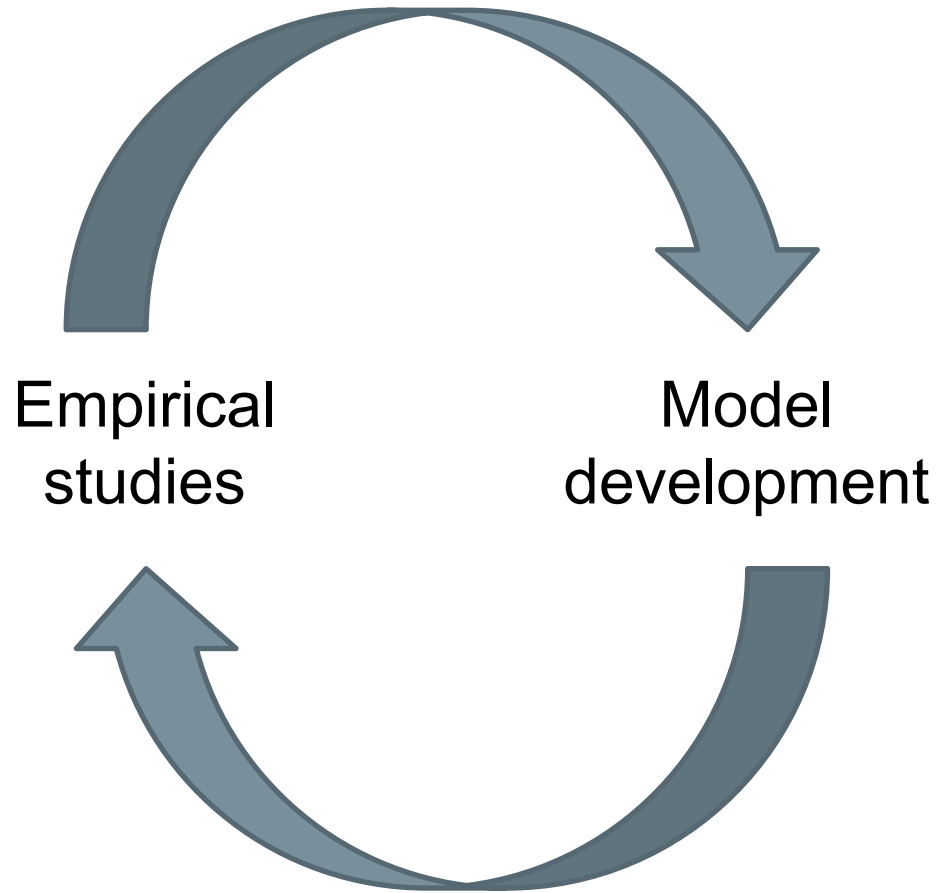


Wie viele Probanden brauche ich eigentlich? Überlegungen zur Planung und Analyse von Fußgängerstudien

Stichprobengrößen, Anzahl der Messungen und Versuchsdauer

Max Kinateder, Paul Geoerg, Nikolai Bode



Inhalt für heute

- I. **Fallbeispiele mit Fokus Datenerhebung** (Gruppengröße, Anzahl der Versuche, Versuchsdauer)

- II. **Fallbeispiele mit Fokus Datenanalyse** (Anzahl Versuche, Messfehler)

I. Fallbeispiele mit Fokus Datenerhebung

Drei Herausforderungen

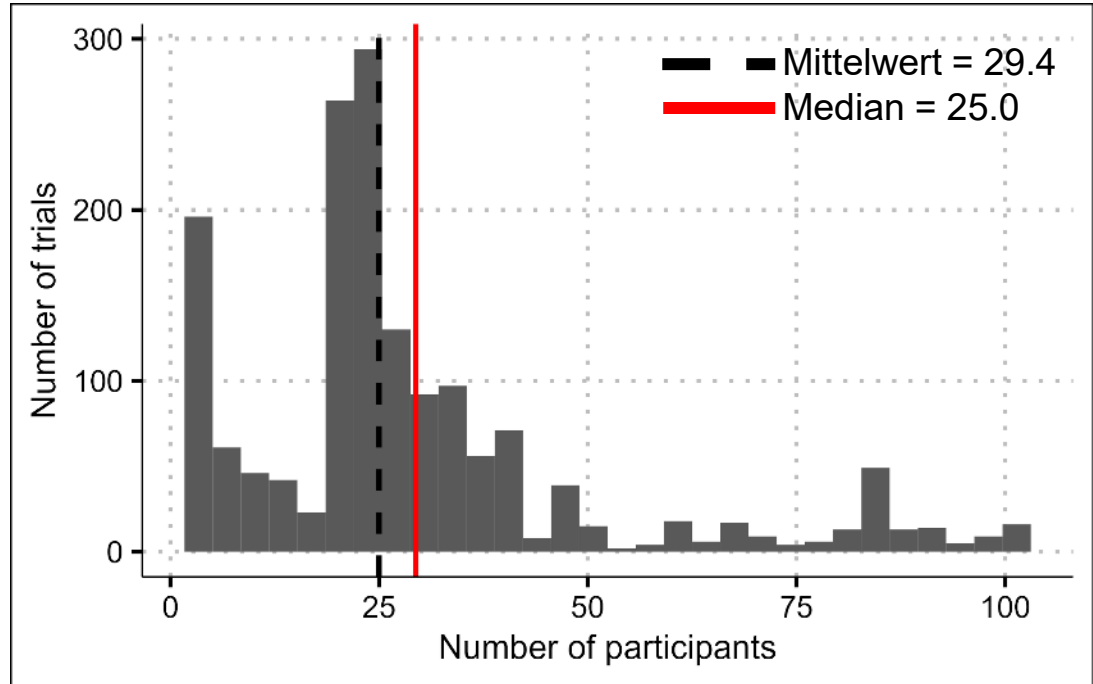
1. **Stichprobengrößen (Crowd size):** Wie viele Probanden werden *in einer Studie* benötigt?
2. **Anzahl der Messungen:** Wie viele Trials werden benötigt?
3. **Versuchsdauer:** Wie lange sollte eine Studie dauern?

Drei Herausforderungen

1. **Stichprobengrößen (Crowd size):** Wie viele Probanden werden *in einer Studie* benötigt?
2. **Anzahl der Messungen:** Wie viele Trials werden benoetigt?
3. **Versuchsdauer:** Wie lange sollte eine Studie dauern?

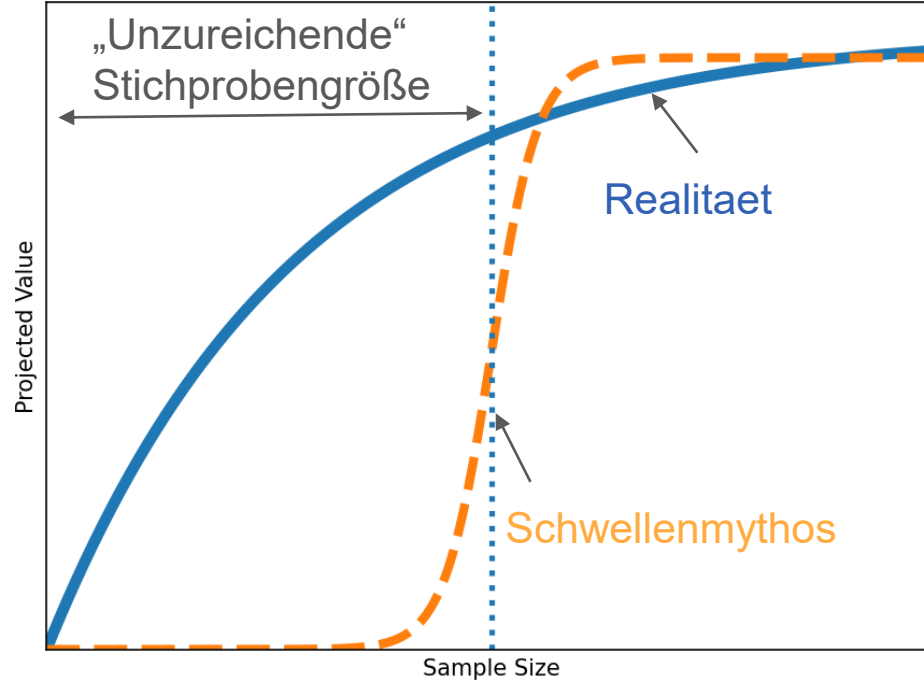
Stichprobengrößen in Fußgängerstudien

- Teilnehmerzahl variiert je nach Studie
- Bimodale Verteilung
- Bei kleineren Stichproben handelte es sich tendenziell um „Single File“ Studien



