



Ausbreitung von COVID-19 und Strategien der Eindämmung

Viola Priesemann

Max-Planck-Institut für
Dynamik und
Selbstorganisation
Göttingen

Referenzen:

[Dehning et al., Science, May 2020]

[Dehning et al., medRxiv 2020]

[Contreras et al., Nature Commun., 2021, *arXiv:2009.05732*]

[Bauer et al., arxiv, 2021]

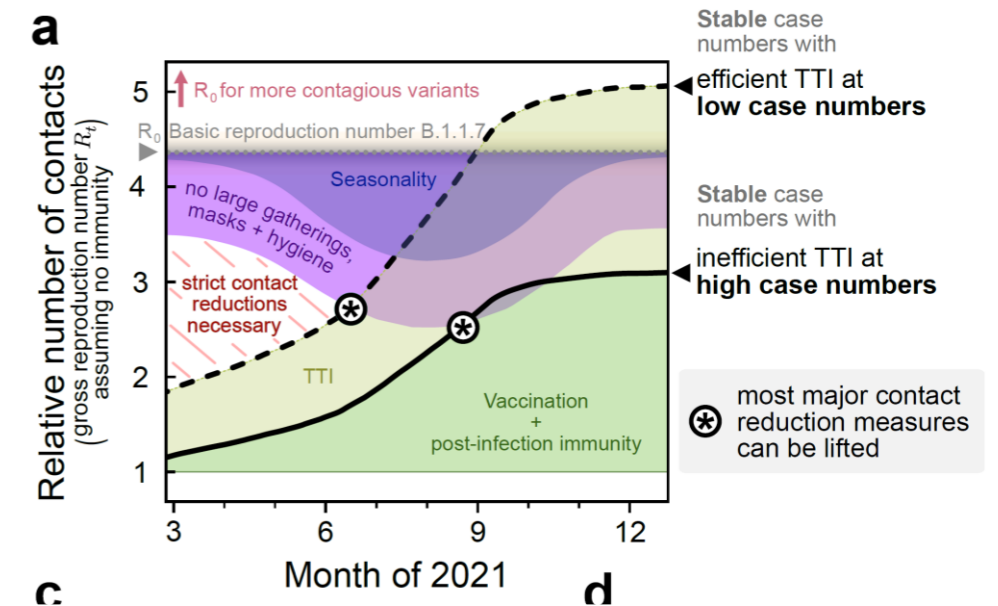
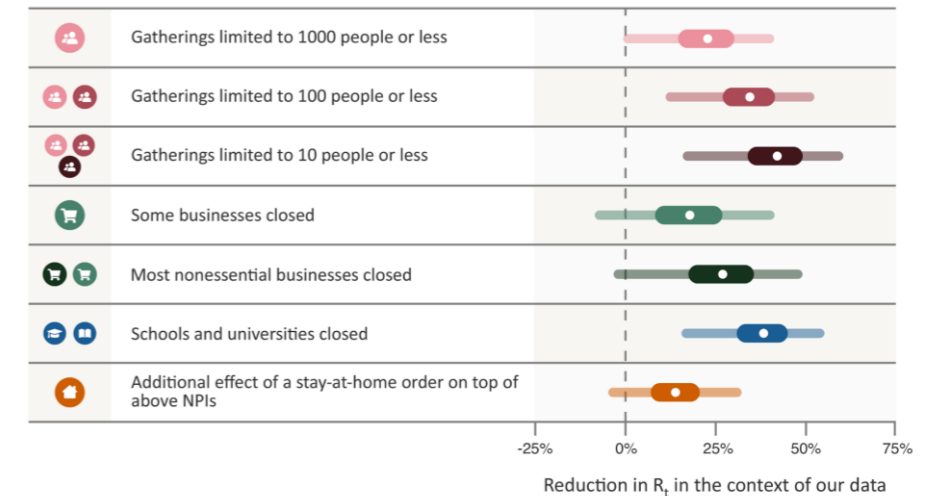
[Linden et al., Dt. Aэрzteblatt Int. / *arXiv:2010.05850*]

[Priesemann et al., The Lancet, 2021a,b]

www.containcovid-pan.eu

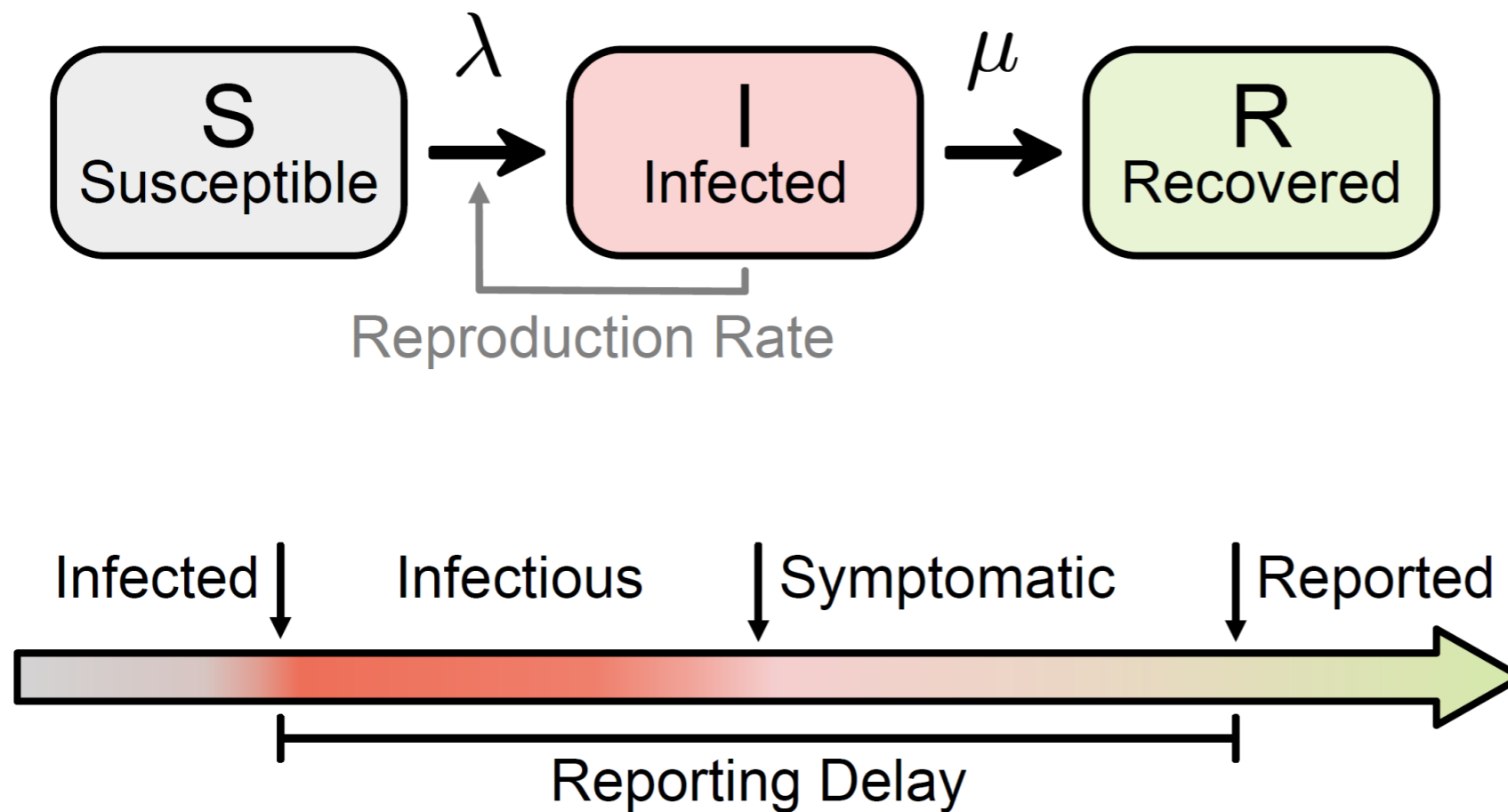
Übersicht

- **Effektivität von Maßnahmen abschätzen** und vorhersagen: Wieviel tragen einzelne „Nicht-Pharmazeutische Interventionen“ (NPI) zur Eindämmung bei?
- **Effektivität von Maßnahmen herleiten:** Der Beitrag von Test-Trace-Isolate (TTI) – also von „Testen-Kontaktnachverfolgen-Isolieren“ – und vom Impffortschritt zur Eindämmung von COVID-19
- **Niedrige Fallzahlen – Vorsorge statt Nachsehen**



SIR-Modell: Suszeptibel-Infiziert-Recovered

SIR Model



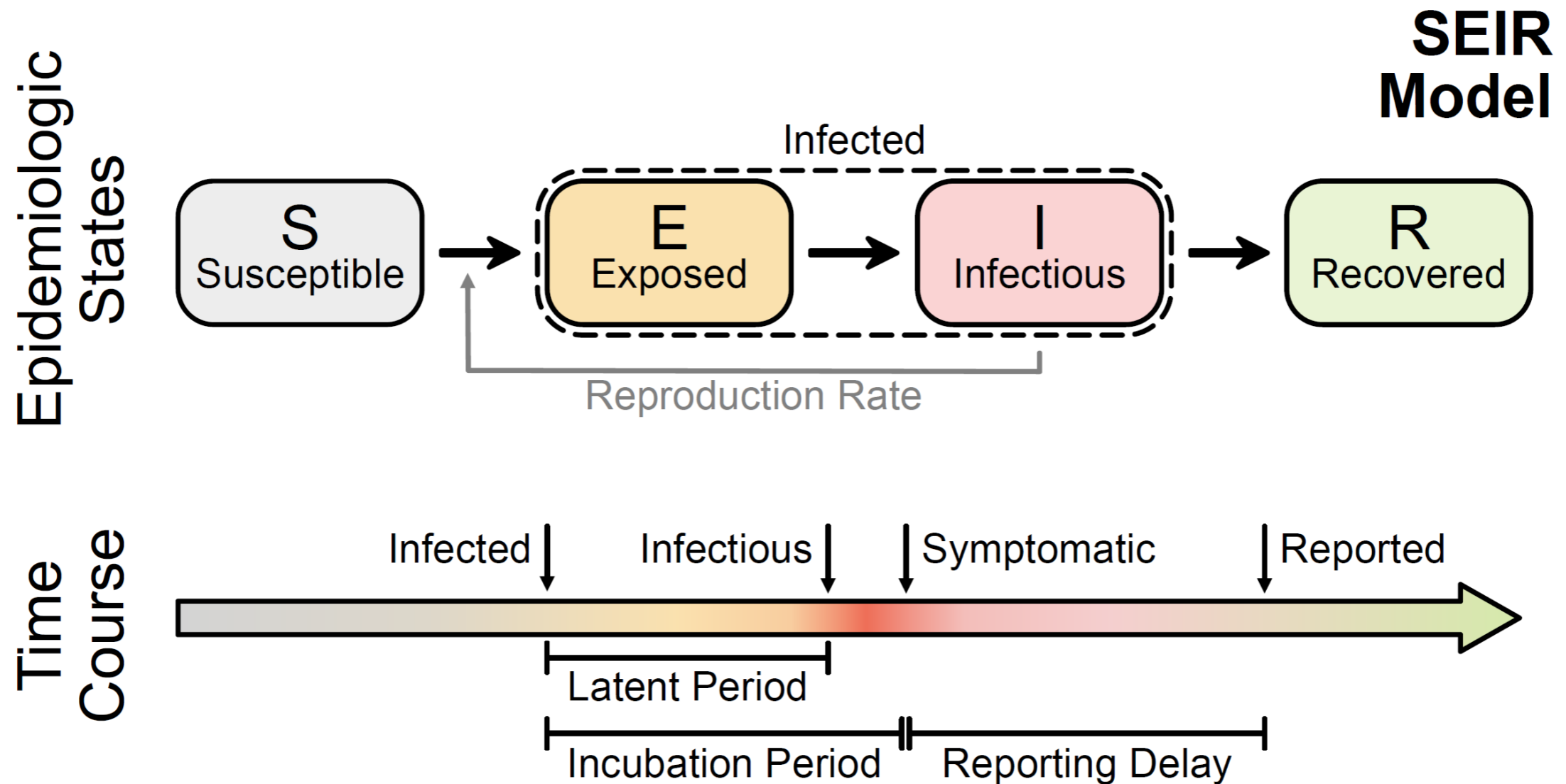
$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\lambda \frac{SI}{N} \\ \frac{dI}{dt} &= \lambda \frac{SI}{N} - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= \mu I\end{aligned}$$

[Dehing et int. Priesemann, Science, 2020]

[Dehing et int., Priesemann, medRxiv]

<https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2020/09/18/2020.09.16.20187484.full.pdf>

SEIR-Modell: Suszeptibel-Exponiert-Infiziert-Resistent

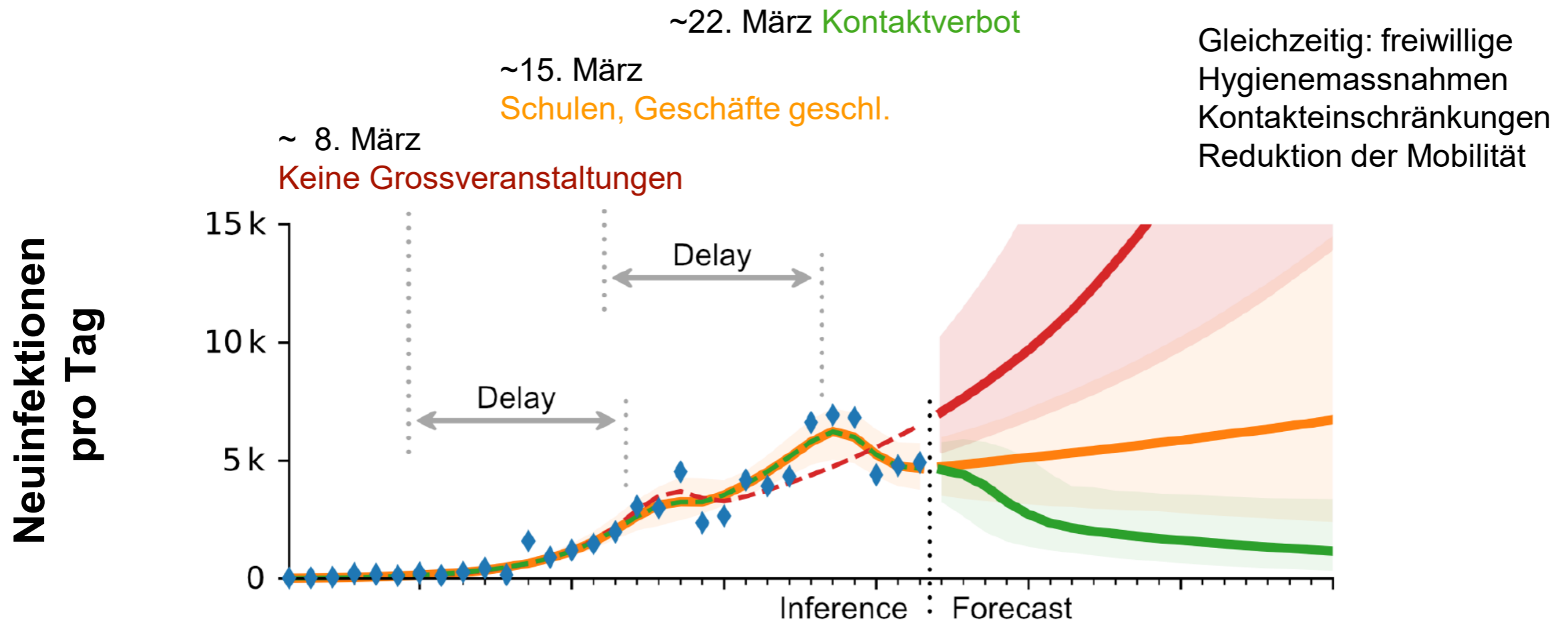


[Dehing et int. Priesemann, Science, 2020]

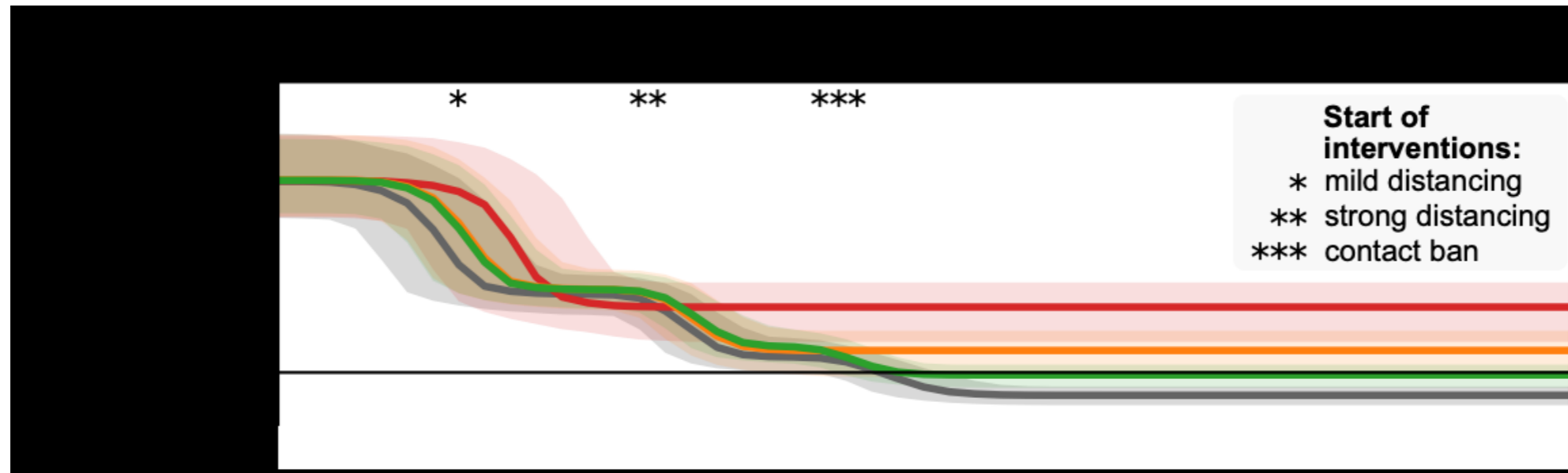
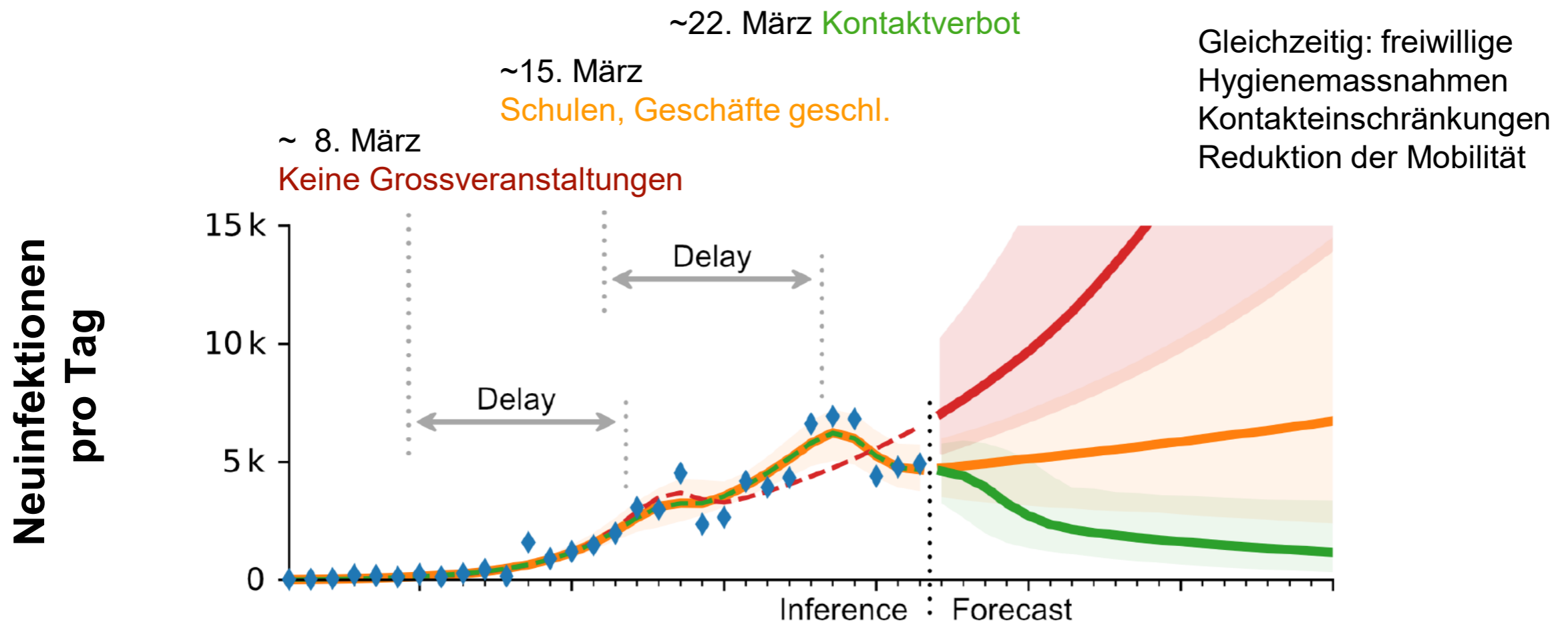
[Dehing et int., Priesemann, medRxiv]

