

Einführung in die epidemiologische Modellierung

Christian Neuwirth &
Eva Reibersdorfer-Adelsberger

Research Group on Spatial Simulation

Department of Geoinformatics – Z_GIS

Aktuelle Publikationen



Neuwirth, C., Gruber, C., & Murphy, T. (2020). Investigating duration and intensity of Covid-19 social-distancing strategies. *Scientific Reports*, 10(1).



Neuwirth, C., & Gruber, C. (2022). Investigation of turning points in the effectiveness of Covid-19 social distancing. *Scientific Reports*, 12(1).

Inhalte

1. Statistische Kennzahlen und Unsicherheiten
2. Susceptible-Infected-Resistant (SIR) Netzwerkmodell
 - Implementierung
 - Einschränkungen
 - Zulässige Rückschlüsse
3. Geosimulation: Corona Ausbruch im Moria Flüchtlingslager
 - Einschränkungen
 - Zulässige Rückschlüsse

Fehleinschätzung 1

Kein Grund zur Sorge wegen des Coronavirus in Europa ([Der Standard, January 2020](#))

*„Derzeit wird davon ausgegangen, dass eine **infizierte Person zwischen drei und fünf weitere Menschen** ansteckt. 2019-nCoV ist aber deutlich weniger gefährlich als der Sars- oder Mers-Erreger. Die **Sterblichkeitsrate liegt bei maximal drei Prozent...**“*

*„Trotz eines wahrscheinlichen Imports von vereinzelt Infizierten werde es hierzulande mit hoher Wahrscheinlichkeit **"keine signifikante Gefährdung"** durch 2019-nCoV geben, sagt Clemens Wendter, Infektiologe an der München Klinik Schwabing...“*

