

Von Mobilitätsdaten über Covid19-Infektionsmodellierung zur Prognose der Wirksamkeit unterschiedlicher Maßnahmen ... und ein Ausblick auf den Herbst

Müller, Sebastian A; Charlton, Billy; Ewert, Ricardo; Rakow, Christian;
Conrad, Tim; **Nagel, Kai**

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

Woher wir kommen: Modellierung von Verkehr und menschlicher Mobilität

MATSim (= Multi-Agent Transport Simulation)

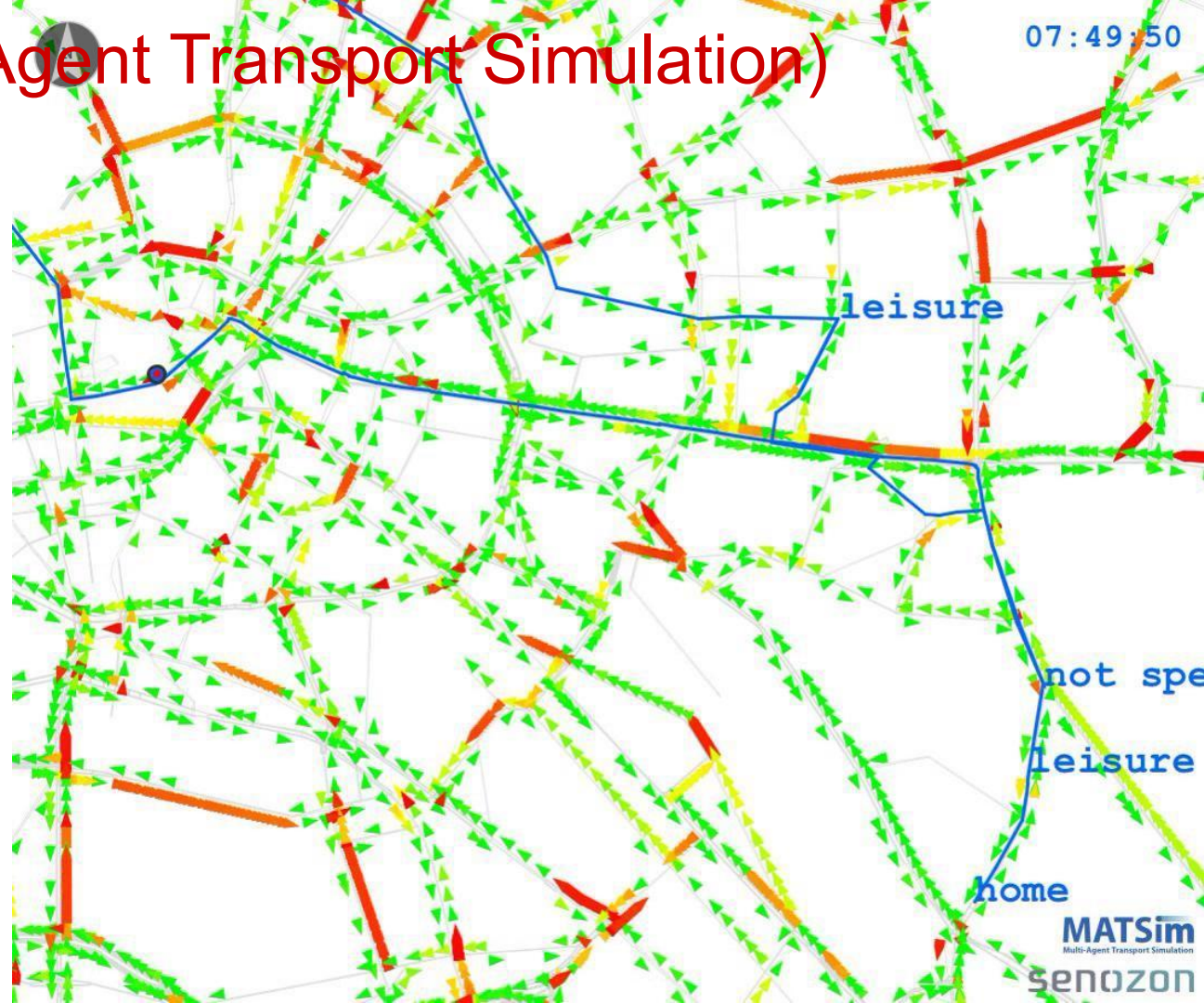
07:49:50

Personen, Straßen,
Fahrzeuge, ... individuell
modelliert

Ganze Tagespläne

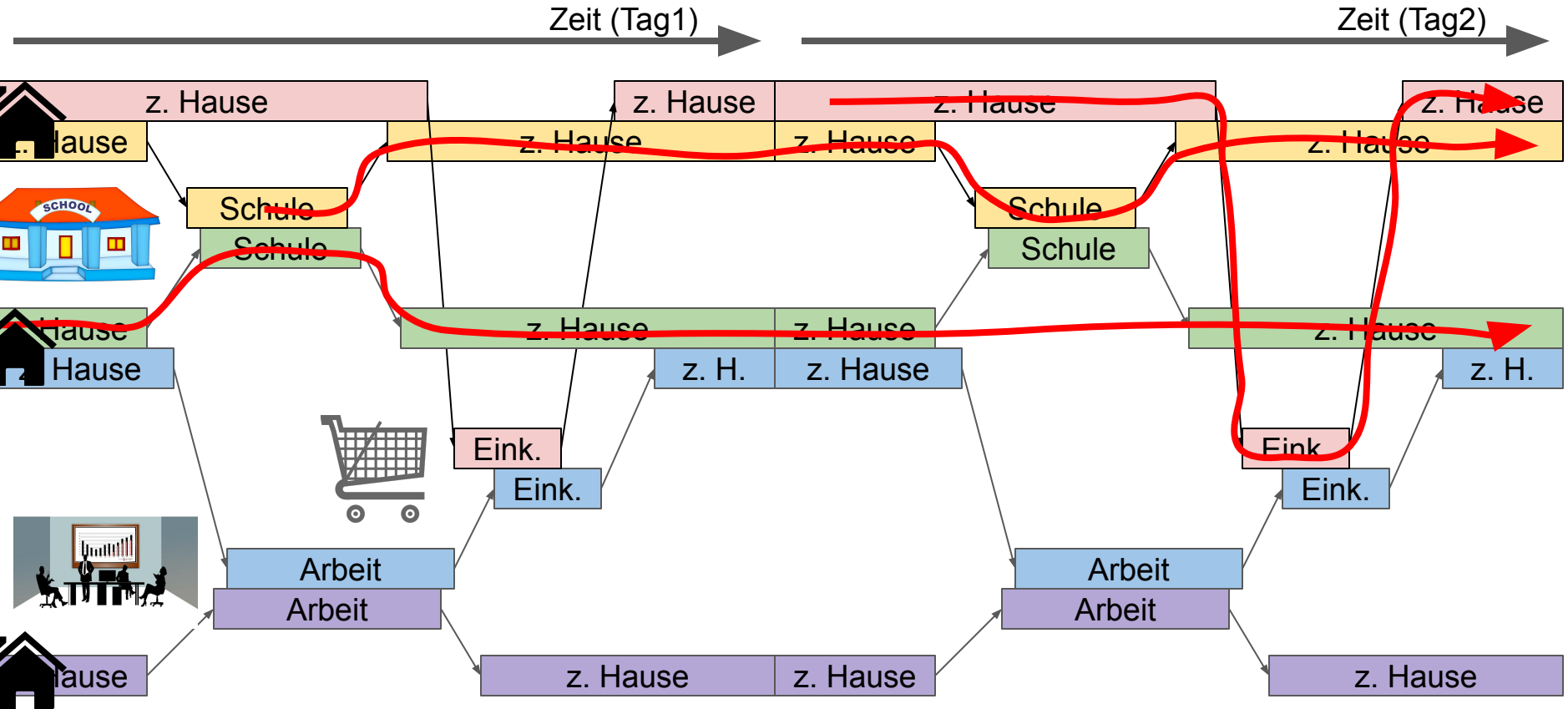
Auch: öffentlicher Verkehr,
Fahrräder, etc.