<https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2020/09/18/2020.09.16.20187484.full.pdf>

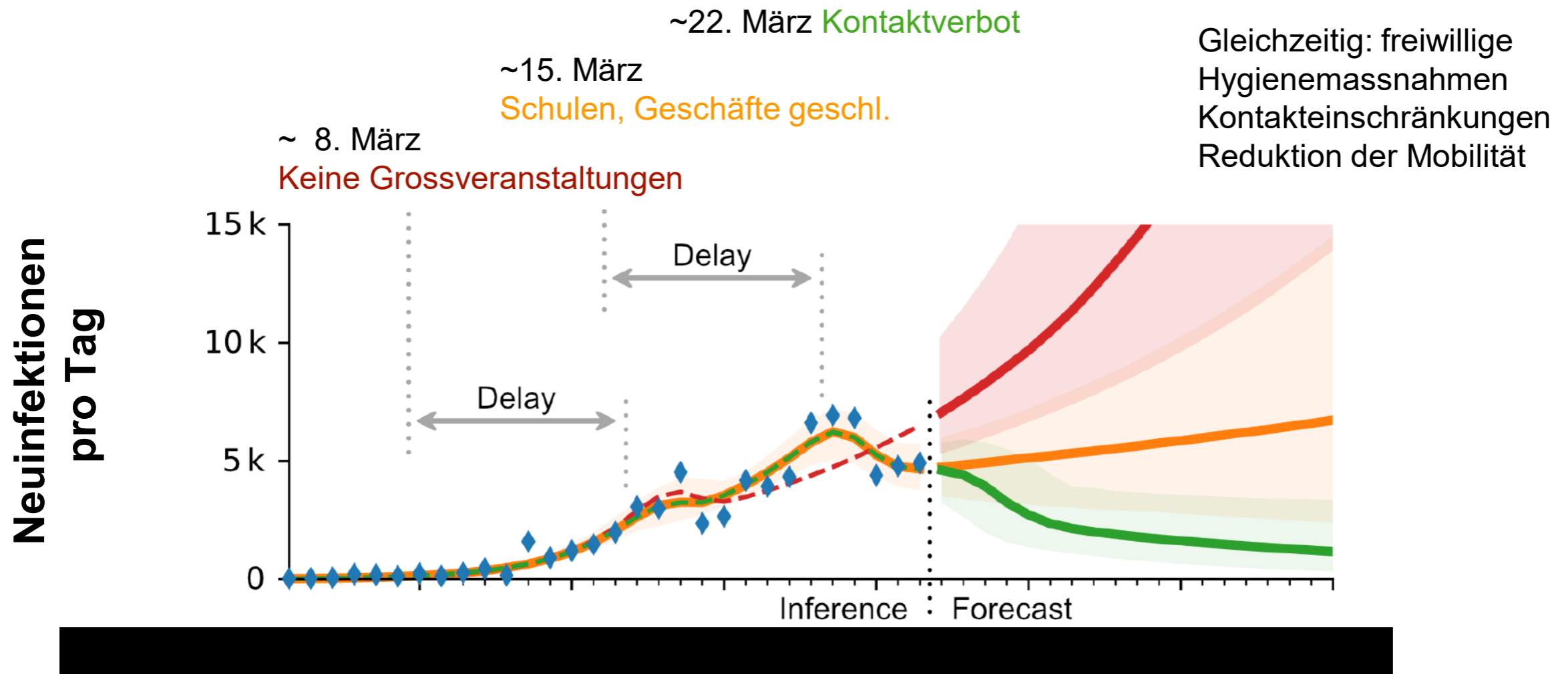
Berichtete Neuinfektionen mit SARS-CoV-2 in Deutschland



Berichtete Neuinfektionen mit SARS-CoV-2 in Deutschland



Berichtete Neuinfektionen mit SARS-CoV-2 in Deutschland



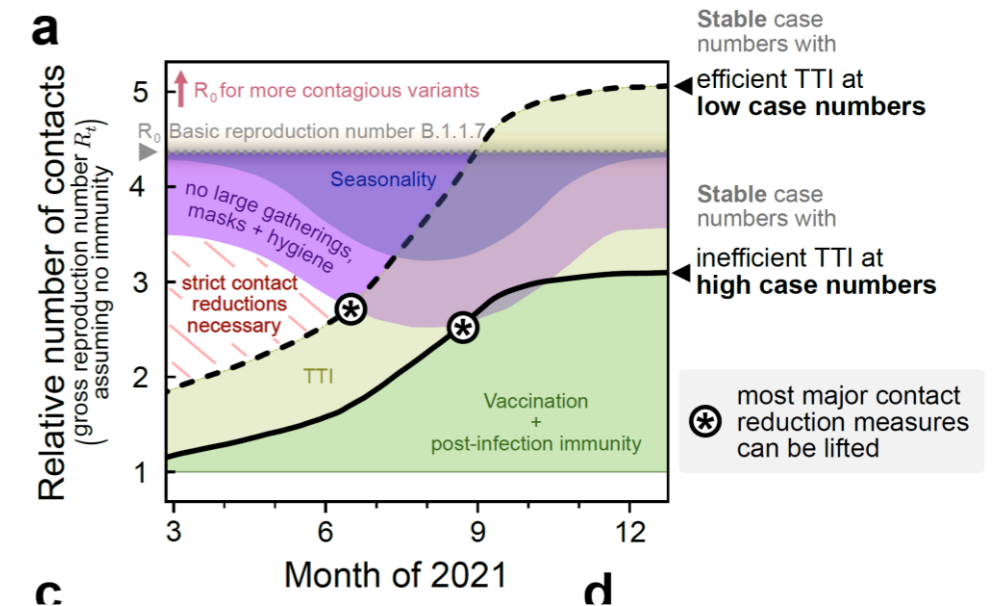
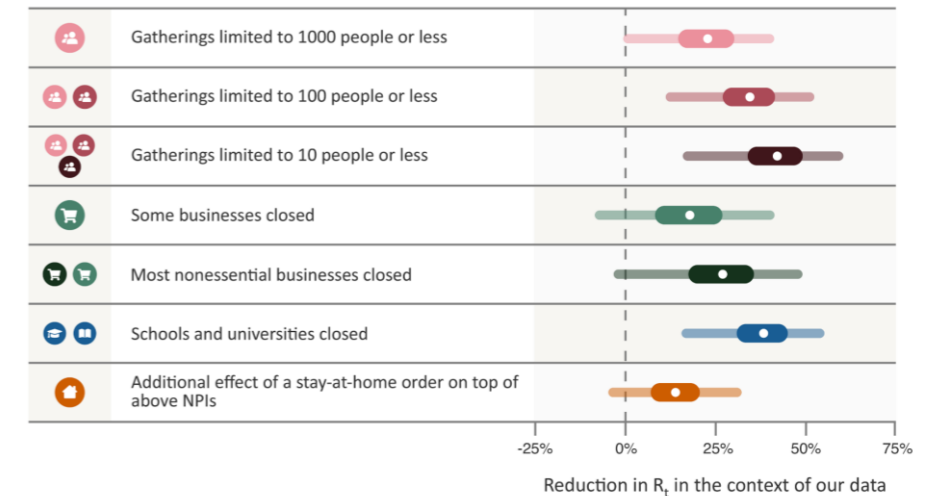
- Erst nach dem 22. März ist R deutlich unter 1 gesunken
- Fallzahlen sind je 1-2 Woche um einen Faktor 2 gesunken – nach dem Kontaktverbot ($R \approx 0.8$)

Die Wirkung der NPIs schätzen

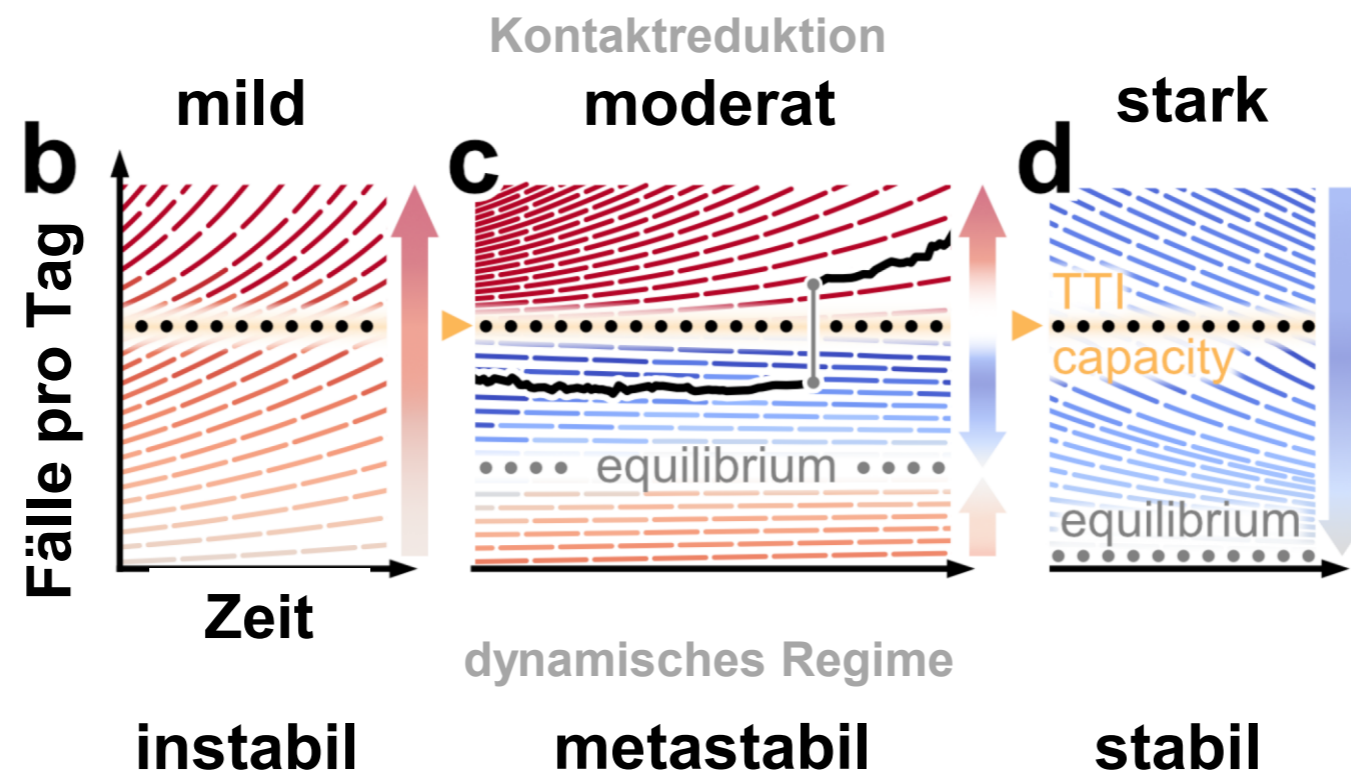
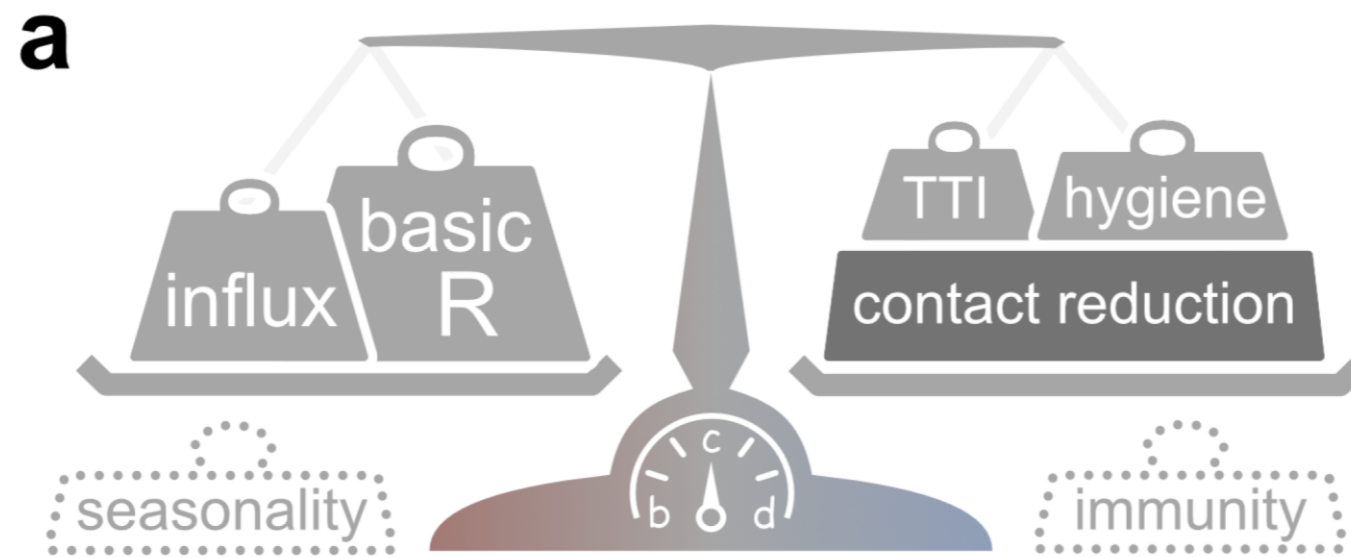


Übersicht

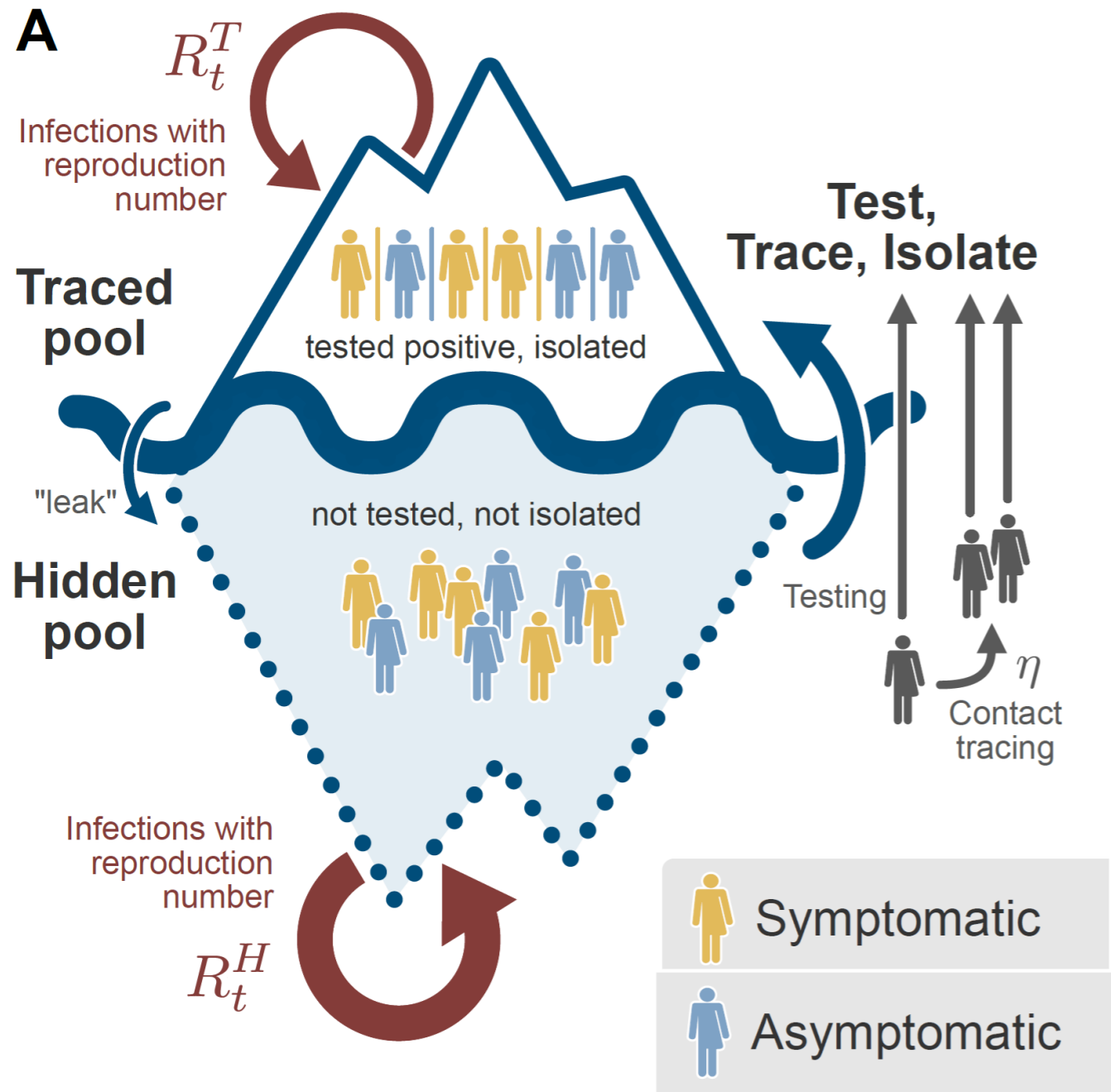
- **Effektivität von Maßnahmen abschätzen** und vorhersagen: Wieviel tragen einzelne „Nicht-Pharmazeutische Interventionen“ (NPI) zur Eindämmung bei?
- **Effektivität von Maßnahmen herleiten:** Der Beitrag von Test-Trace-Isolate (TTI) – also von „Testen-Kontaktnachverfolgen-Isolieren“ – und vom Impffortschritt zur Eindämmung von COVID-19
- **Niedrige Fallzahlen – Vorsorge statt Nachsehen**



