

Folien zum Vortrag in der Reihe

“Samstags zwischen Brötchen und Borussia - Moderne Physik für Alle“, Feb. 2021

<https://www.youtube.com/watch?v=Hy6FaoTumoU&feature=youtu.be>

Die Physik der Pandemie

heinz.hoevel@tu-dortmund.de

06. Februar 2021, Technische Universität Dortmund

Prof. Dr. Heinz Hövel

Die Physik der Pandemie

Orientierungshilfen durch den Nachrichten-Dschungel

Sicher haben Sie auch die Erfahrung gemacht, dass es zum Thema der Corona-Pandemie in den diversen "Corona-News-Tickern" zuweilen fast zu viele und oft zu ungeprüfte Nachrichten-Meldungen gab. In diesem Vortrag werden aus dem Blickwinkel der Physik einige Grundphänomene skizziert, die als Analogie dann auch beim Verständnis der Vorgänge bei der Entstehung und Ausbreitung von Infektionen helfen können. Dies kann ergänzend zu anderen Quellen hoffentlich einen Beitrag dazu leisten sich im Nachrichten-Dschungel eine eigene möglichst fundierte Meinung zu bilden und Plausibles von Unplausiblen zu unterscheiden.

Motivation

Modellierung

Exponentielles Wachstum

Diffusion

Statistik

Lüftung

Motivation

China setzt auf Binnenwirtschaft

05:40 Uhr

China kündigt weitere wirtschaftspolitische Maßnahmen an. Die weltweite Nachfrage sei infolge des Ausbruchs des Coronavirus deutlich eingebrochen und der Handel stünde vor beispiellosen Herausforderungen, sagt Chinas Handelsminister Zhong Shan auf einer Pressekonferenz in Peking. Der Virusausbruch sei für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung des Landes "ein gewaltiger Schock". Die Regierung wolle daher die Binnennachfrage ankurbeln und den Konsum fördern. Details nannte er aber nicht.

RKI: Zwei Neuinfektionen - keine Toten

04:57 Uhr

Deutschland verzeichnet nach Daten des Robert Koch-Instituts (RKI) binnen 24 Stunden nur zwei Neuinfektionen und keine weiteren Todesfälle im Zusammenhang mit dem Virus. Die Gesamtzahl der Fälle liegt demnach bei 174,355. Die Zahl der Todesfälle bleibt unverändert bei 7914.

 finale Konzepte

Deutschland
te Karte zeigt Coronavirus-Fälle
llzahlen je Bundesland. | mehr

06:10
18.05.2020 

Wissen > Coronavirus in Deutschland und der Welt : Zwei Neuinfektionen und keine weiteren Todesfälle in Deutschland

Coronavirus in Deutschland und der Welt

05:22 Uhr

Zwei Neuinfektionen und keine weiteren Todesfälle in Deutschland

Virus-Ausbreitung stark entschleunigt + Straubing überschreitet Höchstgrenze - dennoch keine Lockdown + Der Newsblog VON [GLORIA GEYER](#), [KAI PORTMANN](#) UND [PAUL GÄBLER](#)

7899

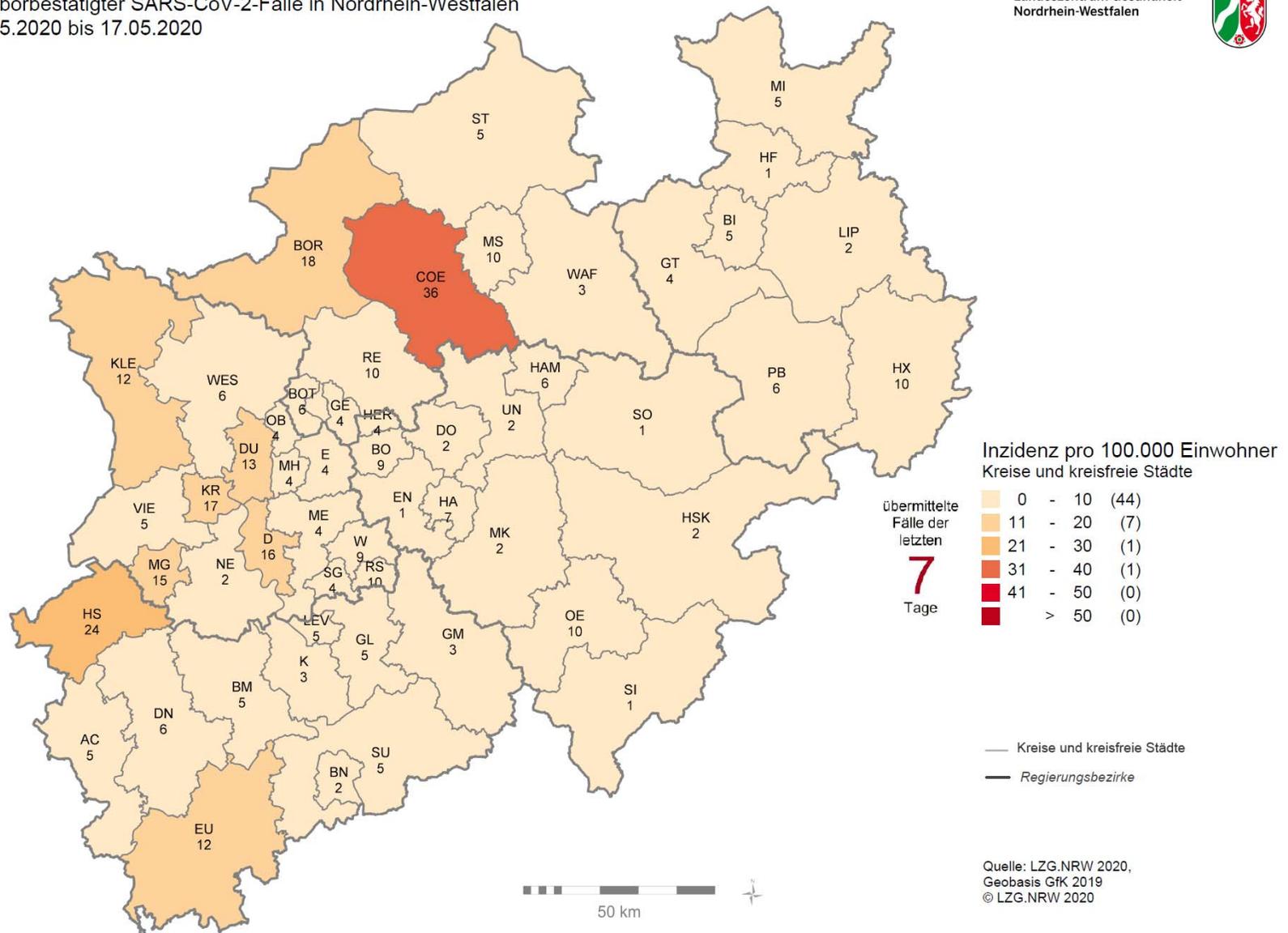
- Print
- Email
- Facebook
- Twitter



NACH OBEN

7-Tages-Aktivität
Anzahl laborbestätigter SARS-CoV-2-Fälle in Nordrhein-Westfalen
vom 11.05.2020 bis 17.05.2020

Landeszentrum Gesundheit
Nordrhein-Westfalen



China setzt auf Binnenwirtschaft

05:40 Uhr

China kündigt weitere wirtschaftspolitische Maßnahmen an. Die weltweite Nachfrage sei infolge des Ausbruchs des Coronavirus deutlich eingebrochen und der Handel stünde vor beispiellosen Herausforderungen, sagt Chinas Handelsminister Zhong Shan auf einer Pressekonferenz in Peking. Der Virusausbruch sei für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung des Landes "ein gewaltiger Schock". Die Regierung wolle daher die Binnennachfrage ankurbeln und den Konsum fördern. Details nannte er aber nicht.