Mensch zu Mensch Übertragung

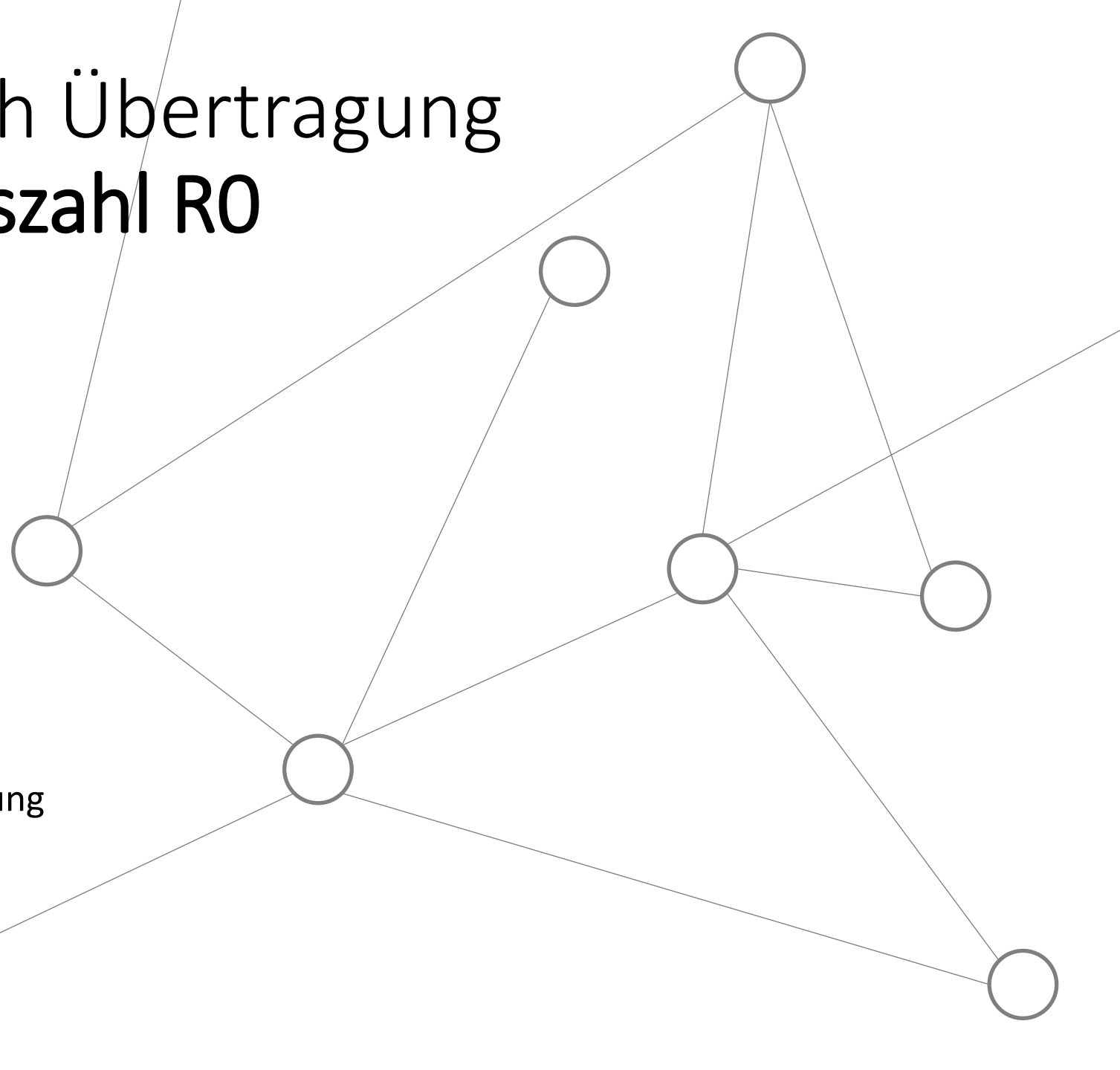
Basisreproduktionszahl R_0

1.5 (95% CI: 1.4–1.6) (Shim et al., 2020)

Up to **8.7** (Linka et al., 2020)

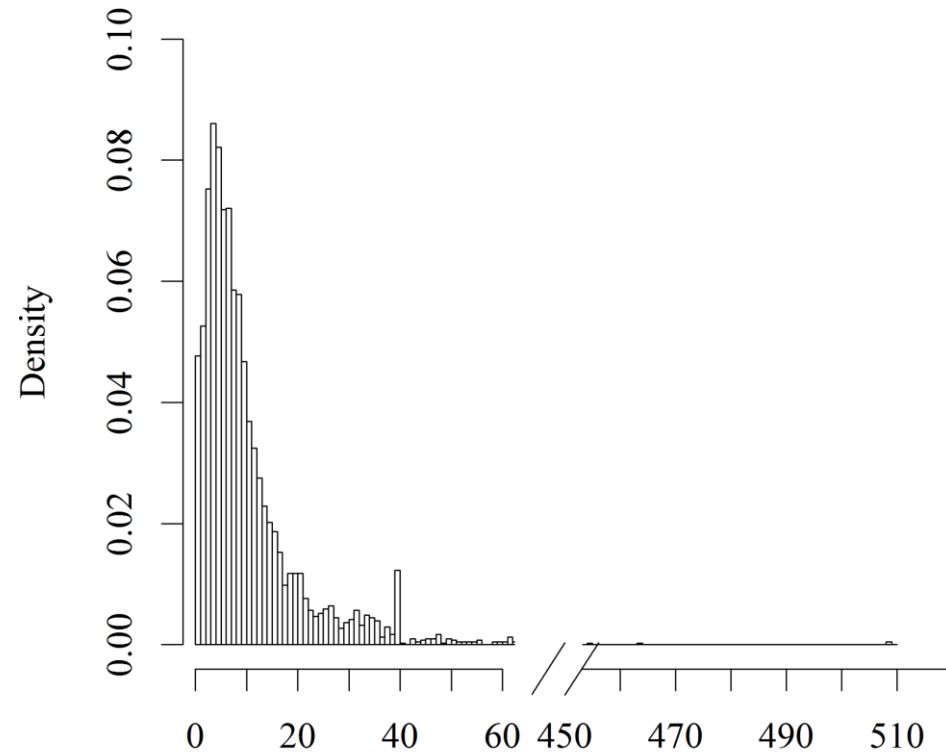
Drei wesentliche Parameter:

