

Modellgestützte Untersuchung von Schulschließungen und weiteren Maßnahmen zur Eindämmung von Covid-19

Müller, Sebastian A; Balmer, Michael; Charlton, Billy; Ewert, Ricardo; Neumann, Andreas; Rakow, Christian; Schlenther, Tilmann; **Nagel, Kai**

Siehe <https://covid-sim.info> für Material und Referenzen.

MATSim (= Multi-Agent Transport Simulation)

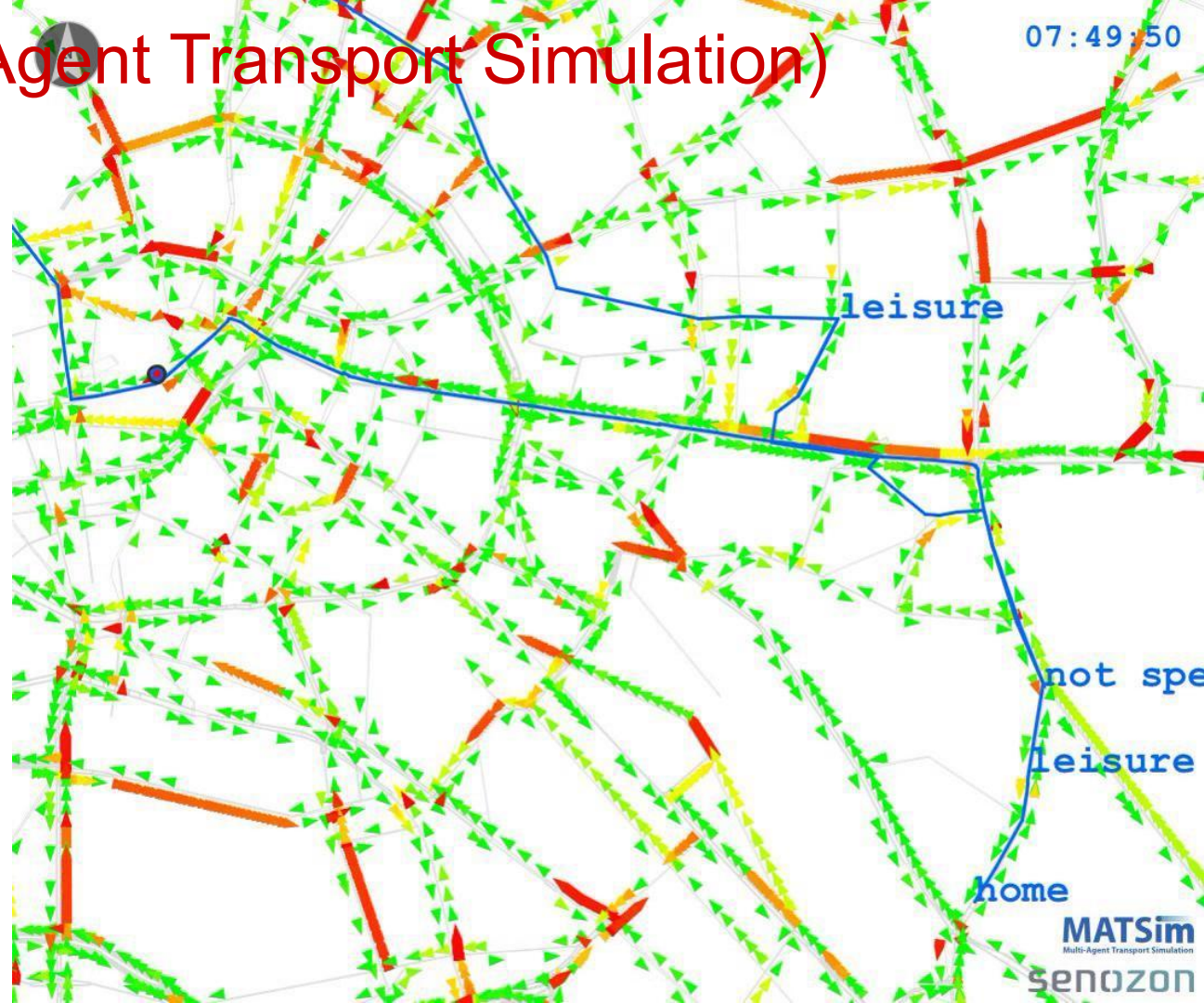
07:49:50

Personen, Straßen,
Fahrzeuge, ... individuell
modelliert

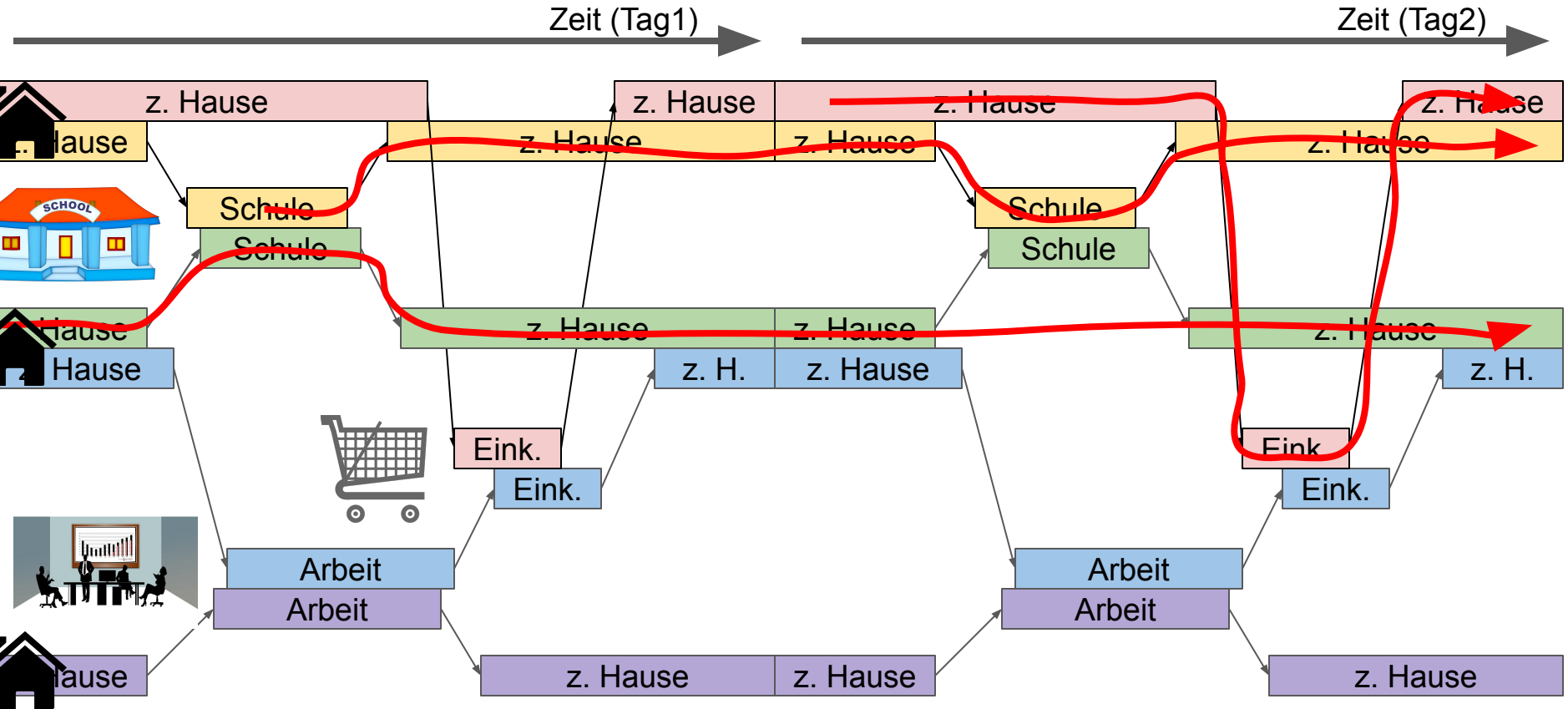
Ganze Tagespläne

Auch: öffentlicher Verkehr,
Fahrräder, etc.

