahnsteig (7 x 20 Meter) mit drei verschiedenen Aufbauten
- Variationen
 - Bahnsteig ohne Hindernis, schmales und großes Hindernis
 - 40, 80-100, 140-180 Probanden
 - Wartezeit: 2 oder 4 Minuten



Küpper, M., Seyfried, A., 2023. Waiting in crowded places - influence of number of pedestrians, waiting time and obstacles. Interface 20, 20230193. <https://doi.org/10.1098/rsif.2023.0193>

LABORVERSUCHE ZUM WARTEVERHALTEN

Anweisung an Probandinnen und Probanden

- Anweisung: „Stellen sie sich vor, sie sind am Bahnhof und möchten in wenigen Minuten mit dem Zug auf der linken Seite fahren.“
- Fahrbare Treppen als Zug-Türen (genaue Position ist den Probanden nicht bekannt)



LABORVERSUCHE ZUM WARTEVERHALTEN

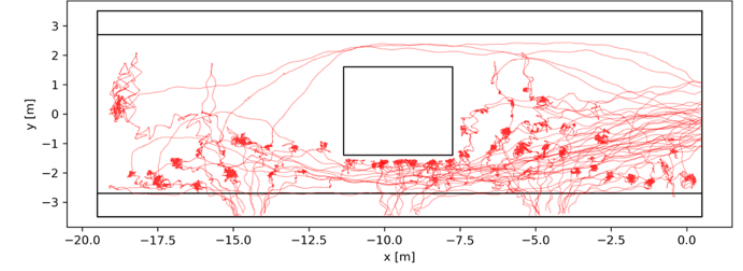
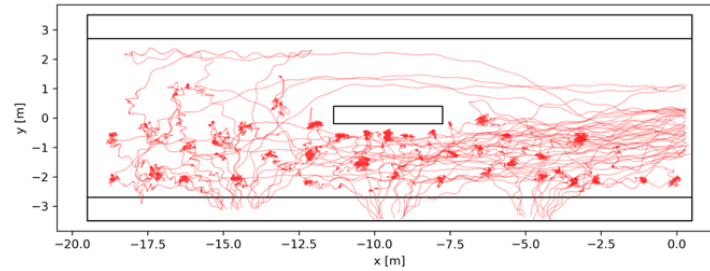
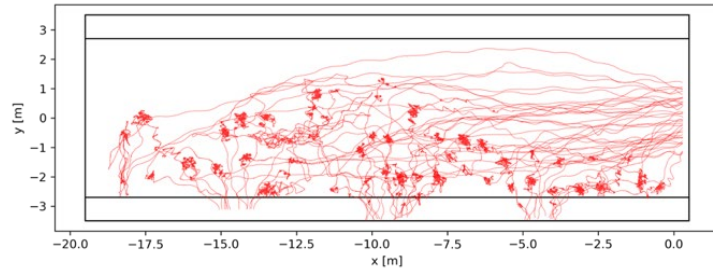
Laufwege und Wartepunkte



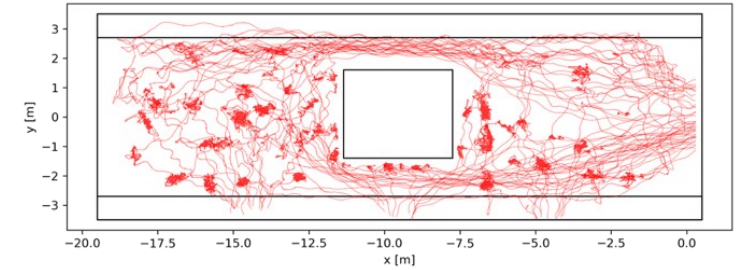
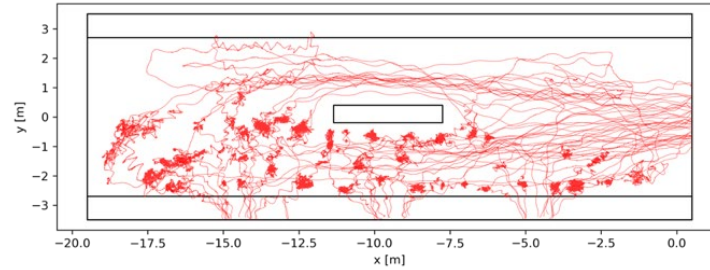
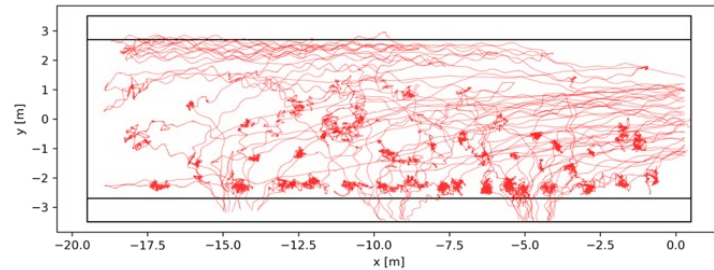
2 Minuten