COVID-19 Eindämmen



Test-Trace-and-Isolate (TTI) trägt zur Eindämmung bei



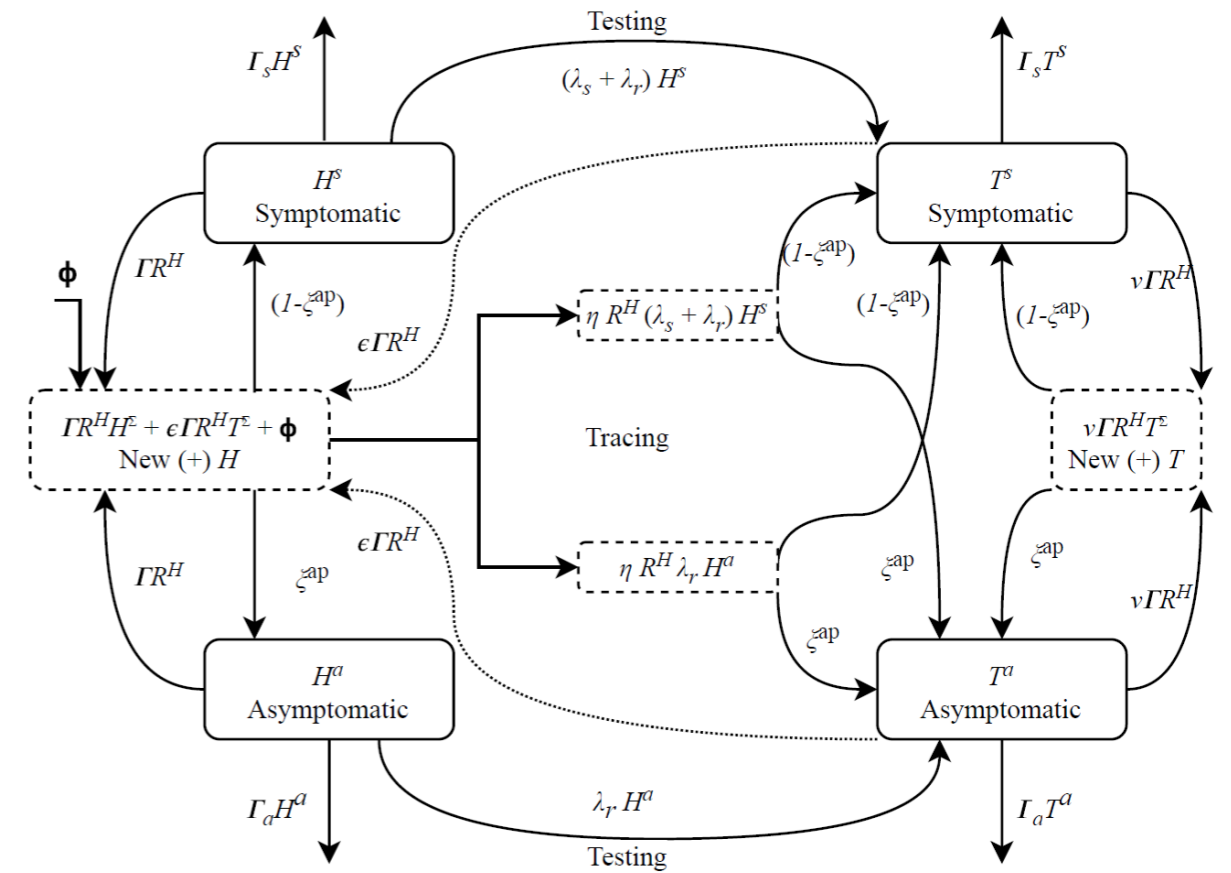
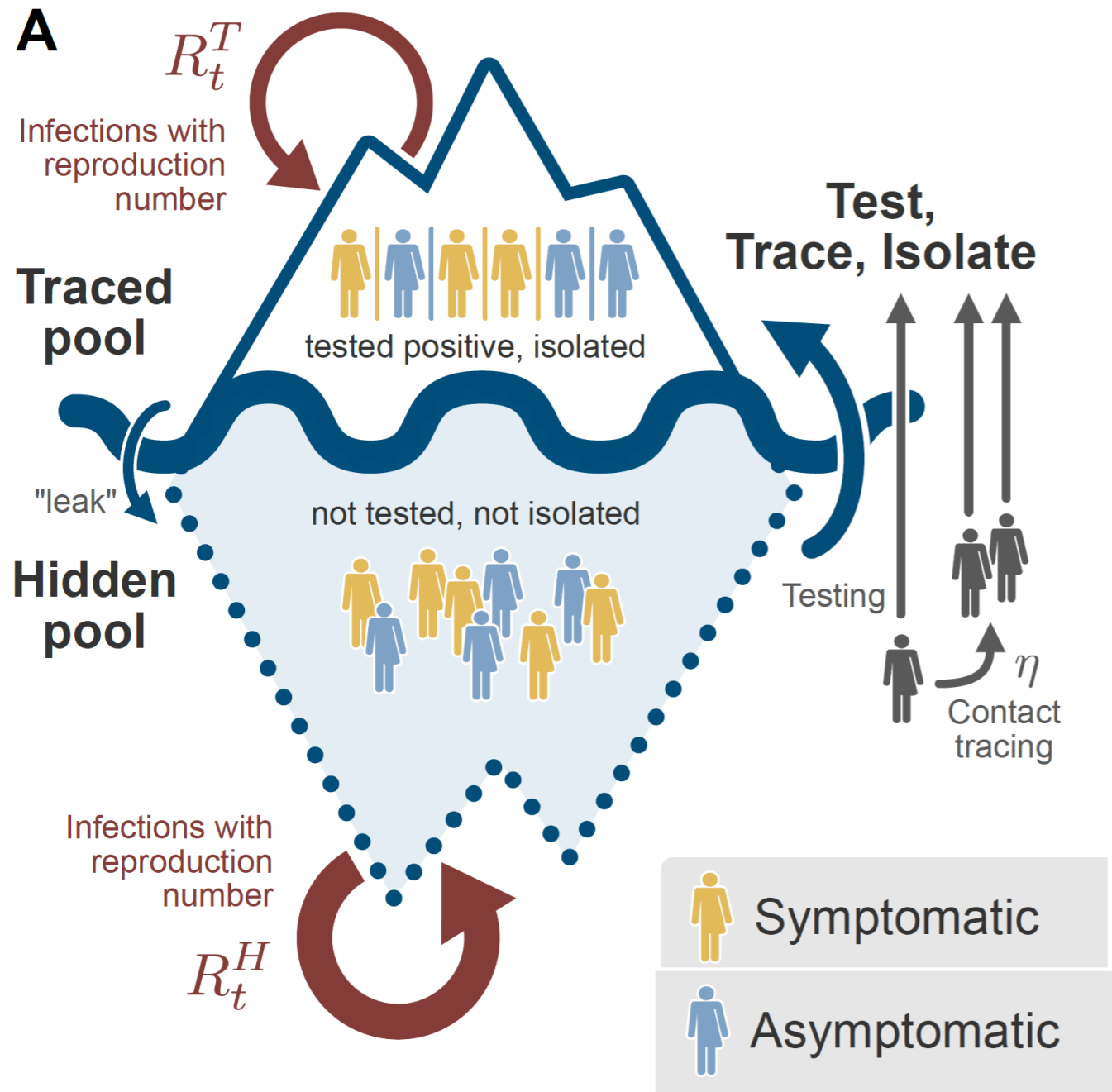
Testen & Isolieren

- Zufall (0)
- Symptome (50 % der sympt., im Mittel nach 5 Tagen)
- Kontaktpersonen testen

Kontaktnachverfolgung ist schwierig:

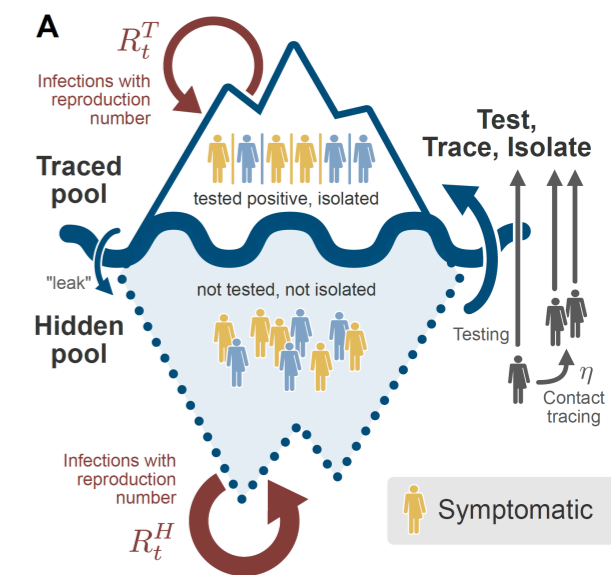
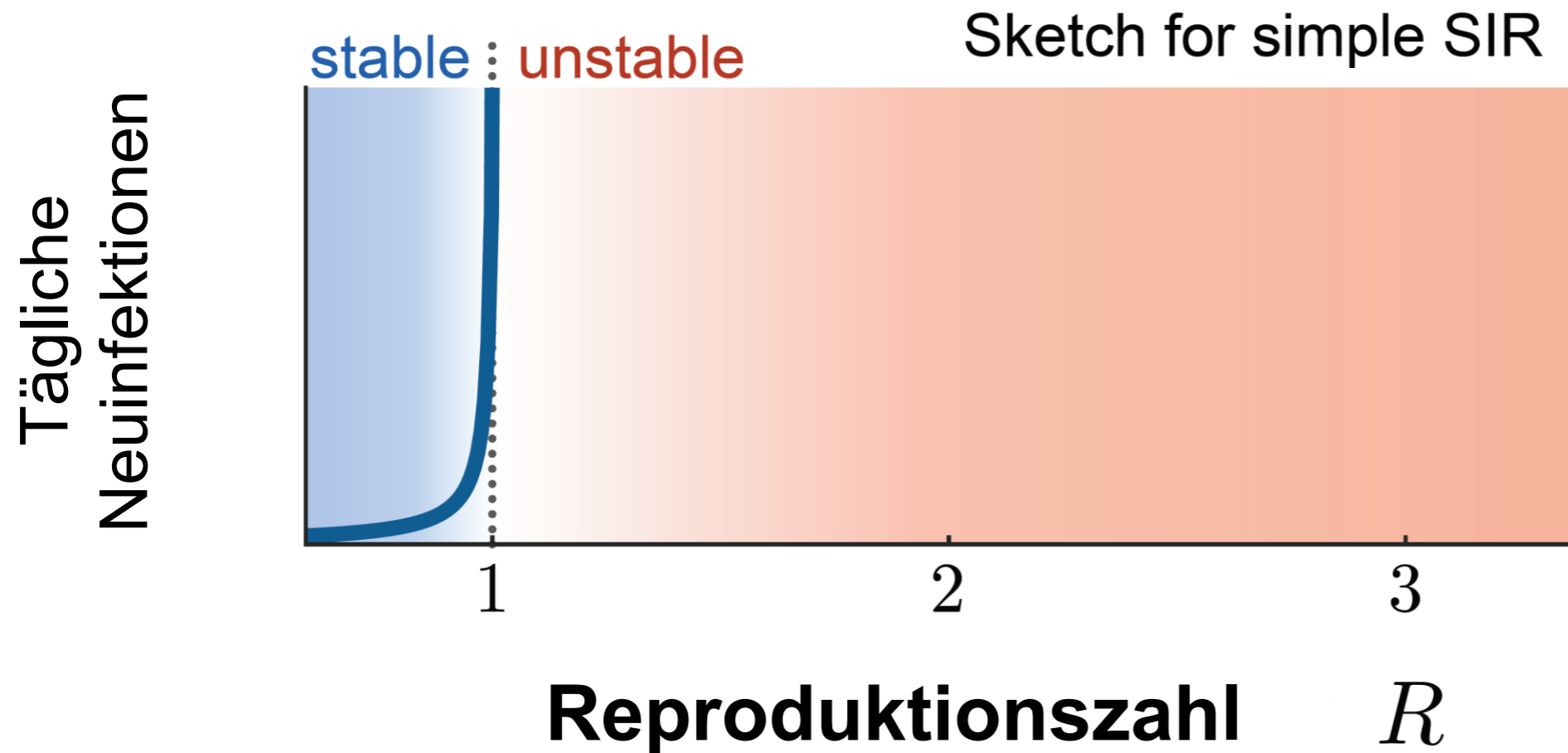
- Pre- und asymptomatische Ansteckung
- 1/3 der Kontakte werden übersehen
- Quarantäne ist nicht perfekt
- "Test-Vermeider" (20 %)
- Eintrag neuer Infizierter aus dem Ausland
- Limitierte Kapazität der Gesundheitsämter zum Testen und Nachverfolgen

Test-Trace-and-Isolate (TTI) trägt zur Eindämmung bei



Die Reproduktionszahl R und die Einschleppung neuer Fälle Φ bestimmen das Level der Neuinfektionen N

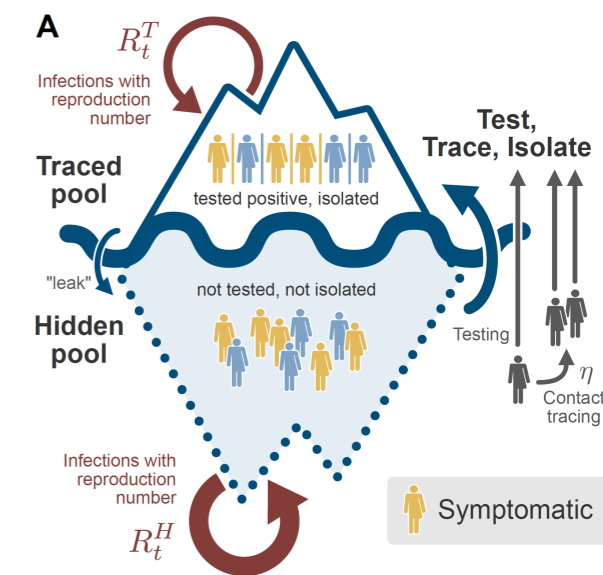
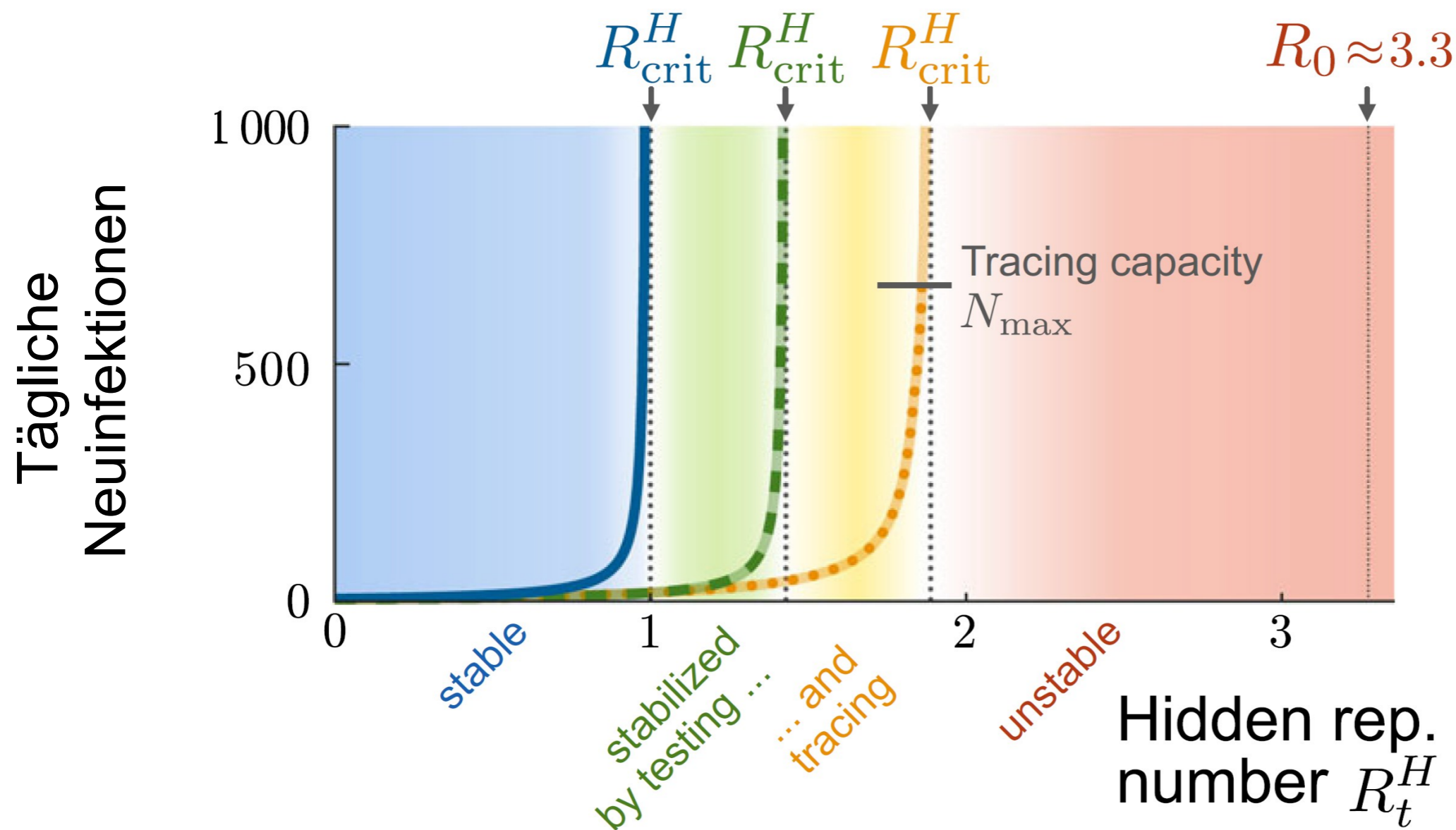
$$N \approx \frac{\Phi}{R_c - R} = \frac{\Phi}{1 - R}, \quad \text{für } R < 1$$



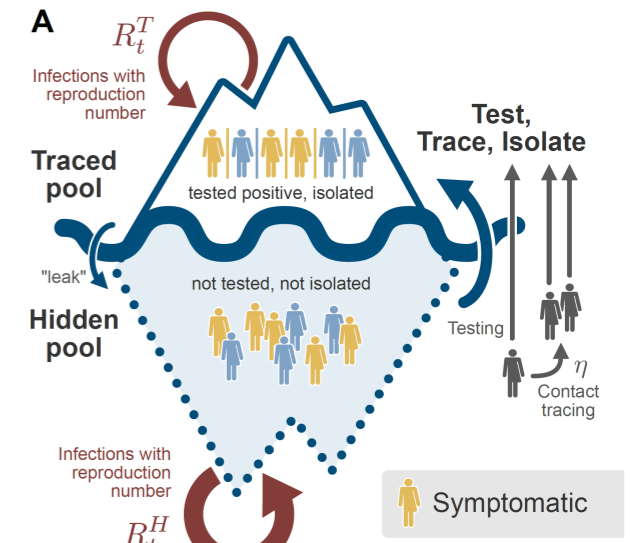
TTI verschiebt die Stabilitätsgrenze:

Ohne TTI darf der R-Wert höchstens 1 sein.