Siehe www.matsim.org oder
auch "matsim open berlin"



Von Bewegungsprofilen zu Virusausbreitung



Von Verkehrsmodell zum epidemiologischen Modell

Kontaktmodell (wann begegnen sich Personen?):

- Siehe oben “Verkehrsmodell”.
 - Räumliche Auflösung \approx “Gebäude” bzw. “Fahrzeuge” \rightarrow zu viel Mischung
- Separate Modelle für wochentags, samstags, sonntags.
 - Immer wieder gleichen Wochentag, Samstag, Sonntag \rightarrow zu wenig Mischung

Progressionsmodell (angesteckt \rightarrow ansteckend \rightarrow symptomatisch \rightarrow ...):

- Siehe nächste Folie

Infektionsmodell (bei Kontakt):

- Wahrscheinlichkeitsmodell, parametrisiert als Aerosolmodell, anschließend

Progressionsmodell

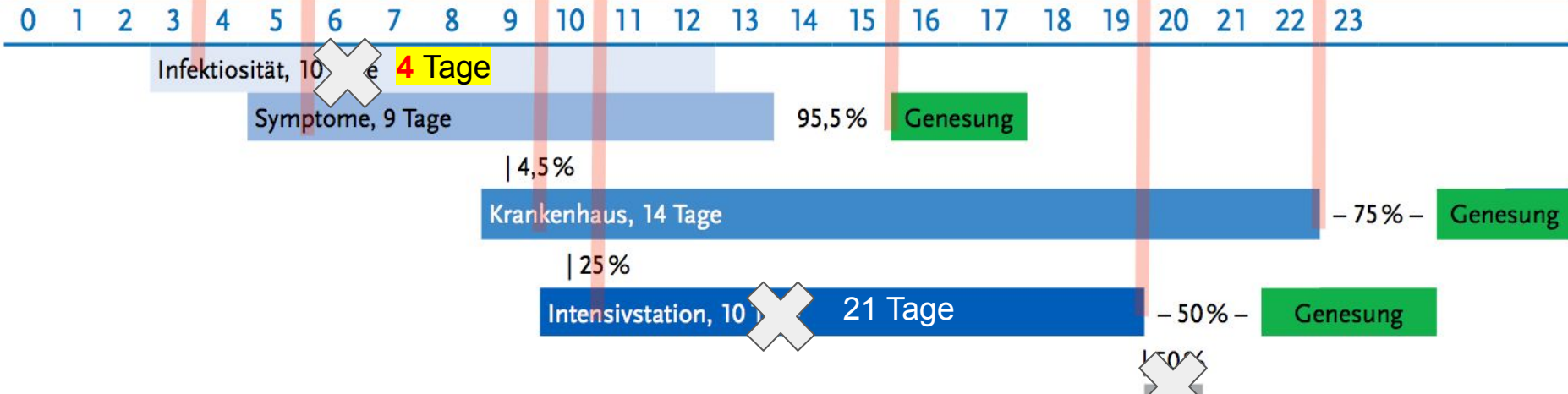
Aus Literatur; ähnlich RKI Modell
(An der Heiden/Buchholz).

Dauern: Lognormal-Verteilungen mit
stddev = median.

Wahrscheinlichkeiten: altersabh.

Age-group	infectious → showing symptoms	showing symptoms → seriously sick	seriously sick → critical
0 to 9	80%	0.1%	5.0%
10 to 19	80%	0.3%	5.0%
20 to 29	80%	1.2%	5.0%
30 to 39	80%	3.2%	5.0%
40 to 49	80%	4.9%	6.3%
50 to 59	80%	10.2%	12.2%
60 to 69	80%	16.6%	27.4%
70 to 79	80%	24.3%	43.2%
80+	80%	27.3%	70.9%

Verlauf der Infektion in Tagen



Infektionsmodell

(Smieszek T., Theor Biol Med Model 2009, 6:25)

Mechanisches Modell.

$$p_{\text{infect}} = 1 - e^{-\theta \cdot \text{sheddingRate} \cdot \text{contactIntensity} \cdot \text{intake} \cdot \text{duration}}$$

Für kleine Exponenten/Wahrscheinlichkeiten:

$$\approx \theta \cdot \text{sheddingRate} \cdot \text{contactIntensity} \cdot \text{intake} \cdot \text{duration}$$