Mexiko: 50.000 Infizierte - Dunkelziffer könnte neun Mal höher sein

04:05 Uhr

Mexiko meldet 2075 Neuinfektionen binnen 24 Stunden. Die Gesamtzahl der offiziell bestätigten Fälle liegt damit bei 49.219 Fällen. Die Zahl der Todesfälle steigt um 132 auf insgesamt 5177. Der stellvertretende Gesundheitsminister Hugo López-Gatell sagte, dass sich die Fälle in der vergangenen Woche in Mexiko-Stadt und der Region, die die höchste Infektionsrate des Landes aufweist, stabilisiert hätten. Die Behörden warnen allerdings, dass die tatsächliche Anzahl der Fälle bis zu neun Mal größer sein könnte, weil viele der Infizierten nicht zum Arzt gingen, keine Symptome entwickelten oder nicht richtig diagnostiziert würden. Mexiko will am 1. Juni die Wirtschaft wieder hochfahren.



Cuomo macht Coronavirus-Test vor Job [Seitenanfang](#)



Coronavirus in Deutschland und der Welt

07:19 Uhr

Korrektur: 342 Neuinfektionen und 21 Todesfälle in Deutschland

Zahl der Neuinfektionen und Todesfälle korrigiert + Straubing überschreitet Höchstgrenze - dennoch keine Lockdown + Der Newsblog VON [MICHAEL SCHMIDT](#) UND [TILMAN SCHRÖTER](#)

7899



09:29 UHR

20. OKTOBER 2020

Katharina Heflik



Das gesamte Ruhrgebiet gilt als Risikogebiet

Von **Aachen bis Bielefeld** wurde im Ruhrgebiet der Wert von 50 Neuinfektionen pro 100.000 Einwohner in sieben Tagen überschritten. Zuletzt hat auch die Stadt Oberhausen einen Wert von 52,7 gemeldet.

In den Städten Aachen, Solingen, Gelsenkirchen und Herne ist sogar die Marke von **100 Neuinfizierten pro 100.000 Einwohner in einer Woche überschritten**. Die Stadt Köln liegt mit dem Wert 97,8 noch knapp unter der 100. Dort nahm die Sieben-Tage-Inzidenz von Montag auf Dienstag um 22,4 Punkte stark zu.



09:29 UHR

20. OKTOBER 2020

Katharina Heflik



Das gesamte Ruhrgebiet gilt als Risikogebiet

Von **Aachen bis Bielefeld** wurde im Ruhrgebiet der Wert von 50 Neuinfektionen pro 100.000 Einwohner in sieben Tagen überschritten. Zuletzt hat auch die Stadt Oberhausen einen Wert von 52,7 gemeldet.

In den Städten Aachen, Solingen und Mönchengladbach wurde die Marke von **100 Neuinfizierten pro 100.000 Einwohner** überschritten. Die Stadt Köln liegt mit dem Wert 97,8 noch knapp unter der 100. Dort nahm die Sieben-Tage-Inzidenz um 22,4 Punkte stark zu.



★ 09:29 UHR

20. OKTOBER 2020

Katharina Heflik



Das gesamte Ruhrgebiet gilt als Risikogebiet

Im gesamten Ruhrgebiet ist der Wert von 50 Neuinfektionen pro 100.000 Einwohner in sieben Tagen überschritten. Zuletzt hatte auch die Stadt Oberhausen einen Wert von 52,7 gemeldet.

In Gelsenkirchen und Herne ist sogar die Marke von **100 Neuinfizierten pro 100.000 Einwohner in einer Woche überschritten**. Die im Rheinland gelegene Stadt Köln liegt mit dem Wert 97,8 noch knapp unter der 100. Dort nahm die Sieben-Tage-Inzidenz von Montag auf Dienstag um 22,4 Punkte stark zu.



Modellierung

SIR-Modell

1927, W.O. Kermack und A.G. McKendrick

Population wird in 3 Gruppen geteilt:

S = susceptible = nicht immune Gesunde, Infizierbare

I = infectious = Infizierte

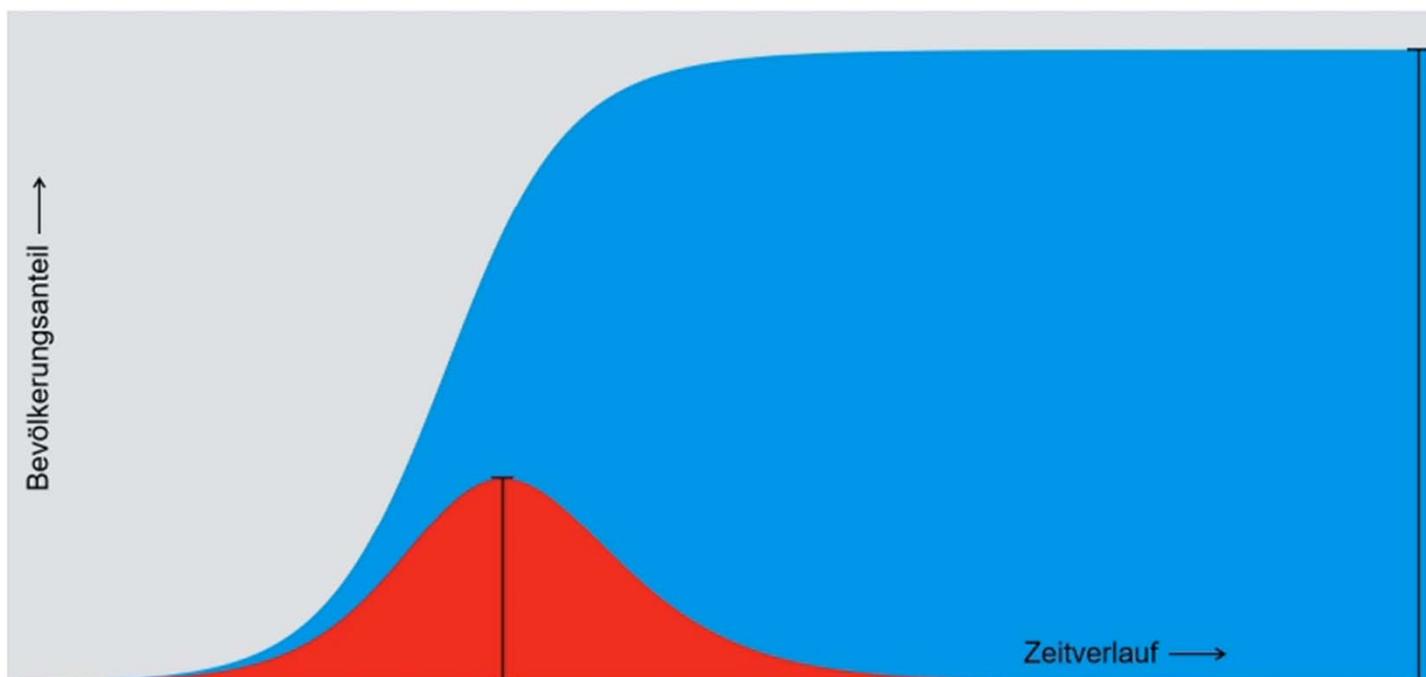
R = recovered/removed = geheilt oder immun/verstorben