1. Dauer der Übertragbarkeit
2. Wahrscheinlichkeit einer Übertragung
3. Sozialkontakte per Zeitintervall



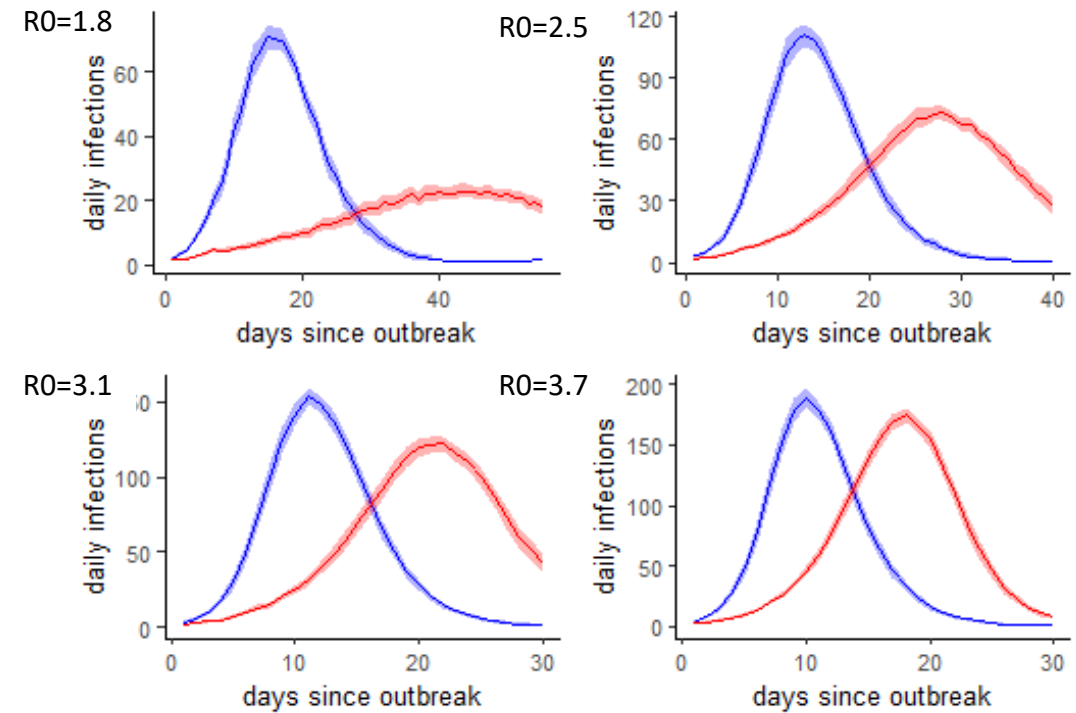
Mensch zu Mensch Übertragung

Basisreproduktionszahl R_0



Number of contacts per person

Béraud et al. (2015)



blau...Simulation basierend auf empirischer Sozialkontaktstudie
rot...Simulation basierend auf der Annahme, dass alle die gleiche
Anzahl an Sozialkontakten haben