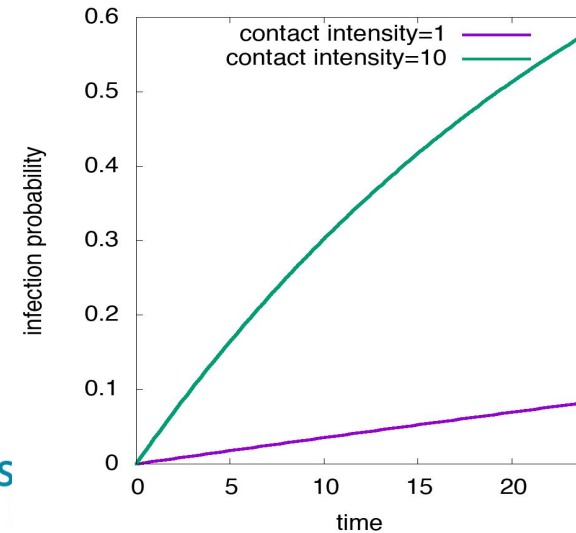
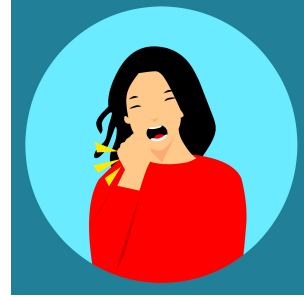
duration = aus unserem Modell

contactIntensity ... siehe später (Aerosolmodell)

sheddingRate = intake = 1 (oder weniger mit Maske)

θ = Kalibrierung

Personen, die überhaupt interagieren: Aus unserem Modell



Contact intensities = ? Aerosol infection ...

(movie removed because of potential
copyright issues; see URL bottom left)

(sec(!) top left)

<https://youtu.be/J5B-XYaO9jc>

Infektionsmodell (bei Kontakt)

Aerosolmodell, z.B.

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-11/coronavirus-aerosols-infection-risk-hotspot-interiors> (<-- Lelieveld, Kriegel)

(Dauer, Anzahl Personen ← Mobilitätsmodell)

Masken: Beobachtet (ÖV) oder Annahmen

Raumgröße, Sprechsituation: ← Aktivitätentypen

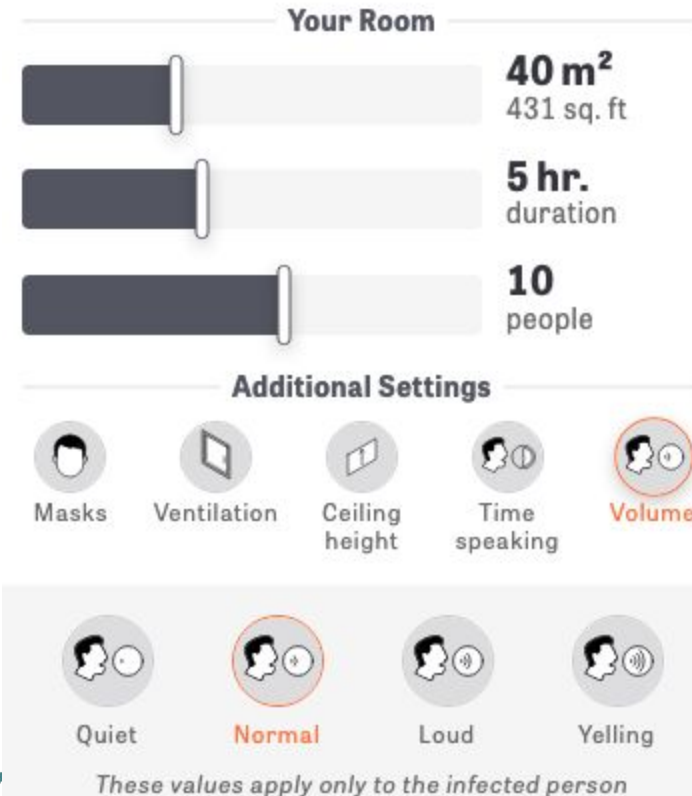
Genauer:

$$\propto \frac{1}{\text{roomSize} \cdot \text{airExchange}}$$

21 % probability of becoming infected in this room through aerosols



According to model calculations, an average of **2 people** would become infected with SARS-CoV-2.