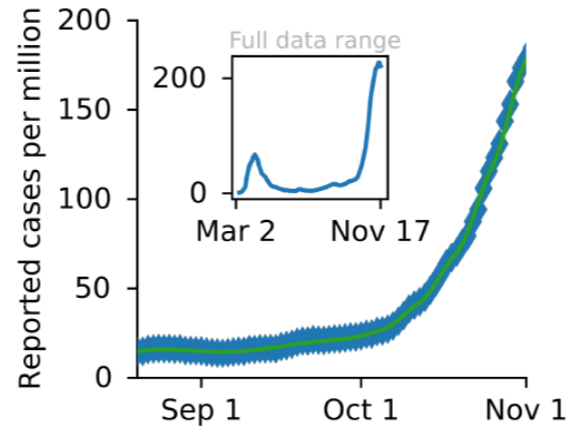
Mit TTI darf der R-Wert im alltäglichen Leben fast 2 sein
(das R des RKI muss weiter bei oder unter 1 sein!)



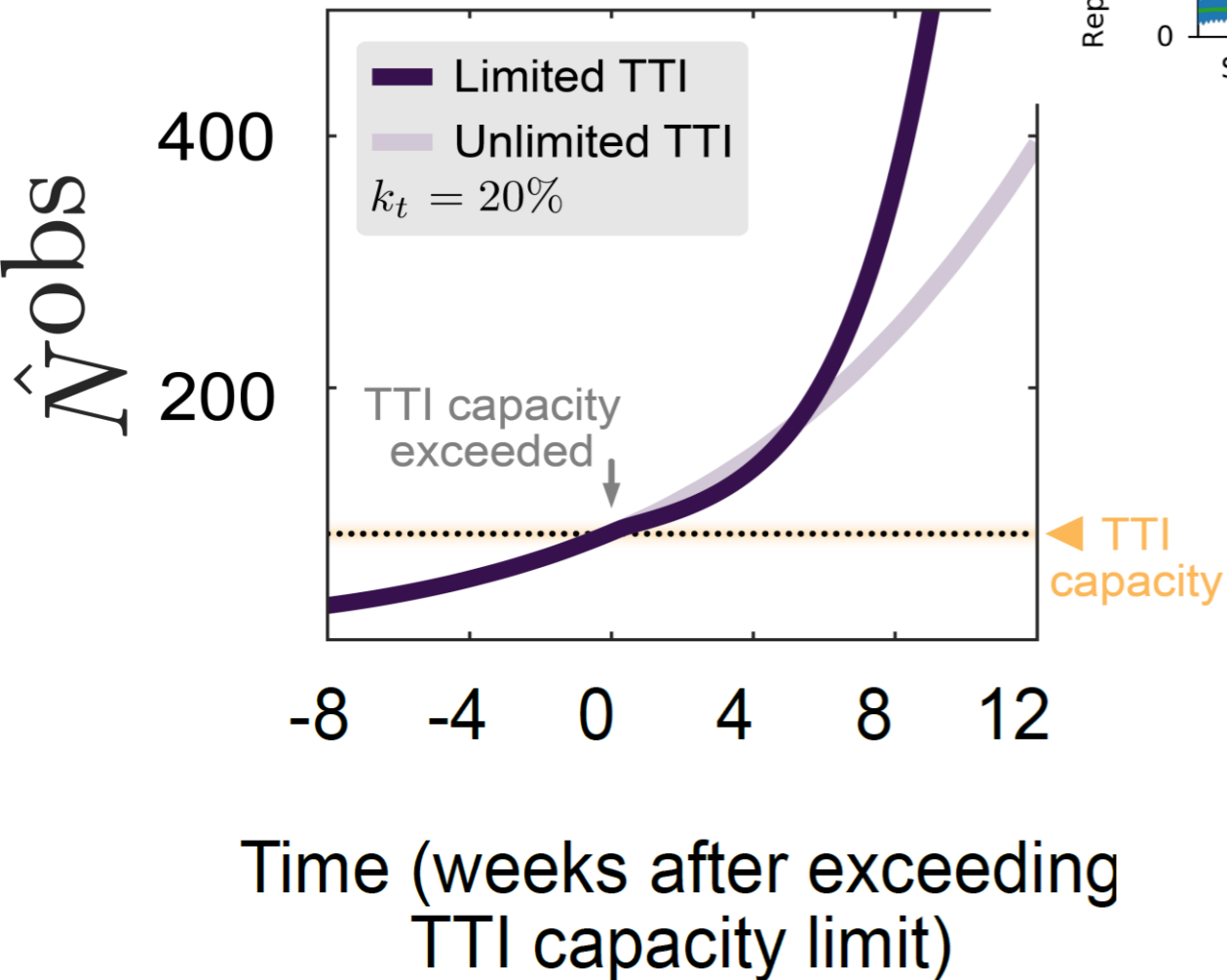
Überschreitung der TTI Kapazität: Die Fallzahlen steigen schneller als exponentiell



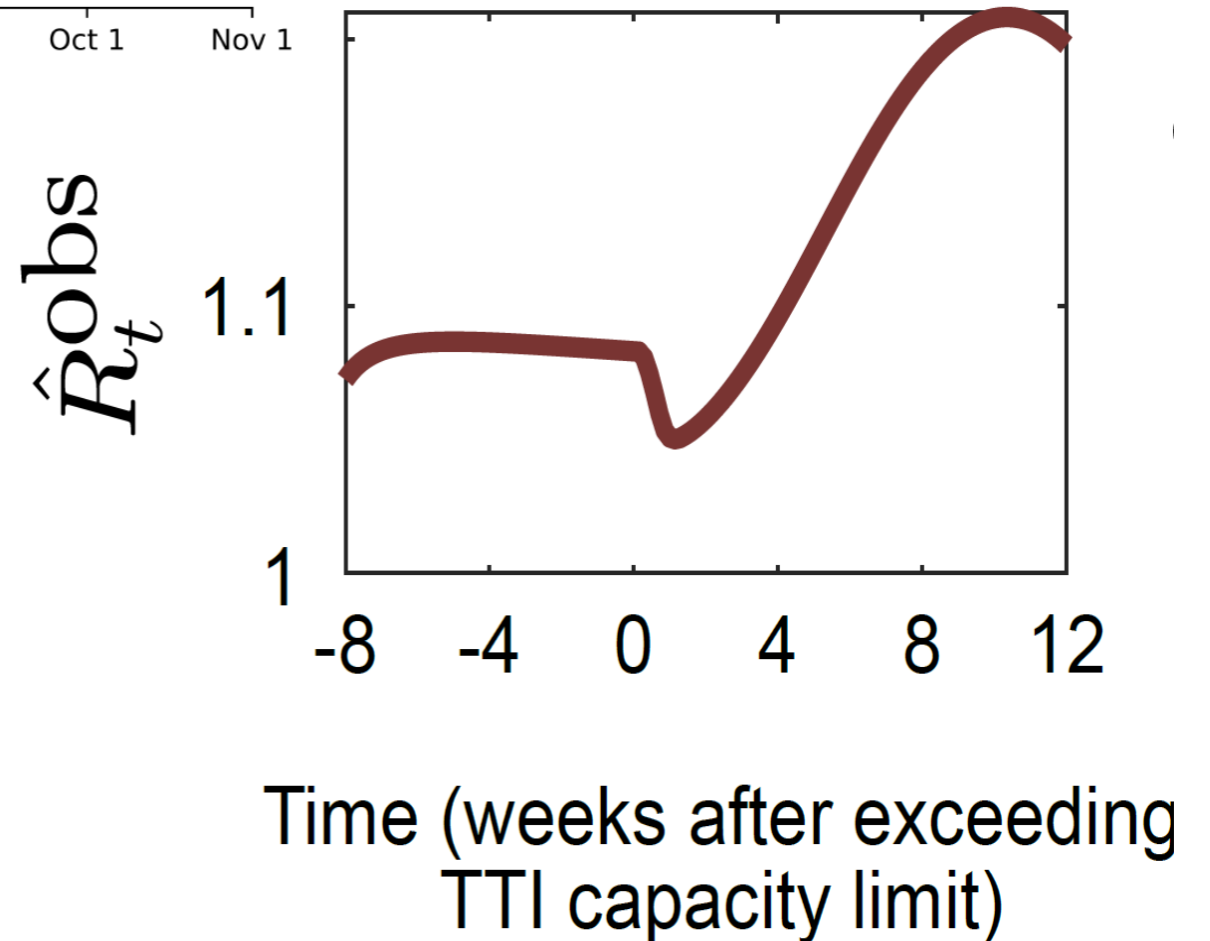
Neuinfektionen Deutschland



Daily observed new cases (per million)



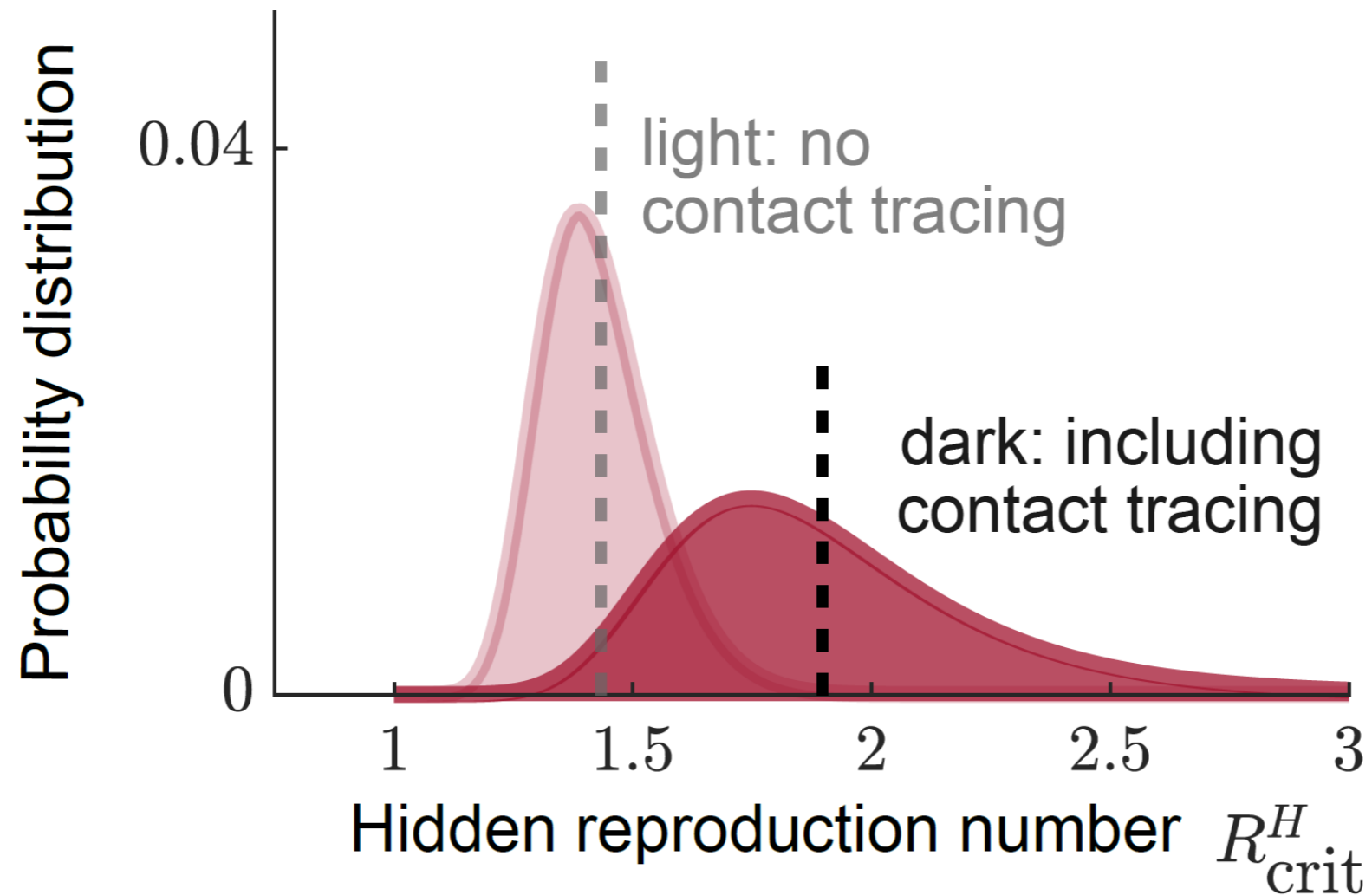
Observed reproduction number



TTI erlaubt mehr Kontakte im Alltag:

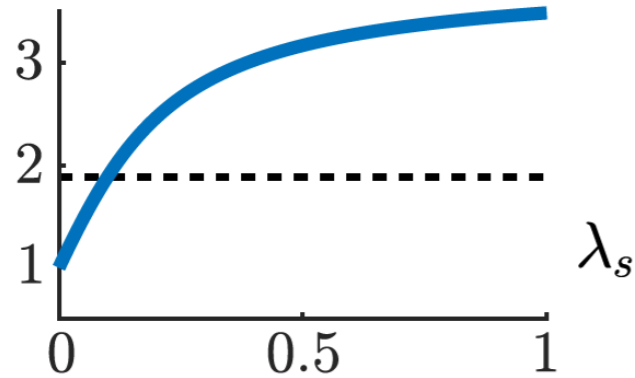
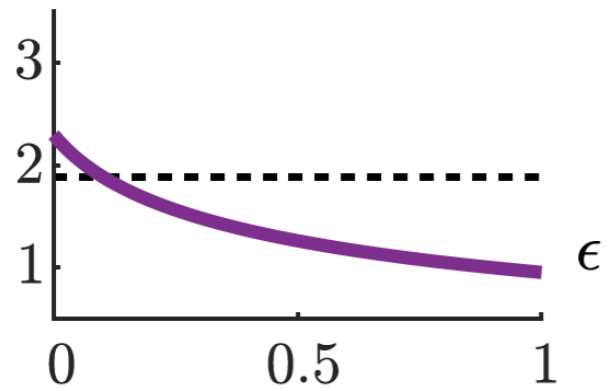
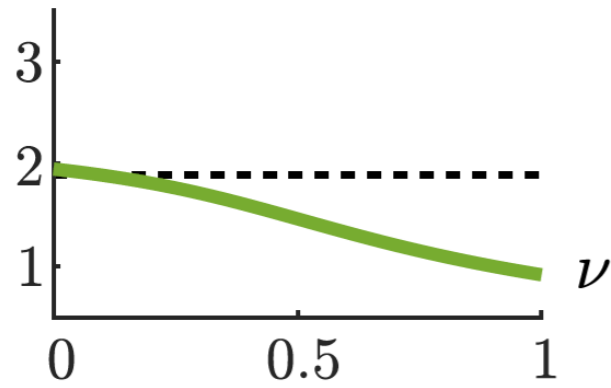
Ohne TTI darf der R-Wert höchstens 1 sein.

Mit TTI darf der R-Wert im alltäglichen Leben fast 2 sein!

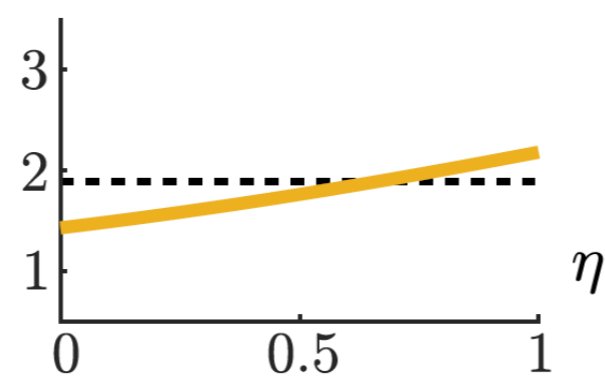
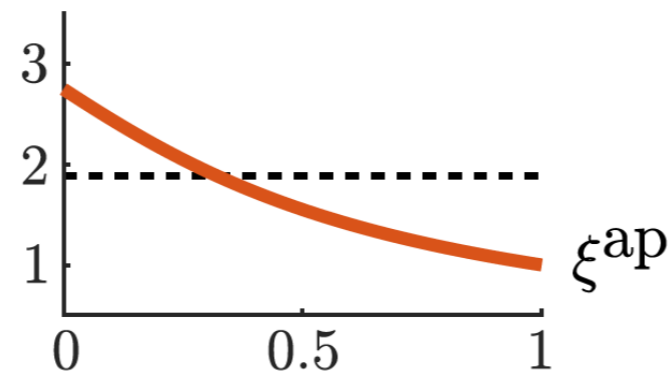
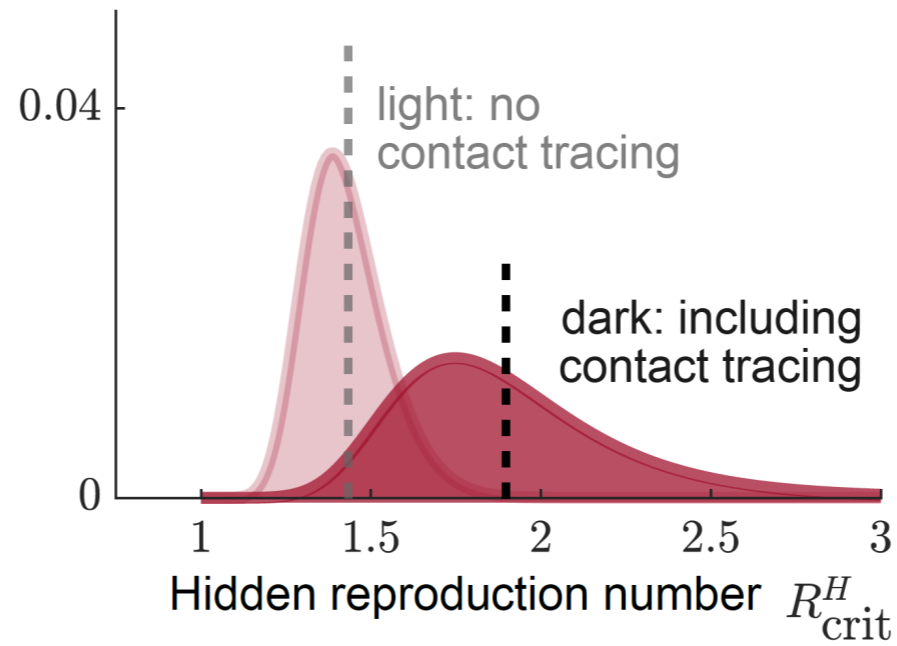