Je kleiner die Reproduktionszahl, desto besser

 insgesamt infiziert: 94 %

 maximal gleichzeitig krank: 30 %

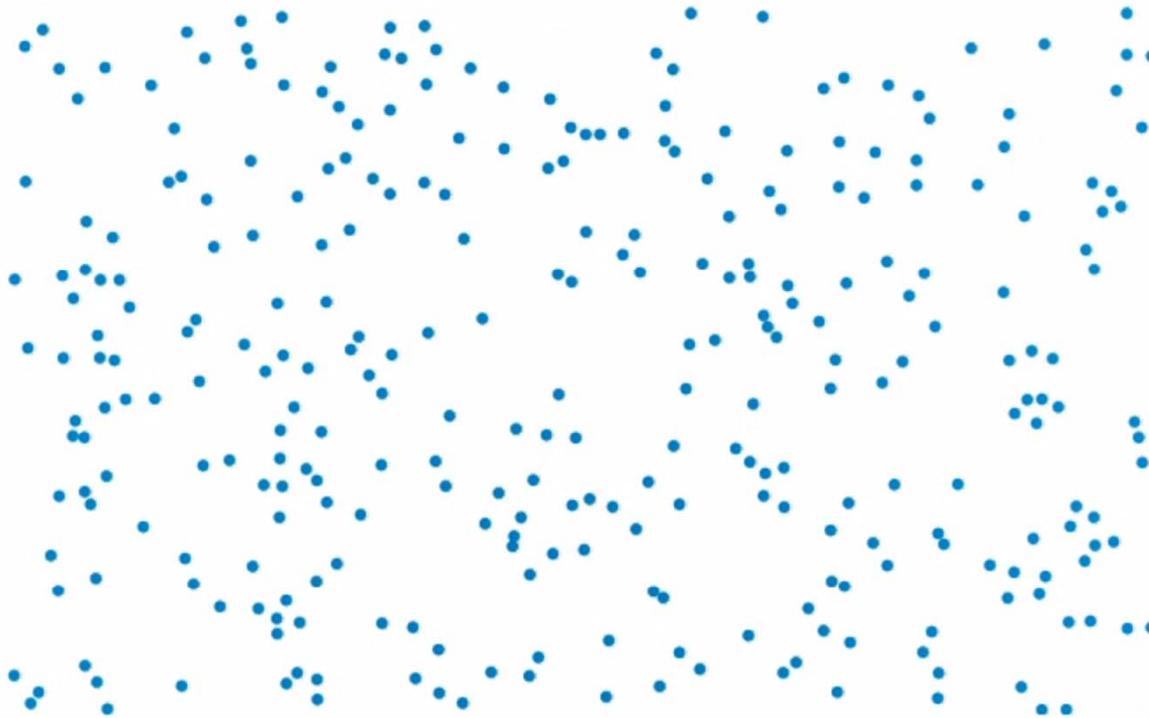


Reproduktionszahl: 3.0



Menschen halten keinen Abstand – Simulation ohne Soziale Distanzierung

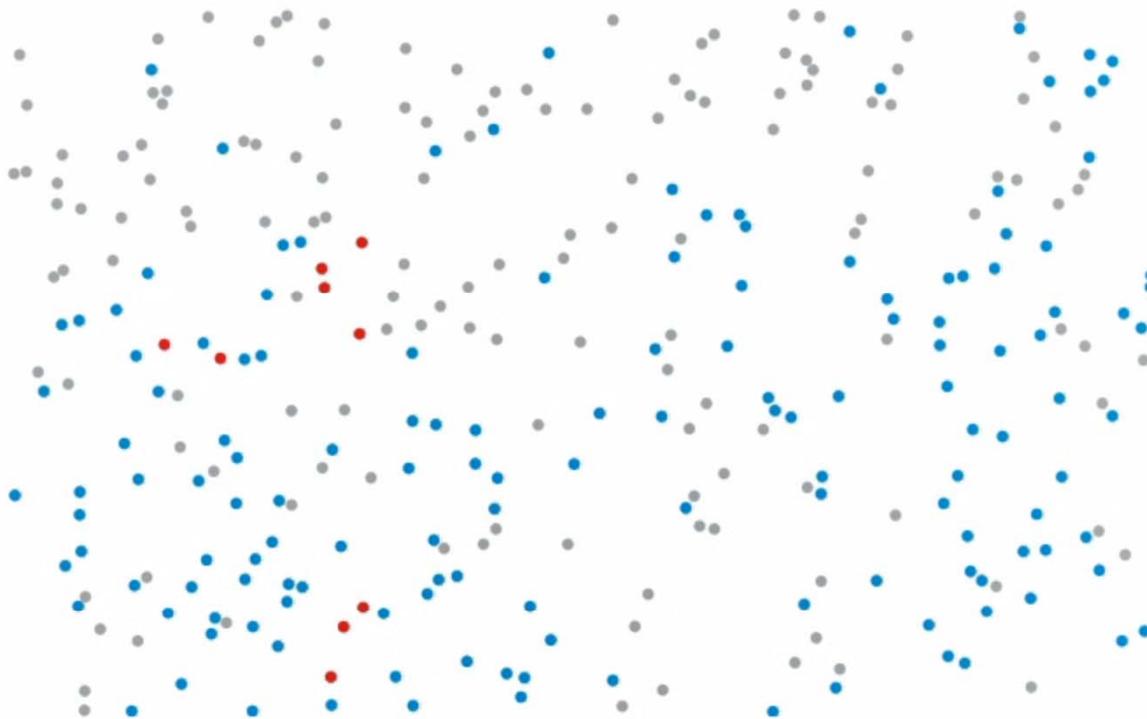
● Gesund: 0,0 % ● Infiziert: 0,0 % ● Genesen: 100,0 %



mer an.

Menschen halten Abstand – Simulation mit Sozialer Distanzierung

● Gesund: 48,6 % ● Infiziert: 2,7 % ● Genesen: 48,7 %

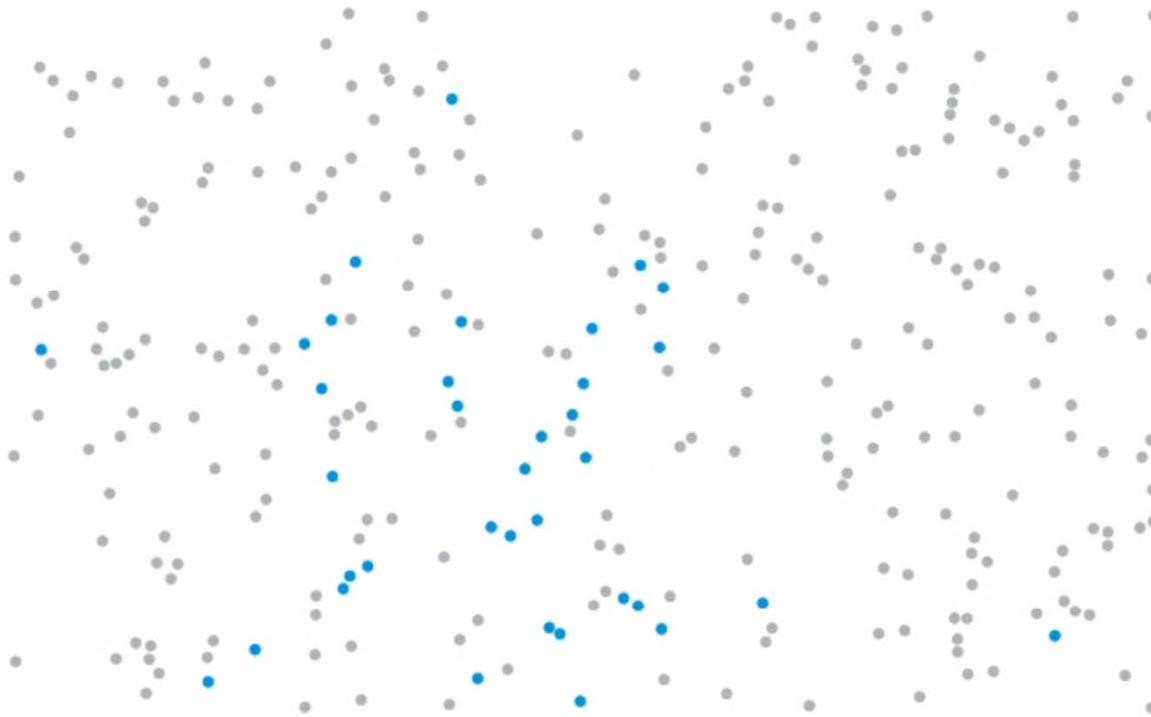


In dieser Simulation können die Effekte der Distanzierung in einem Raum mit 1000 Personen...

mer an.