Zeitabhängige Inputs

Wochentage

● notAtHome ● school holidays — notAtHomeAv

Activity participation reductions

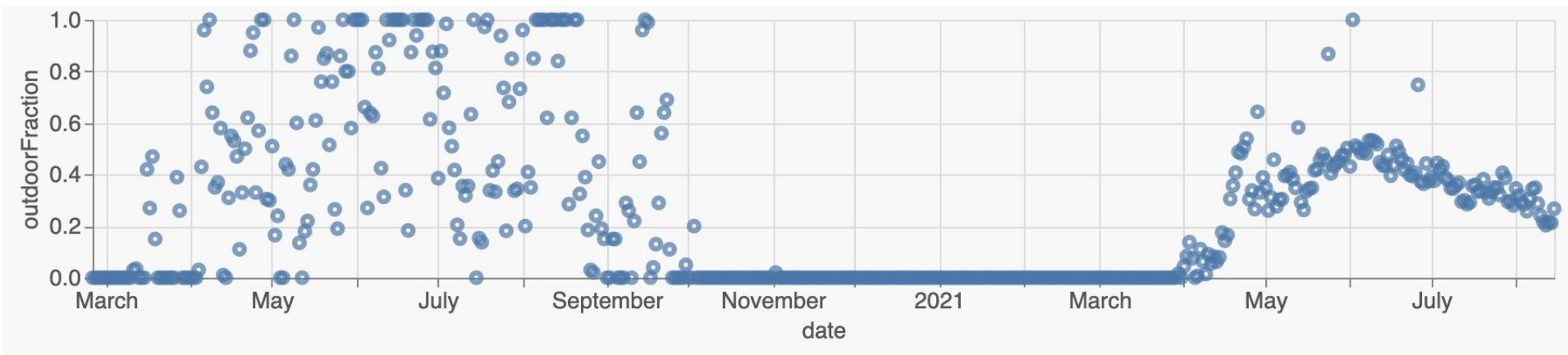


(at least for Germany) **Government interventions came after societal changes!**