Sensitivitätsanalyse

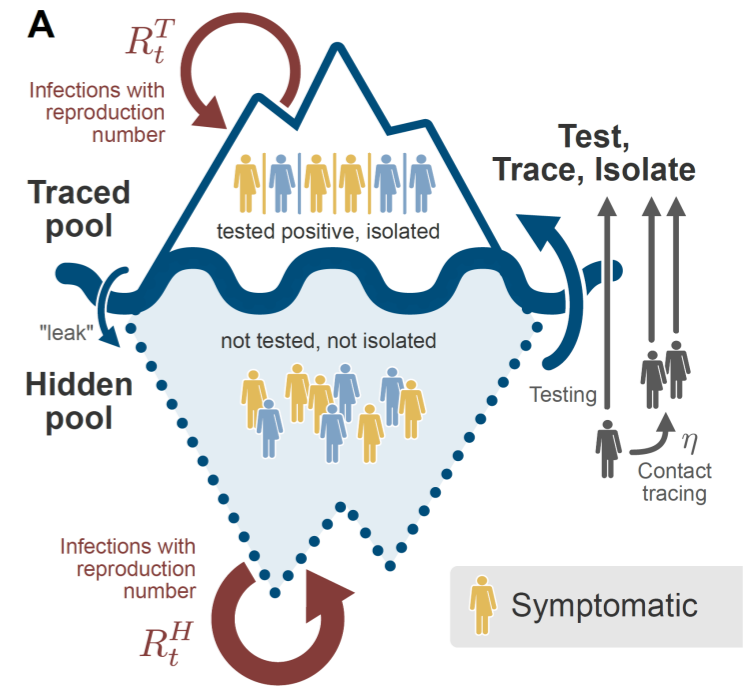
Stabilitätsgrenze R_H



Wahrscheinlichkeitsverteilung

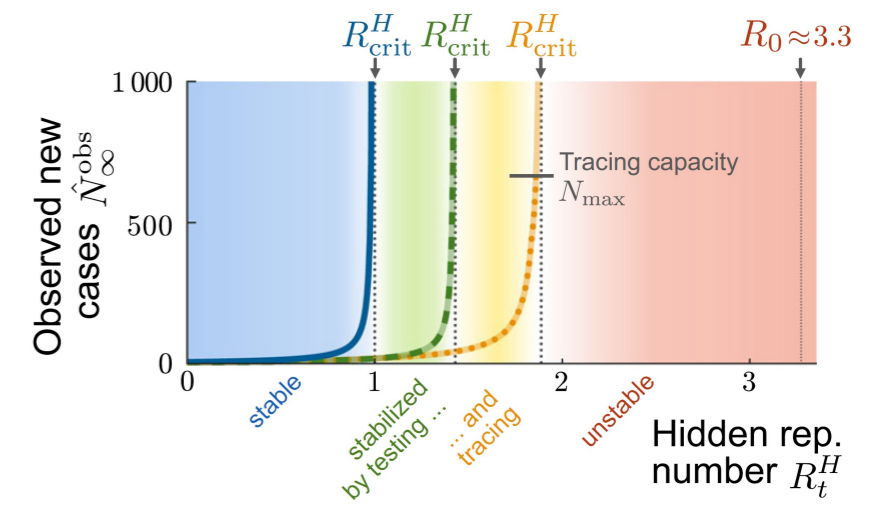
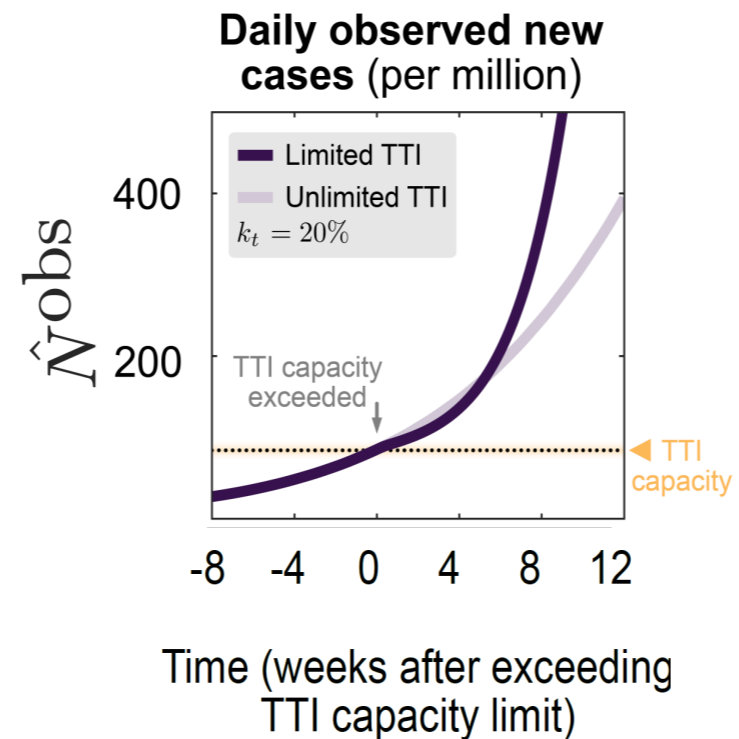
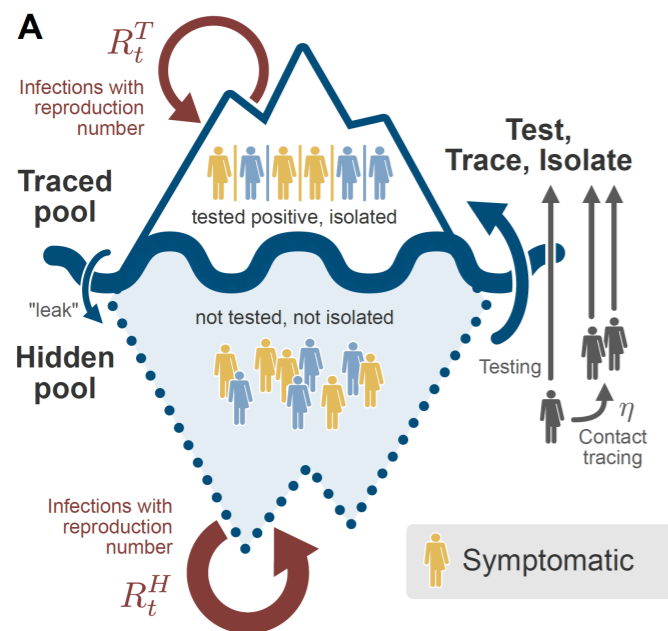


- ν Isolation factor
- ϵ "leak" factor
- λ_s Symptom-driven testing
- ξ^{ap} Apparent asymptomatic fraction
- η Tracing efficiency



Zusammenfassung (TTI)

Test-Trace-Isolate (TTI) trägt zur Eindämmung von COVID-19 bei:



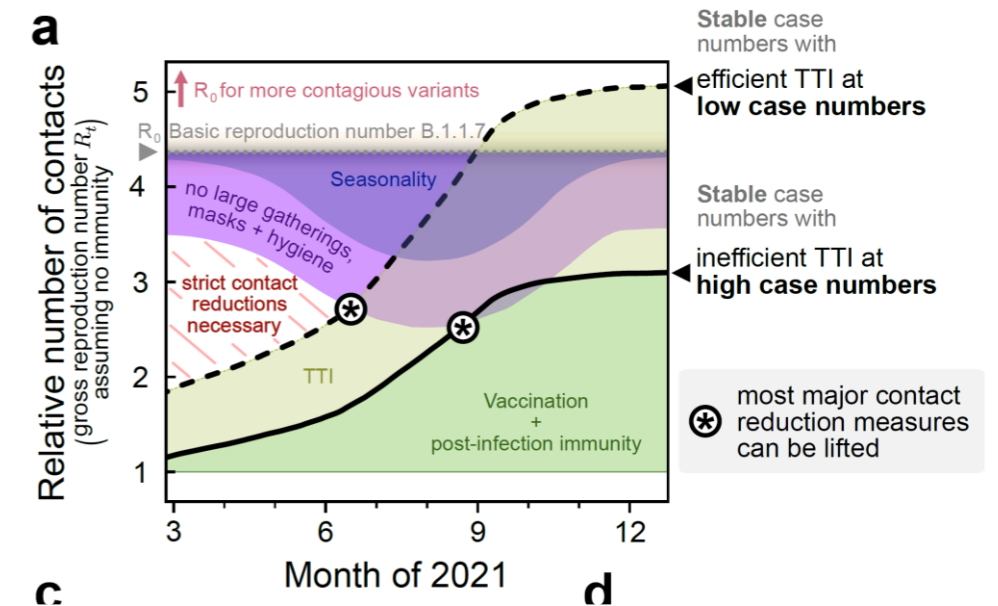
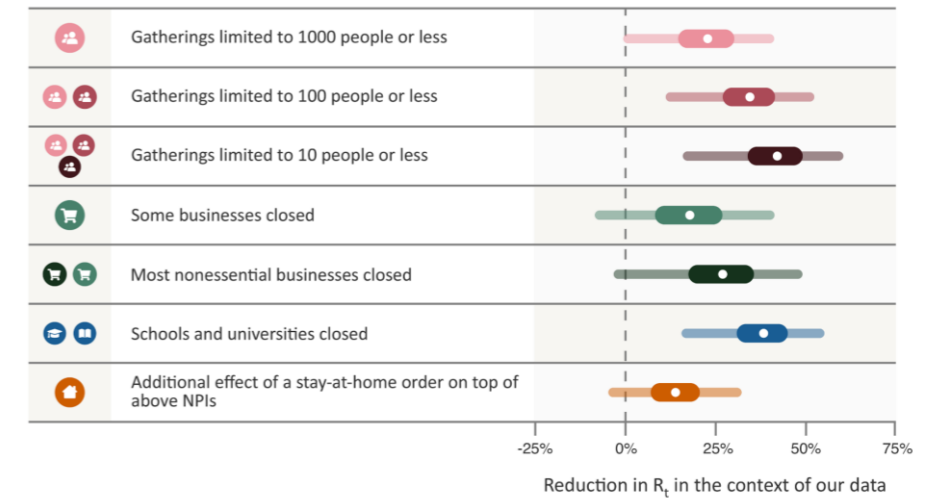
Die unentdeckten Fälle tragen besonders stark zur Ausbreitung bei.

Wird die TTI Kapazität überschritten, kommt es zu einer sich selbst beschleunigenden Ausbreitung (→ Kipppunkt).

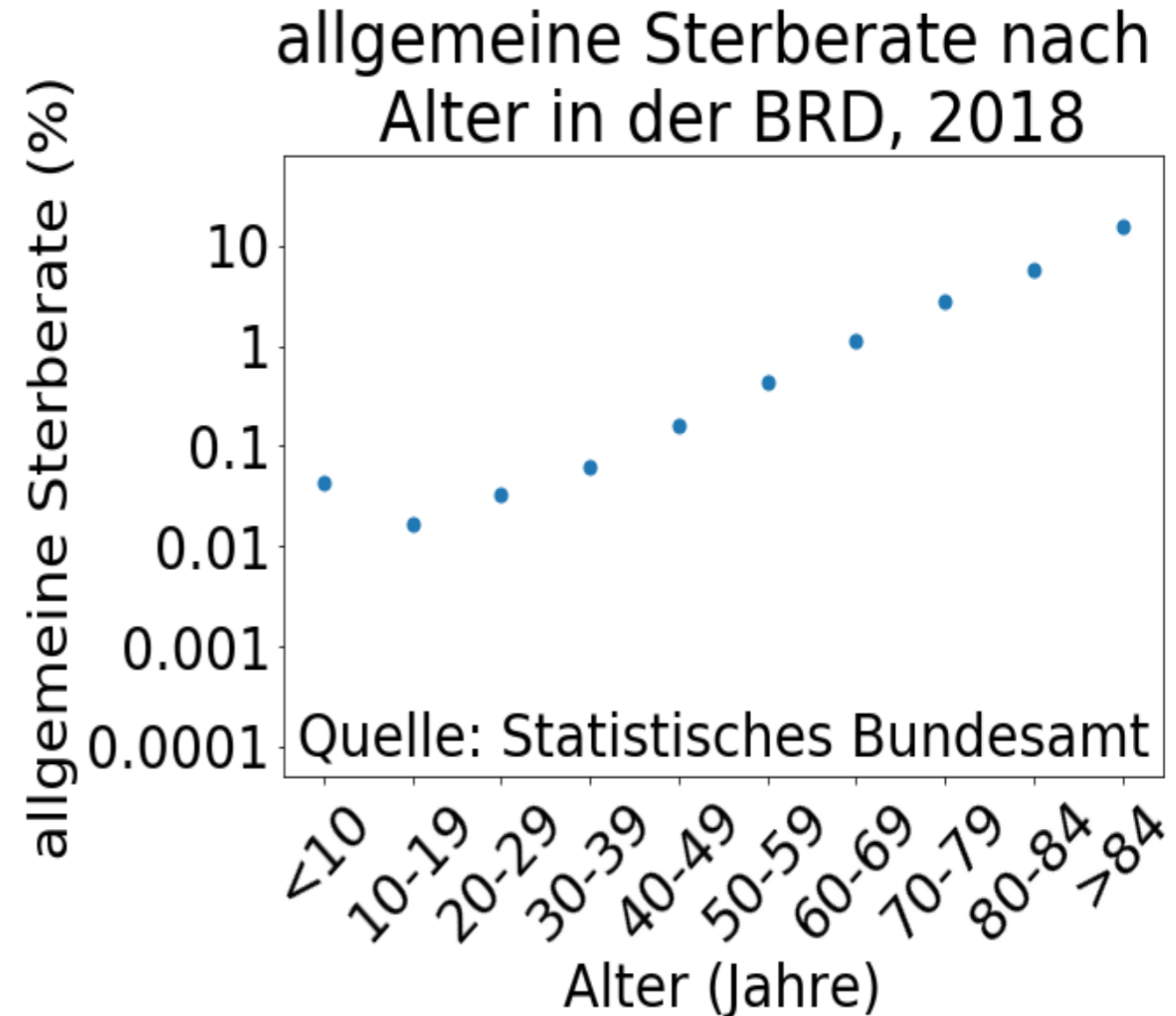
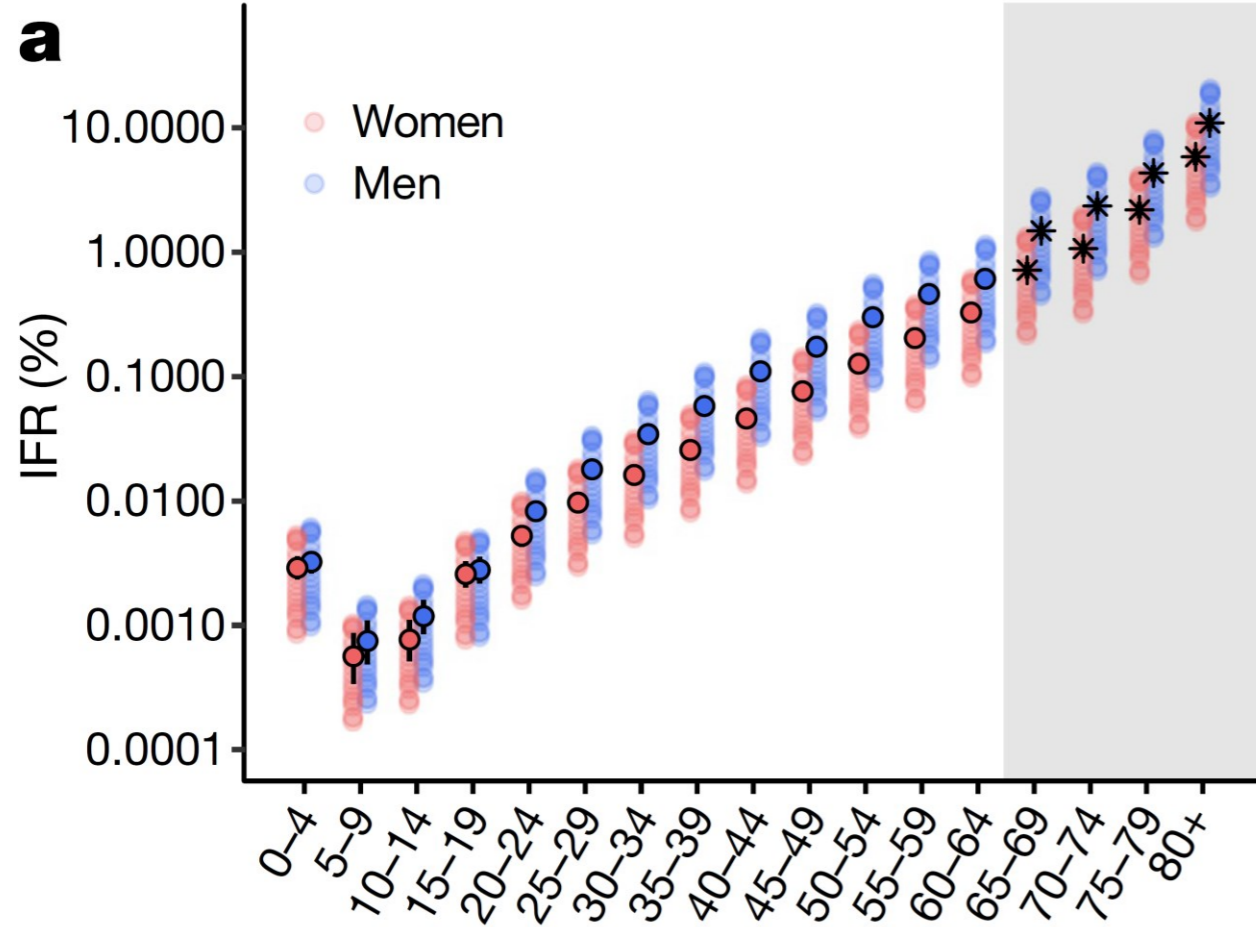
TTI erlaubt jeder Person mehr Kontakte: Statt $R=1$ kann man fast zwei Personen “ausversehen” anstecken.