40

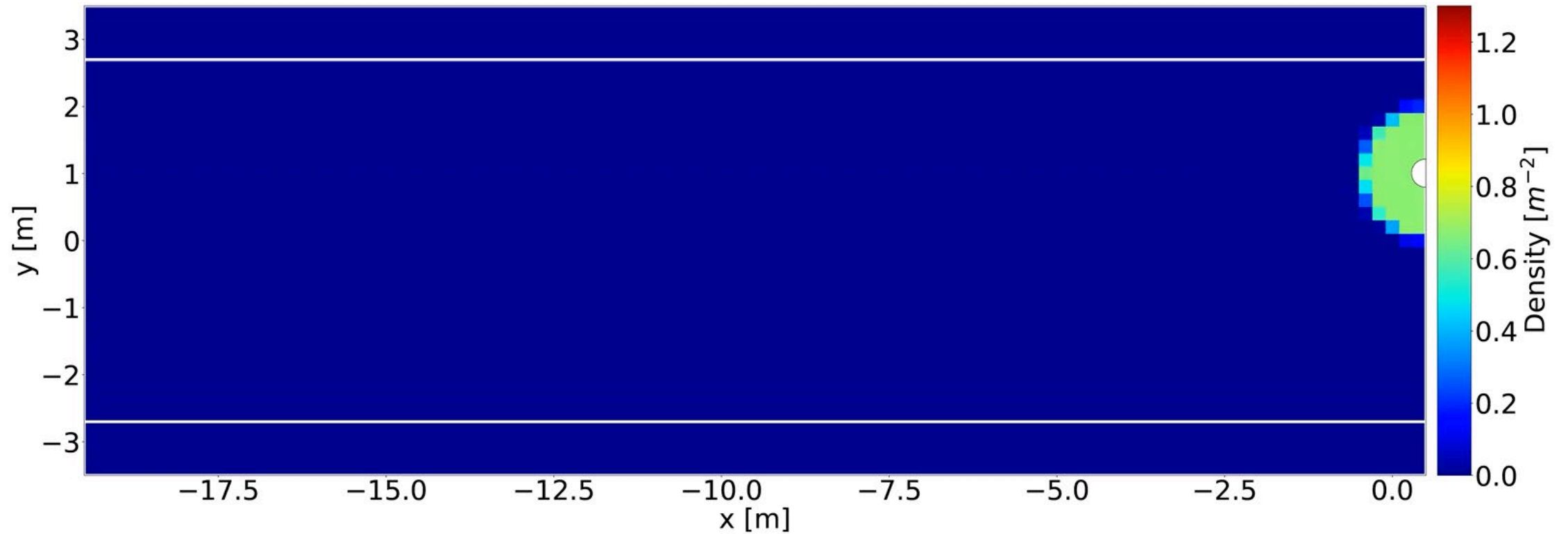


4 Minuten



LABORVERSUCHE ZUM WARTEVERHALTEN

Mittelwert über die Zeit



FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

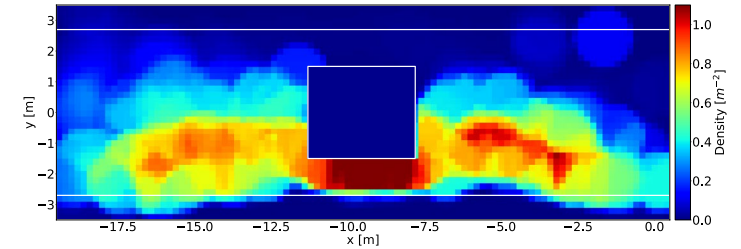