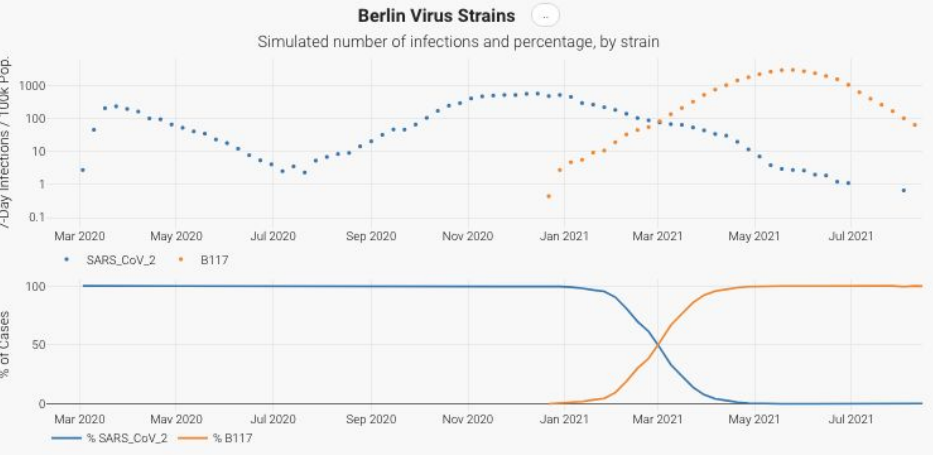
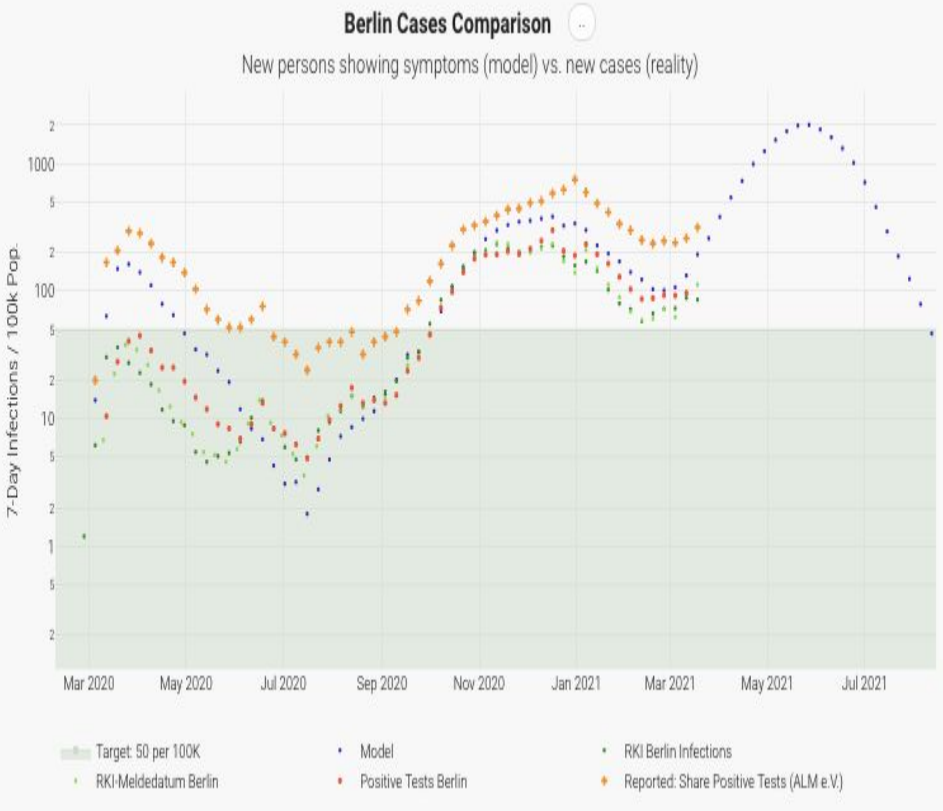
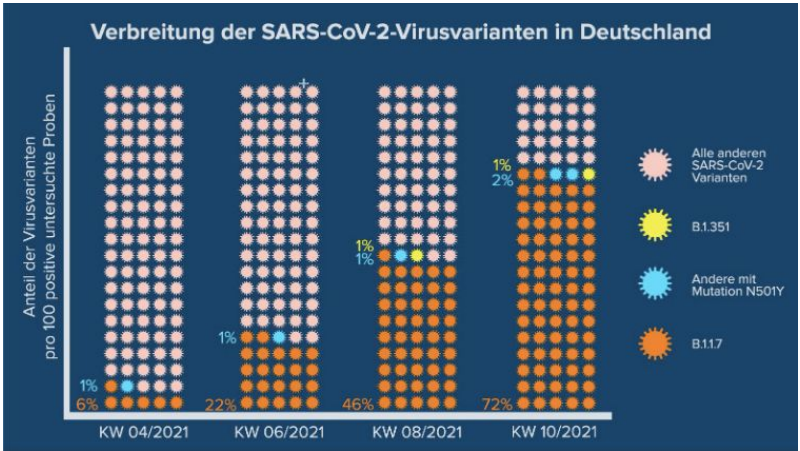
→ Acc. to data is **not** the case that the government forced measures onto people.

