



Von der Grundlagenforschung zur Coronapandemie

Viola Priesemann

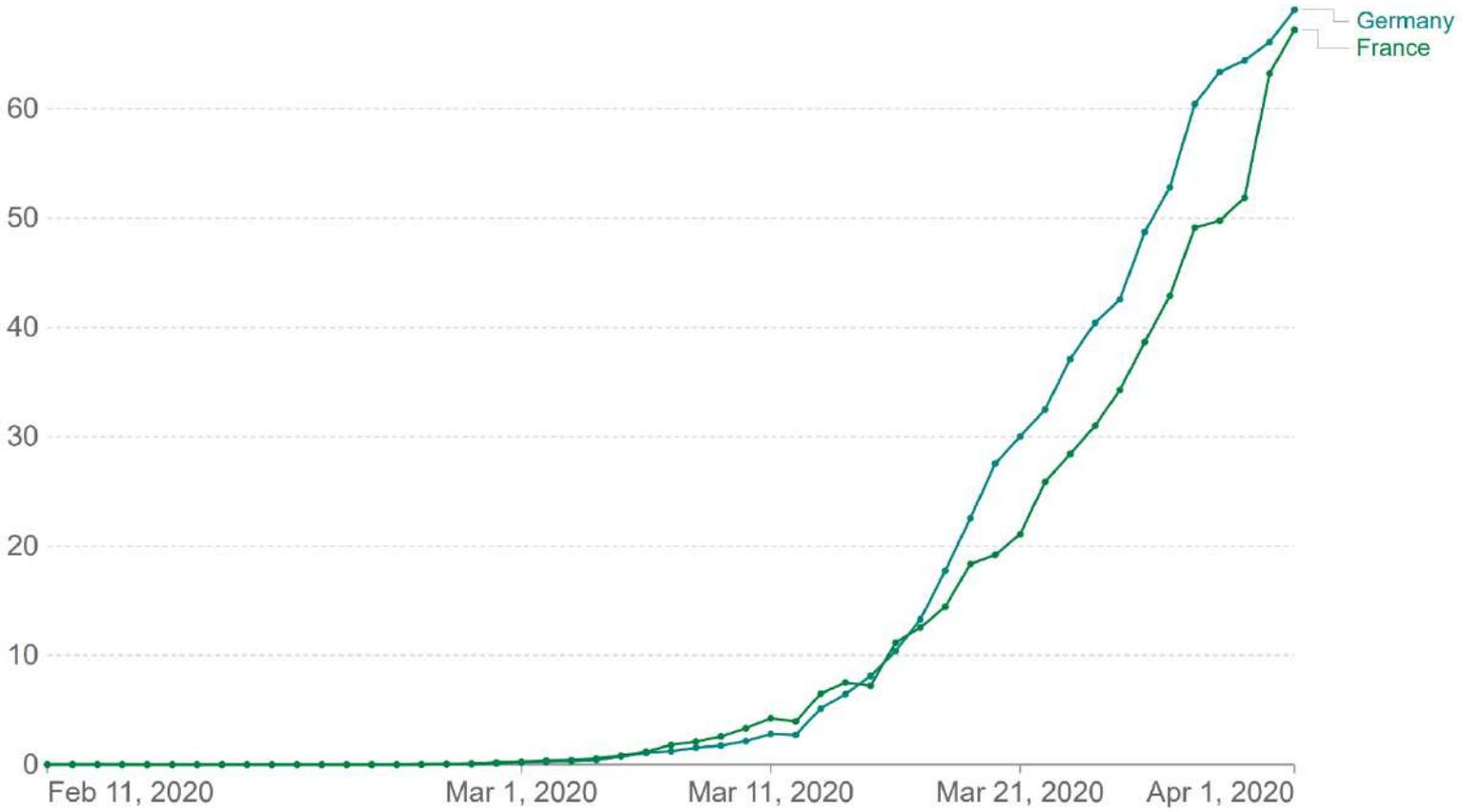
**Max-Planck-Institut
für Dynamik und
Selbstorganisation**

Göttingen

Fallzahlen März 2020

Daily new confirmed COVID-19 cases per million people

7-day rolling average. Due to limited testing, the number of confirmed cases is lower than the true number of infections.

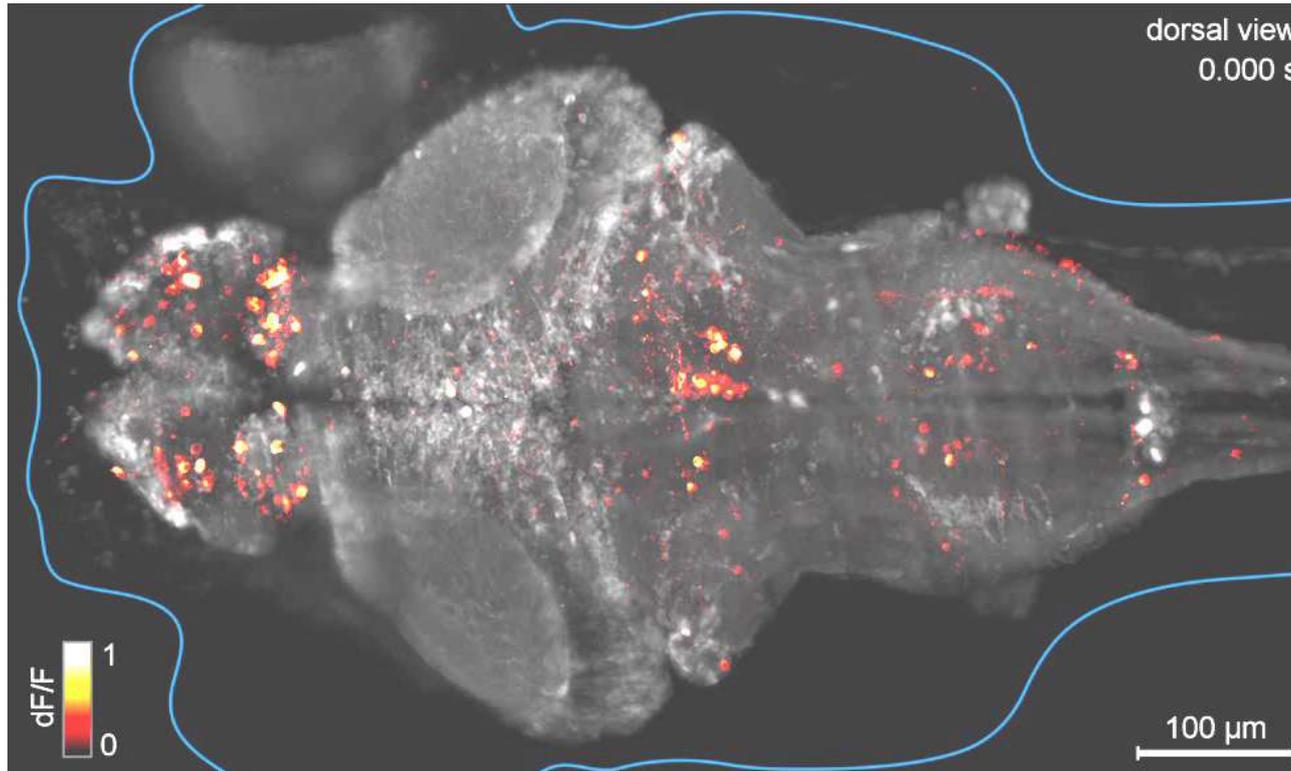


Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data

CC BY

Ausbreitung von neuronaler Aktivität

Light sheet fluorescence imaging in a zebra fish larva



Die Ausbreitung von Aktivität Schätzen (→ R-Wert)

Menschliches Gehirn:
80 Milliarden Neurone

Experimente können
nur einen winzigen Bruchteil davon
messen.