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



Vom Verkehrsmodell zum Virusmodell

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



Infektionsmodell (bei Kontakt):

- Sie nächste Folien

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

- danach

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 Begegnung lt. Mobilitätsmodell)

Aerosolmodell, z.B.

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2021-02/corona-infektion-ansteckungsgefahr-coronavirus-mutation-b117-aerosole>

Raumsituation, Sprechsituation: aus Aktivitätentypen
Mobilitätsmodell

Masken: Annahmen bzw. Beobachtungen (BVG)

Dauer = aus unserem Mobilitätsmodell

Anzahl Personen: aus unserem Mobilitätsmodell

(screen shot removed because of potential copyright issues; use provided link)

Infektionsmodell

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

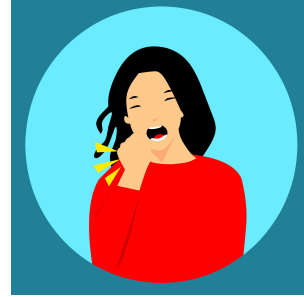
(= obiges Modell als Formel)

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

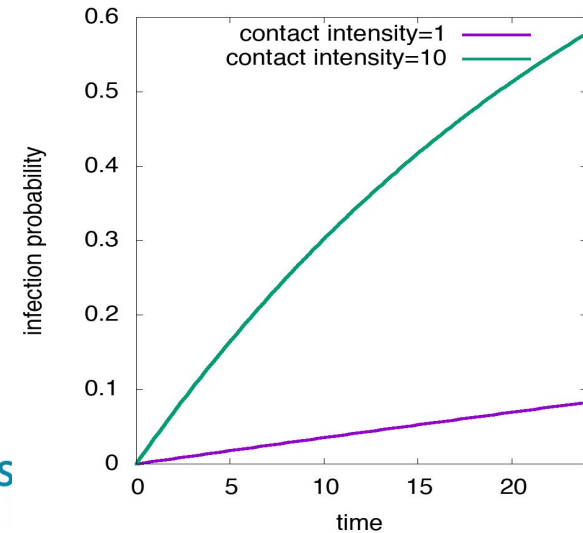
Für kleine Exponenten/Wahrscheinlichkeiten:

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

θ = Kalibrierung



INS



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



Infektionsmodell (bei Kontakt):