unpublished

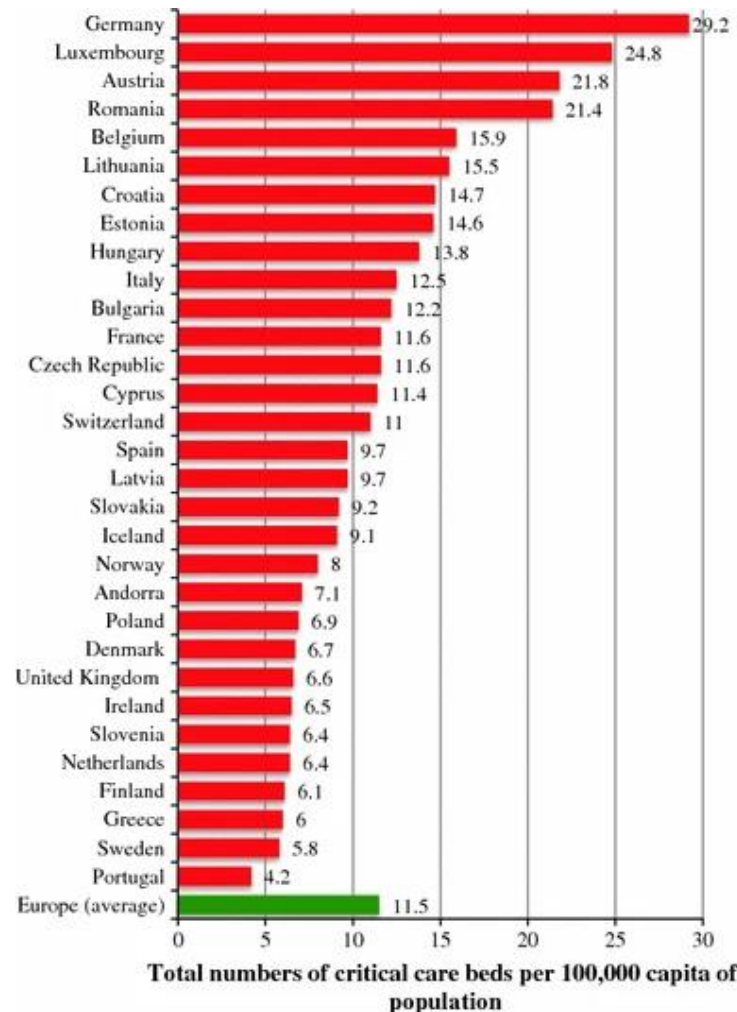
Mensch zu Mensch Übertragung

Basisreproduktionszahl R_0

Was macht die Schätzung von R_0 so schwierig?

1. Charakteristik des Virus' (wie infektiös?, Dauer der Übertragbarkeit?)
2. Anzahl der Sozialkontakte und Struktur des Netzwerkes?
3. Saisonalität
 - Keimtötende Wirkung der Sonnenstrahlung
 - Änderung des menschlichen Verhaltens
 - Immunreaktion
4. Änderung des menschlichen Verhaltens
 - Nachrichten und Gerüchte
 - Psychologische Reaktanz

Wie leistungsfähig ist das Gesundheitssystem?



Andere Faktoren:

- Bettenkapazität
- Personal im Gesundheitsbereich
- Medizinisches Personal
- Zugang zur Gesundheitsversorgung
- ...

Wie schwer ist die Krankheit?



<https://www.youtube.com/watch?v=WQsLvEDyOk>

Abhängigkeiten:

- Leistungsfähigkeit des Gesundheitssystems
- Zeitliche und räumliche Variation der Prävalenz
- Resilienz der Bevölkerung (z.B. Altersstruktur etc.)

Fehleinschätzung 2

Expertenpapier zu Corona: „100.000 zusätzliche Tote“ sind möglich ([Kurier April 2020](#))

Fehler:

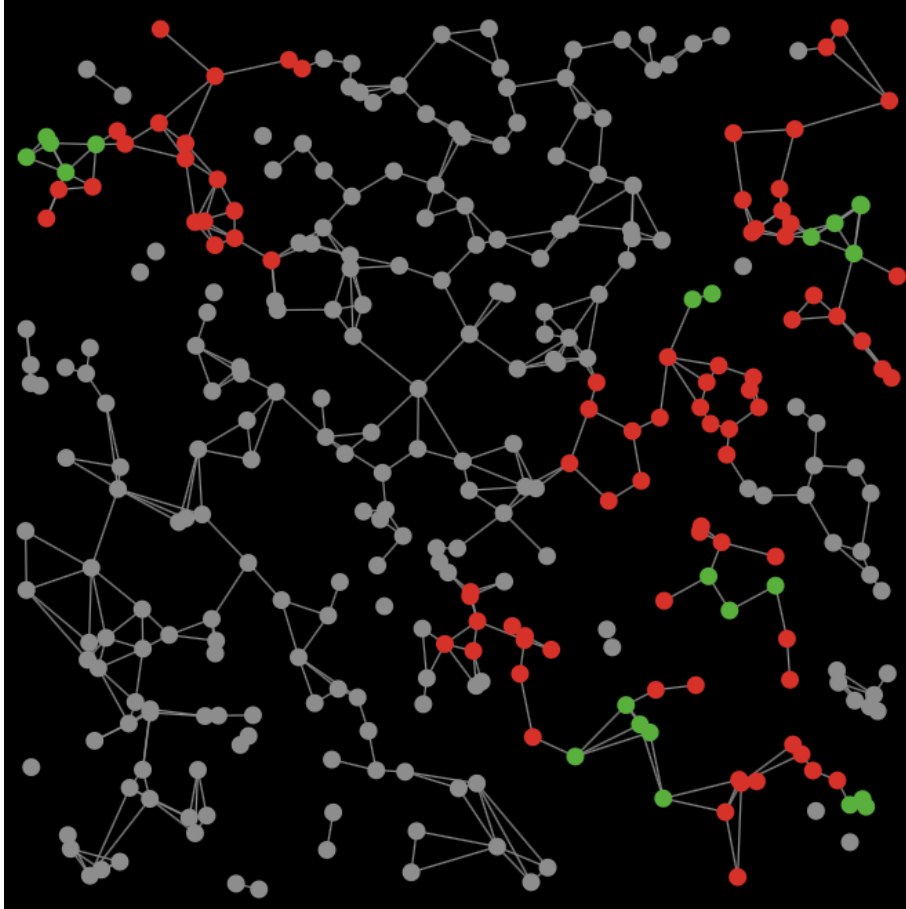
- Zu hohes R_0 und/oder zu hohe IFR
- Annahme völliger Ignoranz der Gefährdungslage durch die Bevölkerung
- Zu langer Vorhersagezeitraum (1 Jahr)
- Der Versuch der Vorhersagen trotz unsicherer Datenlage

[Siehe realistischere / aktuellere Einschätzung - Economist.](#)

Wie können Modelle bei unsicherer Datenlage eingesetzt werden?

1. Erklärende Modelle statt Vorhersagemodellen, qualitative statt quantitativer Aussagen
2. Sensitivitätsanalyse: Welches Systemverhalten bleibt trotz Parametervariation unverändert?
3. Modelle zur Unterstützung generischer statt expliziter Empfehlungen
4. Klare Kommunikation der Modellannahmen und des Modellzwecks

SIR Netzwerkmodell in NetLogo



Download:

<https://github.com/simsynser/IntroEpiMod>

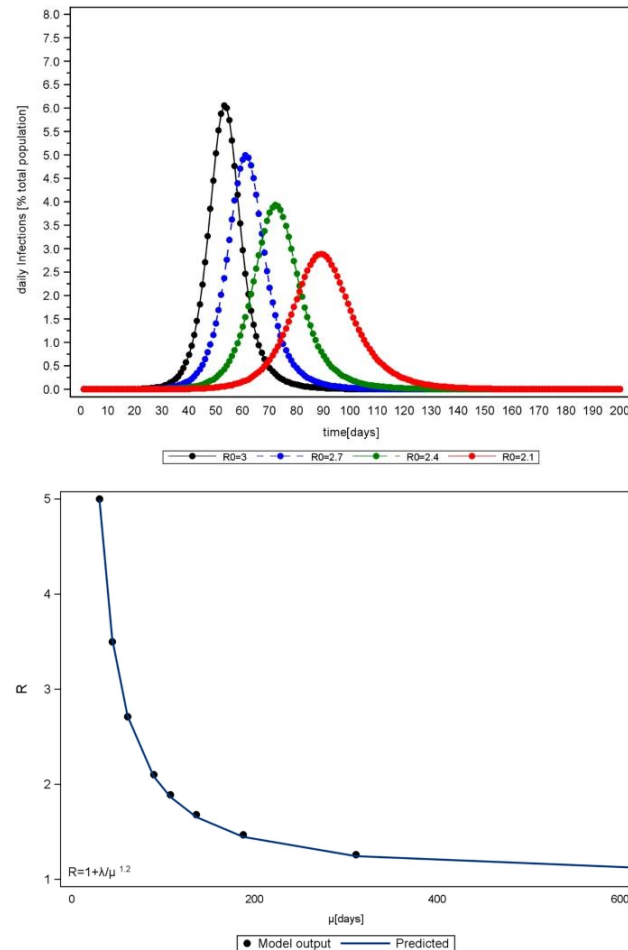
Zeit zum Ausprobieren!