Übersicht

- **Effektivität von Maßnahmen abschätzen** und vorhersagen: Wieviel tragen einzelne „Nicht-Pharmazeutische Interventionen“ (NPI) zur Eindämmung bei?
- **Effektivität von Maßnahmen herleiten:** Der Beitrag von Test-Trace-Isolate (TTI) – also von „Testen-Kontaktnachverfolgen-Isolieren“ – und vom Impffortschritt zur Eindämmung von COVID-19
- **Niedrige Fallzahlen – Vorsorge statt Nachsehen**

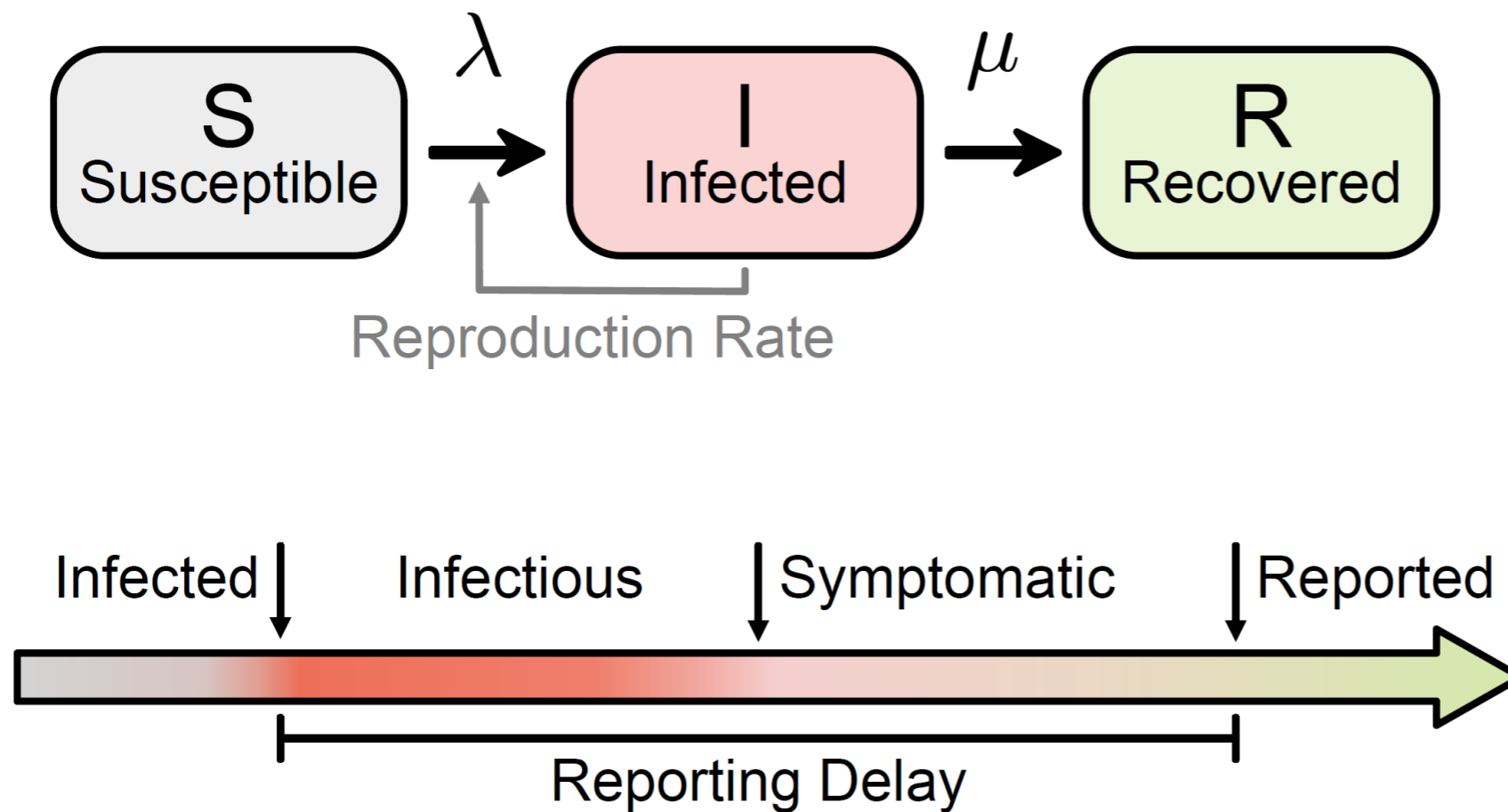


Impffortschritt: Der Effekt hängt von der altersabhängige Infektionssterberate (IFR) ab



SIR-Modell: Suszeptibel-Infiziert-Recovered

SIR Model



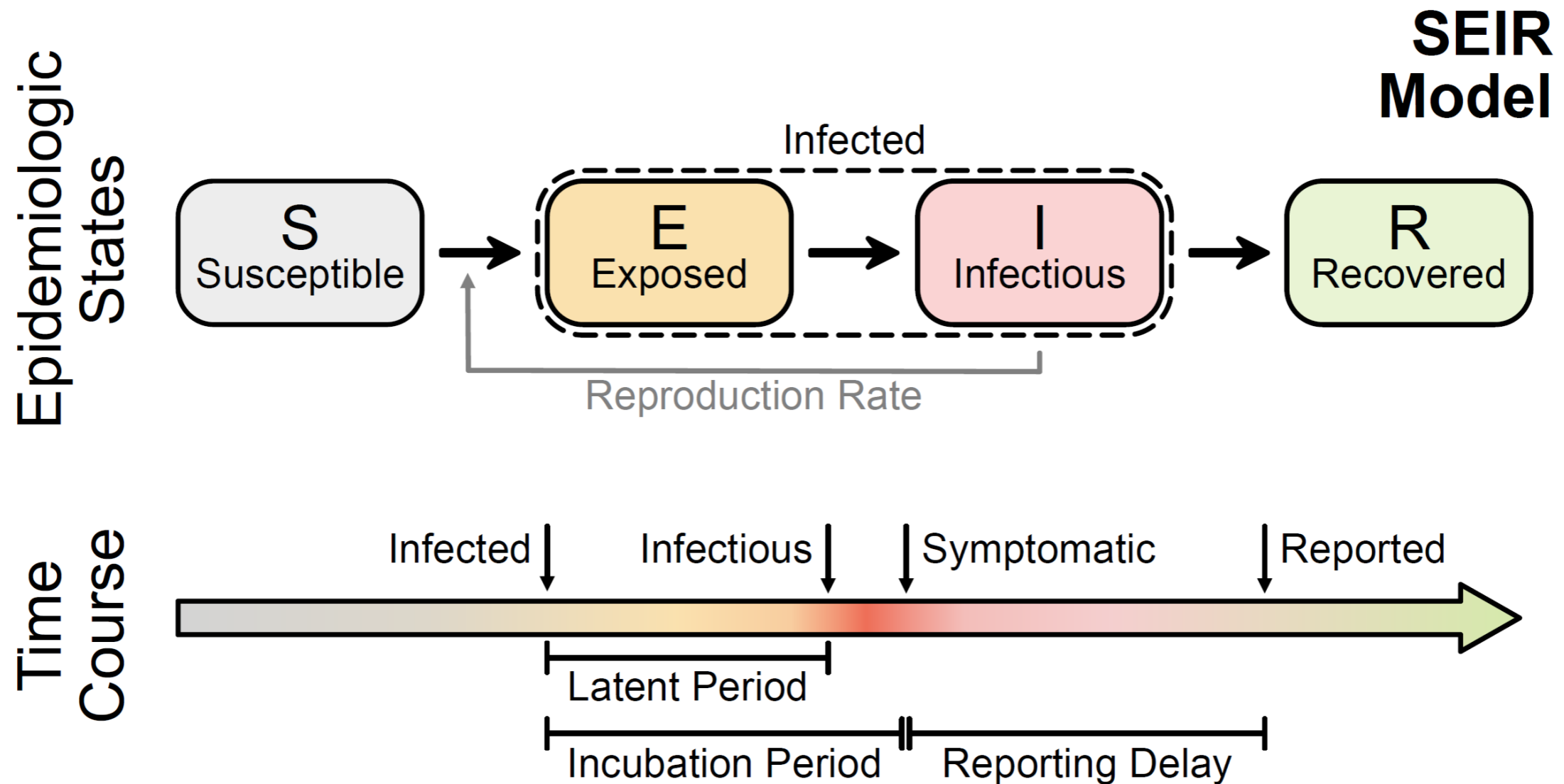
$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\lambda \frac{SI}{N} \\ \frac{dI}{dt} &= \lambda \frac{SI}{N} - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= \mu I\end{aligned}$$

[Dehing et int. Priesemann, Science, 2020]

[Dehing et int., Priesemann, medRxiv]

<https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2020/09/18/2020.09.16.20187484.full.pdf>

SEIR-Modell: Suszeptibel-Exponiert-Infiziert-Resistent



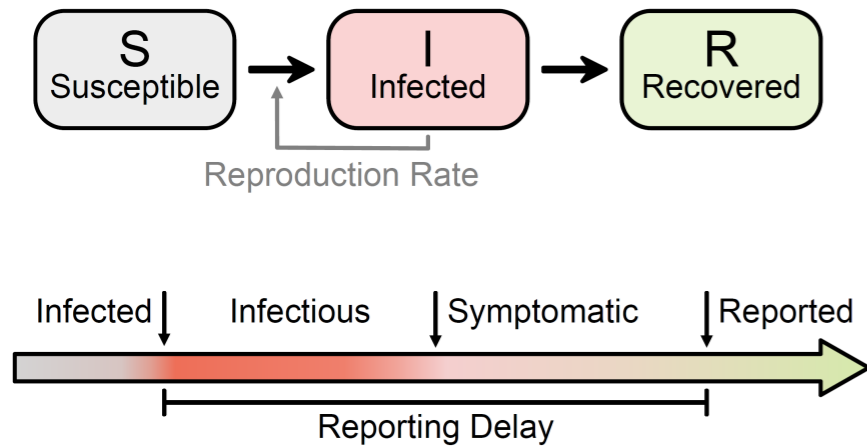
[Dehing et int. Priesemann, Science, 2020]

[Dehing et int., Priesemann, medRxiv]

<https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2020/09/18/2020.09.16.20187484.full.pdf>

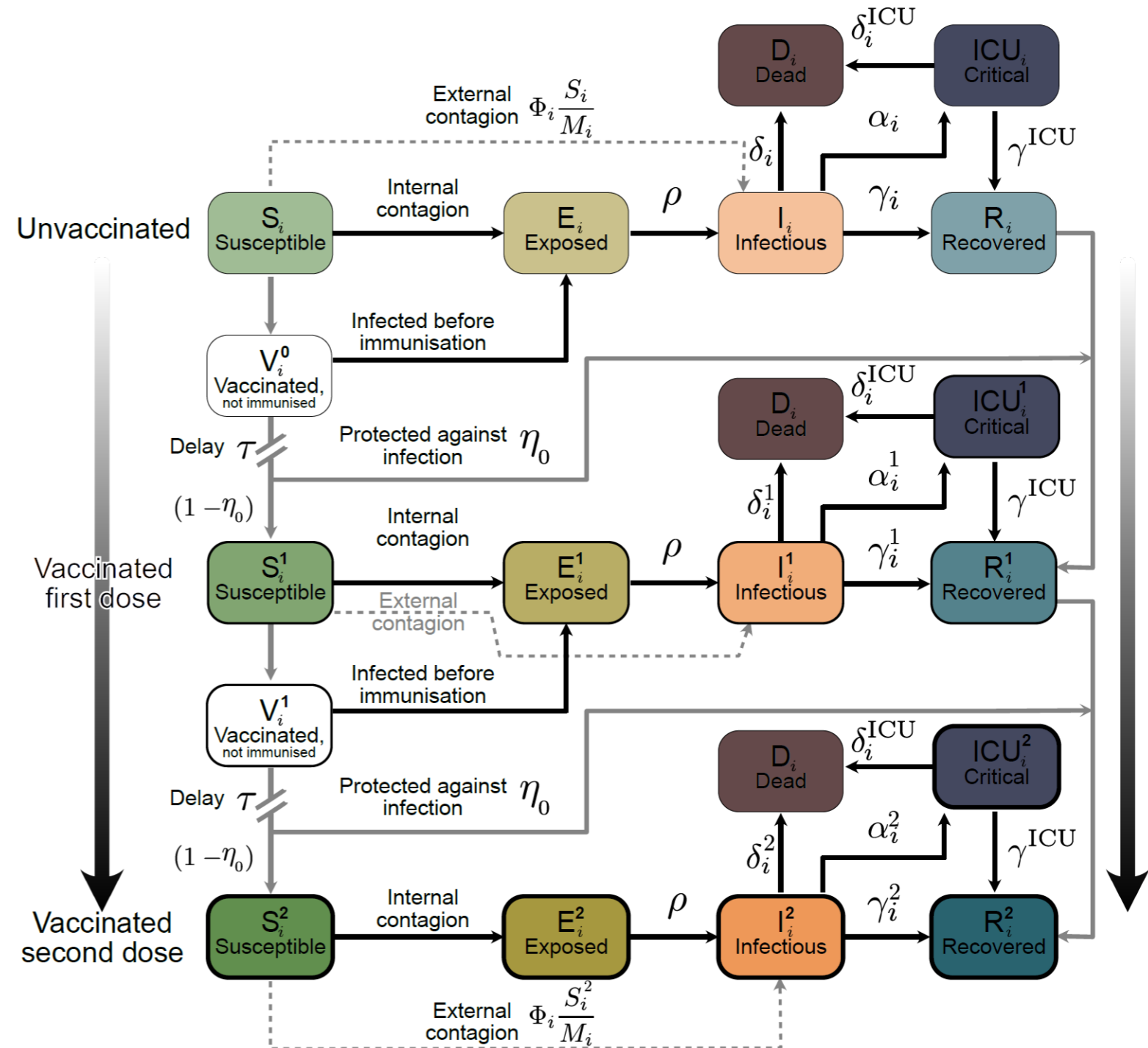
Impffortschritt

SIR Model



Ein Modell mit Kompartimenten für

- Ungeimpfte (S)
- “natürlichen Infektionsweg” - SEIR
- 1. Impfdose
- 2. Impfdose
- Immune (R)



Der Impffortschritt bestimmt die Lockerungen der Kontaktbeschränkung

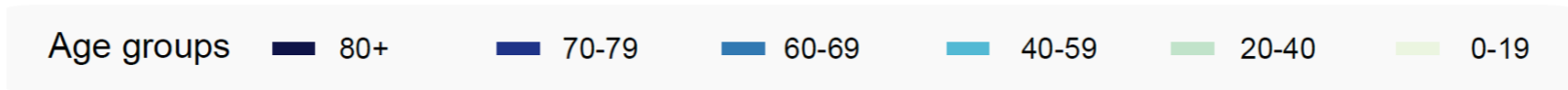
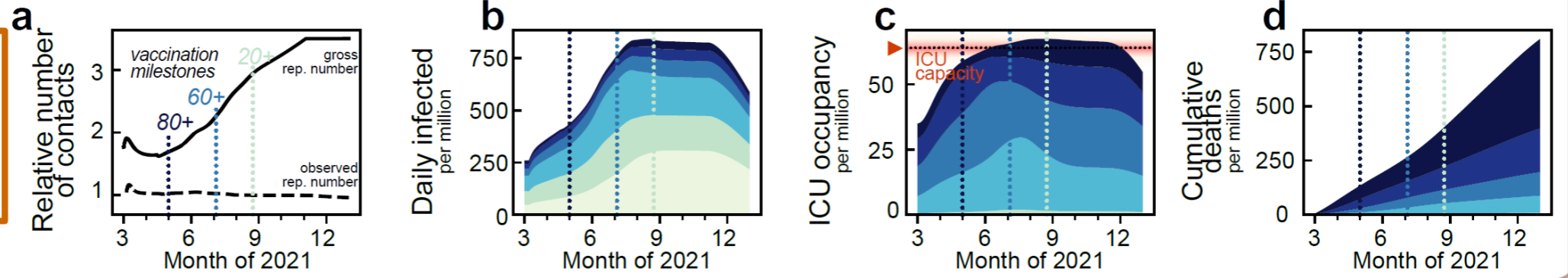
Volle Intensivstationen als Limit

“Freiheit”

Inzidenz

Intensivstation

Sterbefälle



Der Impffortschritt bestimmt die Lockerungen der Kontaktbeschränkung

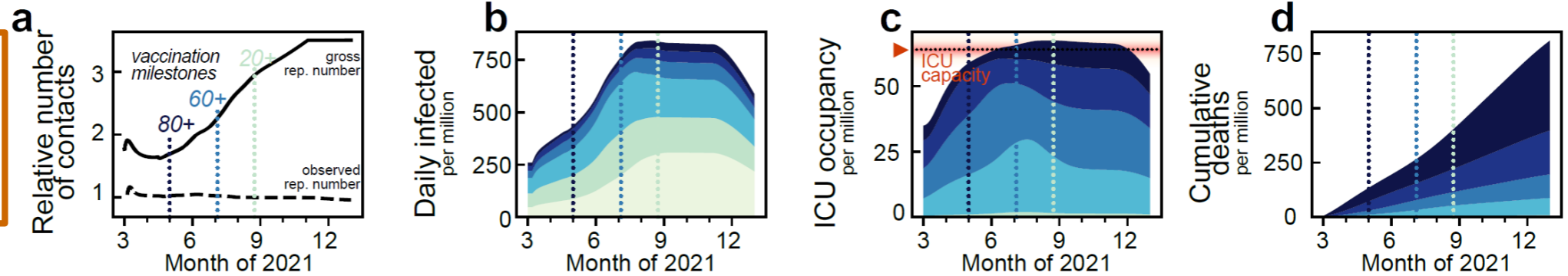
Volle Intensivstationen als Limit

“Freiheit”

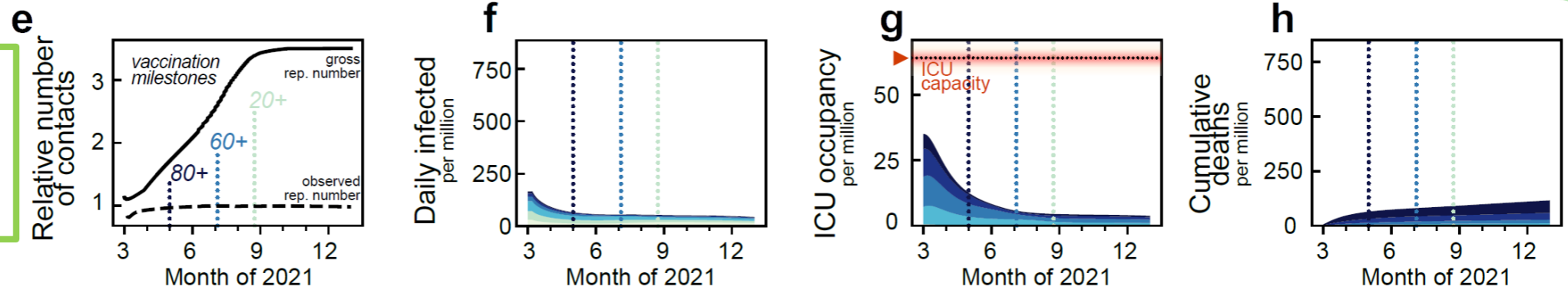
Inzidenz

Intensivstation

Sterbefälle



Niedrig-Inzidenz (effektives TTI)



Age groups: 80+ (darkest blue), 70-79 (dark blue), 60-69 (medium blue), 40-59 (light blue), 20-40 (light green), 0-19 (pale green)

Der Impffortschritt bestimmt die Lockerungen der Kontaktbeschränkung

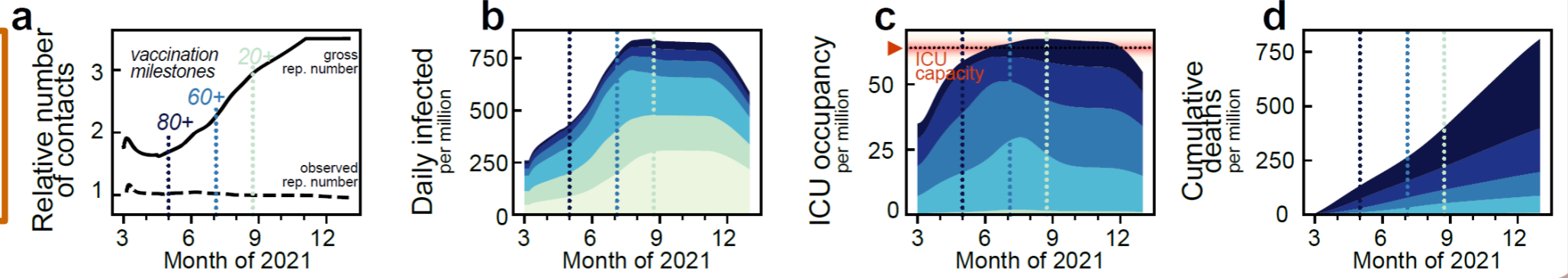
Volle Intensivstationen als Limit

“Freiheit”