Menschen halten Abstand – Simulation mit Sozialer Distanzierung

● Gesund: 88,0 % ● Infiziert: 0,0 % ● Genesen: 12,0 %

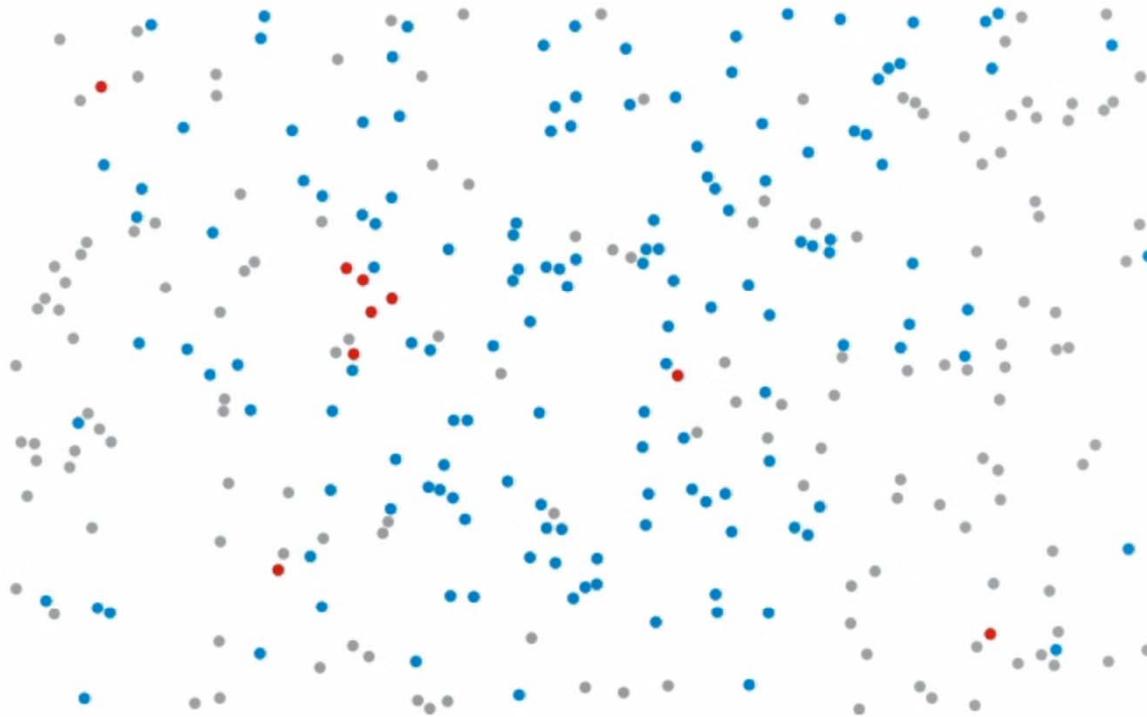


In dieser Simulation können die Effekte der Distanzierung in einem Raum mit 100 Personen...

mer an.

Menschen halten Abstand – Simulation mit Sozialer Distanzierung

● Gesund: 48,7 % ● Infiziert: 3,2 % ● Genesen: 48,1 %

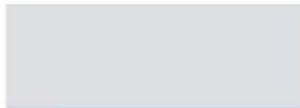


In dieser Simulation können die Effekte der Distanzierung in einem Raum mit 1000 Personen...

mer an.

Menschen halten Abstand – Simulation mit Sozialer Distanzierung

● Gesund: 99,7 % ● Infiziert: 0,0 % ● Genesen: 0,3 %



In dieser Simulation können die Effekte der Distanzierung in Deutschland bei der Bekämpfung

Exponentielles Wachstum

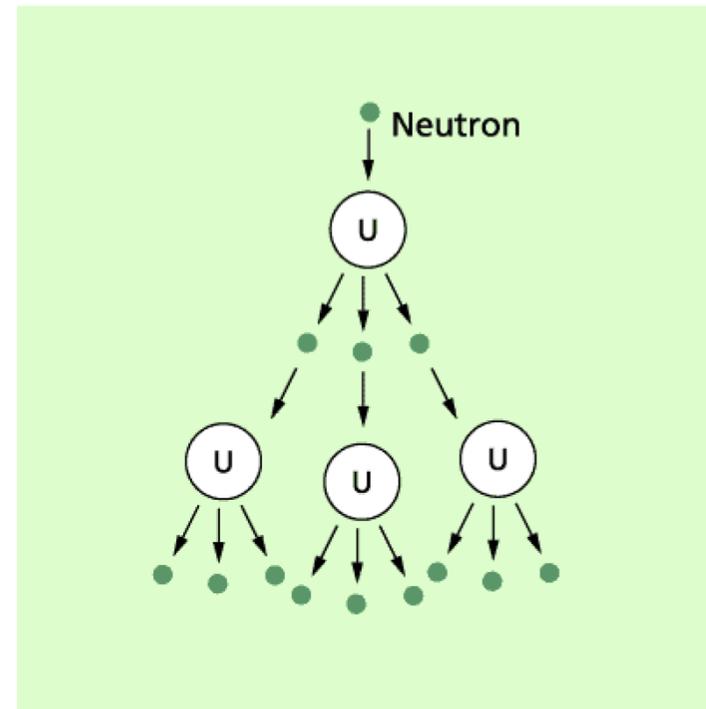
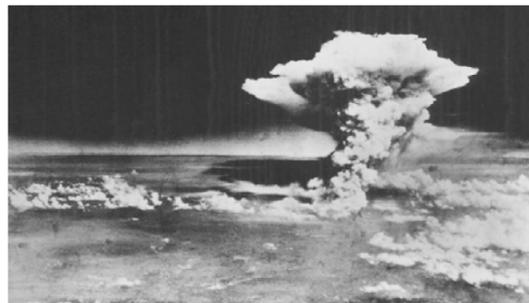
Exponentielles Wachstum