Datenquelle: <https://ped.fz-juelich.de/da/doku.php> (nur Studien mit 100 oder weniger Teilnehmern berücksichtigt)

Die Illusion einer „richtigen“ Stichprobengröße



Drei Herausforderungen

1. **Stichprobengrößen (Crowd size):** Wie viele Probanden werden *in einer Studie* benoetigt?
2. **Anzahl der Messungen:** Wie viele Trials werden benötigt?
3. **Versuchsdauer:** Wie lange sollte eine Studie dauern?

Anzahl der Messungen

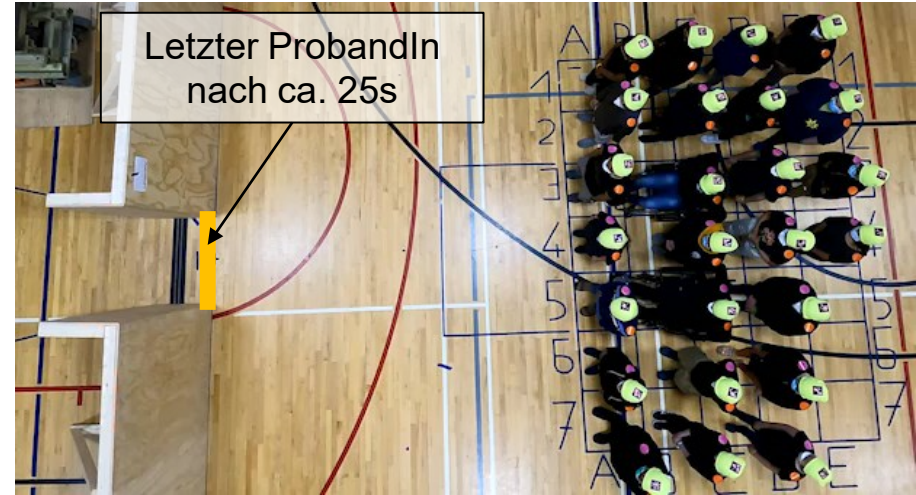
- **Trial:** Ein einzelner, eindeutiger Fall der Durchführung eines Experiments (manchmal auch „Versuchslauf“)
- Bei *makroskopischen* Studien ergibt ein Trial manchmal eine Messung (z. B. Evakuierungsdauer).
- Wie viele Beobachtungen sind erforderlich, um aus den beobachteten Daten zuverlässige Erkenntnisse zu gewinnen?

Beispiel: Evakuierungsdauer



**Homogene
Fussgängermenge
(Kontrollbedingung)**

0.66



**2 Rollstuhlfahrer
in der Fussgängermenge**

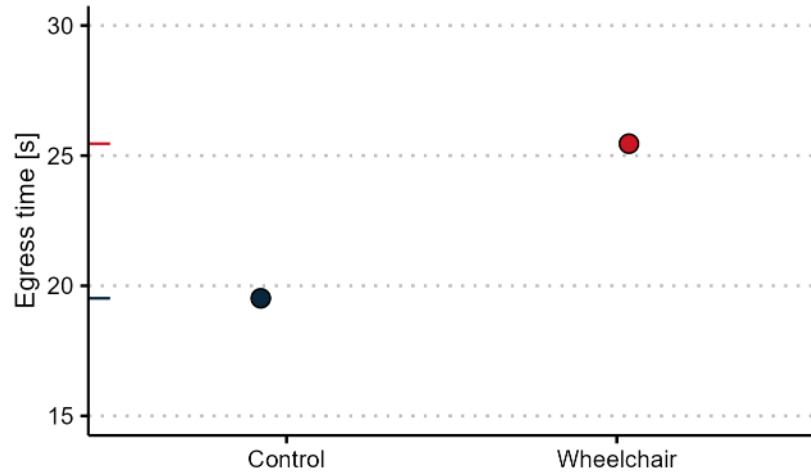
0.66

Messgrösse: Evakuierungsdauer

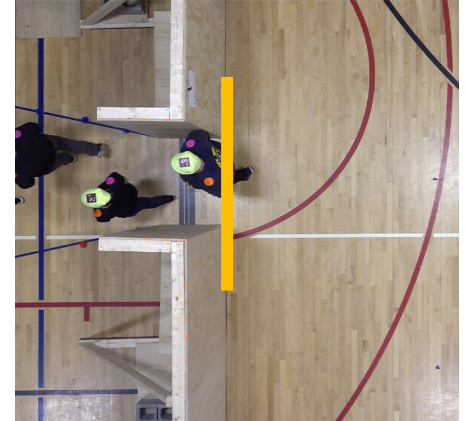
- Evakuierungsdauer = Zeitpunkt an dem letzte Person die Engstelle passiert
- Eine Messung pro Versuch