- Wahrscheinlichkeitsmodell, parametrisiert als Aerosolmodell



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

- Siehe nächste Folie

Disease progression model

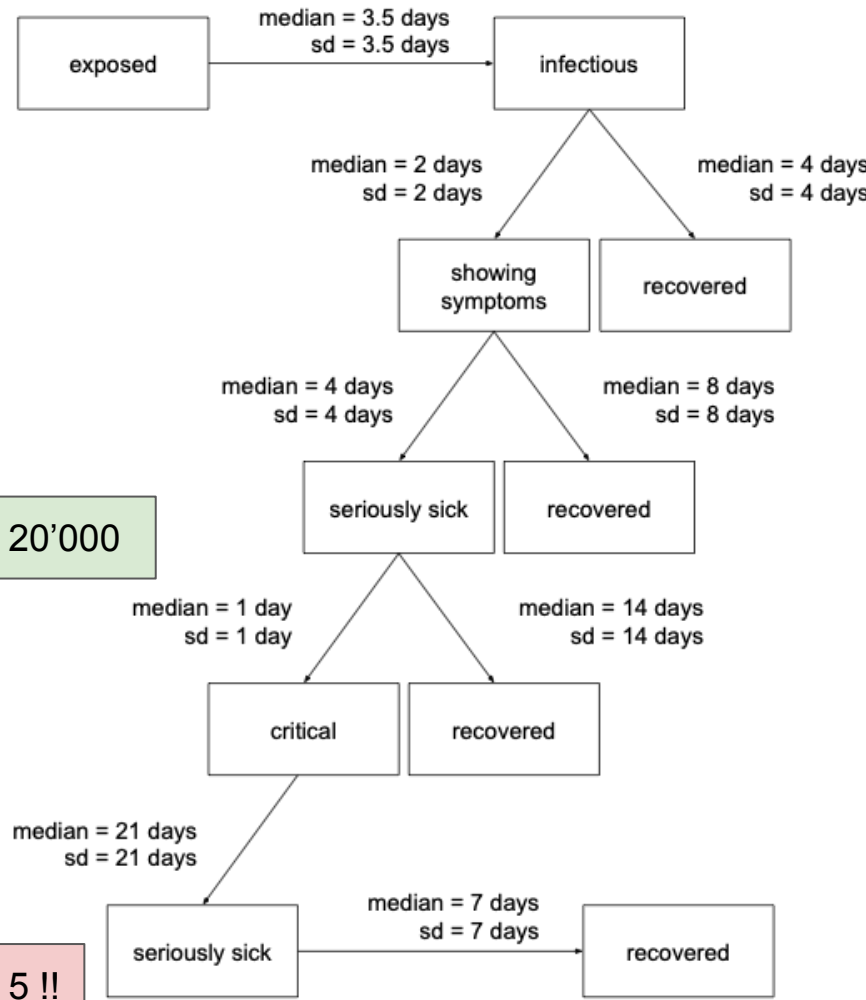
Lognormal distributions, from literature.

Some of this is age-dependent:

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%

1 out of 20'000

1 out of 5 !!



sd = standard deviation

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



Infektionsmodell (bei Kontakt):

- Wahrscheinlichkeitsmodell, parametrisiert als Aerosolmodell.