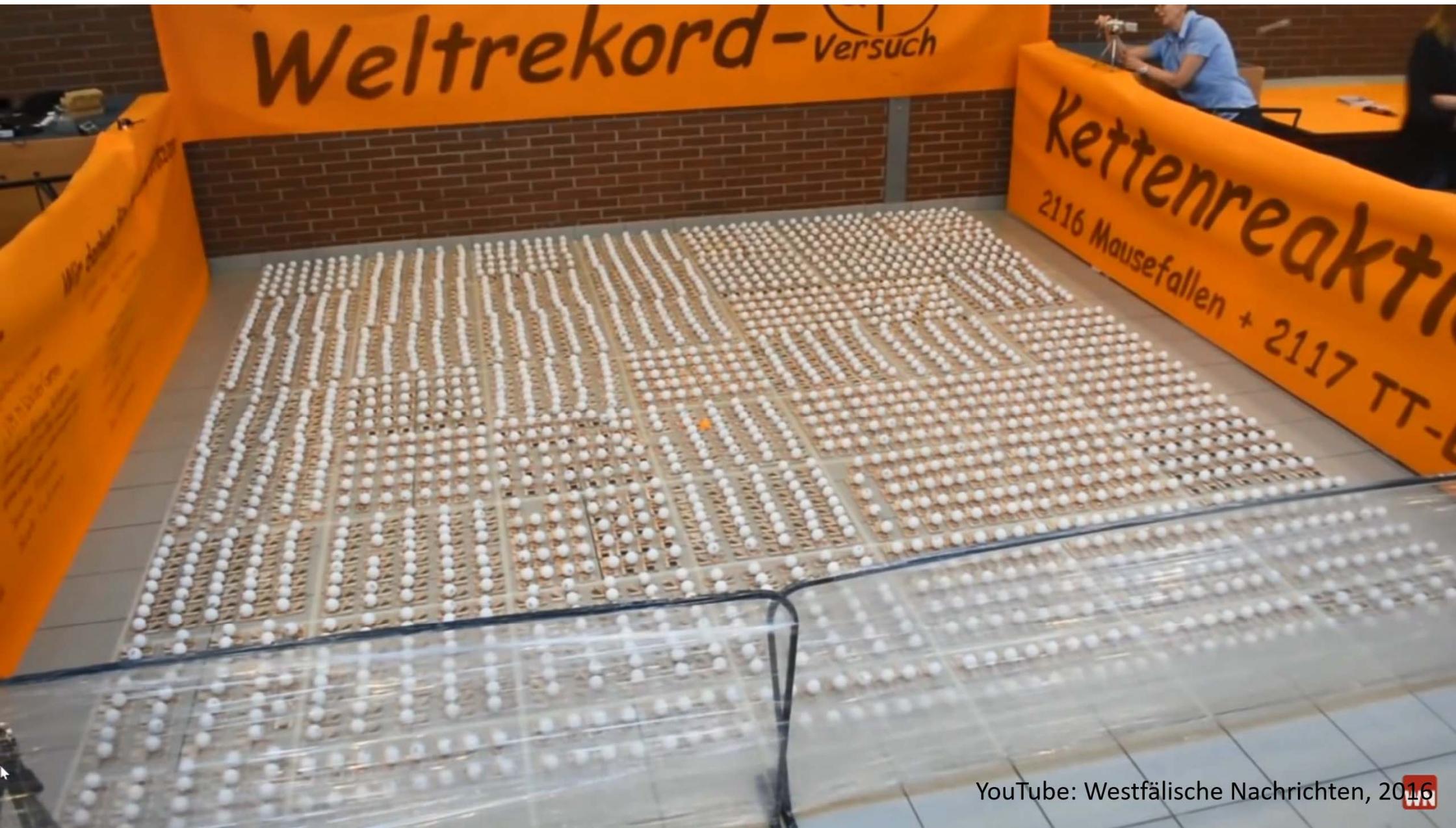
R = 3

3 Kranke für einen Geheilten,
Corona: $R \sim 2.85$

Kernspaltung:
Jedes Neutron erzeugt
bis zu 3 neue Neutronen!

$R > 1$: kritische Masse erreicht





YouTube: Westfälische Nachrichten, 2016 



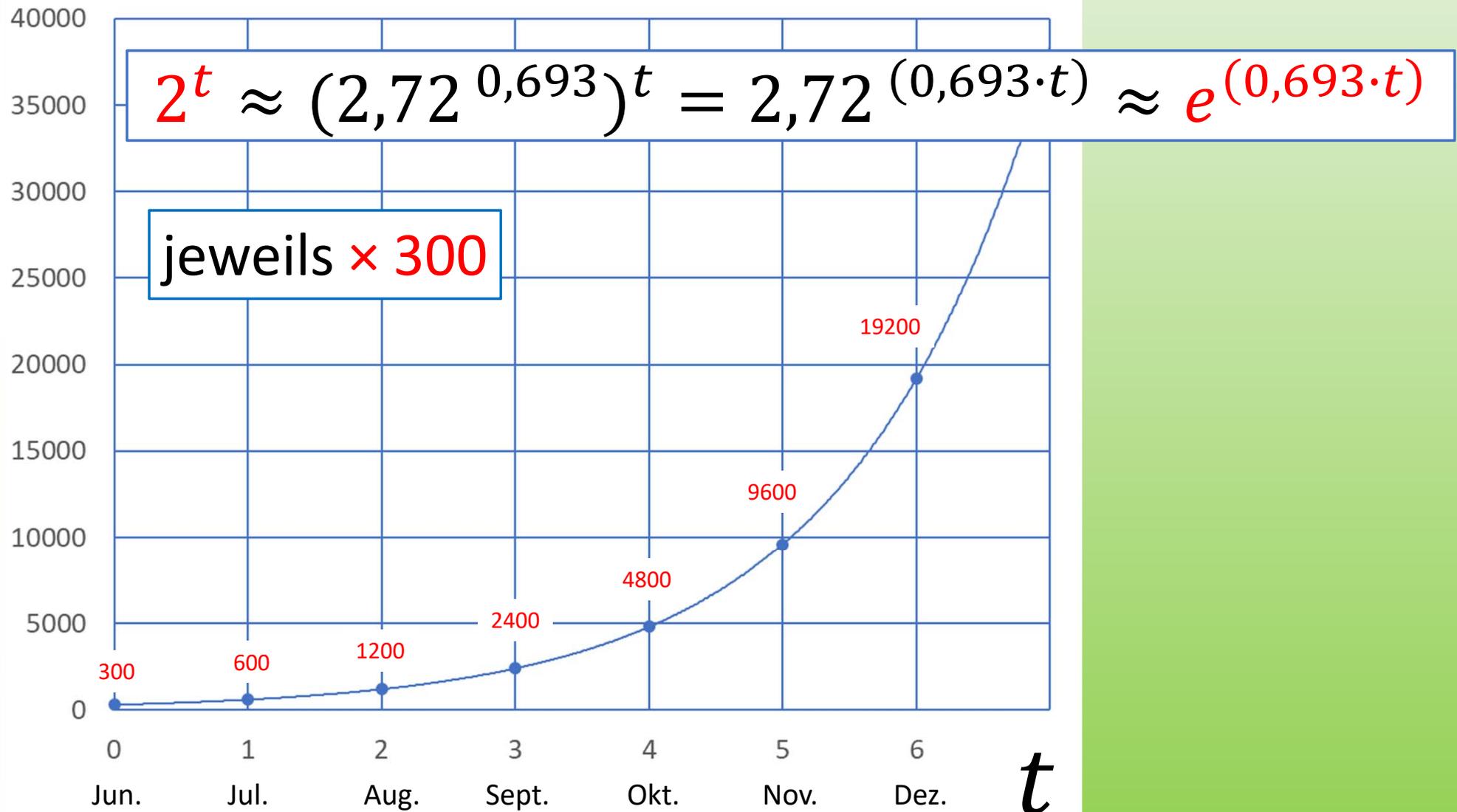


auf 9600 auf 19.200 kommen.