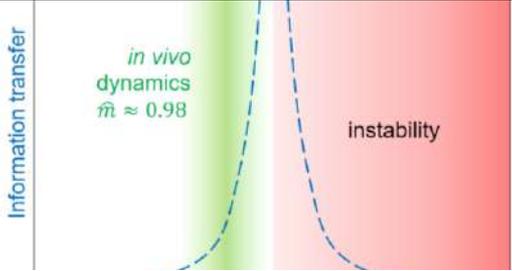
→ Bias, wenn Ausbreitung (R-Wert)
geschätzt wird. → Neue Methoden

→ COVID-19
Wesentlich bessere Datenlage

Neto, Spitzner & VP, arxiv
Spitzner et al., Plos One, 2021
Wilting & VP, Cerebral Cortex, 2019
Wilting & VP, Nature Communications, 2018
Levina & VP, Nature Communications, 2017

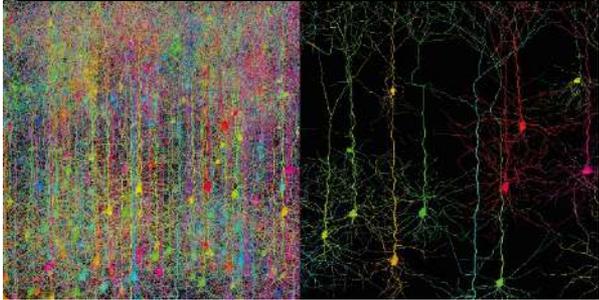
Physik komplexer Systeme

Spreading Dynamics and Phase Transitions



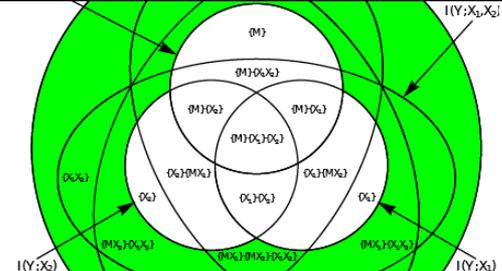
VP et al., Plos Comp Biol., 2013
 Wilting & VP, Cerebr. Ctx, 2019
 Wilting & VP, Curr Op Neurosci, 2019
 Neto, Spitzner & VP, arxiv; Spitzner et al., arxiv

Subsampling Theory



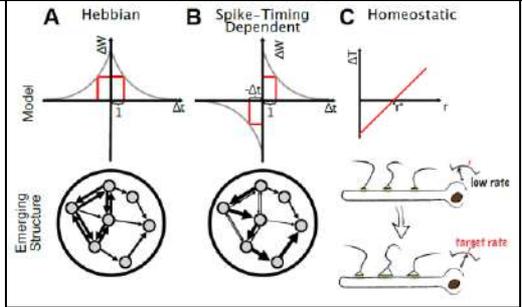
VP et al., 2009, 2013, 2014
 Levina & VP, Nat. Commun., 2017
 Wilting & VP, Nat. Commun., 2018
 Zierenberg et al., PRE & PRR, 2020

Information Theory to Quantify & Design Computation



Wibral, Lizier & VP, Matter to Life, 2017
 Wollstadt et al., Plos CB, 2017
 Wibral et al., Entropy, 2017
 Rudelt, ... VP, biorxiv, 2020

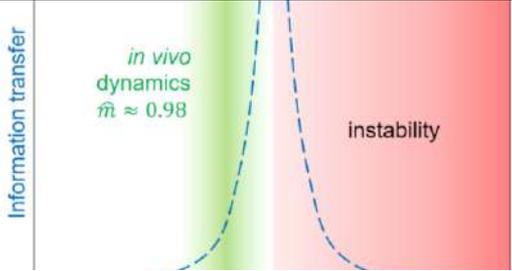
Local Learning Rules to Optimize Computation



Zierenberg, ... VP, Phys Rev X, 2018
 del Papa, VP & Triesch, 2017, 2019
 Cramer, ... VP, Nat Commun., 2020
 Mikulasch, Rudelt & VP, arxiv; Loidolt et al., arxiv

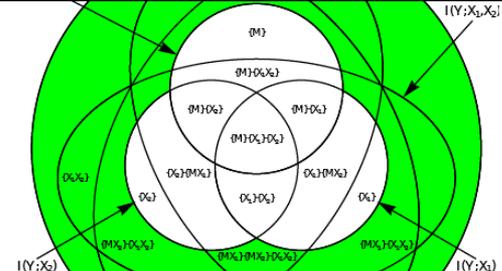
Physik komplexer Systeme

Spreading Dynamics and Phase Transitions



COVID-19
 Dehning, ... VP, Science, 2020
 Linden, ... VP, Dtsch Arztebl Int, 2020
 Bauer, ... VP, Plos Comp Biol, 2021
 Contreras ... VP, Nat Commun, 2021
 Contreras ... VP, Science Adv, 2021
 Iftekhar, VP ... The Lancet R.H.E. 2021
 VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

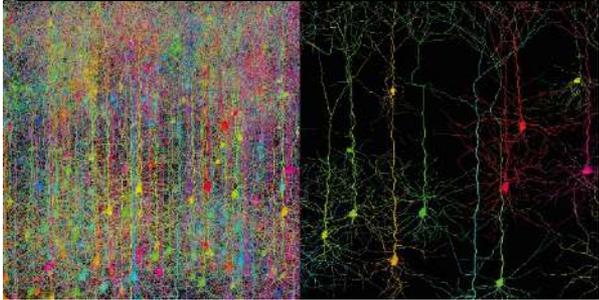
Information Theory to Quantify & Design Computation



VP et al., Plos Comp Biol., 2013
 Wilting & VP, Cerebr. Ctx, 2019
 Wilting & VP, Curr Op Neurosci, 2020
 Neto, Spitzner & VP, arxiv; Spitzner et al., arxiv

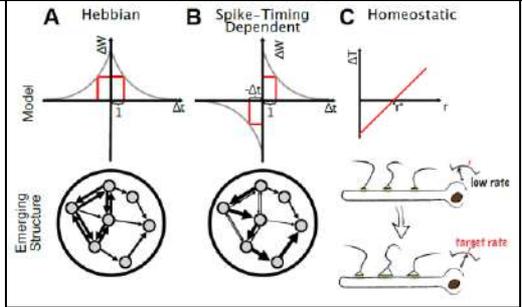
Oral, Lizier & VP, Matter to Life, 2017
 Wollstadt et al., Plos CB, 2017
 Wibral et al., Entropy, 2017
 Rudelt, ... VP, biorxiv, 2020

Subsampling Theory



VP et al., 2009, 2013, 2014
 Levina & VP, Nat. Commun., 2017
 Wilting & VP, Nat. Commun., 2018
 Zierenberg et al., PRE & PRR, 2020

Local Learning Rules to Optimize Computation



Zierenberg, ... VP, Phys Rev X, 2018
 del Papa, VP & Triesch, 2017, 2019
 Cramer, ... VP, Nat Commun., 2020
 Mikulasch, Rudelt & VP, arxiv; Loidolt et al., arxiv