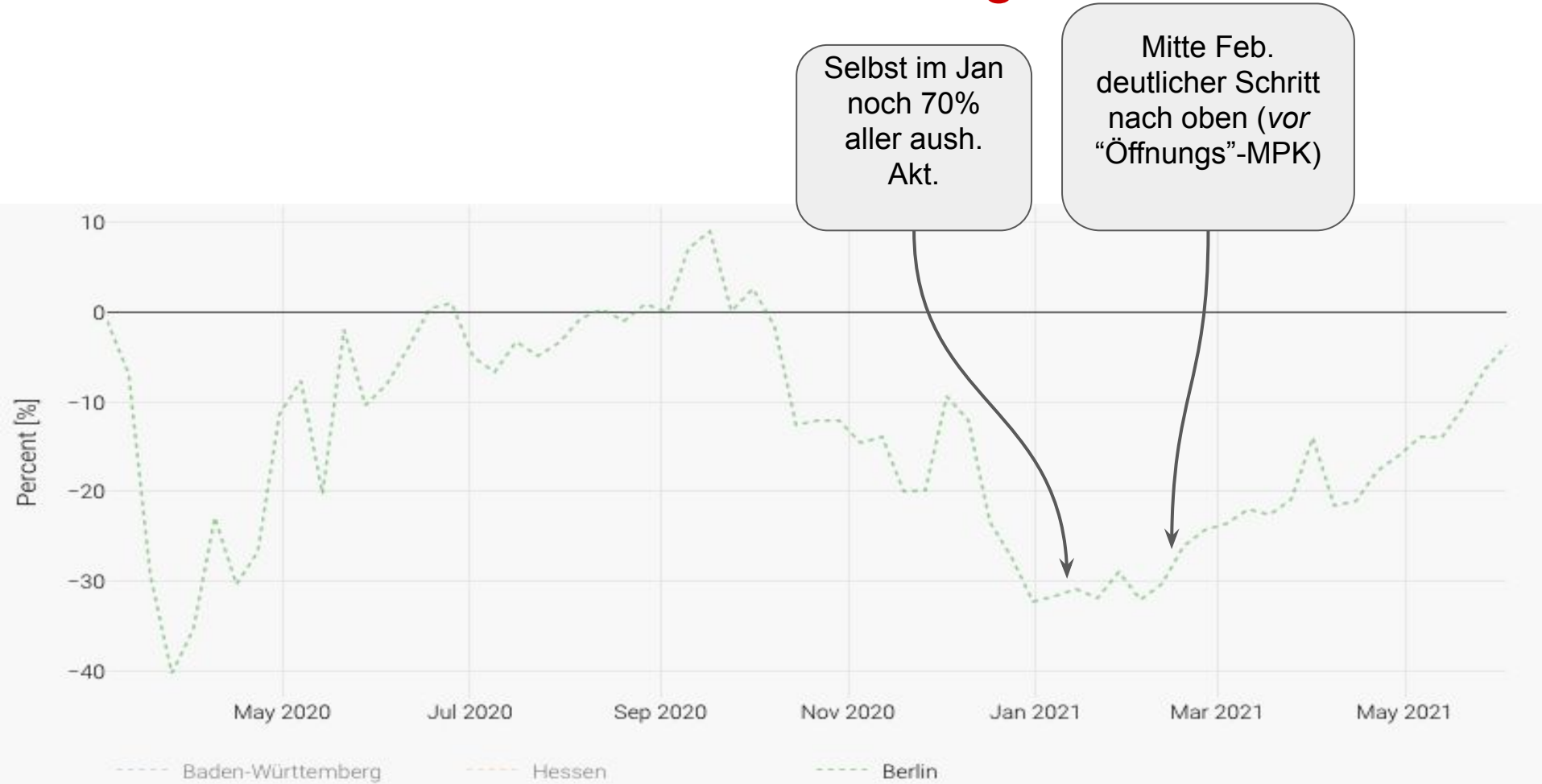


Progressionsmodell (angesteckt \rightarrow ansteckend \rightarrow symptomatisch \rightarrow ...).



Zeitabhängige Inputs

Prozentuale Reduktion der aushäusigen Aktivitäten



Reductions of activity participation

From mobile phone data.

Cf. <https://covid-sim.info/mobility> .

Different from many other data sources in that we look at the time outside home.

(Our data internally has higher spatial resolution, but we have so far not used it.)

Quadratic effect of reduction in activity participation

Reduce activity participation to $\frac{1}{2}$ → reduce infections to $\frac{1}{4}$:

- If contagious person in room, can only infect $\frac{1}{2}$ as many other persons.
- Proba that contagious person is in room reduced by $\frac{1}{2}$.

→

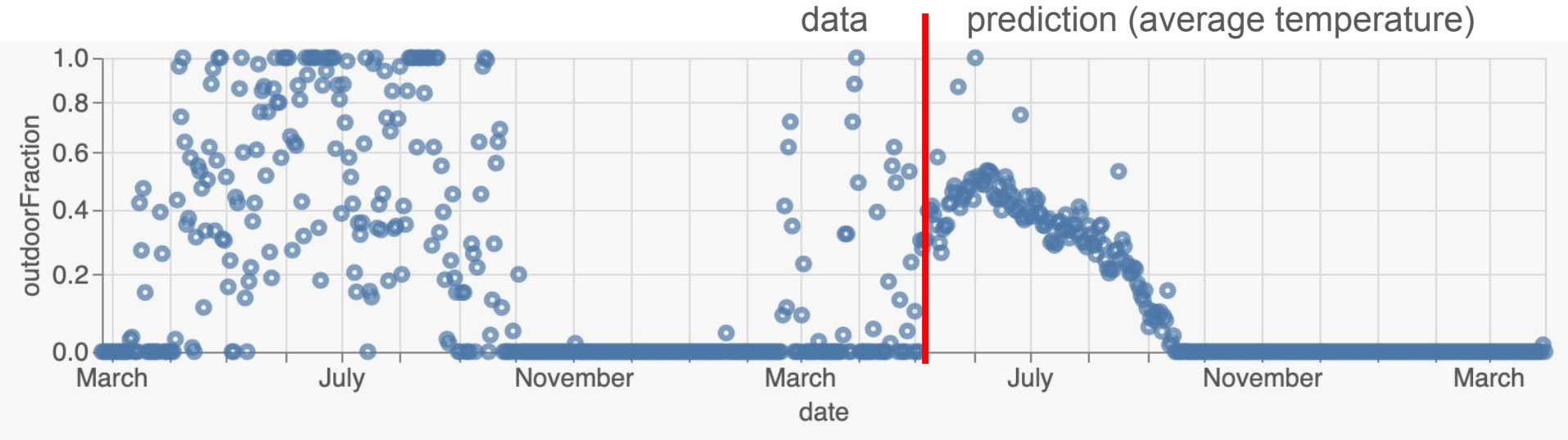
- Divided classes reduces infections to $\frac{1}{4}$ (assuming teachers are tested regularly).
- Reduction of activity participation to, say, 70% reduces infections to 50%.