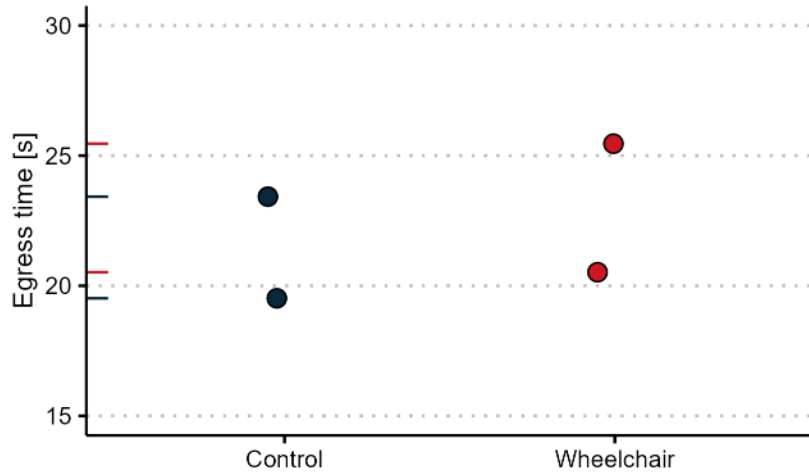
1 Trial



Evakuierungsdauer = letzte Person, die den Engpass passiert



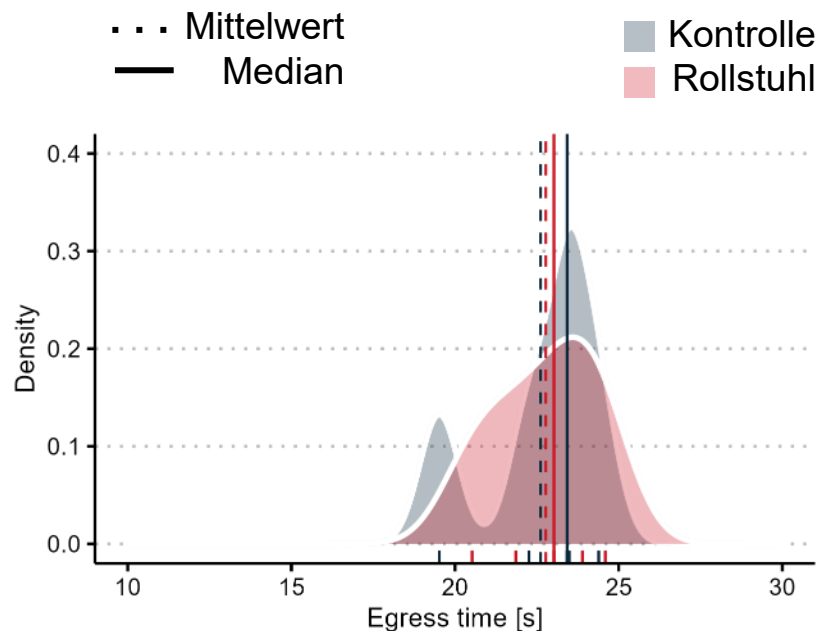
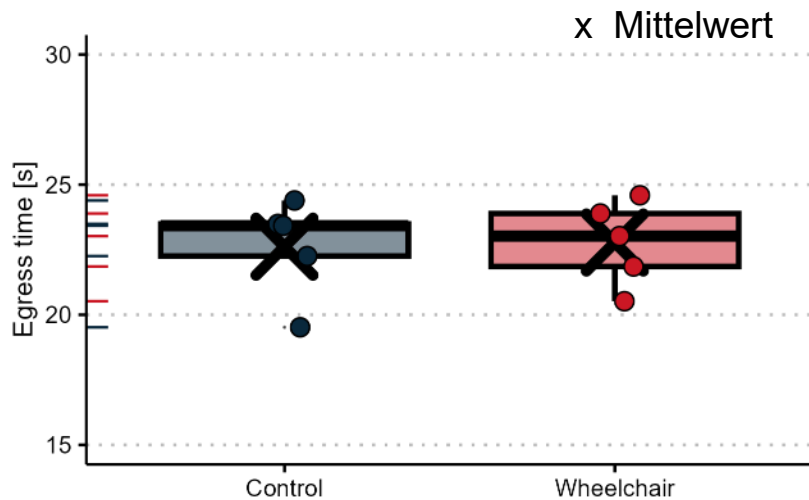
2 Trials



Evakuierungsdauer = letzte Person, die den Engpass passiert



5 Trials



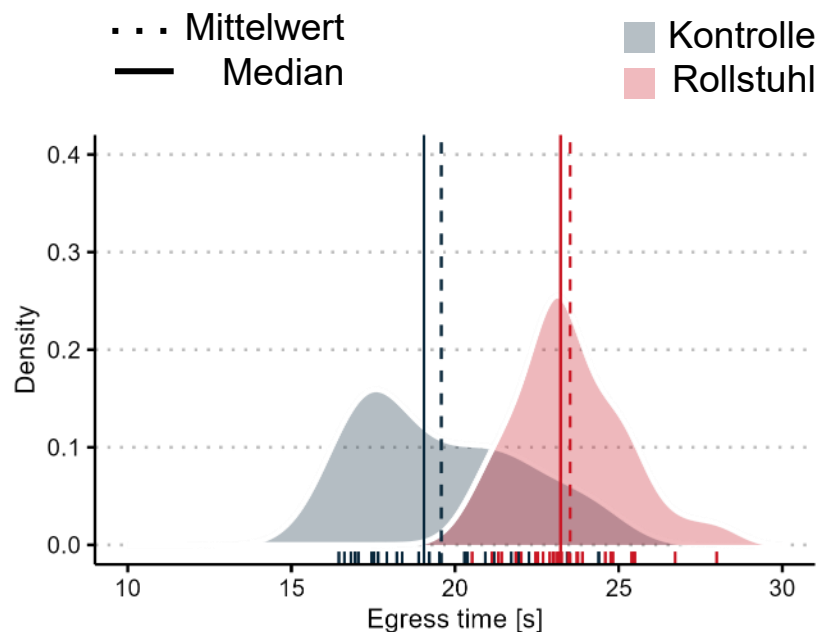
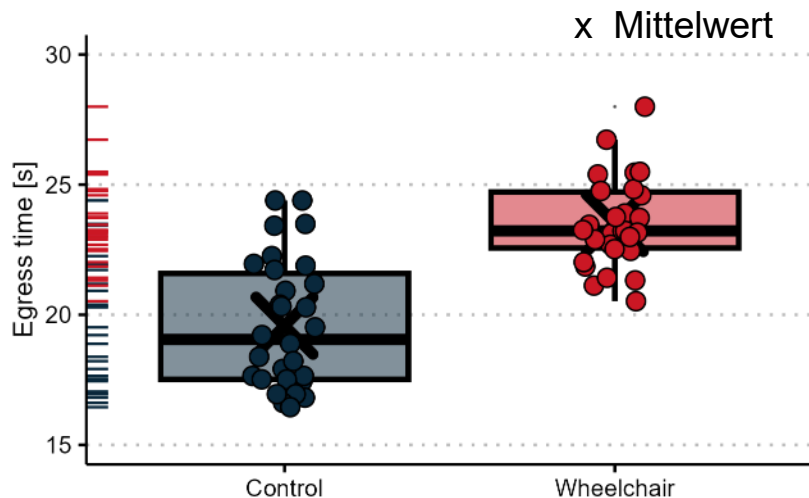
T-Test:

$t(7,82) = 0.144$, $p = .889$, $d = 0.091$ (vernachlässigbar)

Cohens d-Konvention

≈ 0,2	Klein
≈ 0,5	Medium
> 0,8	Groß

30 Trials



T-Test:

$$t(50,8) = 7.22, p < .001, d = 1.86 \text{ (groß)}$$

Cohens d-Konvention

≈ 0,2	Klein
≈ 0,5	Medium
> 0,8	Groß

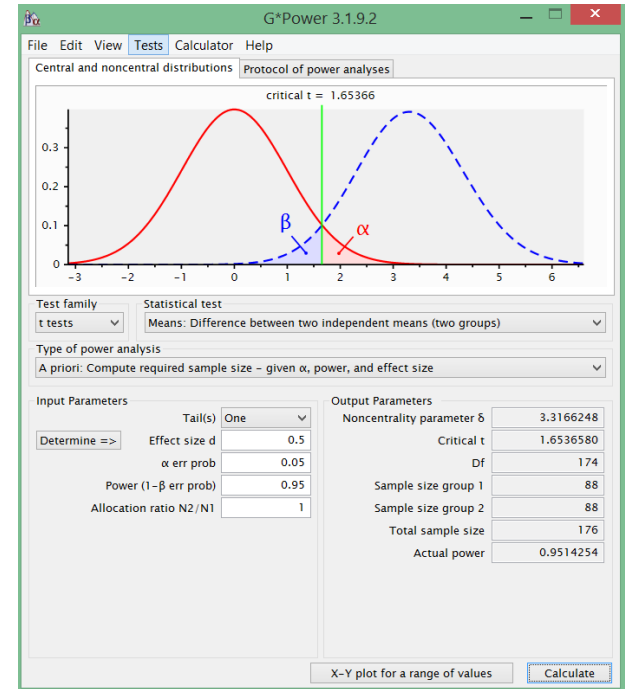
Poweranalyse

Schlüsselfaktoren, die Signifikanztests beeinflussen

1. Effektstärke: Je stärker ein Effekt ist, desto weniger Beobachtungen sind nötig, um ihn zuverlässig zu erkennen
2. Anzahl der Beobachtungen: Je mehr Beobachtungen, desto kleiner sind die Effekte, die zuverlässig erkannt werden können

Wie geben Sie die Effektgröße bei der Planung Ihrer Studie an?