Überblick

- **März 2020:**
Schätzung der Ausbreitung und Änderung des R-Wertes im Zusammenhang mit den Interventionen

Dehning et al., Science, 2020

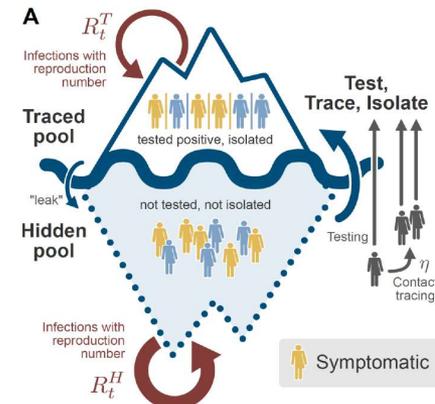
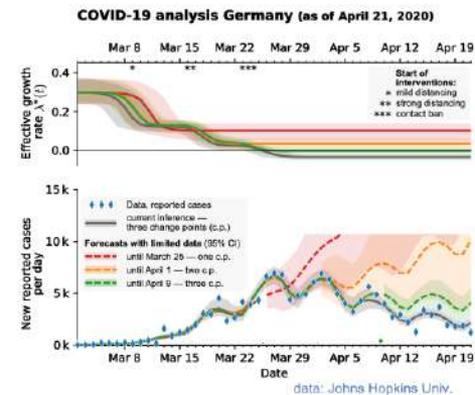
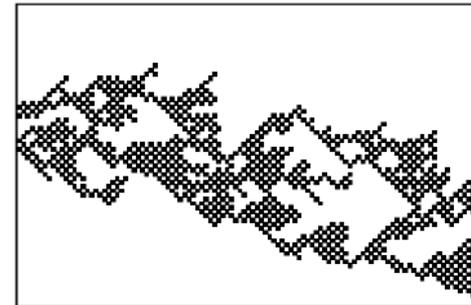
- **Wirkung der Massnahmen systematisch herleiten**

Bauer et al., Prieemann, Plos Comp Biol, 2021
Contreras et al., Nat Commun, 2021
Contreras et al., Science Adv, 2021
Iftexhar et al., The Lancet RH Europe, 2021
Linden et al., Dt Arzteblatt Int, 2020

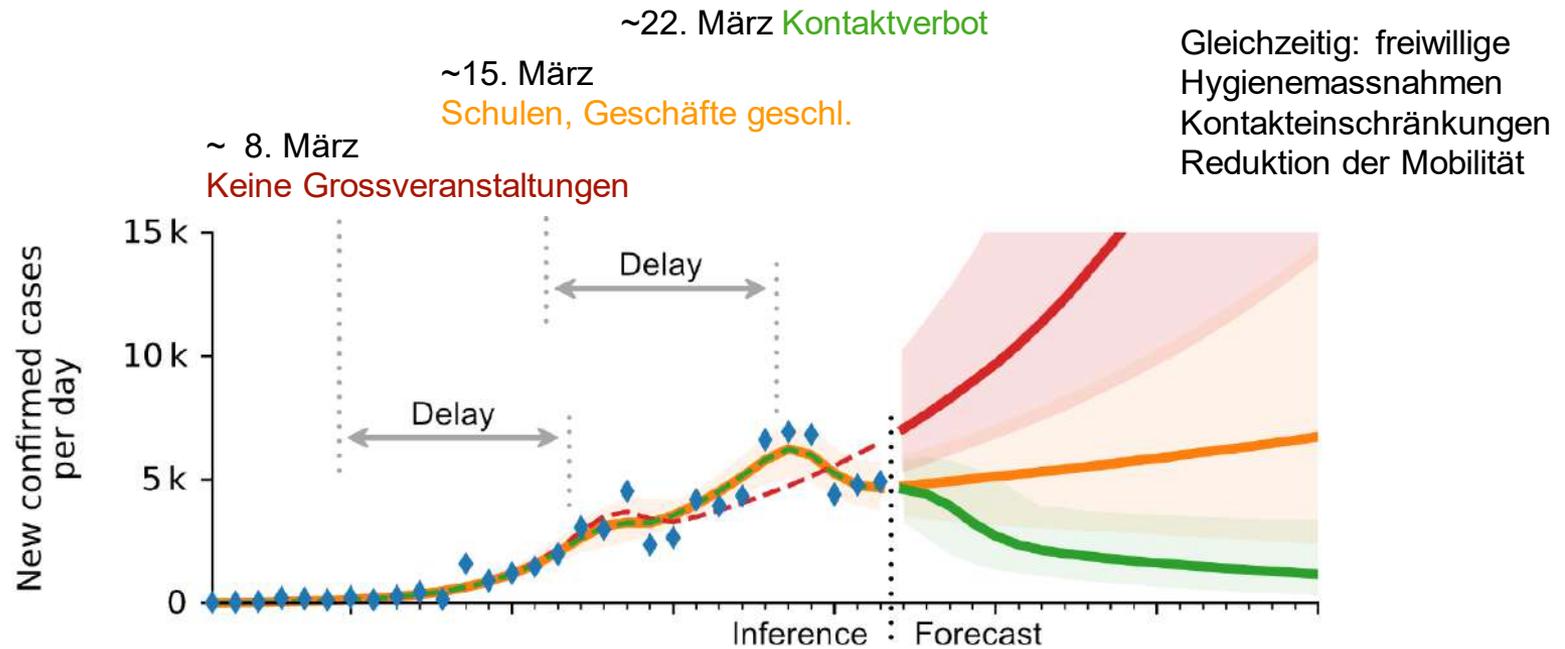
- **Europäische Koordination & Standardisierung**

VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

- **Ausblick**

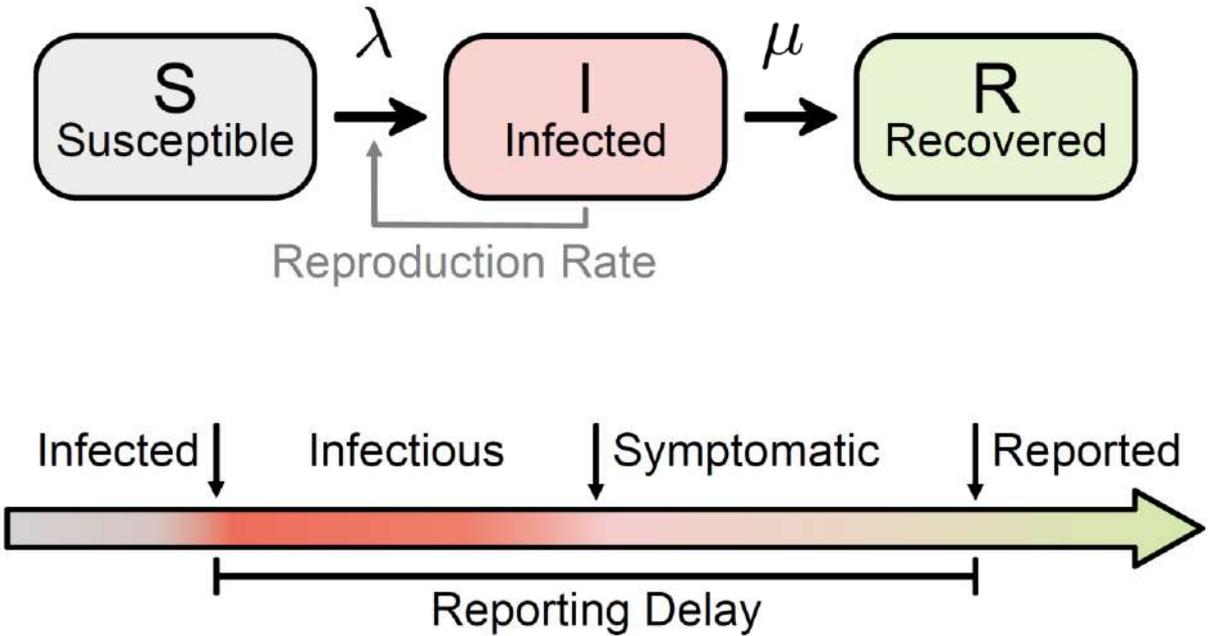


Täglich berichtete Fallzahlen, Deutschland März 2020



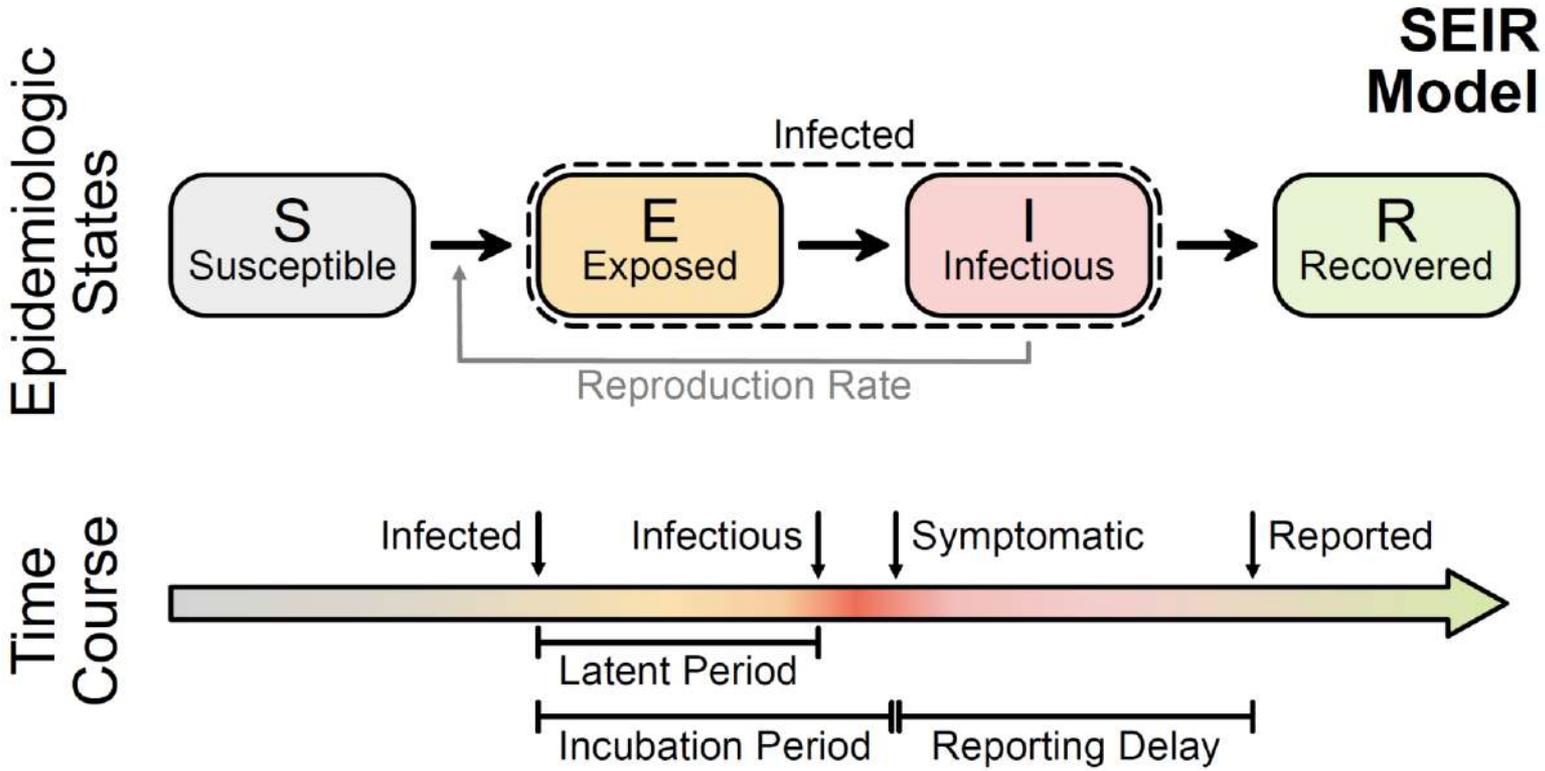
SIR: Susceptible-Infected-Recovered

SIR Model

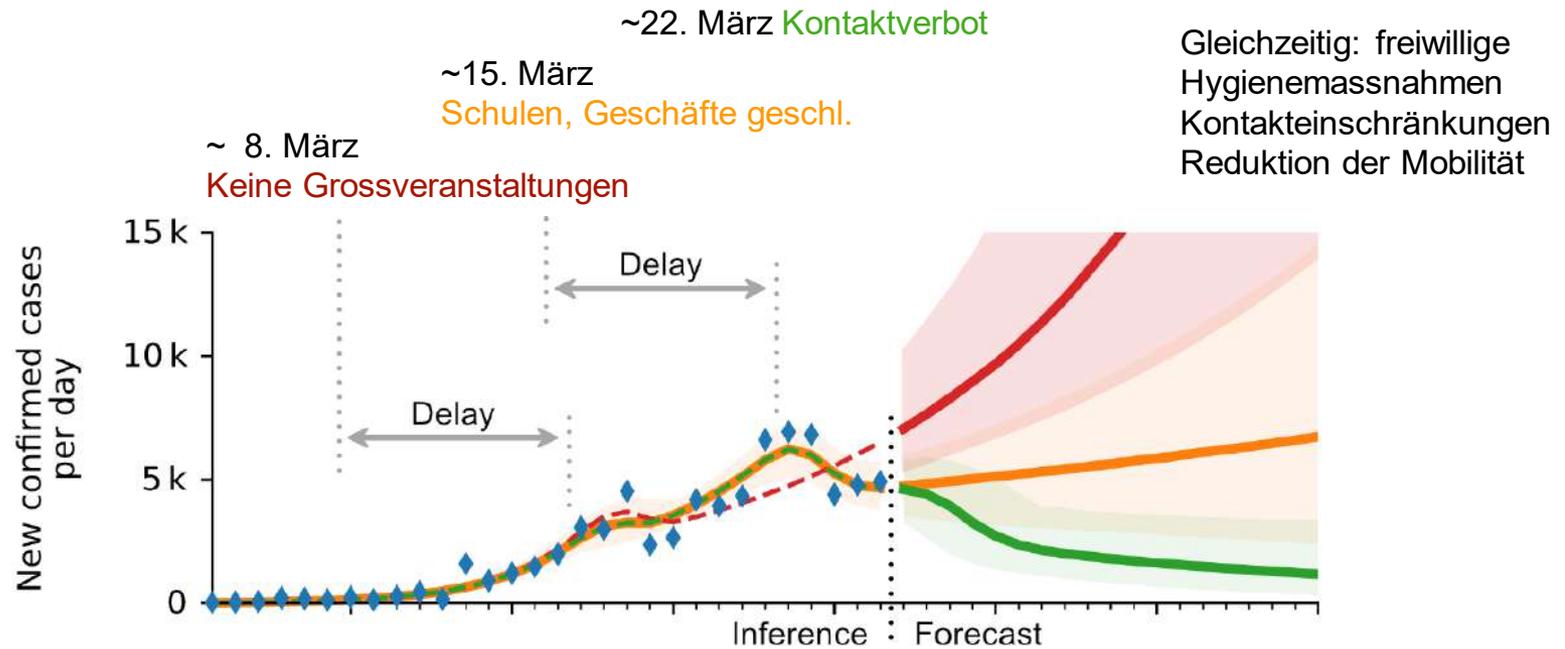


$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\lambda \frac{SI}{N} \\ \frac{dI}{dt} &= \lambda \frac{SI}{N} - \mu I \\ \frac{dR}{dt} &= \mu I \end{aligned}$$