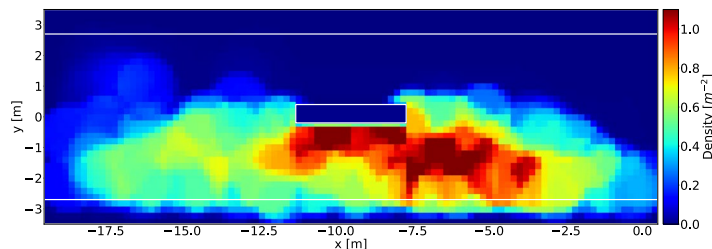
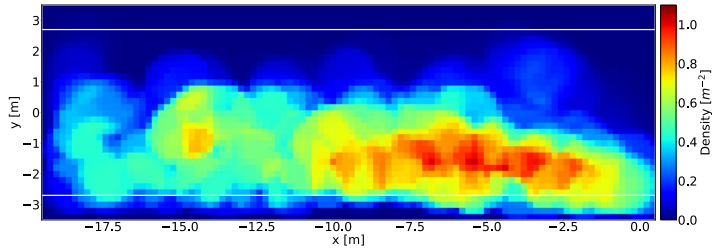
Warteverhalten



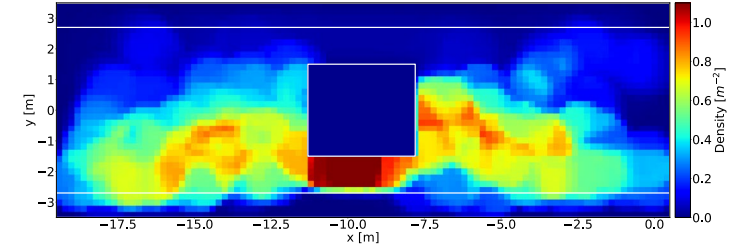
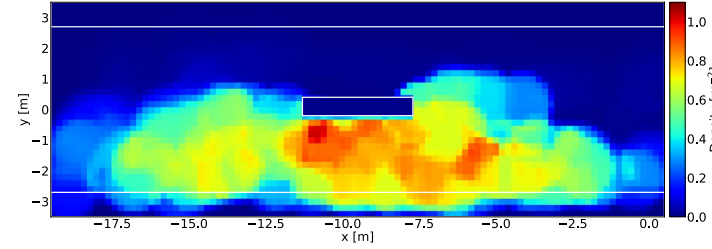
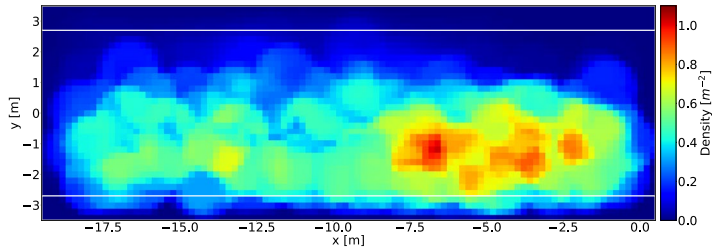
2 Minuten