- Machen Sie eine fundierte Schätzung der tatsächlichen Effektgröße basierend auf
 - Vorhandene Literatur (aber: Publikationsbias!)
 - Pilotstudie (aber: ungenaue Schätzung, kostenineffektiv)
- Smallest Effect Size of Interest (SESOI)
 - Was ist die kleinste Effektstärke, die Sie erkennen möchten?



<http://www.gpower.hhu.de/>

Material reproduziert und adaptiert von Stefan, Schoenbrott & Schiestel
<https://osf.io/zjrhu/>

Drei Herausforderungen

1. **Stichprobengrößen (Crowd size):** Wie viele Probanden werden *in einer Studie* benoetigt?
2. **Anzahl der Messungen:** Wie viele Trials werden benoetigt?
3. **Versuchsdauer:** Wie lange sollte eine Studie dauern?

Versuchsdauer

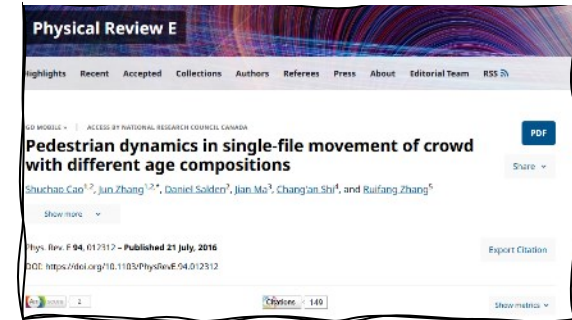
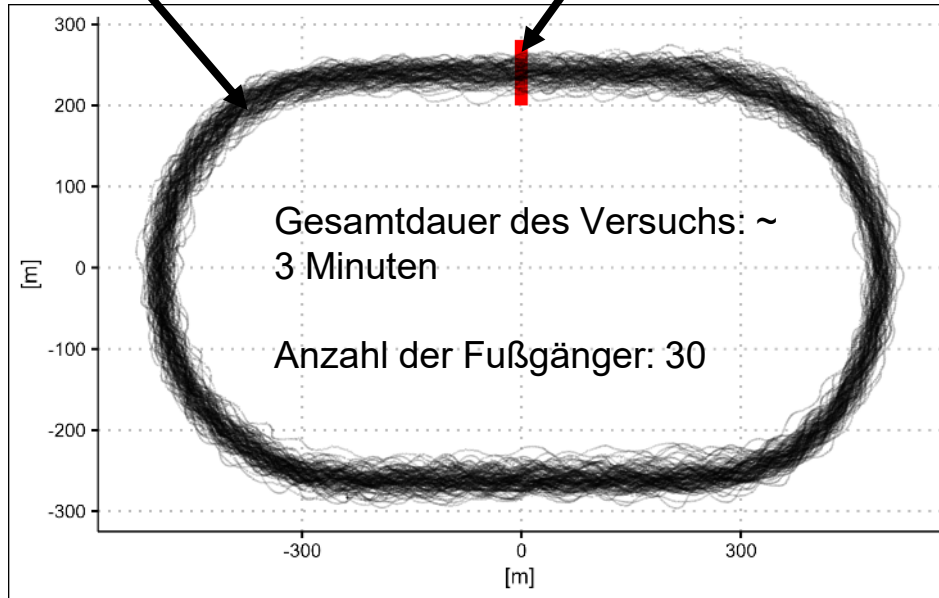
- **Trial:** Ein einzelner, eindeutiger Fall der Durchführung eines Experiments (manchmal auch „Versuchslauf“)
- Bei *mikroskopischen* Untersuchungen kann ein Trial manchmal mehrere Messungen ergeben (z. B. Geschwindigkeit, Dichte der Individuen)
- Bei bestimmten Messungen ist es möglich, die Anzahl der Datenpunkte durch eine Verlängerung der Versuchsdauer oder des Beobachtungszeitraums zu erhöhen.

Wie lange sollte eine
Versuch dauern?

Beispiel: Single File movement

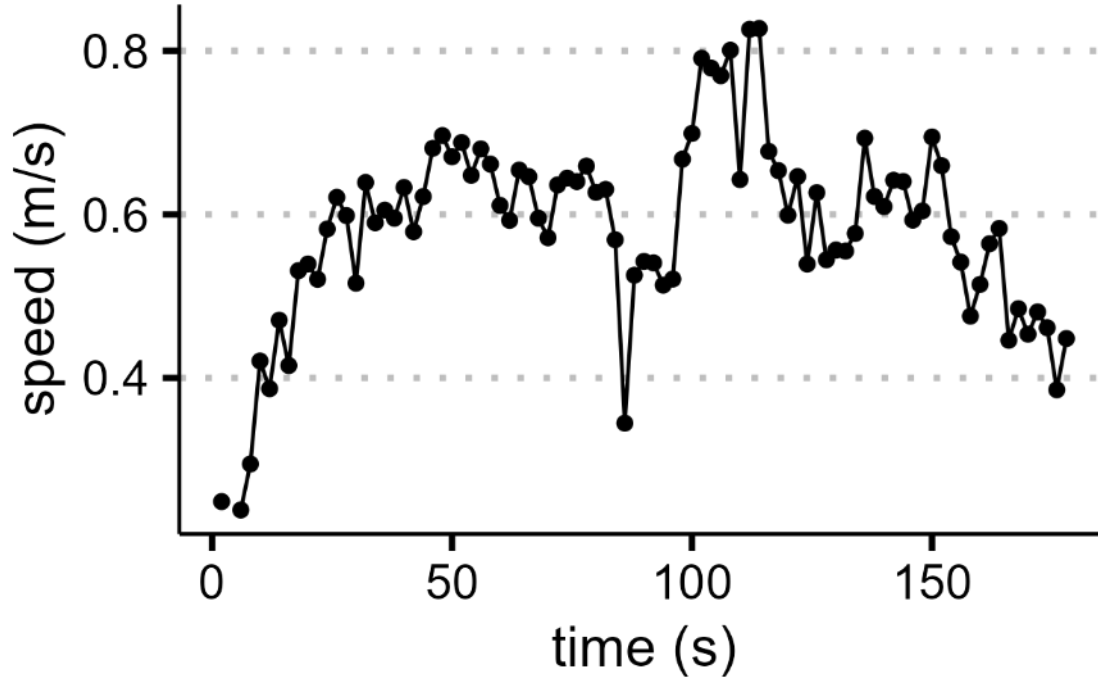
Trajektorien

Messbereich



Cao, S., Zhang, J., Salden, D., Ma, J., Shi, C. A., & Zhang, R. (2016). Pedestrian dynamics in single-file movement of crowd with different age compositions. *Physical Review E*, 94(1), 012312.

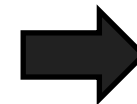
Beispielmessung: Geschwindigkeit im Messbereich



Können wir die Anzahl der Datenpunkte erhöhen, indem wir die Versuchsdauer verlängern?