SEIR: Susceptible-Exposed-Infected-Recovered



Täglich berichtete Fallzahlen, Deutschland März 2020



- Nach dem 22. März sank die Reproduktionszahl R deutlich unter $R = 1$.
- Dieser „Lockdown“ hat die Fallzahlen alle 1-2 Wochen um den Faktor 2 reduziert ($R \approx 0,8$)
- Stärkere Massnahmen führen zu ungleich deutlicherem und schnellerem Rückgang
 - $R = 0.9$: Halbierung dauert einen Monat
 - $R = 0.7$: Halbierung dauert eine Woche

Die Wirkung der Massnahmen schätzen



Überblick

- **März 2020:**
Schätzung der Ausbreitung und Änderung des R-Wertes im Zusammenhang mit den Interventionen

Dehning et al., Science, 2020

- **Wirkung der Massnahmen systematisch herleiten**

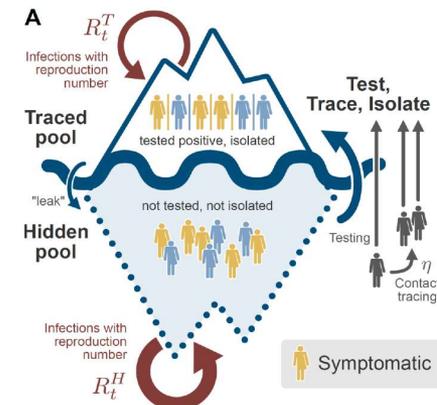
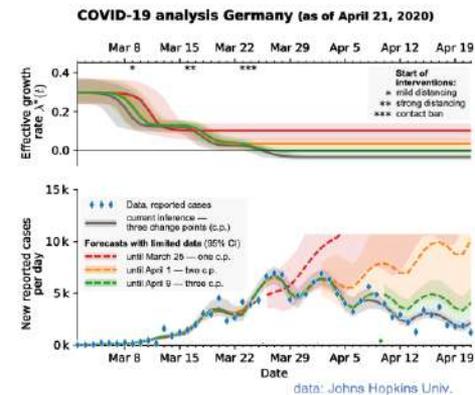
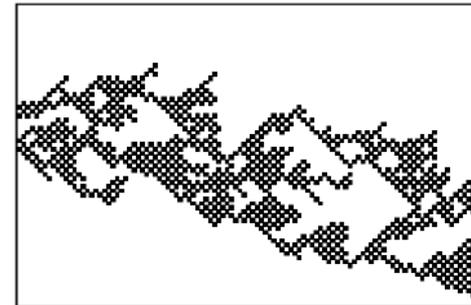
Bauer et al., Prieemann, Plos Comp Biol, 2021
Contreras et al., Nat Commun, 2021
Contreras et al., Science Adv, 2021

- Iftekhar et al., The Lancet RH Europe, 2021
Linden et al., Dt Arzteblatt Int, 2020

- **Europäische Koordination & Standardisierung**

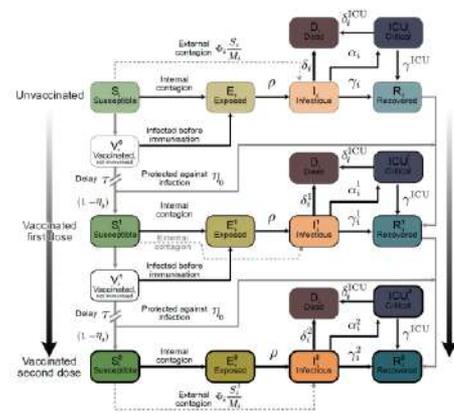
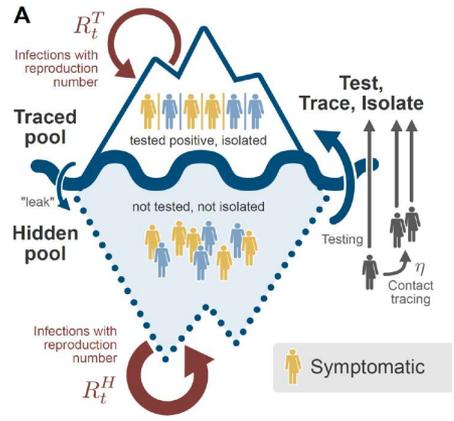
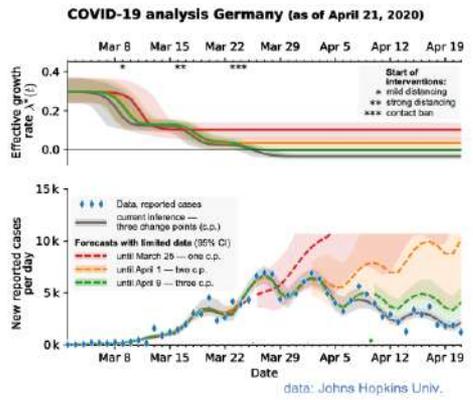
VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