Pressekonferenz
am
29. Sept 2020
(gemeldete
Erkrankungen:
2.166)

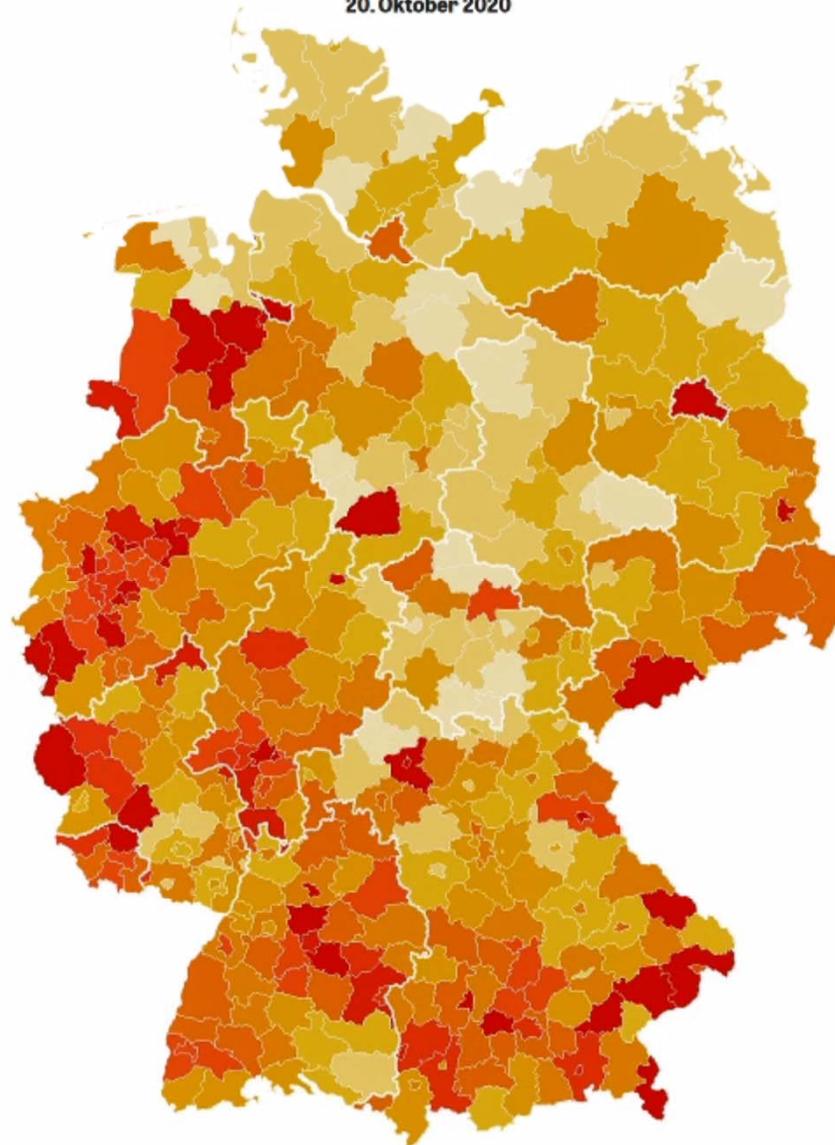
(gemeldete
Erkrankungen am
16. Dez. 2020:
33.912)