Einschränkungen

- Übertragbarkeit ist keine Konstante
- Immunität könnte zeitlich begrenzt sein
- ...
- Weitere Einschränkungen?

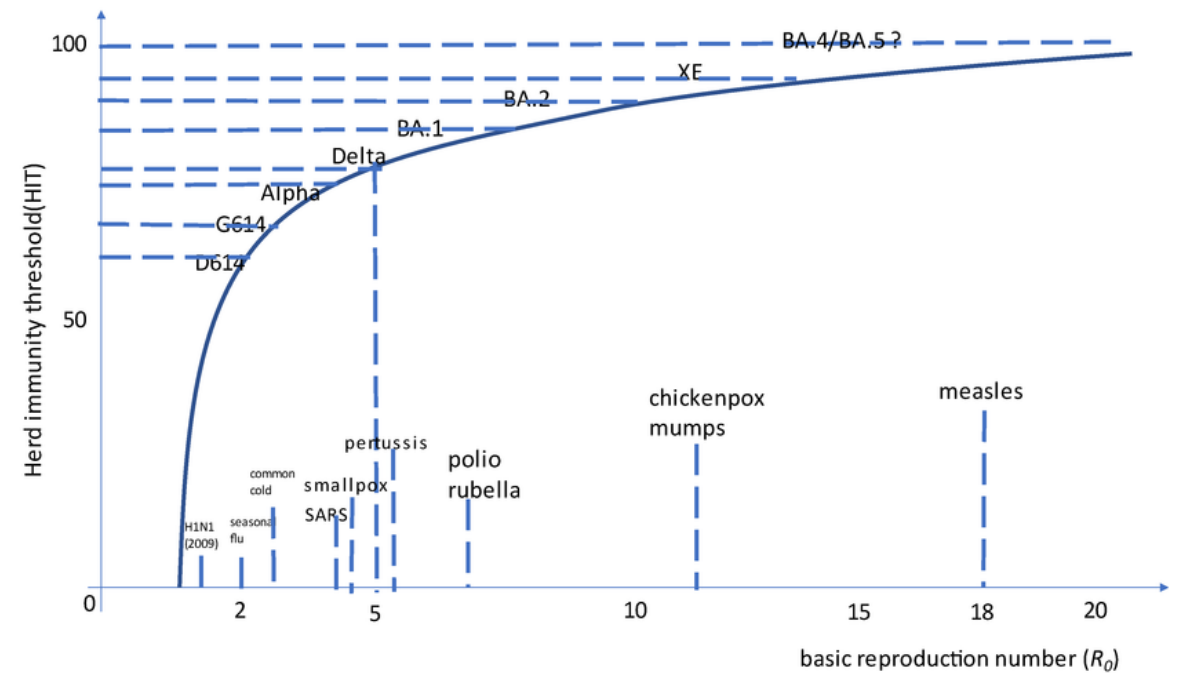
Zulässige Rückschlüsse

Curve Flattening Effect



Neuwirth, Gruber & Murphy (2020)