- **Ausblick**

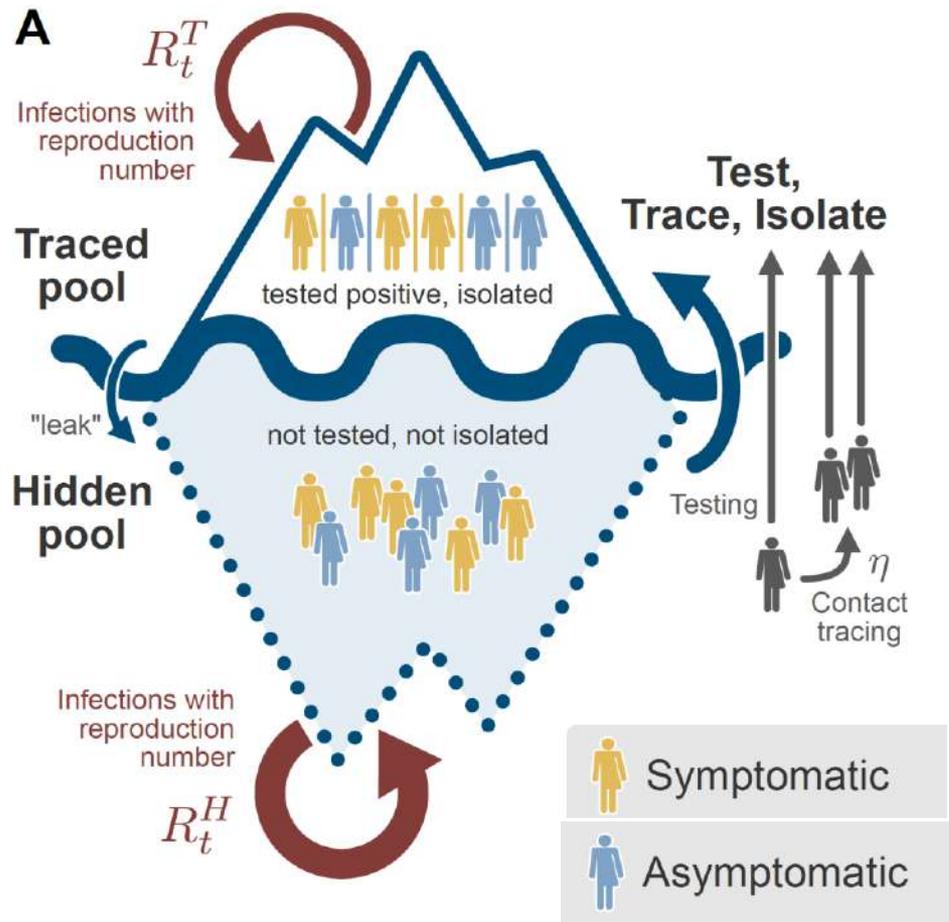


Mechanismen der COVID-19 Ausbreitung

- Frühes Eingreifen** reduziert die Anzahl Infizierter in einer Welle extrem deutlich (Dehning et int. VP, Science 2020)
- Starkes Eingreifen** führt zu einer extrem viel schnelleren Reduktion der Fallzahlen. (Dehning et int. VP, Science 2020)
- Kipppunkt** erschwert die Eindämmung von COVID-19, wenn die Fallzahlen zu hoch sind, da Testen und Kontaktnachverfolgen ineffektiv u. langsam werden. (Contreras et int VP, Nat Commun 2021) (Contreras et int VP, Science Adv., 2021)
- Der Fortschritt des Impfens** bestimmt, wie stark gelockert werden kann (Bauer, et int VP, Plos Comp Biol., 2021)
- Schätzung der Dunkelziffer** (zur Orientierung: Faktor 6 in der ersten Welle, danach unter Faktor 2). (Linden et int VP, Dt. Arztebl Int, 2020)



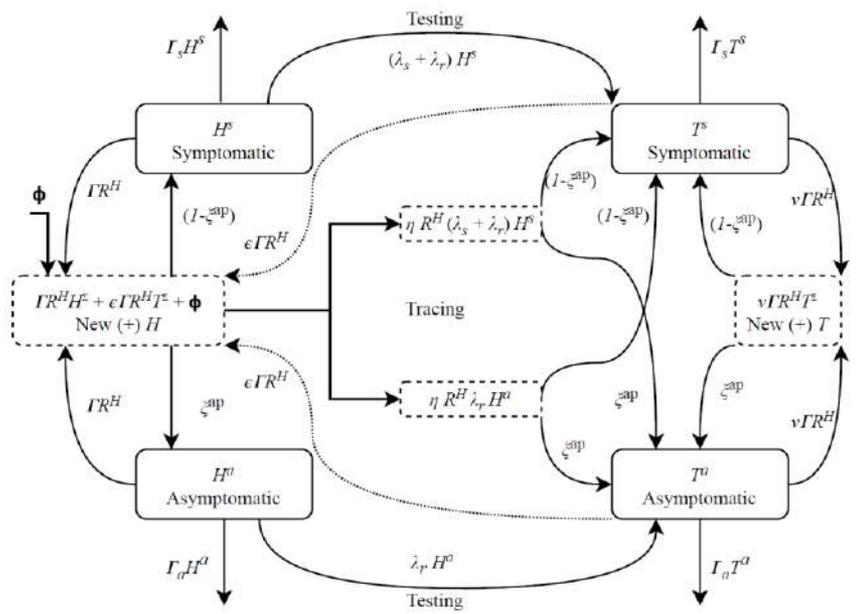
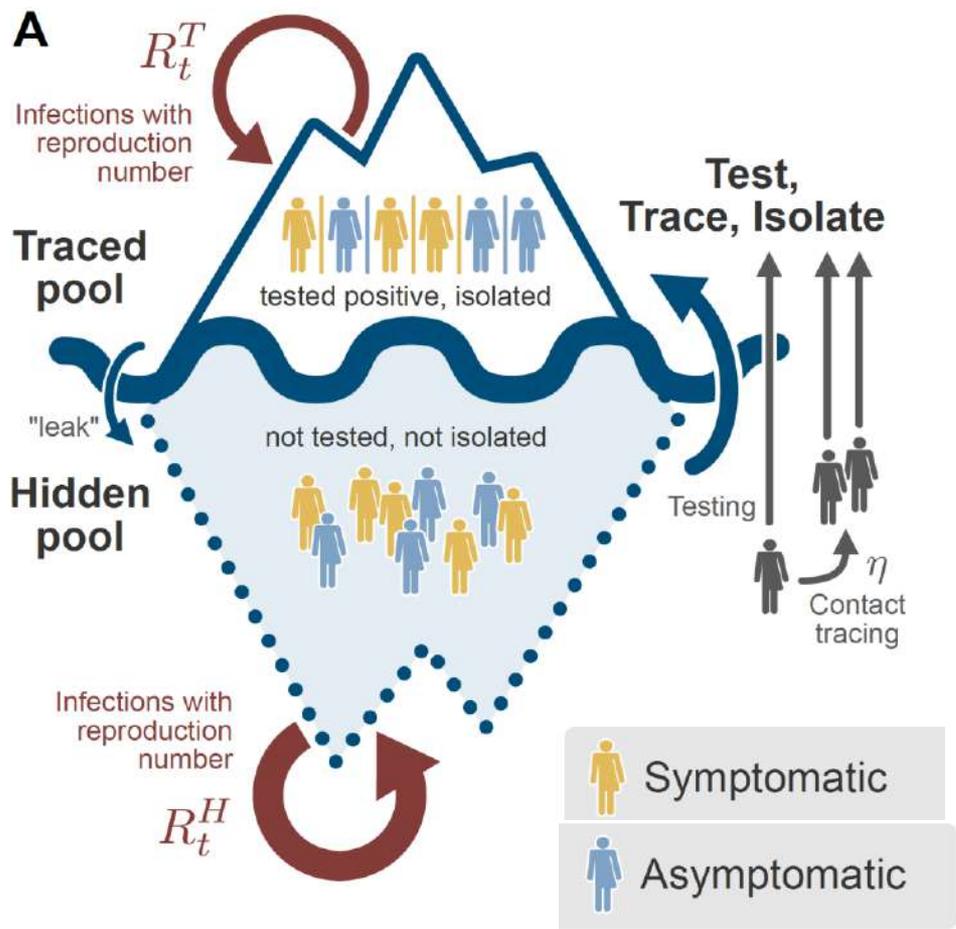
Die Wirkung der Kontaktnachverfolgung ("Test-Trace-and-Isolate" TTI)