40



4 Minuten

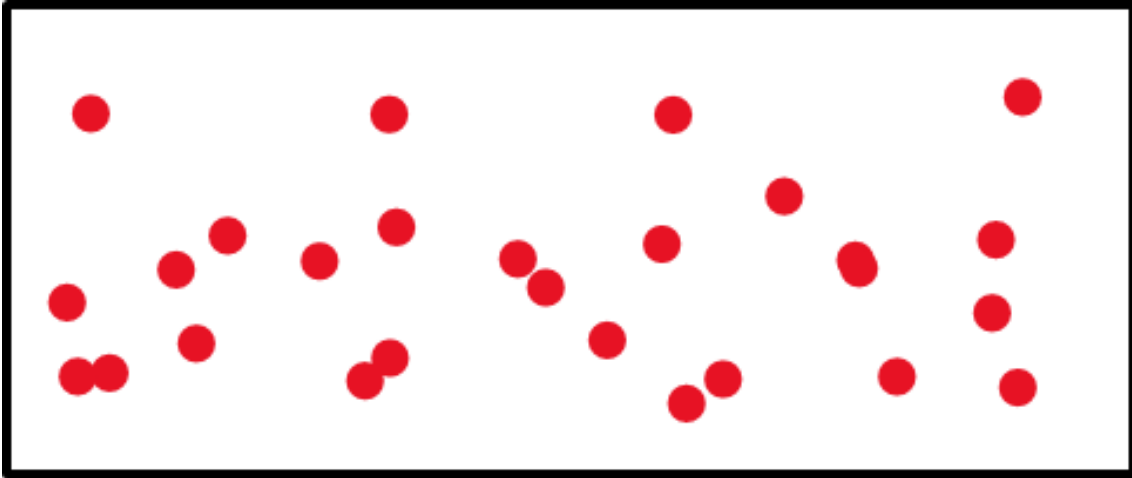


- Ohne Hindernis: höchste Dichte in der Nähe des Eingangs
- Mit Hindernissen: höchste Dichte an Hindernissen
- Längere Wartezeit: geringere Dichten, mehr genutzter Raum
- Seite der Zugeinfahrt deutlich erkennbar

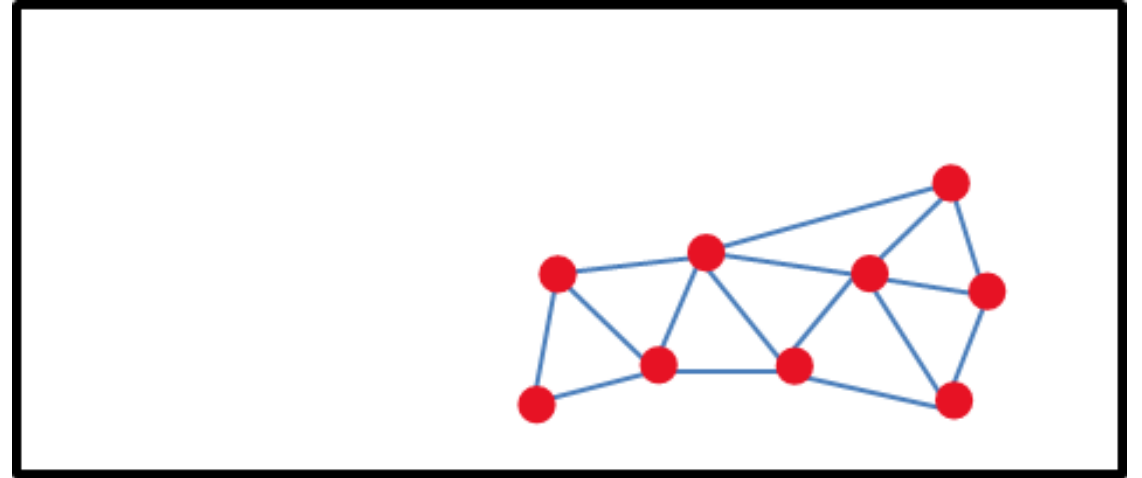
FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