Exponentielles Wachstum



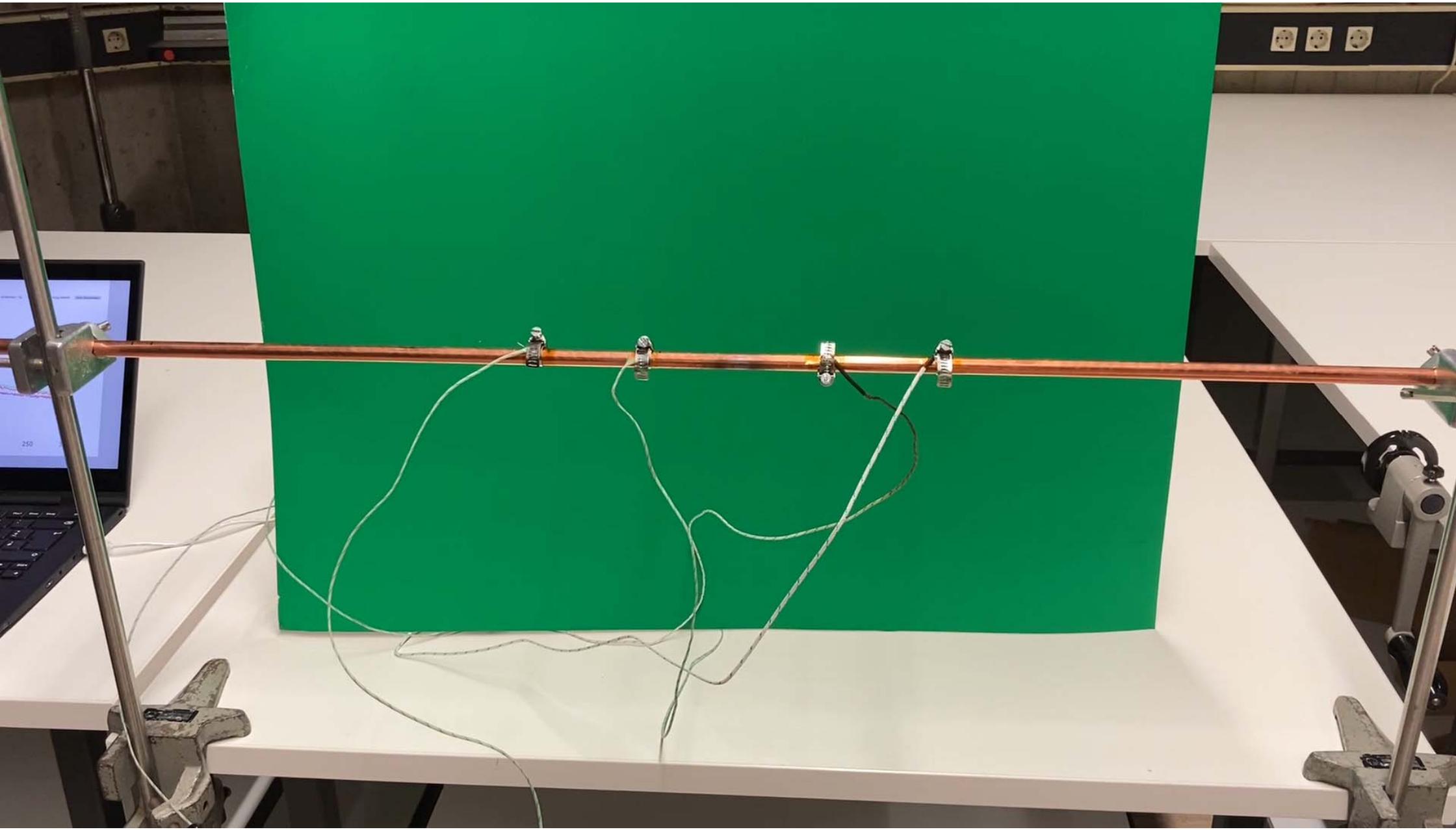
Diffusion

20. Oktober 2020



Neuinfektionen pro 7 Tage
und 100.000 Einwohner

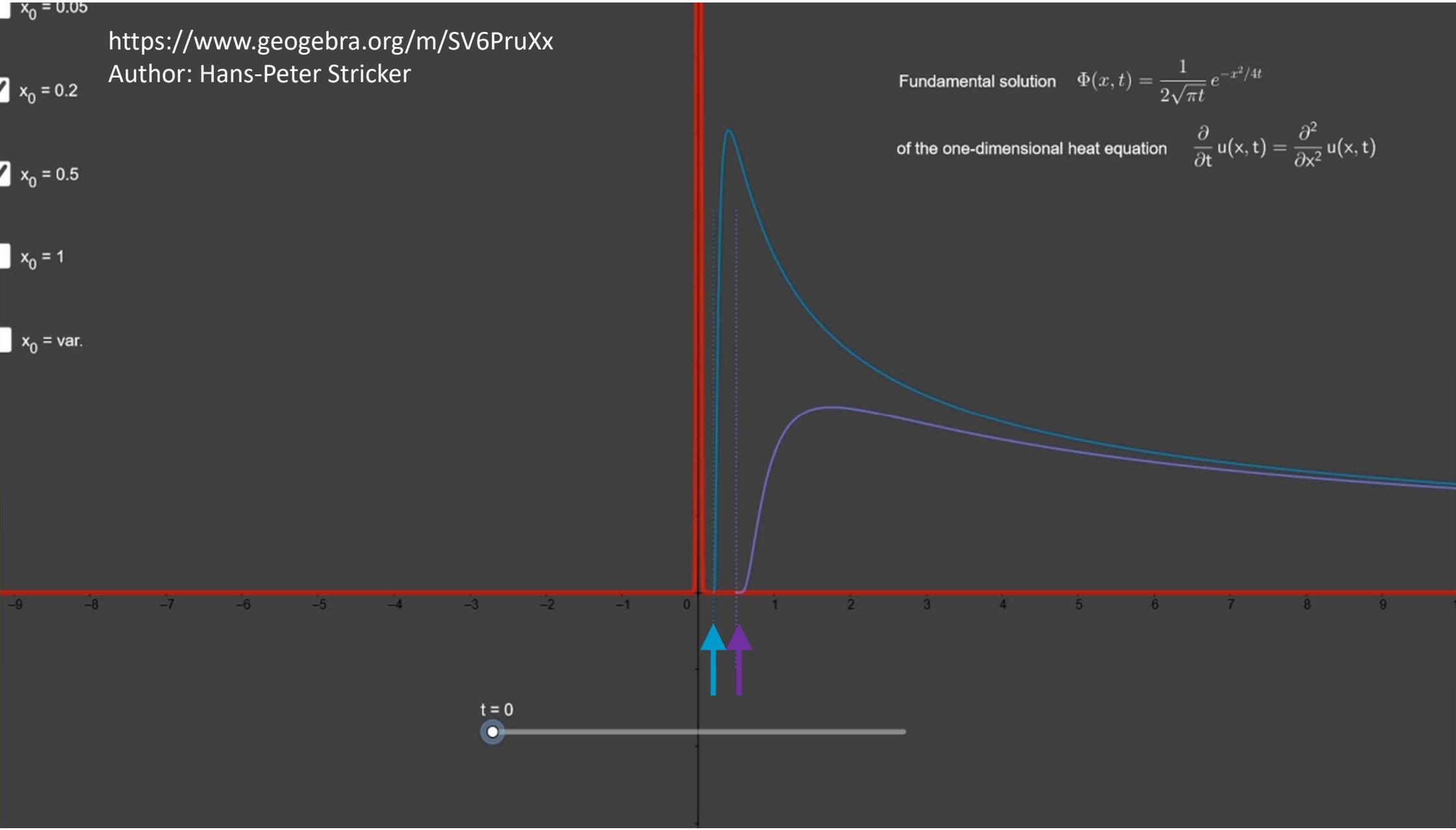


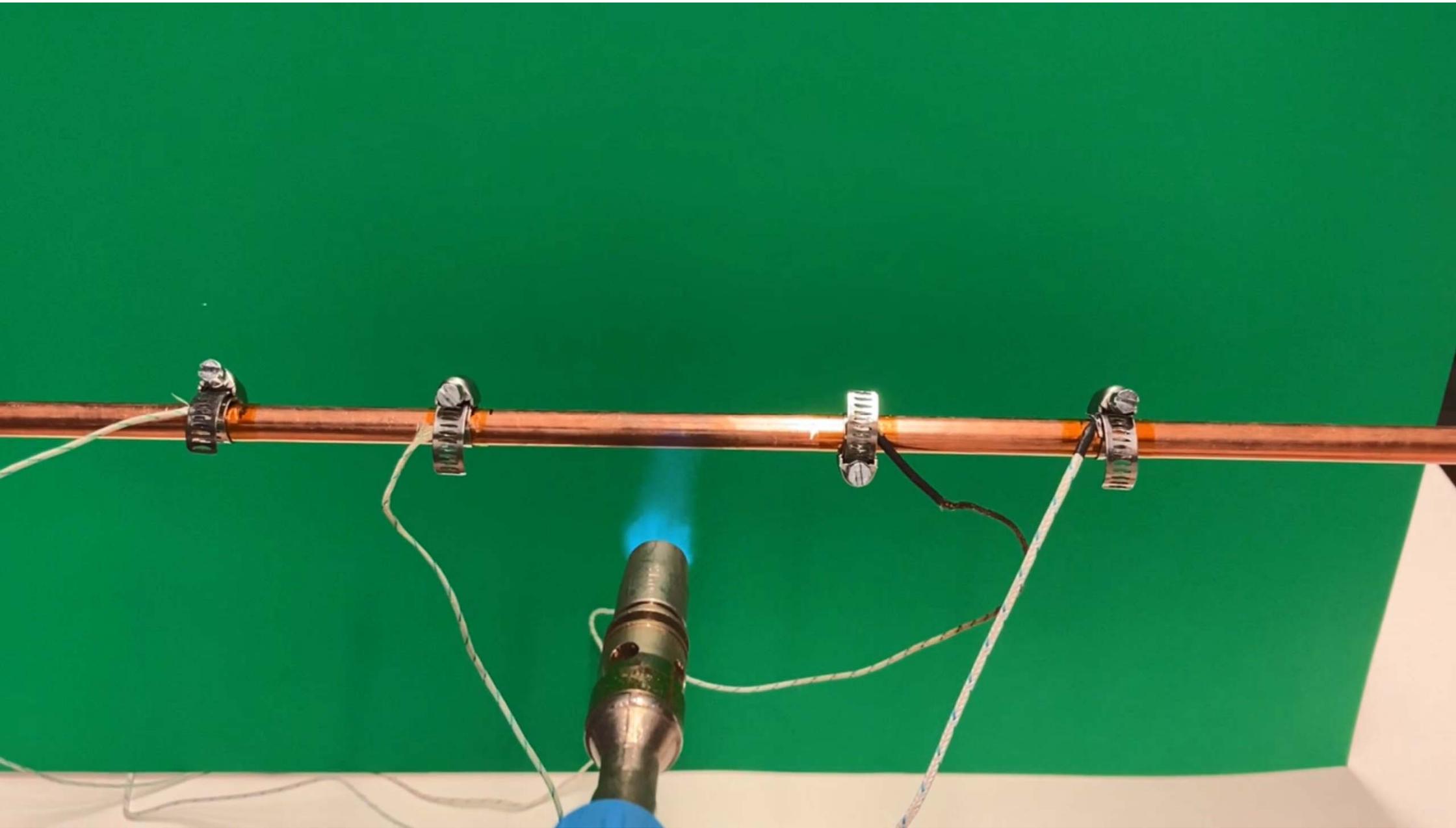


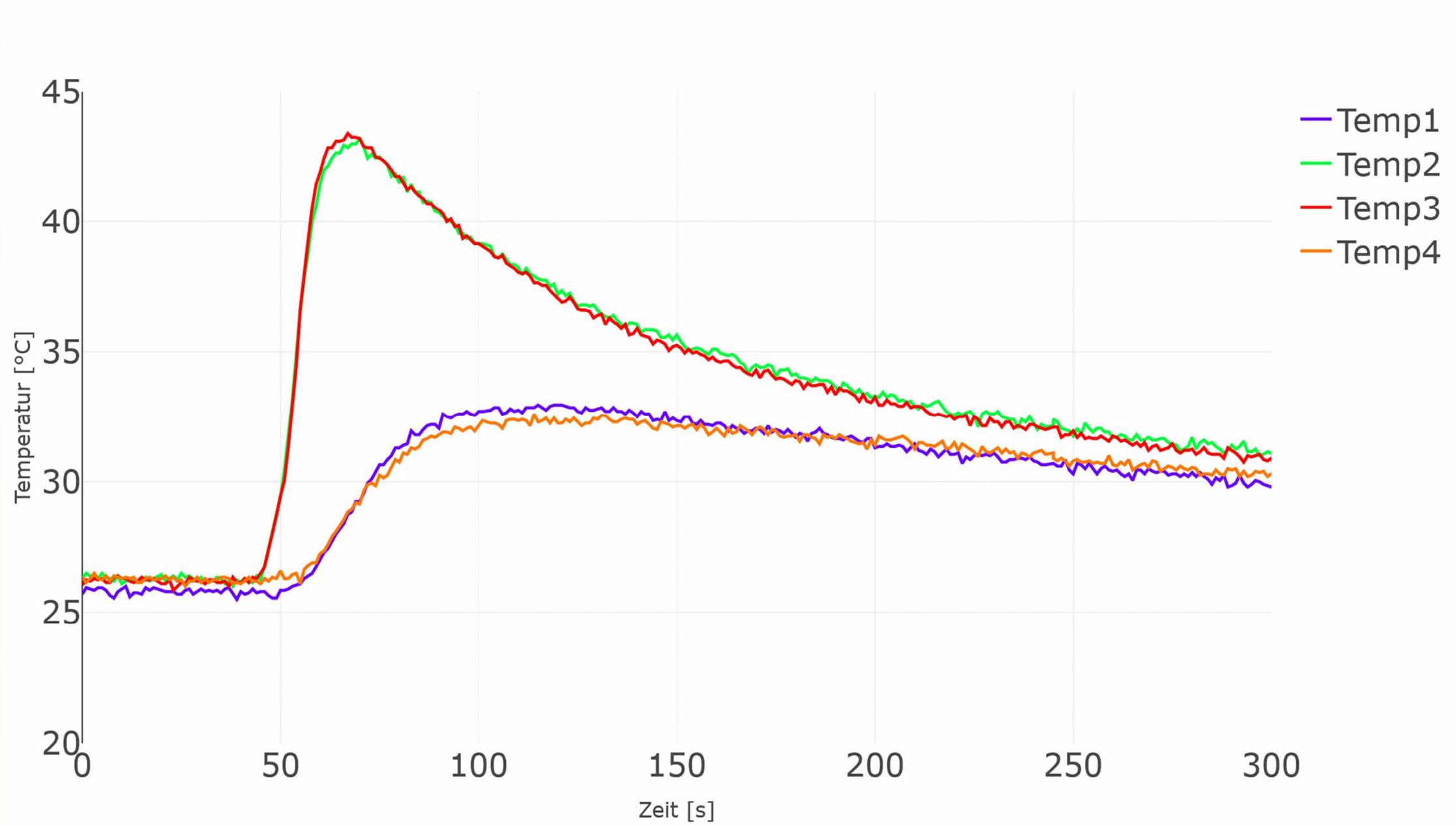
- $x_0 = 0.05$
- $x_0 = 0.2$
- $x_0 = 0.5$
- $x_0 = 1$
- $x_0 = \text{var.}$

<https://www.geogebra.org/m/SV6PruXx>
Author: Hans-Peter Stricker