Mögliche Herausforderungen:

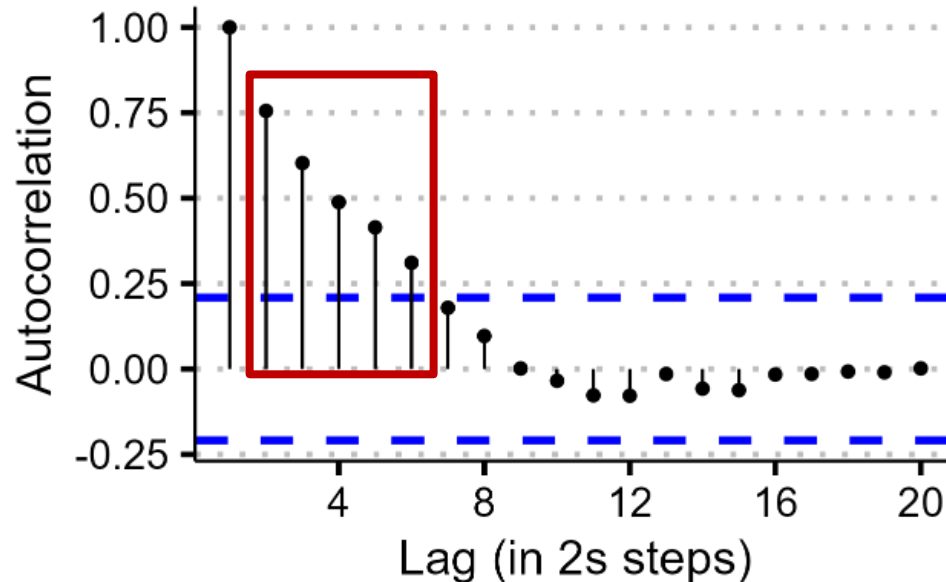
- Mehrfache Messung desselben Fußgängers
- Fußgänger können durch vor ihnen gehende Personen beeinflusst werden



Sind die Beobachtungen unabhängig?

Beispielmessung: Geschwindigkeit im Messbereich

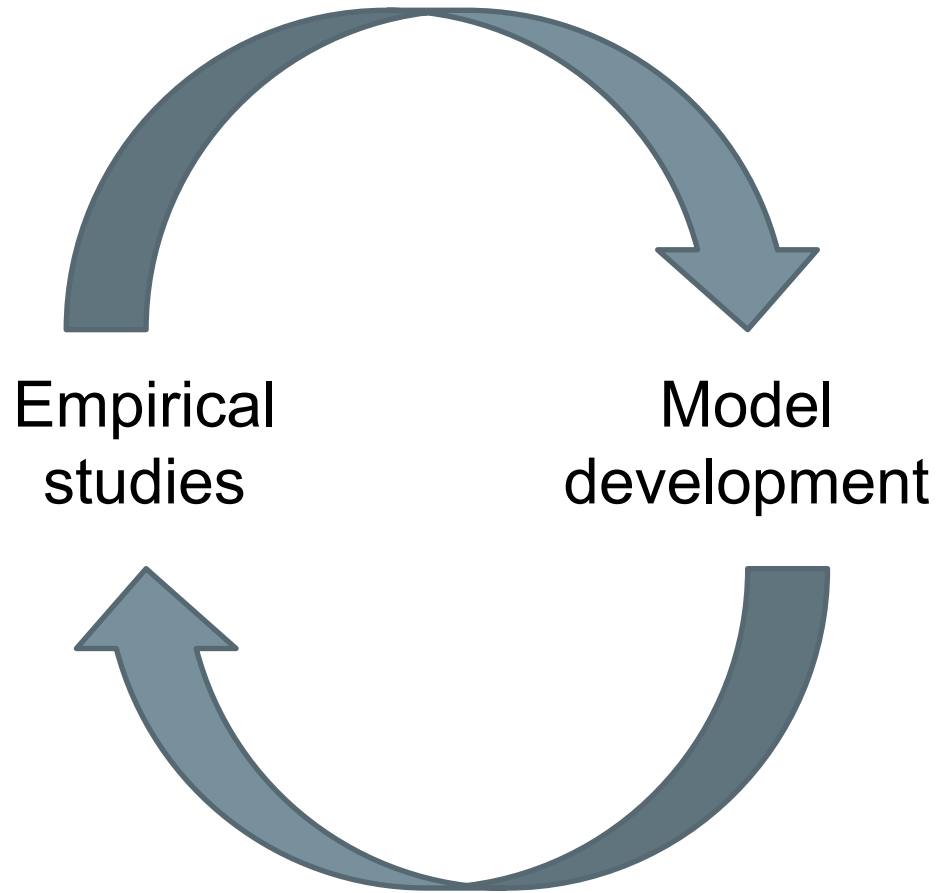
Idee : Entfernen von Autokorrelation durch *Downsampling*



Schlussfolgerungen

- Präsentiert wurden drei beispielhafte Herausforderungen bei der Planung empirischer Studien zur Fußgängerdynamik
 - Stichprobengröße (Anzahl der Probanden)
 - Anzahl der Messungen
 - Versuchsdauer
- Das Verständnis der **Messgröße** (d. h. der wichtigsten abhängigen Variablen) und der damit verbundenen Annahmen und Anforderungen (z. B. Unabhängigkeit der Daten) ist bei der Planung von Studien und Analysen von entscheidender Bedeutung.
- Transparenz in der Berichterstattung (z. B. durch die Einhaltung von FAIR und anderen Open Science-Prinzipien) trägt zu reproduzierbaren und replizierbaren Ergebnissen bei

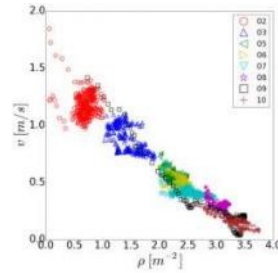
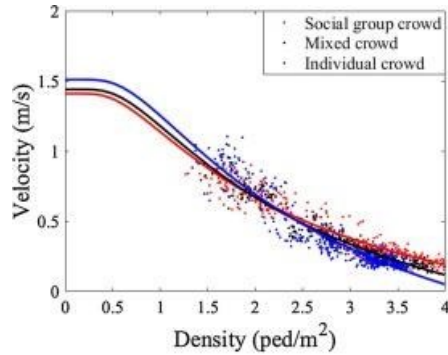
II. Fallbeispiele mit Fokus Datenanalyse



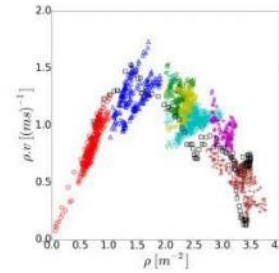
Rational fuer Teil ii

- ~~Wie viele Probanden brauche ich eigentlich?~~
Wie viele/was fuer Studien brauche ich eigentlich?
- Manchmal möchte man anhand von existierenden Daten neue Sachverhalte untersuchen
 - Das ist gut, man mag Daten ja weiterverwenden, etc.
 - Hier geht es darum, wissenschaftliche Lösungsvorschläge für Probleme zu finden, die auftreten können:
 1. Daten von nur einer Studie sind nicht aussagekraeftig
 2. Unklarheit ueber Messfehler
- Es geht hier nicht um die statistische Analyse von Daten aus Crowd-Experimenten eingegangen. Dazu:
 - <https://doi.org/10.17815/CD.2019.20>
 - <https://youtu.be/OTth5rcgTgmA?si=bE7eJX4b9PS7Q9Fr>