Weiterer Input: Tagesmaximaltemperatur

Warm = Freizeit draußen

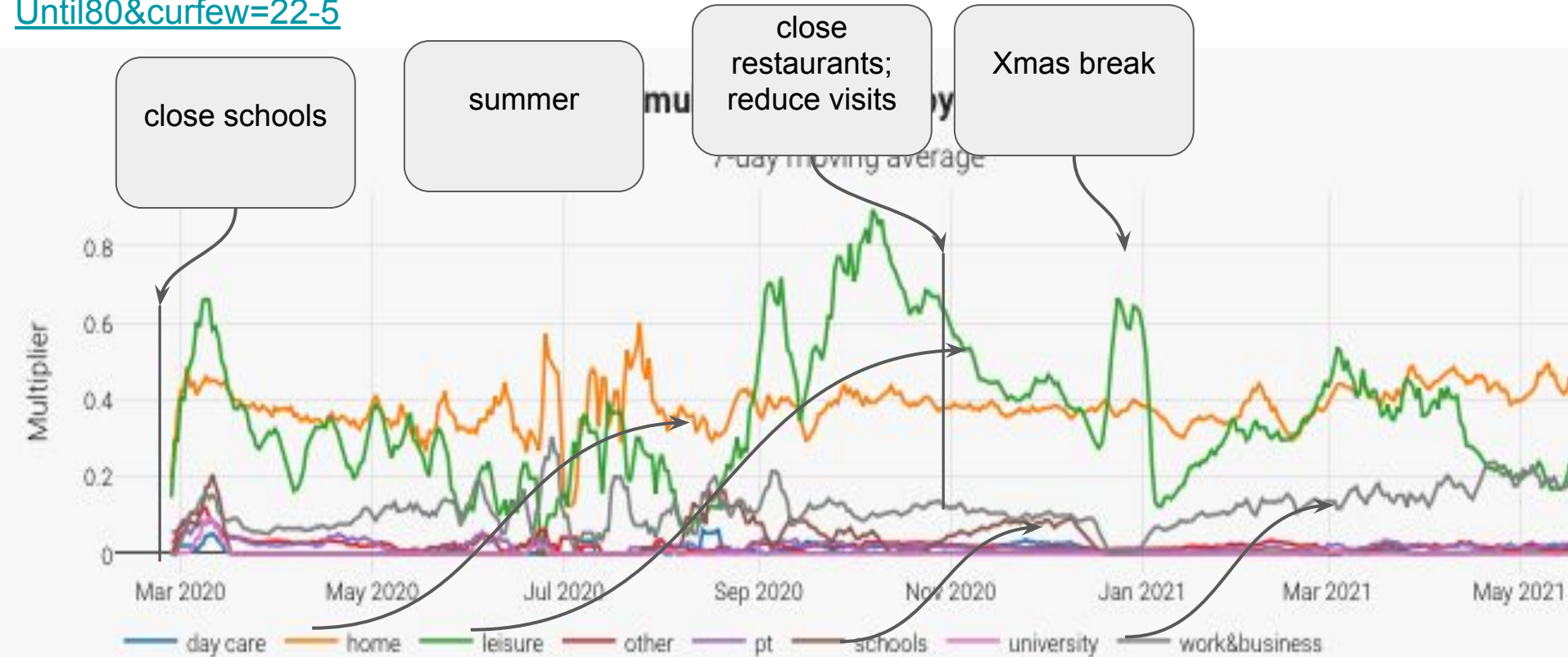


Kalibrierung



Average R -value per person *by activity type* from model

<https://covid-sim.info/2021-01-20/curfew?newVariantDate=2020-12-15&extrapolateRestrictions=yes>
[Until80&curfew=22-5](#)



Contributions to R (Stand März 2021)

	Contrib to R B117
Unavoidable reinfections at home	0,5
Work normal	0,3
... with mask while working or single-person-offices or home office	< 0,03
Schools normal	0,3
... with masks during class and alternating classes	< 0,01
Retail normal	0,1
... with masks	< 0,01
Restaurants indoors (masks not possible while eating)	0,5
... indoors @ 50% occupancy (masks not possible while eating)	0,13
... outdoors	0,05
Private visits indoors (winter) normal / current	0,25 / 0,6
... indoors with masks	0,03
... outdoors (summer)	0,03
Private celebrations indoors	0,25
Events in large rooms indoors with reduced number of persons	unclear
... outdoors	< 0,01
Museums, string concerts, ..., with masks while listening	< 0,01
Theater, chorus concerts, concerts with brass players, ...	unclear
Public transport without masks (normal occupancy)	0,2
... with masks (current occupancy)	0,02

Schnelltests

Modellierung Schnelltests

Z.B. “edu 20%”:

- An jedem Tag, wo eine Person eine “edu” Aktivität hat, wird sie am Morgen mit Wahrscheinlichkeit 20% schnellgetestet. 20% ~ 1x / Woche.
- Wenn die Person nicht im Zustand “ansteckend” ist: 3% falsch-positiv.
- Wenn die Person im Zustand “ansteckend” ist: zusätzlich 70% richtig-positiv.
- Falls positiv getestet:
 - Sofort PCR Abstrich und ins Labor.
 - 2 Tage häusliche Quarantäne, verlängert in Abh. vom PCR Resultat.

“70% richtig-positiv” → 30% falsch-negativ → 30% “Fehlbedienung” inkl. keine Quarantäne.

Wenn (z.B.) nur 35% richtig-positiv, dann ~ doppelte Testfrequenz für ähnliche Resultate.

Resultate Schnelltests

<https://covid-sim.info/2021-03-19/testing?extrapolateRestrictions=76pct%20%28current%29&schools=open>

(**Schulen ganz geöffnet**; alternativ “50%open” = Wechselunterricht + Masken während Unterricht)

Reduktion von R durch Schnelltests (Berlin):

- edu 2x/Woche: 0.25 → 0.1, d.h. -0.15 **nach den Osterferien** (875k Tests/W)
- work 3x/Woche: 0.2 → 0.05, d.h. -0.15 (2.2m Tests/W (Homeoffice rausgerechnet))
- Freizeit 20%: 0.65 → 0.55 d.h. -0.1 (2.25m Tests/W)

Alles gleichzeitig (Anfang Mai): 1.2 → 0.85, d.h. -0.35 (ca. 3.6m Tests/W).

Tests vor privaten Treffen als “Brücke” in die wärmere Jahreszeit.

“Reservoirs” ... kaum Unterschiede *bei gleicher Testzahl.*