Quadratic (as described above) if activities are “thinned out”.

Only linear if some activities are closed and others proceed normally.

Weiterer Input: Tagesmaximaltemperatur

Warm = Freizeit draußen (θ um Faktor 10 reduziert)



Zusammenfassung der Inputs

Basis-Trajektorien: synthetisch aus **Mobilfunkdaten**, SrV/MiD, Demographie, ...

Zeit-abhängige Inputs:

- Infektionsmodell, Progressionsmodell aus Literatur
- Tägliches Aktivitätsniveau aus **Mobilfunkdaten**; Schulschließungen etc. aus Politik
- Tägliche Temperatur aus Wetterdaten
- Befolgungsgrad Masken aus Anordnungen + Beobachtungen BVG,
- Disease-Import aus RKI-Daten
- Eigenschaften von Virus-Mutationen aus Literatur plus Modellkalibrierung
- Eigenschaften von Impfungen aus Literatur; Impffortschritt aus Daten

Normalerweise “Berlin”; wir hätten aber die Daten für ganz D.

Simulation & Verständnis der Vergangenheit

Kalibrierung

Kalibrierung *nur* durch *ein* θ über die gesamte Laufzeit, + Aktivitätsniveau aus Daten.

Immer wenn das nicht mehr funktioniert hat, haben wir versucht, den Grund zu finden (z.B. asymmetrische Temperaturempfindlichkeit Frühjahr/Herbst), und dies hinzugenommen.

Vorhersagen?

Vorhersagen?

Damit wir eine Chance hätten, bräuchten **für die Zukunft**: (1) Wetter, (2) disease import, (3) Aktivitätsniveau der Bevölkerung, (4) Entscheidungen der Regierung.

- (1) Wetter ... durch mittlere Temperatur ersetzt ... halbwegs ok.
- (2) Disease import ... am Anfang entscheidend; Ende letzten Sommers nicht zentral (?).
- (3) Könnte man endogen versuchen; derzeit nicht der Fall.
- (4) M.E. weder möglich noch sinnvoll: Zweck des Modells ist es ja gerade, die Entscheidungsträger zu informieren.

Modell vom 19. März (ein solcher Lauf sind 2000h Rechenzeit ... Zuse-Institut Berlin)

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

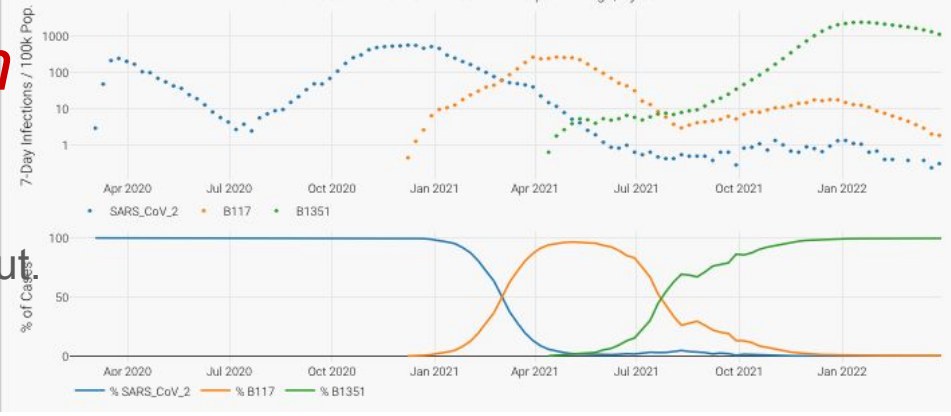
- Entscheidungen der Regierung (vor allem Berlin) müssen eingeschaltet werden
- Modell zeigt “tatsächliche” Inzidenz, nicht die von den Gesundheitsämtern gefundene