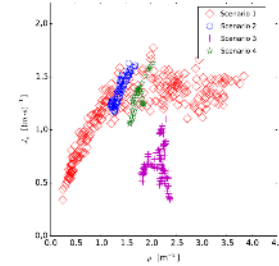
Empirische Fundamentaldiagramme



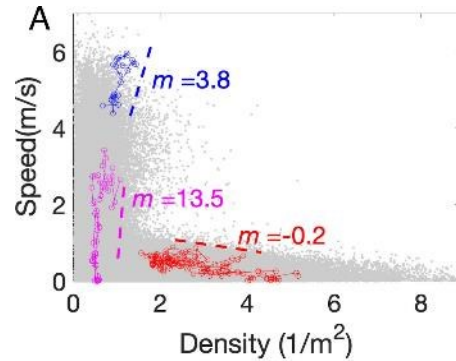
(a) Density-velocity



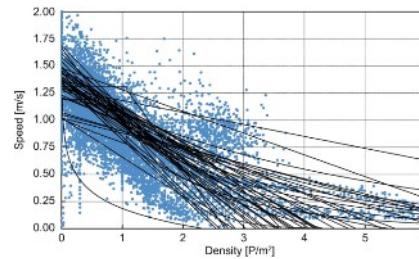
(b) Density-flow



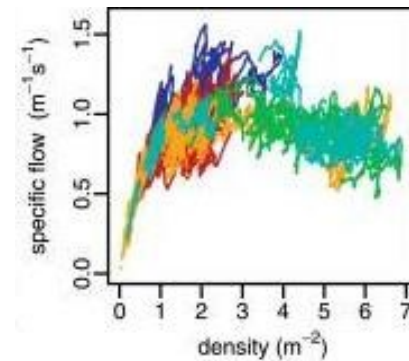
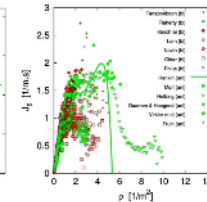
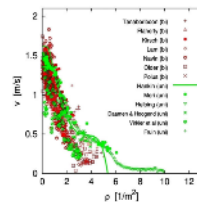
Zhang, Seyfried (2014)



Parisi et al. (2021)

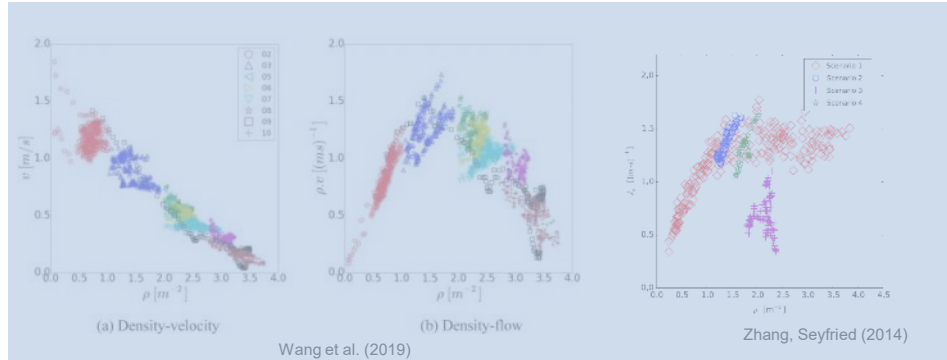
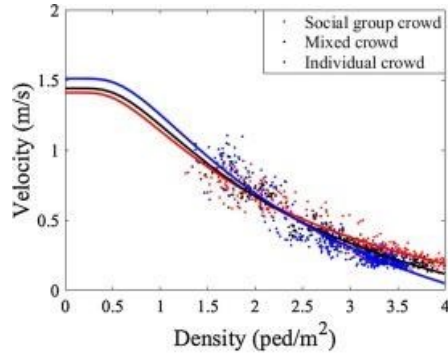


Bosina, Weidmann (2019)



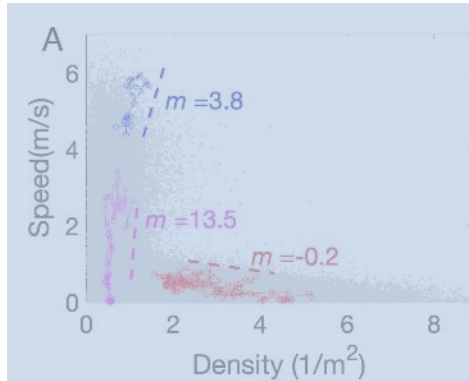
Vanumu et al. (2017)

Empirische Fundamentaldiagramme

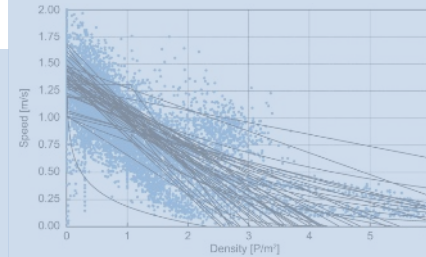


Wang et al. (2019)

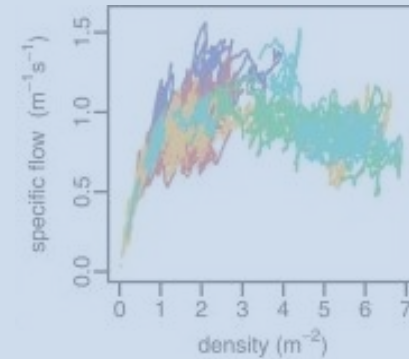
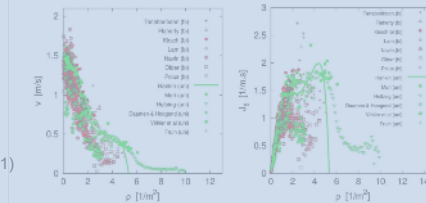
Zhang, Seyfried (2014)



Parisi et al. (2021)



Bosina, Weidmann (2019)



Vanumu et al. (2017)

Soziale Gruppen in Fußgängermengen



Annahme

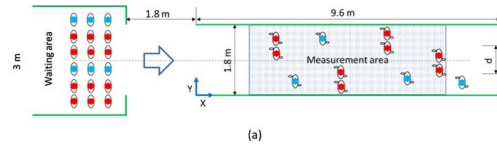


Realitaet

Räumungszeit als Schätzung fuer den Fluss

Verlängern oder verkürzen Soziale Gruppen Räumungszeiten?

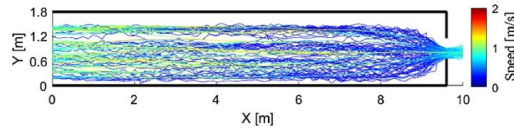
Beweislage in der Literatur ist widersprüchlich.



(a)

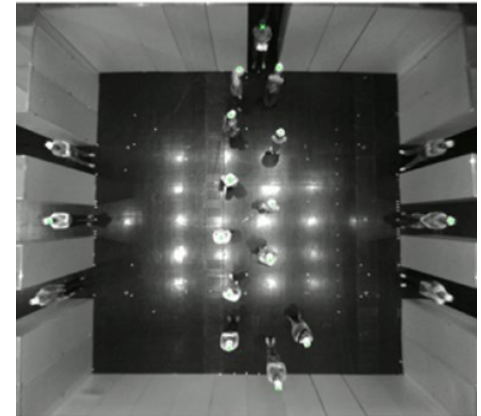
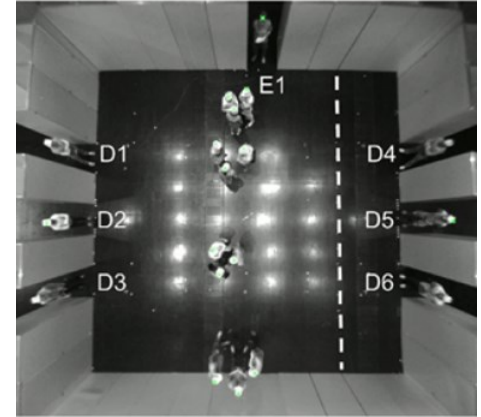