R_0 and herd immunity threshold



Focosi & Maggi (2022)

Geosimulation in NetLogo



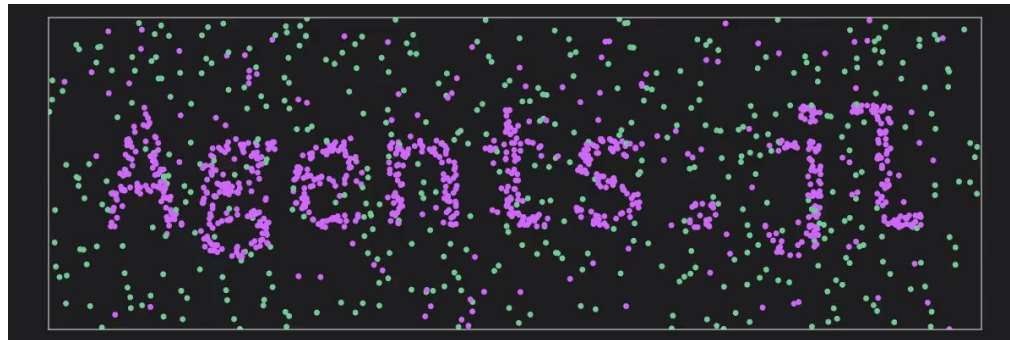
[EPA-EFE/DIMITRIS TOSIDIS]

Shyaam Ramkumar, Woi Sok Oh (2021, March 18). "AlforGoodSimulator - Modeling Covid-19 Spread and Potential Interventions in Refugee Camps" (Version 1.0.0). CoMSES Computational Model Library. Retrieved from: <https://www.comses.net/codebases/89291e65-f4fc-4adc-8654-b4fc5163128a/releases/1.0.0/>

Einschränkungen

1. Haushaltsstatistiken werden von UN-Statistiken zur nationalen Haushaltszusammensetzung übernommen
2. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, das sich Individuen an Vorgaben halten, hat einen sehr hohen Freiheitsgrad (Nationalität ist dabei der zentrale Faktor)
3. Hoher FG impliziert eine Akkumulation von Unsicherheiten in den Daten
4. Performance-Limitierungen der Software

Eine mögliche Alternative
zu NetLogo...



Zulässige Rückschlüsse

- ...als Modell zur strategie-Evaluierung gedacht
 - Verwendung von Mund- und Nasenschutz
 - Lockdown
 - Isolation symptomatischer Individuen
 - Notwendiger Ressourceneinsatz zur Detektion und Isolation symptomatischer Individuen

Das Modell ist zu wenig ausgereift (z.B. mehrmalige Evaluierung empirischer Grundlagen), um solide Rückschlüsse zur Effizienz konkreter Maßnahmen zu ziehen.

Literatur

Béraud, G. *et al.* The French connection: the first large population-based contact survey in France relevant for the spread of infectious diseases. *PLoS One* **10**, e0133203 (2015).

Focosi D, Maggi F. Recombination in Coronaviruses, with a Focus on SARS-CoV-2. *Viruses*. 2022; 14(6):1239. <https://doi.org/10.3390/v14061239>

Linka, K., Peirlinck, M., Sahli Costabal, F. & Kuhl, E. Outbreak dynamics of COVID-19 in Europe and the effect of travel restrictions. *Comput. Methods Biomech. Biomed. Eng.* **23**, 710–717 (2020).

Rhodes, A. *et al.* The variability of critical care bed numbers in Europe. *Intensive Care Med.* **38**, 1647 (2012).

Shim, E., Tariq, A., Choi, W., Lee, Y. & Chowell, G. Transmission potential and severity of COVID-19 in South Korea. *Int. J. Infect. Dis.* **93**, 339–344 (2020).

Einführung in die epidemiologische Modellierung

Christian Neuwirth &
Eva Reibersdorfer-Adelsberger

Research Group on Spatial Simulation

Department of Geoinformatics – Z_GIS