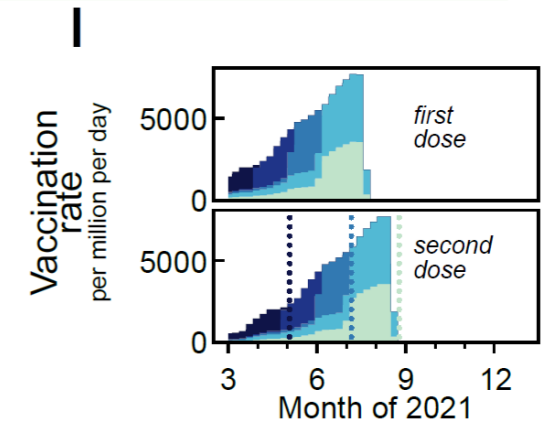
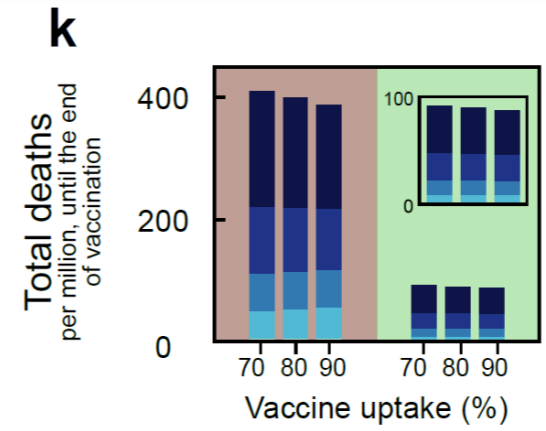
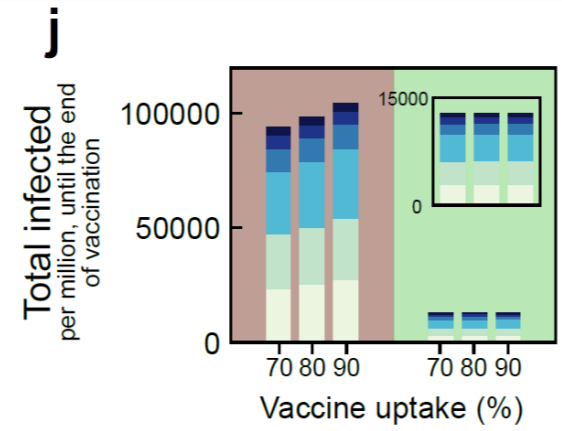
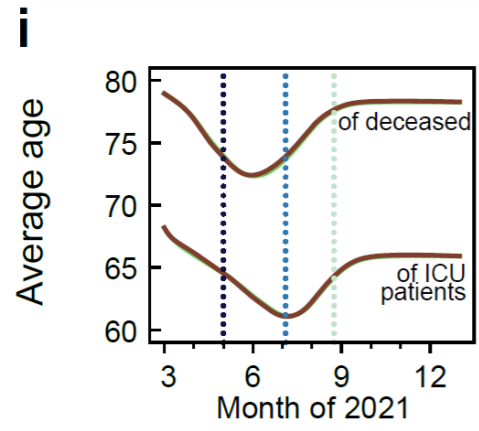
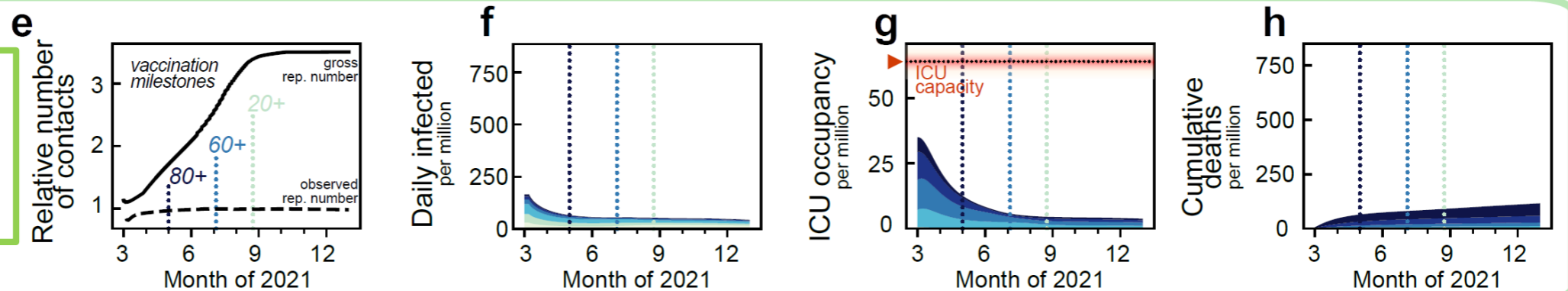
Inzidenz

Intensivstation

Sterbefälle



Niedrig-Inzidenz (effektives TTI)

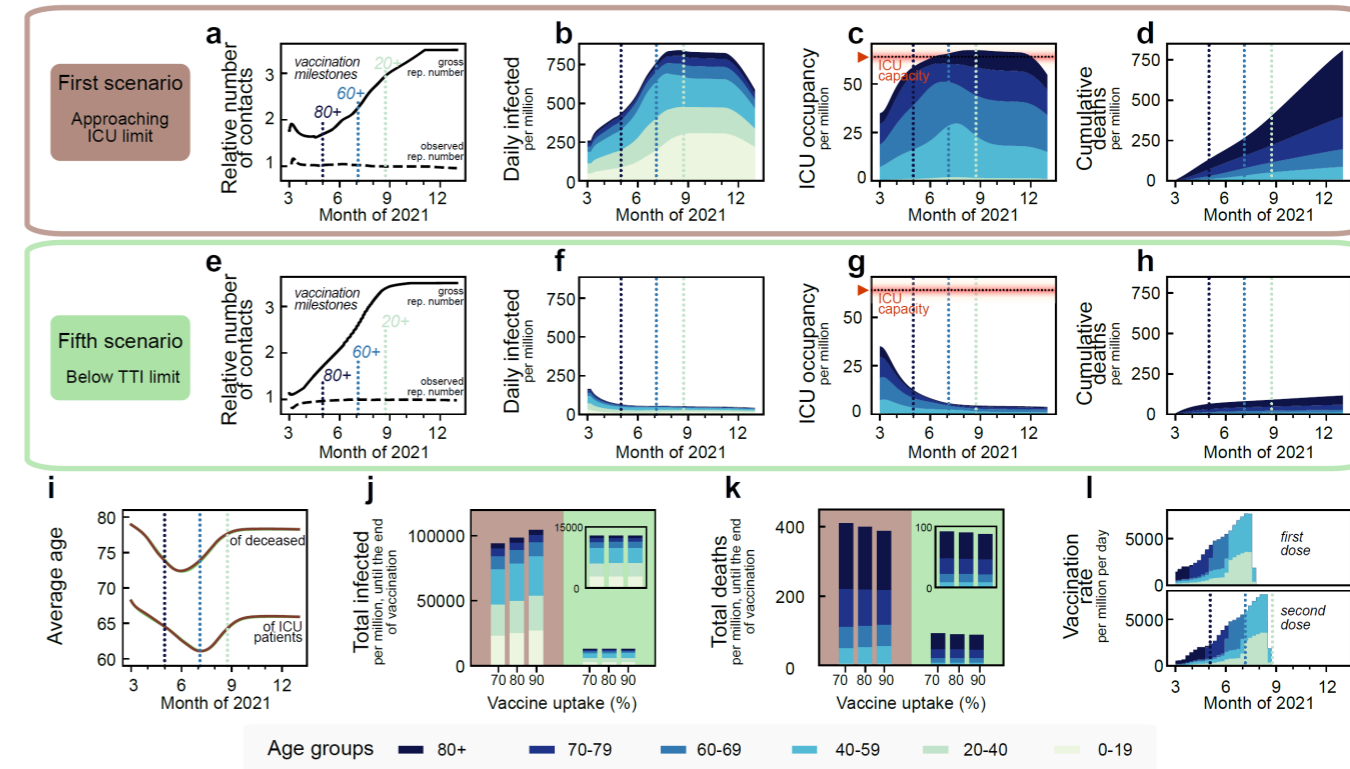


Der Impffortschritt bestimmt die Lockerungen der Kontaktbeschränkung

Ziele:

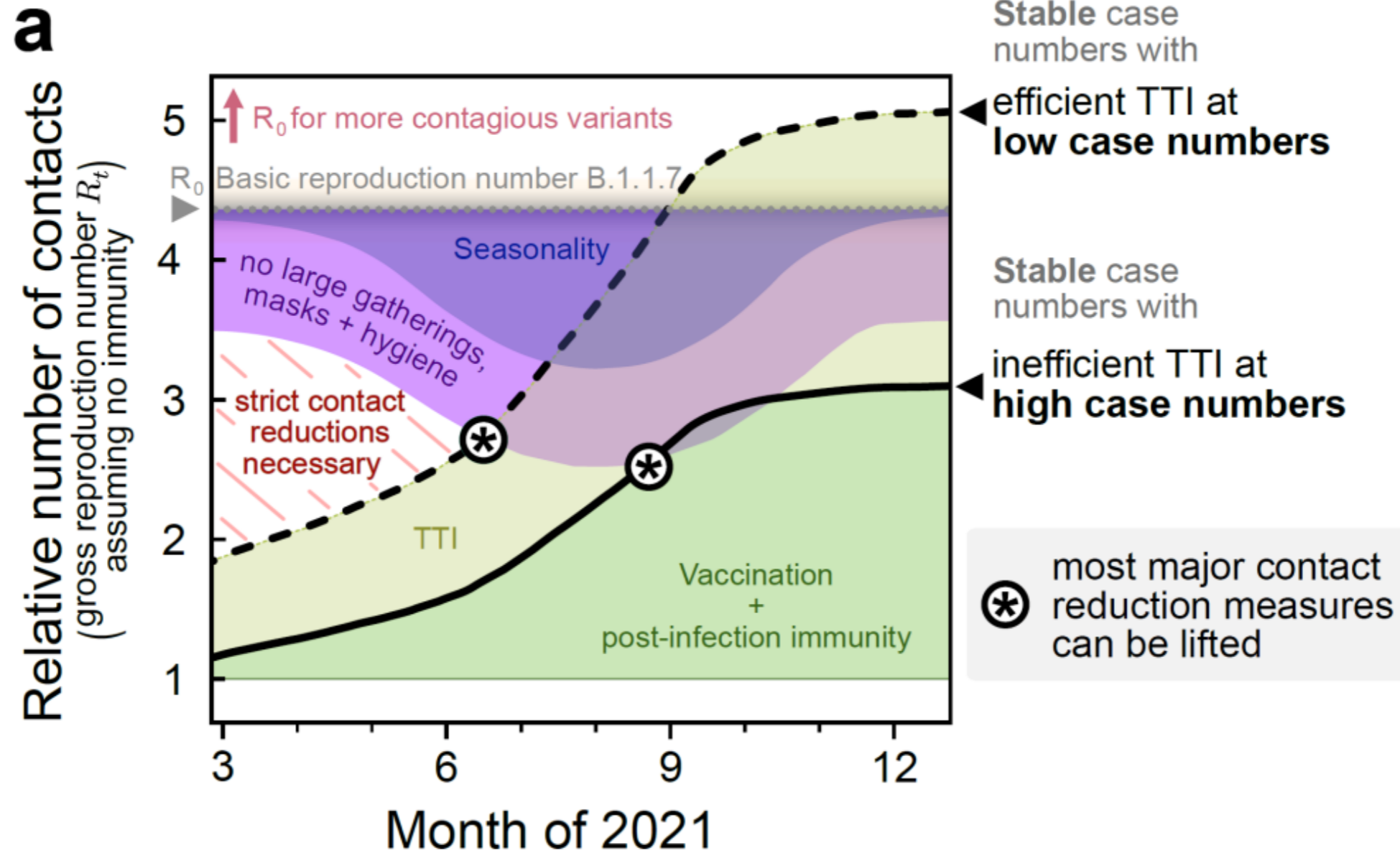
Intensivstationen nicht überlasten
oder
Niedriginzidenz und Kontrolle

- Intensivstationen können noch über einige Woche voll sein
- Die Anzahl Erkrankungen, Todesfälle und Langzeitfolgen (Long-COVID) extrem unterschiedlich
- Es sterben mehr junge Menschen
- Die Freiheit steigt, in beiden Fällen sehr ähnlich



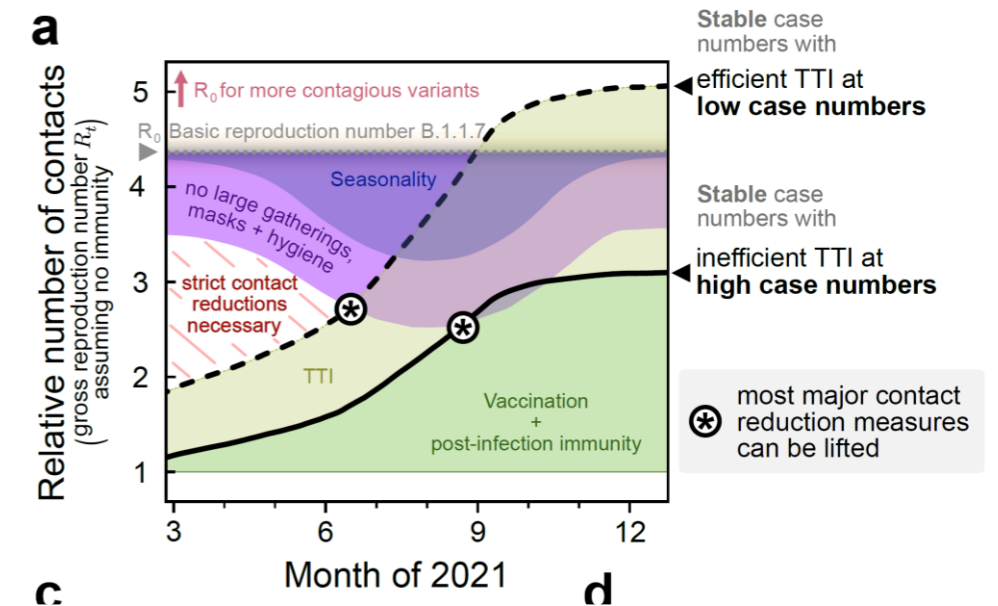
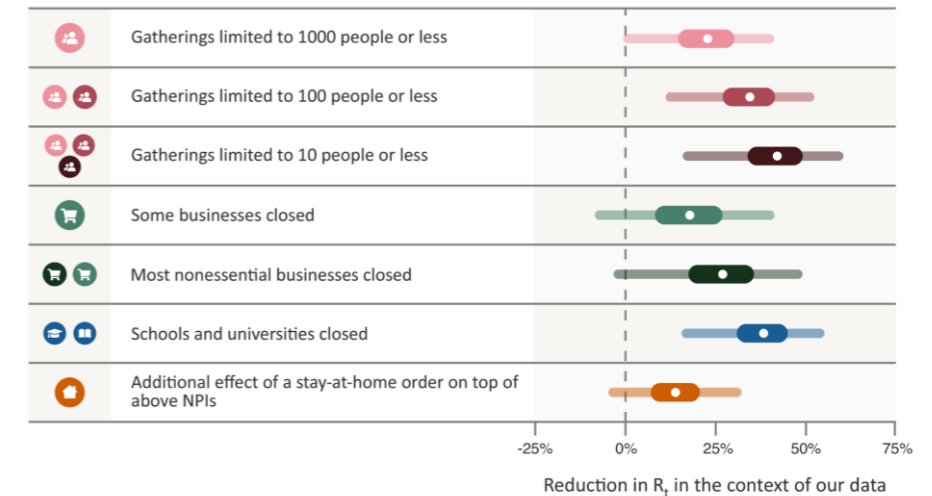
Der Impffortschritt bestimmt die Lockerungen der Kontaktbeschränkung

“Freiheit”