(b)

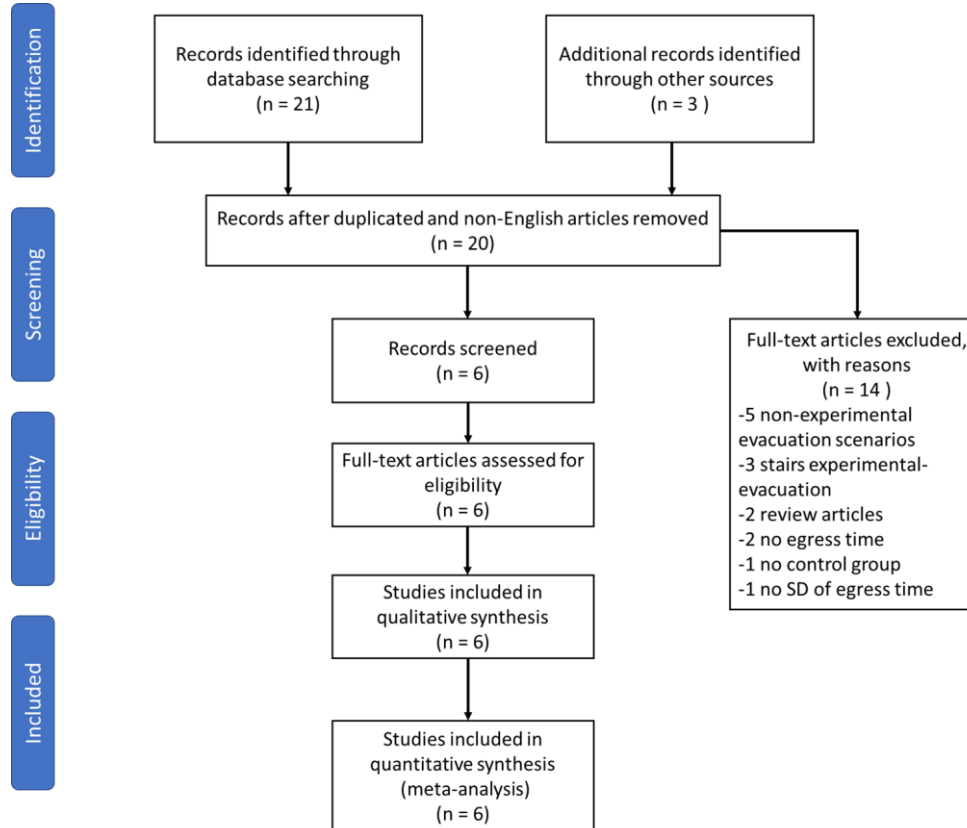


(c)

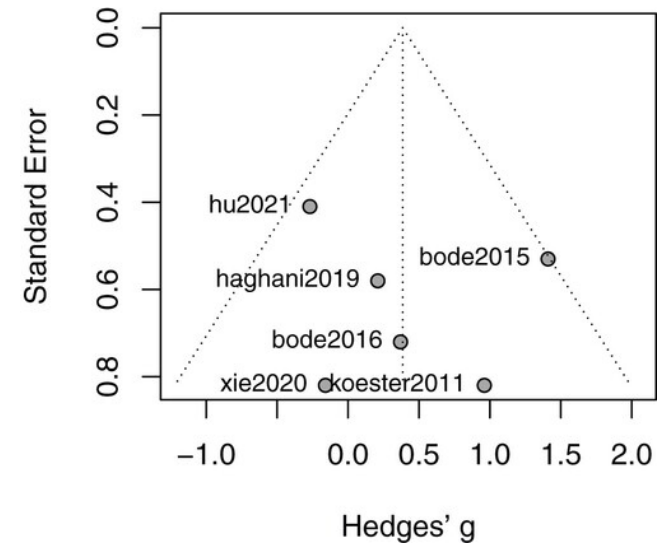
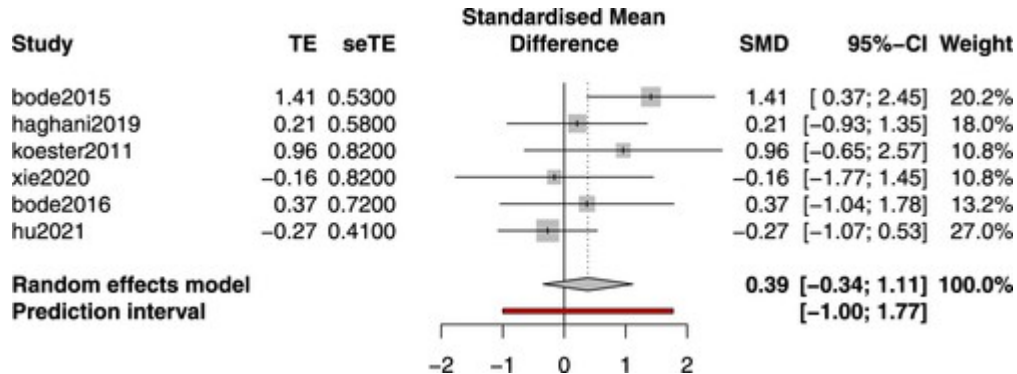
Hu, Y., Zhang, J., Song, W., & Bode, N. W. (2021). Social groups barely change the speed-density relationship in unidirectional pedestrian flow but affect operational behaviours. *Safety science*, 139, 105259.



Loesungsvorschlag - Systematische Literatursuche



Loesungsvorschlag - Metaanalyse



Soziale Gruppen:

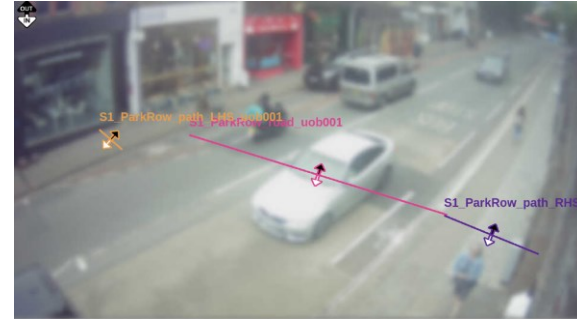
<https://doi.org/10.1080/23249935.2021.1998243>

Rollstuehle:

<https://doi.org/10.1007/s10694-025-01740-y>

Unklarheit über Messfehler

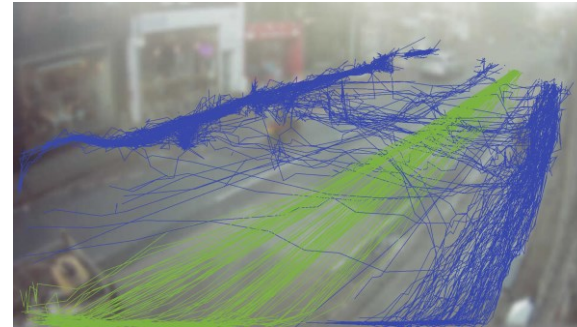
Unklarheit über Messfehler – Beispiel



13.10.2022, 8.10-8.20 Uhr

April 2023 – April
2024

<https://vivacitylabs.com/>

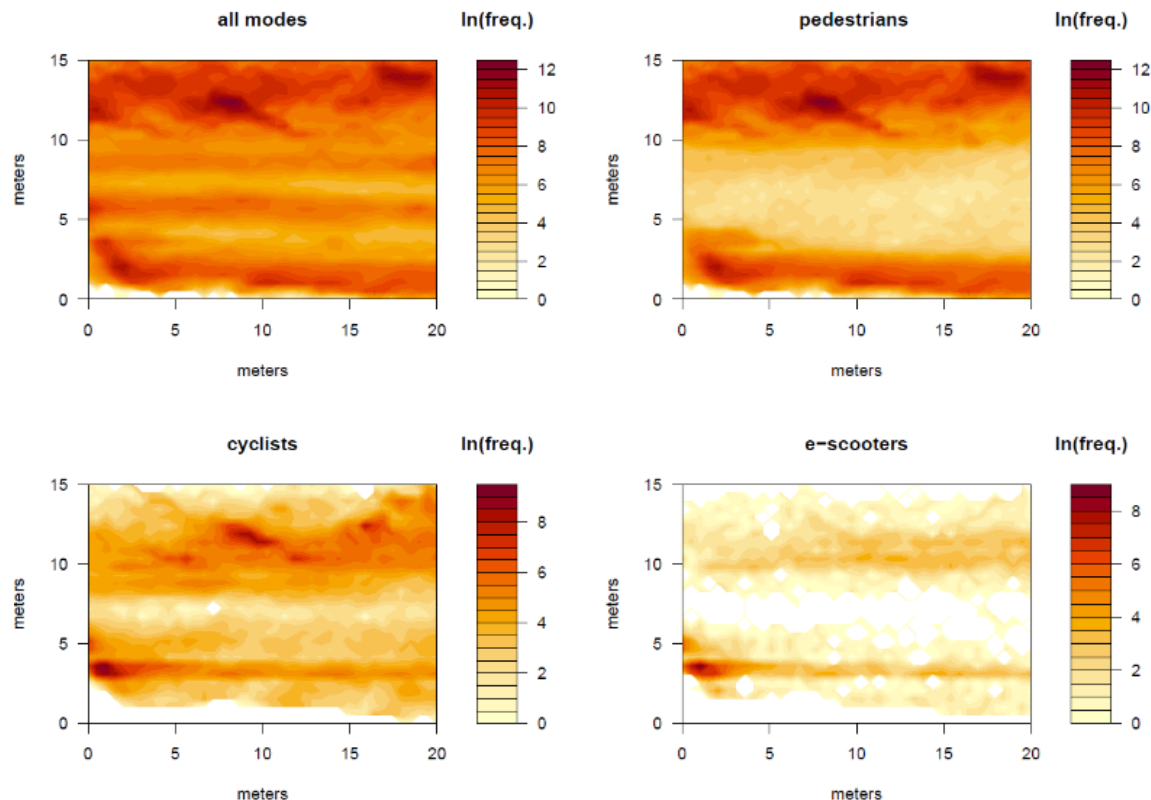


Räumliche Verteilung der Verkehrsteilnehmer

Auf die Ebene
projizierte Daten

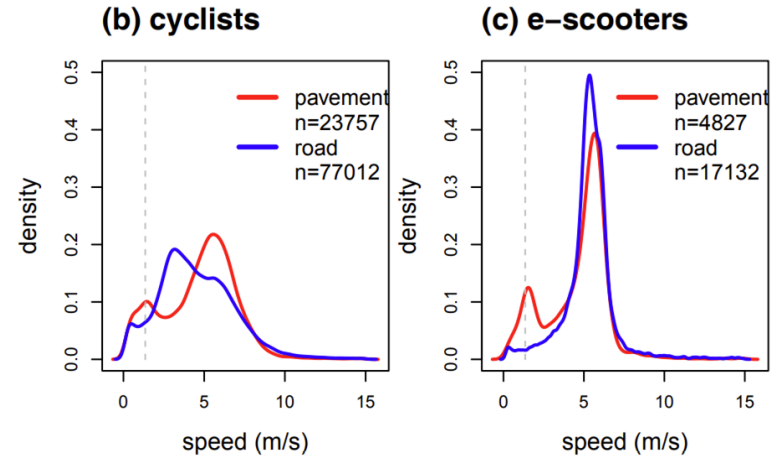
0,5 m x 0,5 m
Raster






Beobachtungen:
~3 Mio.
Fußgänger
~300k Radfahrer
~20.000 E-
Scooter



Fokus auf Fehlklassifizierungen








- Angenommen wir wollen den Geschwindigkeitsunterschied zwischen Gehweg und Strasse messen.
- **Nichtdifferenzielle Fehlklassifizierungen**
 - Zufällig
- **Differenzielle Fehlklassifizierungen**
 - Systematisch, zB abhängig von der Geschwindigkeit
- Effekte können numerisch untersucht werden...



		
...	P_{pb}	P_{ps}
	P_{bp}	...
	P_{sp}	...

Modelle fuer Fehlklassifizierungen

misclassification model	model specification
random	$P_{pb} = \text{constant}$
speeds, v , fast	$P_{pb} = \frac{v^2}{N}$
speeds, v , slow	$P_{pb} = \frac{(v_{max}-v)^2}{N}$
distance from sensor, d	$P_{pb} = \frac{d^4}{N}$
angle to sensor, θ	$P_{pb} = \frac{e^{-2\theta}}{N}$
distance and angle	$P_{pb} = \frac{d^4 e^{-2\theta}}{N}$

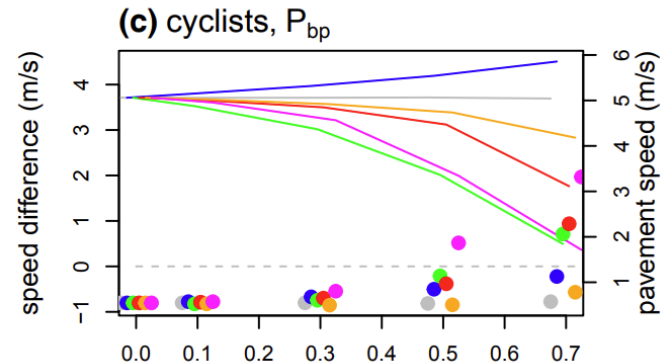
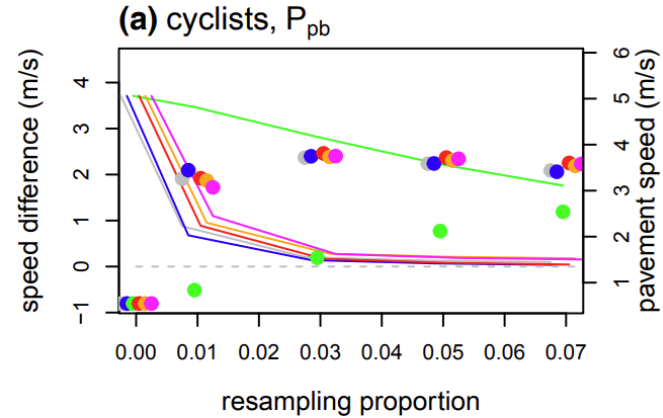
			
	...	P_{pb}	P_{ps}
	P_{bp}
	P_{sp}

Simulationen fuer Fehlklassifizierungen

Zeigen wie systematische Fehlerquellen
und Fehlerraten Resultate verzerren
koennen.

Siehe:

<https://doi.org/10.1051/epjconf/202533403007>



Kernaussage

Zwei wichtige Fragen, die **vor** der Datenerfassung(/analyse) gestellt werden sollten

- Was sind Ihre Forschungsfragen?
- Was ist die Maßeinheit?
- Fuer Datenanalyse: stimmt diese mit dem oben ueberein



Danke

Weitere Fragen? Melden Sie sich gerne!

Max.Kinateder@nrc-cnrc.gc.ca

nikolai.bode@bristol.ac.uk

paul.geoerg@akkon-hochschule.de