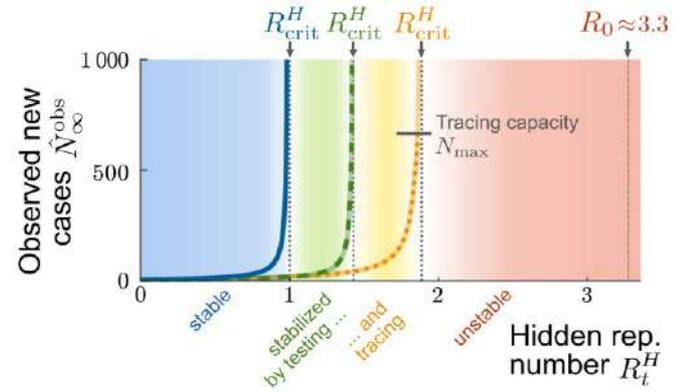
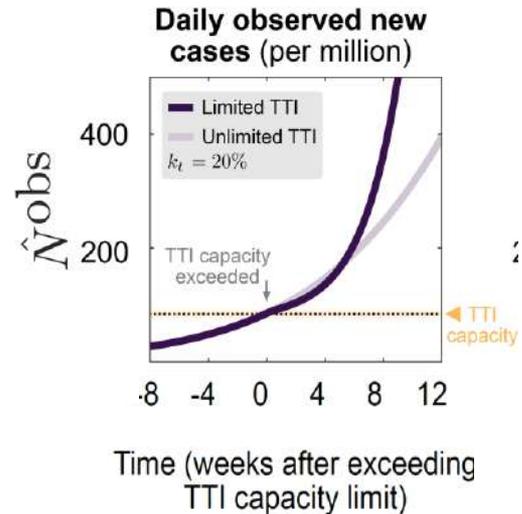
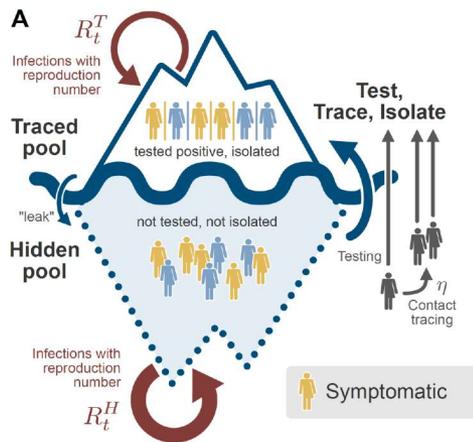
Kontaktnachverfolgung ist nicht perfekt:

- Pre- und asymptomatische Ansteckung
- Teil 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**

Die Wirkung der Kontaktnachverfolgung ("Test-Trace-and-Isolate" 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).

Bei niedrigen Fallzahlen erlaubt das TTI, dass jeder Person mehr Kontakte hat: Statt nur 1 Person (Stabilität!) kann man fast zwei Personen "ausversehen" anstecken.

[Contreras et al., Priesemann, Nature Communications, 2021]
 [Contreras et al., Priesemann, Science Advances, 2021]

Überblick

- **März 2020:**
Schätzung der Ausbreitung und Änderung des R-Wertes im Zusammenhang mit den Massnahmen

Dehning et al., Science, 2020

- **Wirkung der Massnahmen mit Modellen herleiten**

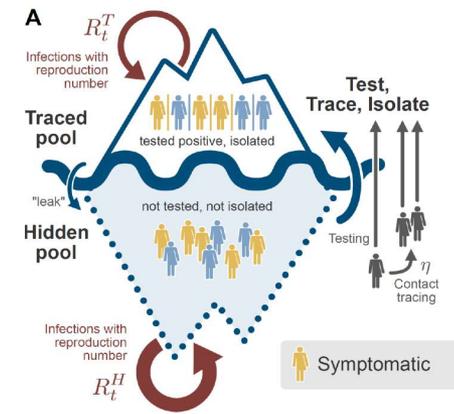
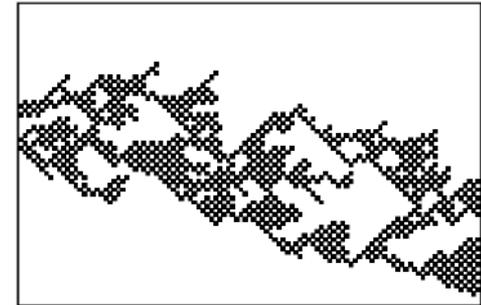
Bauer et al., Prieemann, Plos Comp Biol, 2021
Contreras et al., VP, Nat Commun, 2021
Contreras et al., VP, Science Adv, 2021

- Iftekhar et al., The Lancet RH Europe, 2021
Linden et al., VP, Dt Arzteblatt Int, 2020

- **Europäische Koordination & Standardisierung**

VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

- **Ausblick**



COVID-19 kann nicht allein auf nationaler Ebene angegangen werden → Pan-European Coordination

- Expertenpapier von dutzenden Wissenschaftler:innen aus ganz Europa von verschiedener Disziplinen (Virologie, Soziologie, Epidemiologie, Wirtschaft, öffentliche Gesundheit...)
- Ersatz eines Expertenrates
- Politische Beratung
- Inzwischen drei internationale Papiere und einige deutsche.



Calling for pan-European commitment for rapid and sustained reduction in SARS-CoV-2 infections

Across Europe, the COVID-19 pandemic is causing excess deaths, placing a burden on societies and health systems and harming the economy. European governments have yet to develop a common vision to guide the management of the pandemic. Overwhelming evidence shows that not only public health, but also society and the economy benefit greatly from reducing cases of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection. Vaccines will help control the virus, but not until late 2021.

If European governments do not act now, further waves of infection are

to be expected, with consequential damage to health, society, jobs, and businesses. With open borders across Europe, a single country alone cannot keep the number of COVID-19 cases low; joint action and common goals among countries are therefore essential. We therefore call for a strong, coordinated European response and clearly defined goals for the medium and long term. Achieving and maintaining low case numbers should be the common, pan-European goal for the following reasons.

First, low case numbers save lives, and fewer people will die or suffer from long-term effects of COVID-19. In addition, medical resources will not be diverted from other patients in need.

Second, low case numbers save jobs and businesses. The economic impact of COVID-19 is driven by viral

Panel: A Joint European strategy for the COVID-19 pandemic

1. Achieve low case numbers

- Aim for a target of no more than ten new COVID-19 cases per million people per day. This target has been reached in many countries, and can be reached again throughout Europe by spring, 2021, at the latest.
- Take firm action to reduce case numbers quickly. Strong interventions have proven efficient and balance the rapid achievement of low case numbers against the strain on mental health and the economy.
- To avoid a ping-pong effect of importing and reimporting severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infections, the reduction should be synchronised across all European countries and start as soon as possible. This synchronisation will allow European borders to stay open.

2. Keep case numbers low

- When case numbers are low, easing of restrictions is possible but should be carefully monitored. Continue and improve targeted mitigation measures, such as mask wearing, hygiene, moderate contact reduction, testing, and contact tracing.

Expert Paper signed by more than 1000 European scientists.

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 [...]