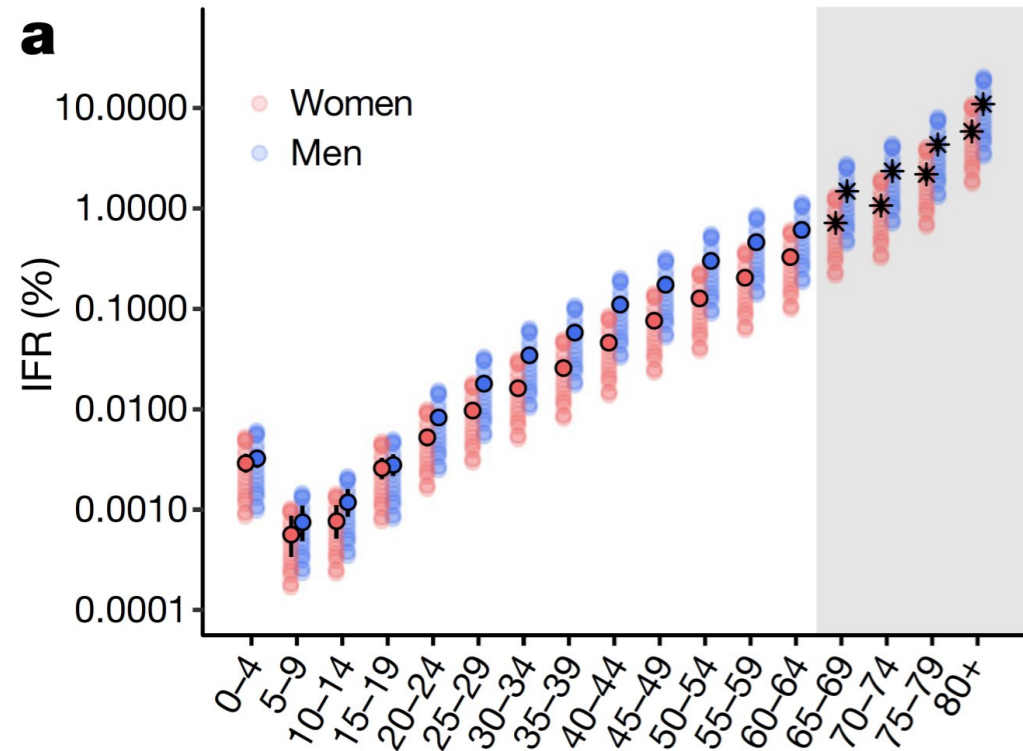


Übersicht

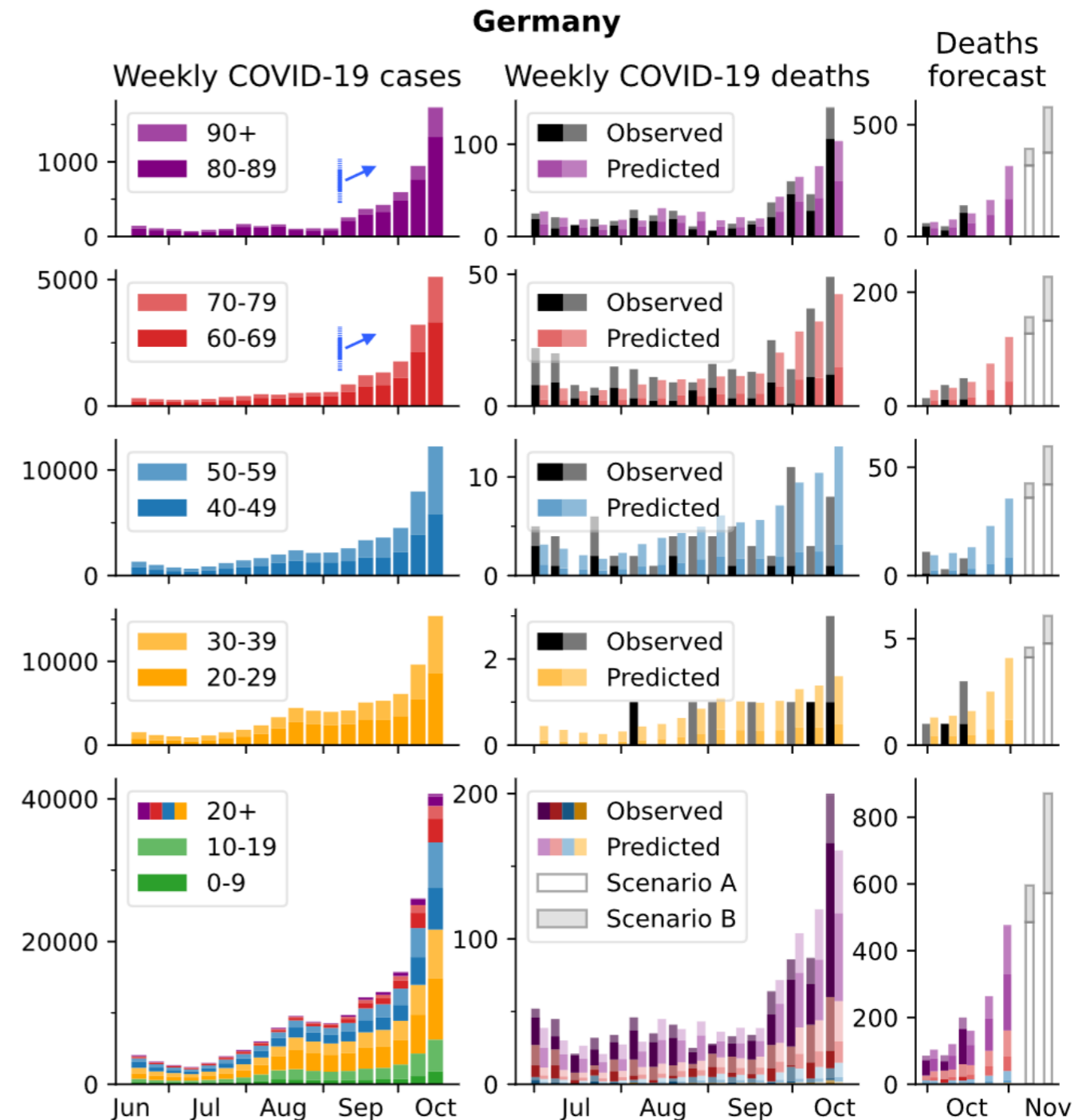
- **Effektivität von Maßnahmen abschätzen** und vorhersagen: Wieviel tragen einzelne „Nicht-Pharmazeutische Interventionen“ (NPI) zur Eindämmung bei?
- **Effektivität von Maßnahmen herleiten:** Der Beitrag von Test-Trace-Isolate (TTI) – also von „Testen-Kontaktnachverfolgen-Isolieren“ – und vom Impffortschritt zur Eindämmung von COVID-19
- **Niedrige Fallzahlen – Vorsorge statt Nachsehen**



Fallzahlen – Die Zuverlässigkeit der Wocheninzidenz



- **Infektionssterblichkeit** ist altersabhängig
- **Fallsterblichkeit** hängt vom Testen in den Altersgruppen ab
- → **Dunkelziffer** kann geschätzt werden
- → **Anzahl Todesfälle** je Altersgruppe kann vorhergesagt werden



[Linden et al., Deutsches Aerzteblatt Int., 2020, available at: <https://arxiv.org/pdf/2010.05850>]

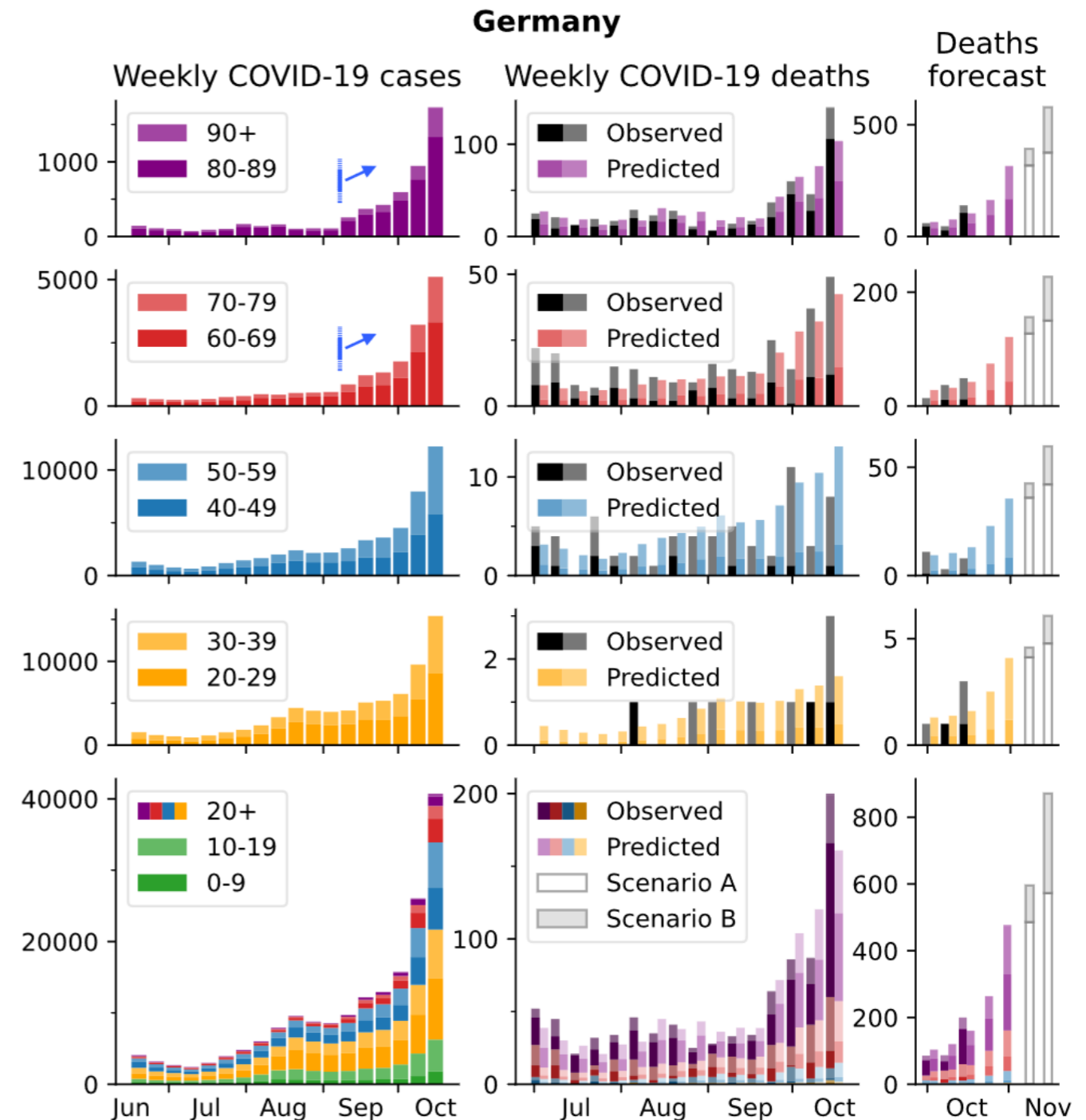
Levin et al. Eur. J Infect. Disease, 2020; <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10654-020-00698-1.pdf>

Fallzahlen – Die Zuverlässigkeit der Wocheninzidenz

- **Niedrige Inzidenz im Sommer, vor allem bei den Älteren**
- **Anstieg der Inzidenz erst bei den jüngeren, dann bei den älteren**
- → **Anstieg Todesfälle** in Folge des Anstiegs der Inzidenz bei den Älteren

Niedrige Fallzahlen der beste Schutz für vulnerable Menschen, wegen der niedrigen Dunkelziffer

Jedes Sicherheitskonzept hat Lücken. Die Lücken sind bei niedriger Dunkelziffer weniger gravierend.



COVID-19 Kontrollieren -

Niedrige Fallzahlen (Wocheninzidenz von etwa 10)

- Sie retten Leben
- Sie sichern Arbeitsplätze und Unternehmen, da sie Lockdowns vermeiden
- Bei niedrigen Fallzahlen kann die Ausbreitung effektiver kontrolliert werden
- Quarantäne und Kontaktnachverfolgung sind bei hohen Fallzahlen nicht durchführbar
- Natürliche "Herdenimmunität" ist keine Option
- Niedrige Fallzahlen erlauben Planbarkeit

→ **Konsens der Wissenschaften**

(Virologie, Epidemiologie, Soziologie, Wirtschaftswissenschaften,...): Niedrige Fallzahlen haben nur Vorteile für Gesundheit, Gesellschaft und Wirtschaft.

Positionspapier unterschrieben von *hundert* europäischen WissenschaftlerInnen:

C. Altmann, K. Becker, M. Brinkmann, S. Ciesek, C. Drosten, C. Fuest, G. Haug, M. Kleiner, H. Kroemer, R. Neugebauer, B. Prainsack, M. Stratmann, H. Streeck, L. Wieler, O. Wiestler [...]

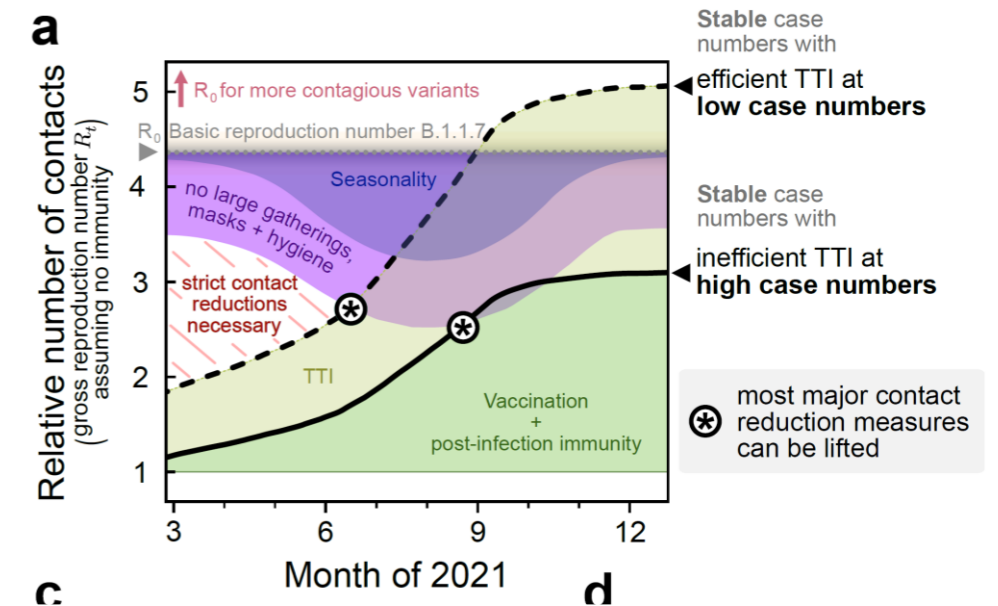
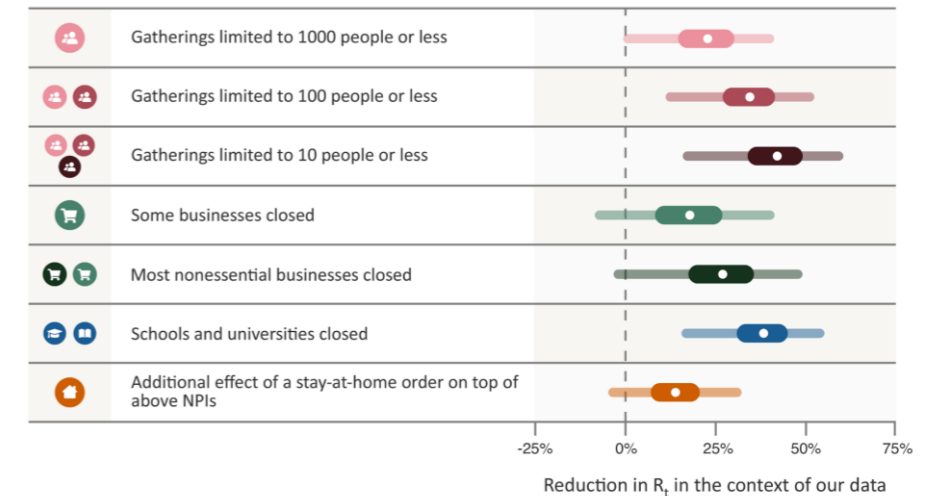
Positionspapier in "The Lancet", Unterstützende und Text auf <https://www.containcovid-pan.eu/>

COVID-19 Kontrollieren - Niedrige Fallzahlen (Wocheninzidenz von etwa 10)

- **Niedrige Fallzahlen haben nur Vorteile**, für Gesundheit, Gesellschaft und **Wirtschaft**.
<https://www.containcovid-pan.eu> & Priesemann et al., The Lancet, 2021
- **Konsens hunderter der WissenschaftlerInnen**
(Virologie, Epidemiologie, Soziologie, Psychologie, Wirtschaftswissenschaften,...)
- **Niedrige Fallzahlen sind erreichbar**
Derzeit starker Rückgang der Fallzahlen in Israel und GB. Dutzenden Landkreise waren unter Inzidenz 50 und sogar unter 35.
- **Niedrige Fallzahlen lassen sich halten.**
Kombination aus NPIs und flankierender Massnahmen (AHA...)
- **Ganz oder garnicht**
Eine halbe Kontrolle gibt es nicht. Eine halber Lockdown wirkt nicht.
- **Klares Ziel. Klare Kommunikation.**
- **Kurzfristige versus langfristige Ziele.**

Übersicht

- **Effektivität von Maßnahmen abschätzen** und vorhersagen: Wieviel tragen einzelne „Nicht-Pharmazeutische Interventionen“ (NPI) zur Eindämmung bei?
- **Effektivität von Maßnahmen herleiten:** Der Beitrag von Test-Trace-Isolate (TTI) – also von „Testen-Kontaktnachverfolgen-Isolieren“ – und vom Impffortschritt zur Eindämmung von COVID-19
- **Niedrige Fallzahlen – Vorsorge statt Nachsehen**



Thank you!

Priesemann Group

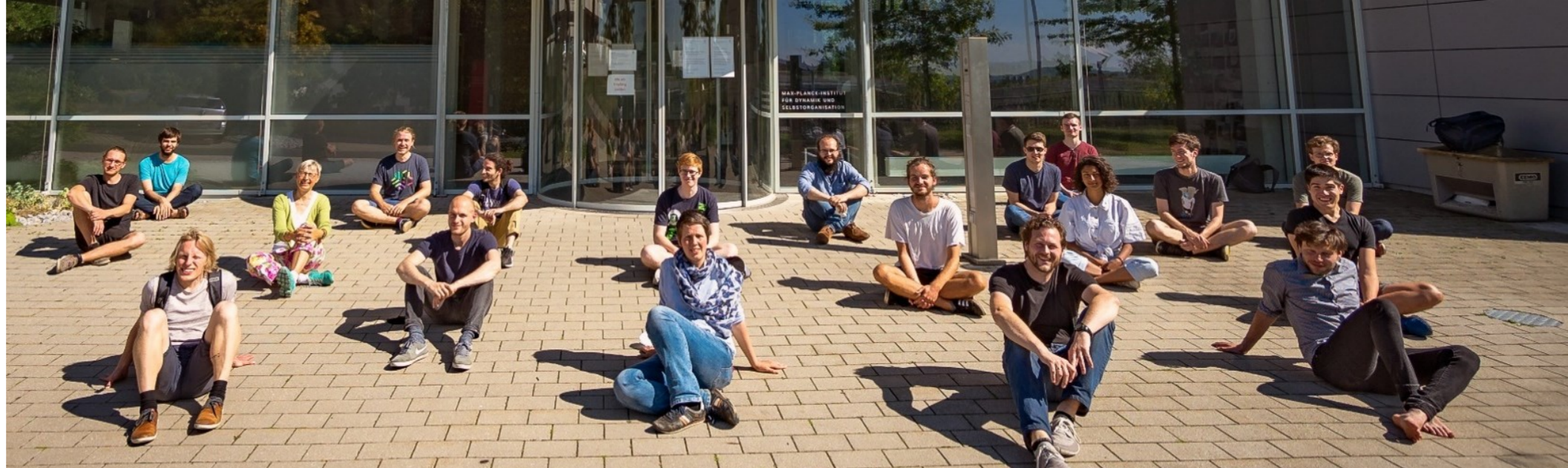
Sebastian Contreras
Jonas Dehning
David Ehrlich
Daniel Gonzalez Marx
Benedikt Grüger
Kira Herff
Emil Iftekhar
Matthias Linden
Matthias Loidolt
Fabian Mikulasch
Sebastian Mohr
Valentin Neuhaus
Lucas Rudelt
Alexander Schmidt
Andreas Schneider
Julian Schulz
Paul Spitzner
Patrick Vogt
Johannes Zierenberg
+ you?

External PhD students (co-supervised)

Benjamin Cramer (U Heidelberg)
Madhura Ketkar (ENI Göttingen)
Corentin Nelias (MPI-DS)

Alumni

Victor Brasch (EPFL)
Henrik von der Emde (Cambridge)
Jan Geisler (Max Planck School)
Jorge de Heuvel (U Mainz)
Annika Hagemann (Bosch)
Helge Heuer (U Göttingen)
Leonhard Leppin (MPI Garching)



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



SPP 2205
Evolutionary optimization
of neuronal processing

Moritz Layer (Cambridge)
Joao Neto (MPI-DS)
Bruno del Papa (MERK)
Bettina Royen (Max Planck School)
Mathias Sogorski (PSI, Berlin)
Jens Wilting (Bosch)

Discussions on COVID within the Göttingen Campus and beyond:

Heike Bickeböller, Philip Bittihn, Eberhard Bodenschatz, Wolfgang Brück, Alexander Ecker, Andreas Leha, Theo Geisel, Ramin Golestanian, Helmut Grubmüller, Stephan Herminghaus, Gerald Haug, Reinhard Jahn, Jürgen Jost, Norbert Lossau, Vladimir Zykov, Michael Meyer-Hermann, Iris Pigeot, Simone Scheithauer, Anita Schöbel, Ferdi Schüth,
Michael Wibral & Michael Wilczek



[Dehning et al., Science, May 2020]
[Dehning et al., medRxiv 2020]
[Contreras et al., Nature Commun (2021) / *arXiv:2009.05732*]
[Contreras et al., *arXiv:2011.11413*]
[Alwan et al., The Lancet 2020]
[Linden et al., Dt. Aerzteblatt Int. / *arXiv:2010.05850*]
[Priesemann et al., The Lancet, 2021]
[Priesemann et al., The Lancet, in press]

Referenzen:

www.containcovid-pan.eu