Contributions to R (03/2021)

	Contrib to R B117
Unavoidable reinfections at home	0.5
Work normal	0.2
... with rapid testing 1x/2x/3x per week	0.15
... 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 FFP2-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

Mittelfristig?

Mittelfristig: Immunität gegen Übertragung lässt nach



Normales Nachlassen der Impfwirkung/Escape-Mut.

Hypthetische Mutation, bei der

- Impfung nur 70% effektiv (vs. 90-95%); B.1.617.2 liegt (nach Zweitimpfung) niedriger
- Übertragbarkeit wie B.1.1.7 (Alpha); B.1.617.2 liegt höher (!)

<https://covid-sim.info/2021-05-20/bmbf?b1351inf=1.8&b1351VaccinationEffectiveness=70%25&vaccinationCompliance=80%25&revaccinationDate=no>

(Neuer, aber nicht "offiziell":

<https://covid-sim.info/2021-06-11/mutations?mutBinf=1.8&mutBVaccinationEffectiveness=70%25&vaccinationAgeGroup=16y&revaccinationDate=no>)

Möglichkeiten: **Tests beibehalten (screening)**; Masken in ÖV, Einzelhandel, Schulen während (!) Unterricht; Kinder impfen (?); **Drittimpfung**. Siehe Simulation.

Kann mit umgegangen werden; sollte aber nicht ignoriert werden.



Übertragung vs. schwere Verläufe

Bisherige Erkenntnisse: **Impfschutz lässt bzgl. Übertragung nach ...**

... aber nicht bzgl. schwerer Verläufe.

→ Deutliche Herbstwelle bzgl. Übertragung

→ 80% geimpft → Faktor 5 weniger schwere Verläufe

→ KH-Welle aus den verbleibenden 20% immer noch erheblich

→ u.a. auch Personen, die nicht geimpft werden können, oder wo die Impfung versagt.

Diskussionspunkte und Zusammenfassung

Diskussionspunkte

Eigenverantwortung?

Problem ist nicht, dass man selber ein Risiko eingeht ...

... sondern dass man die Ansteckung weiterreicht, so dass später evtl. jemand stirbt.

Nicht justiziabel. Damit aber auch über Eigenverantwortung nicht regelbar.

Steuerung?

... über Krankenhaus-Eingangszahlen möglich ... Daten aber nicht meldepflichtig.

KH-Zugänge “beschränken” → **zwingend** $R < 1$ → **keine Abwägung zwischen “Freiheit” und “R-Wert”**.

Allerdings Abwägung zwischen unterschiedlichen Maßnahmen. Tendenziell eher zugunsten “Arbeit” (ohne Masken bei 10qm/Person) und zulasten Schule (Vollschließung statt halbiertes Personendichte & Masken).

Zusammenfassung

Mobilität basierend auf individuellen Aktivitätsketten.

Guter Startpunkt für Simulation Virusausbreitung (--> Kontaktmodell).

Infektionsmodell (Aerosolmodell), Progressionsmodell.

Reduktion Aktivitätsniveau, Temperatur, disease import.

Kritisch: innen; hohe Personendichten; laut. Innengastro! Private Feiern! Schulen!

Schutzmaßnahmen: Impfung (10 x 10); FFP2-Masken (2 x 5); Schnelltests (3 x 1).

Herbst ... Impf-Escapes ... Winter-Welle in Infektionen/Krankenhäuser.

- Drittimpfungen! Schultests zum Screening! Maskenpflicht in Reserve! Kinderimpfungen?

Mittelfristig ... abnehmende Wellen.