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

Text and Supporters <https://www.containcovid-pan.eu>

Überblick

- **März 2020:**
Schätzung der Ausbreitung und Änderung des R-Wertes im Zusammenhang mit den Interventionen

Dehning et al., Science, 2020

- **Wirkung der Massnahmen mit Modellen herleiten**

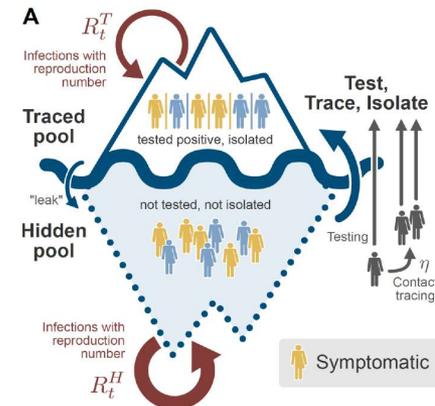
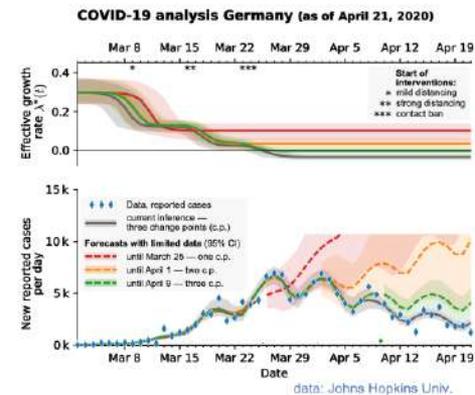
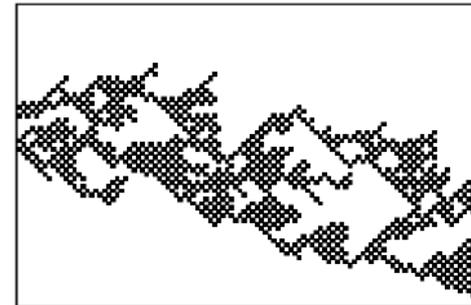
Bauer et al., Prieemann, Plos Comp Biol, 2021
Contreras et al., Nat Commun, 2021
Contreras et al., Science Adv, 2021

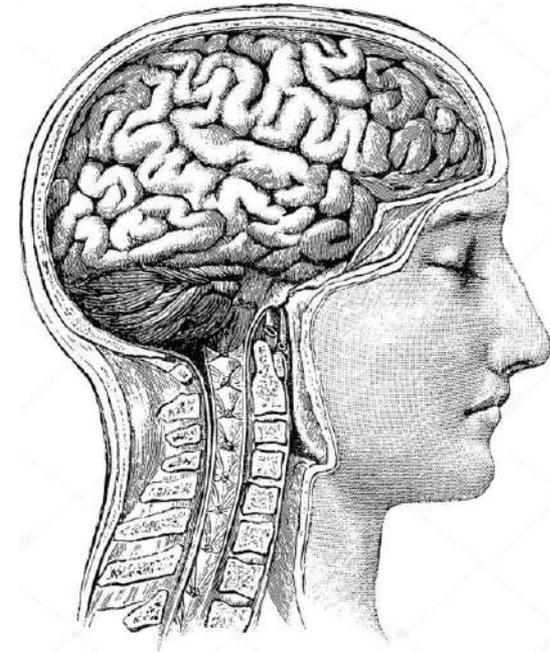
- Iftekhar et al., The Lancet RH Europe, 2021
Linden et al., Dt Arzteblatt Int, 2020

- **Europäische Koordination & Standardisierung**

VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

- **Ausblick**





Selbstorganisation lebender neuronaler Netze

- “Infogenese”
- Lernen
- Informationsfluss
- Ausbreitungsdynamik

Pandemie – Infodemie

- Informations- und
Virusausbreitung
beeinflussen sich
gegenseitig
- Selbstregulation von
Verhalten

Ziel

- Energieeffiziente
künstliche Intelligenz
- Selbstregulation
komplexer Netzwerke
- Vorbereitung auf
zukünftige Krisen

Levina & Priesemann, Nature Communications, 2017
Wilting & Priesemann, Nature Communications, 2018
Zierenberg, Wilting & Priesemann, Physical Review X, 2018
Wilting & Priesemann, Cerebral Cortex, 2019
Dehning et int., Priesemann, Science, 2020
Cramer et int., Priesemann, Nature Communications, 2020
Contreras et int., Priesemann, Nature Communications, 2021
Contreras et int., Priesemann, Science Advances, 2021
Jaehne et int., Priesemann, Cell Reports, 2021
Milkulasch, Rudelt, Priesemann, arxiv

Überblick

- **März 2020:**
Schätzung der Ausbreitung und Änderung des R-Wertes im Zusammenhang mit den Interventionen

Dehning et al., Science, 2020

- **Wirkung der Massnahmen mit Modellen herleiten**

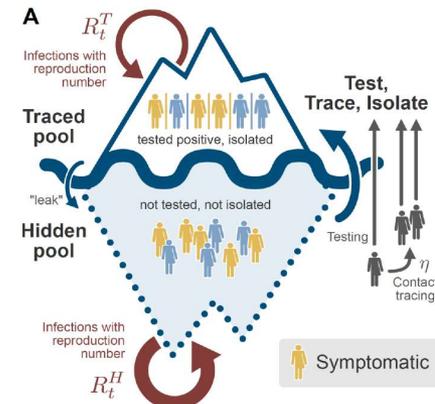
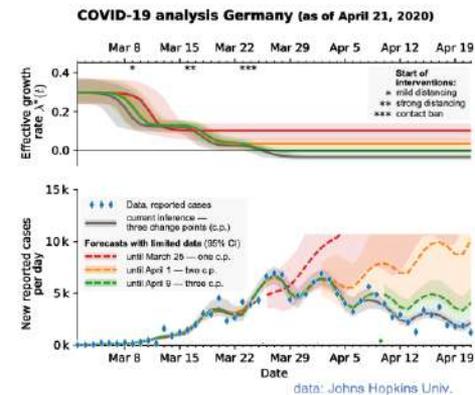
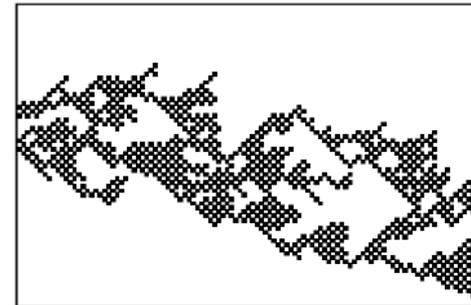
Bauer et al., Prieemann, Plos Comp Biol, 2021
Contreras et al., Nat Commun, 2021
Contreras et al., Science Adv, 2021

- Iftekhar et al., The Lancet RH Europe, 2021
Linden et al., Dt Arzteblatt Int, 2020

- **Europäische Koordination & Standardisierung**

VP et al., The Lancet, 2021a,b,c

- **Ausblick**



Thank you!

Priesemann Group

Simon Bauer
Sebastian Contreras
Jonas Dehning
David Ehrlich
Daniel Gonzalez Marx
Kira Herff
Emil Iftekhar
Matthias Linden
Matthias Loidolt
Fabian Mikulasch
Sebastian Mohr
Joao Neto
Valentin Neuhaus
Lucas Rudelt
Alexander Schmidt
Andreas Schneider
Julian Schulz
Paul Spitzner
Patrick Vogt
Johannes Zierenberg



MAX-PLANCK-GESellschaft

External PhD students (co-supervised)

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

Alumni

Bruno del Papa (MERK)
Jan Geisler (Max Planck School)
Bettina Royen (Max Planck School)
Jorge de Heuvel (U Mainz)
Annika Hagemann (Bosch)
Helge Heuer (U Göttingen)

Leonhard Leppin (MPI Garching)
Jens Wilting (Bosch)
Matthias Loidolt (Oxford)
Henrik von der Emde (Cambridge)
Mathias Sogorski (PSI, Berlin)
Moritz Layer (Cambridge)
Victor Brasch (EPFL)

**COVID-19 Expert Consortium
of 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, Fredi Schüth,
Michael Wibrál & Michael Wilczek



SPP 2205
Evolutionary optimization
of neuronal processing