Warteverhalten

Gleichmäßig im Raum



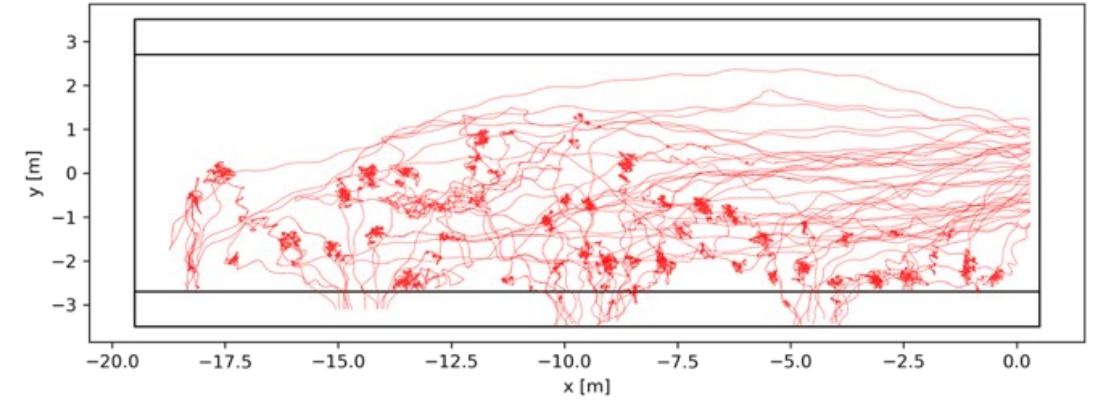
Gleichmäßig in der Gruppe



FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

Abstände zwischen benachbarten Personen

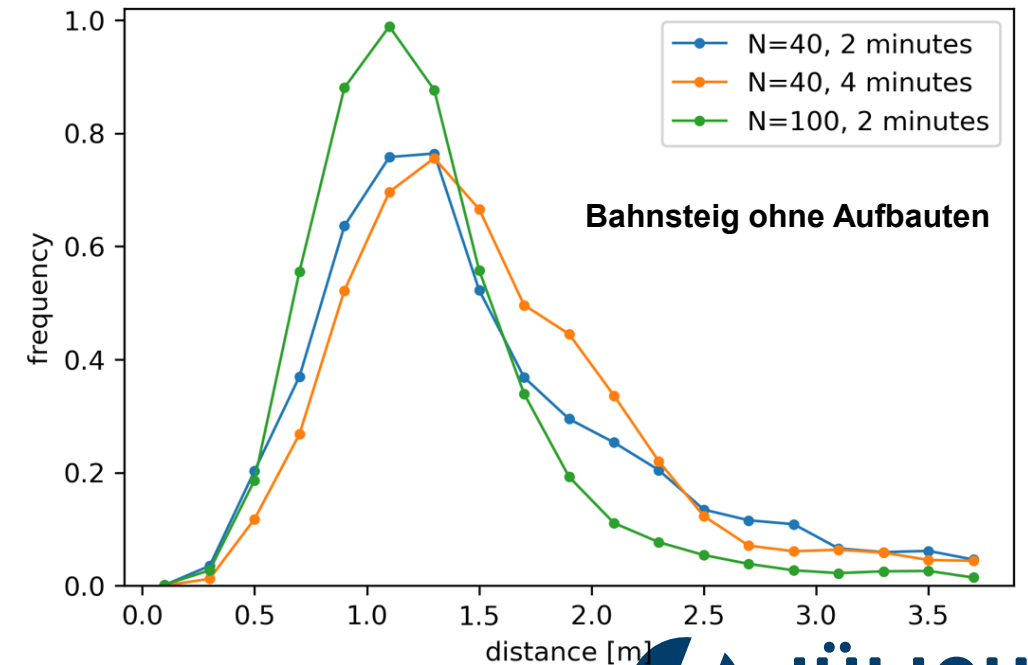
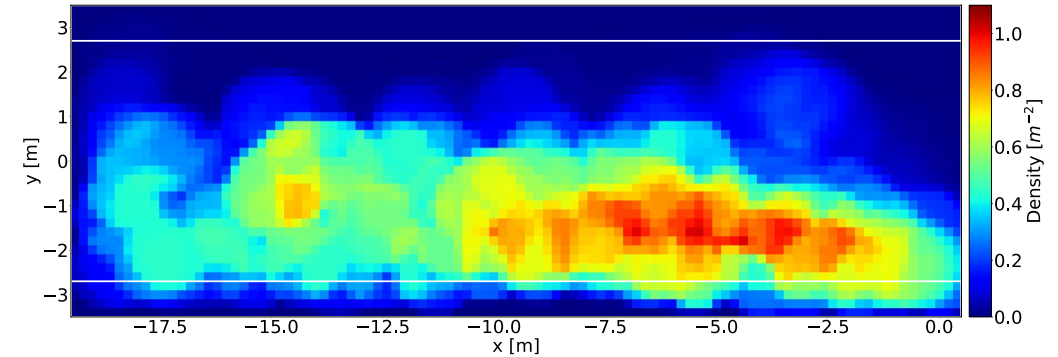
- Nur ein Teil der Fläche wird genutzt



FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

Abstände zwischen benachbarten Personen

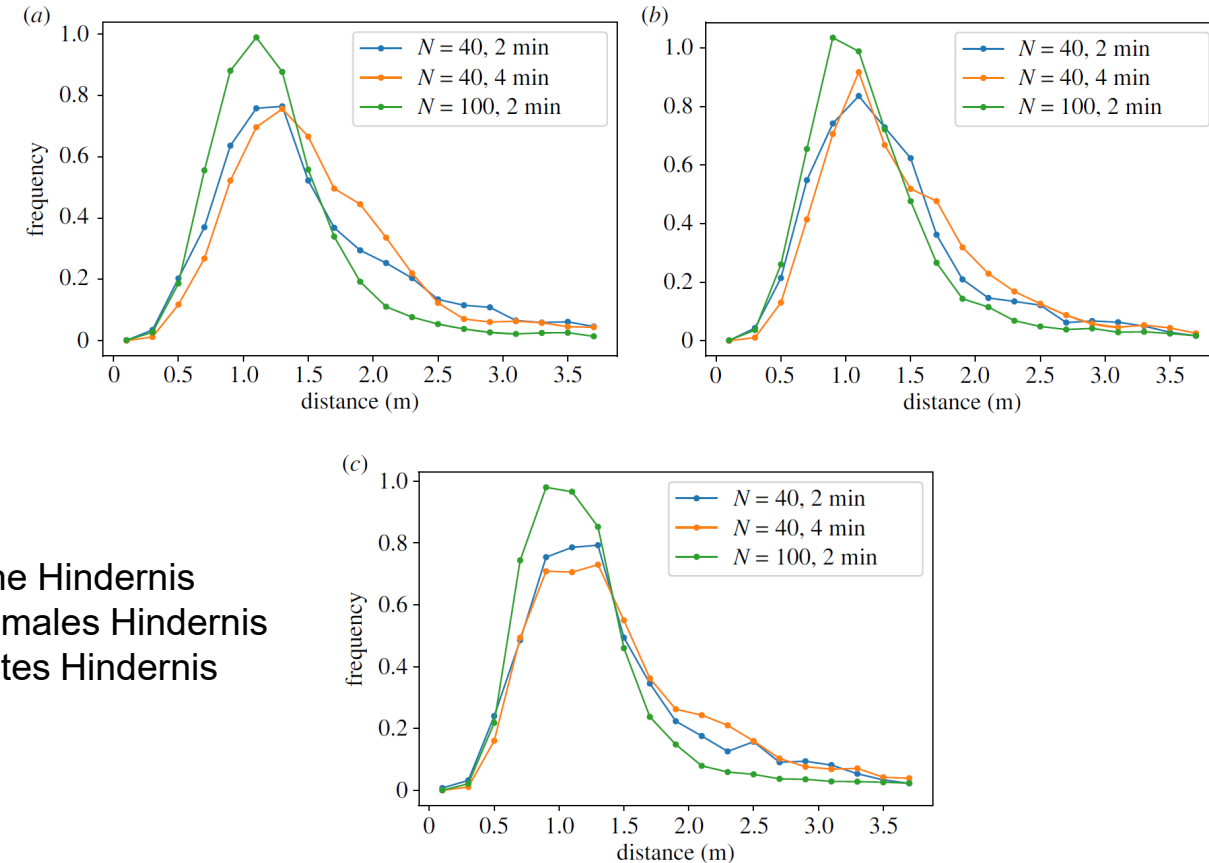
- Nur ein Teil der Fläche wird genutzt
- Wäre die Fläche vollständig genutzt:
 $d_{40} \approx 2\text{m}$
- Aber Mittelwert $d_{40} \approx 1.0 - 1.2\text{ m}$
- $N = 100$ Personen: symmetrischer



FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

Abstände zwischen benachbarten Personen

- Nur ein Teil der Fläche wird genutzt
- Wäre die Fläche vollständig genutzt:
 $d_{40} \approx 2\text{m}$
- Aber Mittelwert $d_{40} \approx 1.0 - 1.2\text{ m}$
- $N = 100$ Personen: symmetrischer
- Abstände zwischen den Personen unabhängig von:
 - Globaler Dichte
 - Komplexität der Wartefläche
 - Übersichtlichkeit der Wartefläche

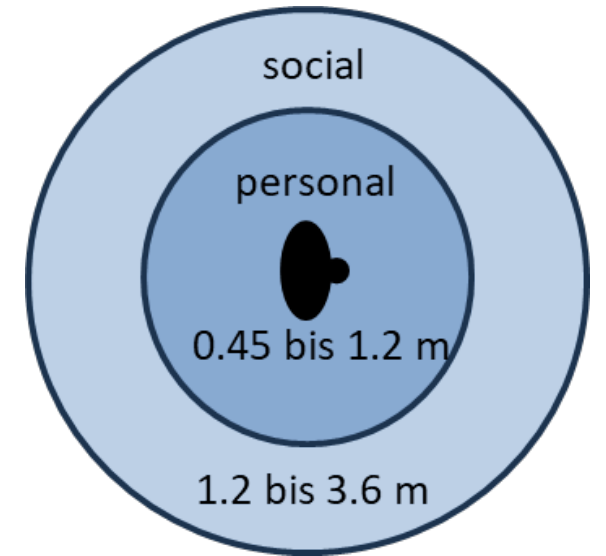


(a) Ohne Hindernis
(b) Schmales Hindernis
(c) Breites Hindernis

FORSCHUNGSPROJEKT CROMA

Warteverhalten

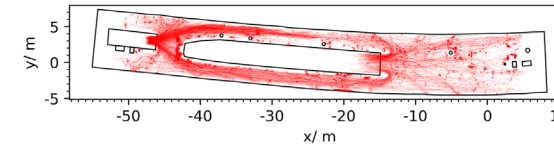
- Füllt sich ein Bahnsteig nutzen Reisende zum Warten die Seite der Zugeinfahrt. Dabei wird ein Abstand von ca. 1m bis 1,2 m eingenommen. Bis das Maximum erreicht gilt dies unabhängig von Hindernissen und Personenzahl.
- Goffman [1]: Maximierung von Abständen zwischen fremden Personen → gleichmäßige Raumnutzung
- Distanzmodell nach Hall [2]: Hier: grundlos innerhalb der „personal zone“
- Konzept von Hall: Grenzwerte für sich gegenüberstehende Personen



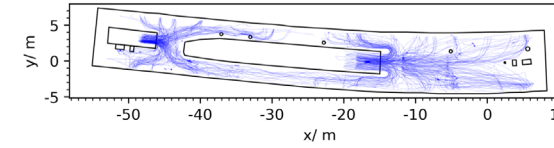
- [1] Goffman, E. 2009: Relations in Public – microstudies of the public order, NY, Basic Books
[2] Hall, ET. 1990: The hidden dimension, NY, Anchor Books

ZUSAMMENFASSUNG

- Feldstudie
 - Methodik zur Untersuchung der Raumnutzung beim Ein- und Aussteigen, Warten
 - Bevorzugt werden Wartepositionen, bei denen der Rücken geschützt ist
- Laborexperiment
 - Persönlicher Raum: In einer wartenden Menschenmenge auf einem Bahnsteig (in einer Richtung aufgereiht) beträgt der bevorzugte Abstand $d \approx 1,2$ m
 - Goffmann: Selbst in unübersichtlichen Räumen sind die Abstände homogen verteilt



(a) Boarding



(b) Alighting