Fundamental solution $\Phi(x, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi t}} e^{-x^2/4t}$
of the one-dimensional heat equation $\frac{\partial}{\partial t} u(x, t) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t)$







$x_0 = 0.05$

<https://www.geogebra.org/m/SV6PruXx>

Author: Hans-Peter Stricker

$x_0 = 0.2$

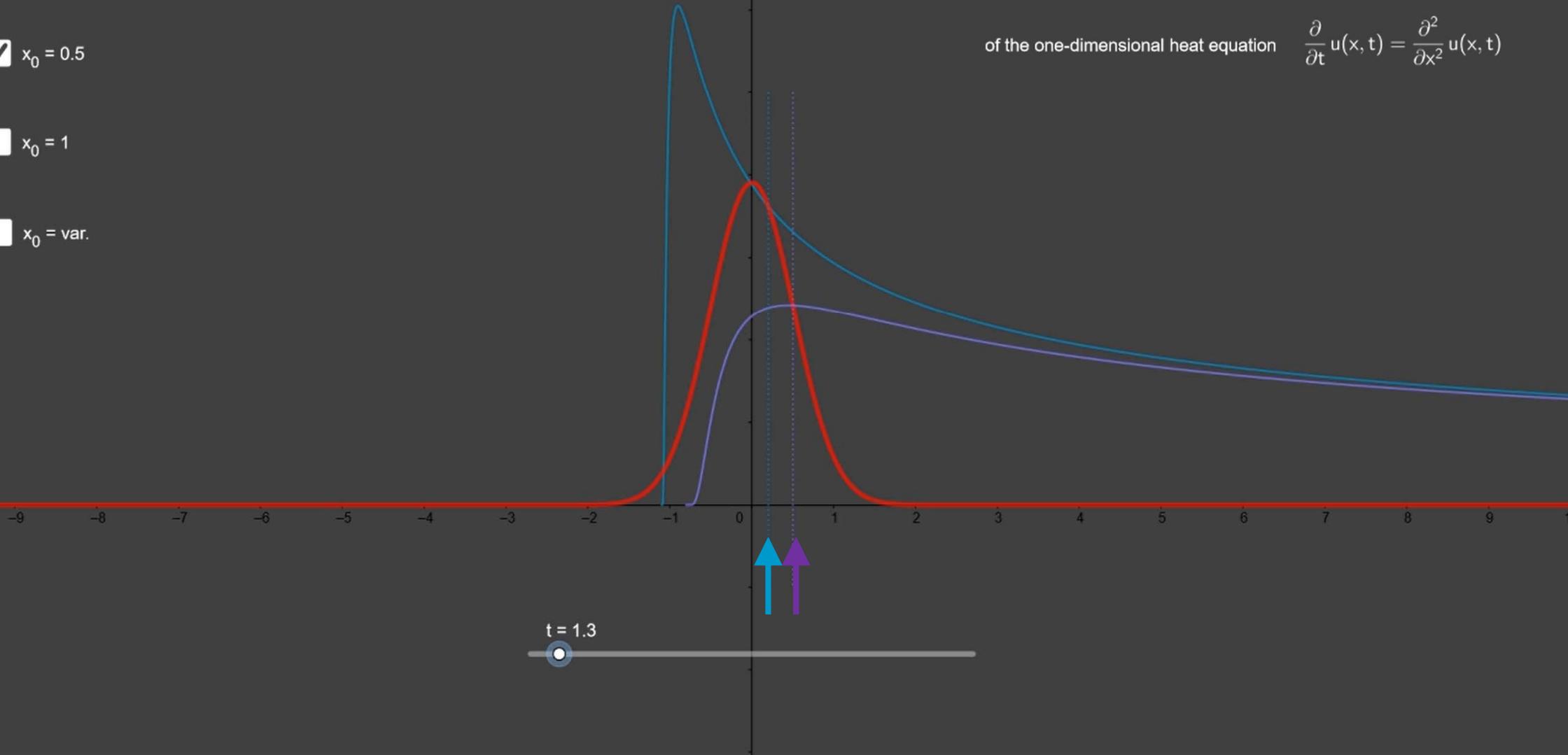
$x_0 = 0.5$

$x_0 = 1$

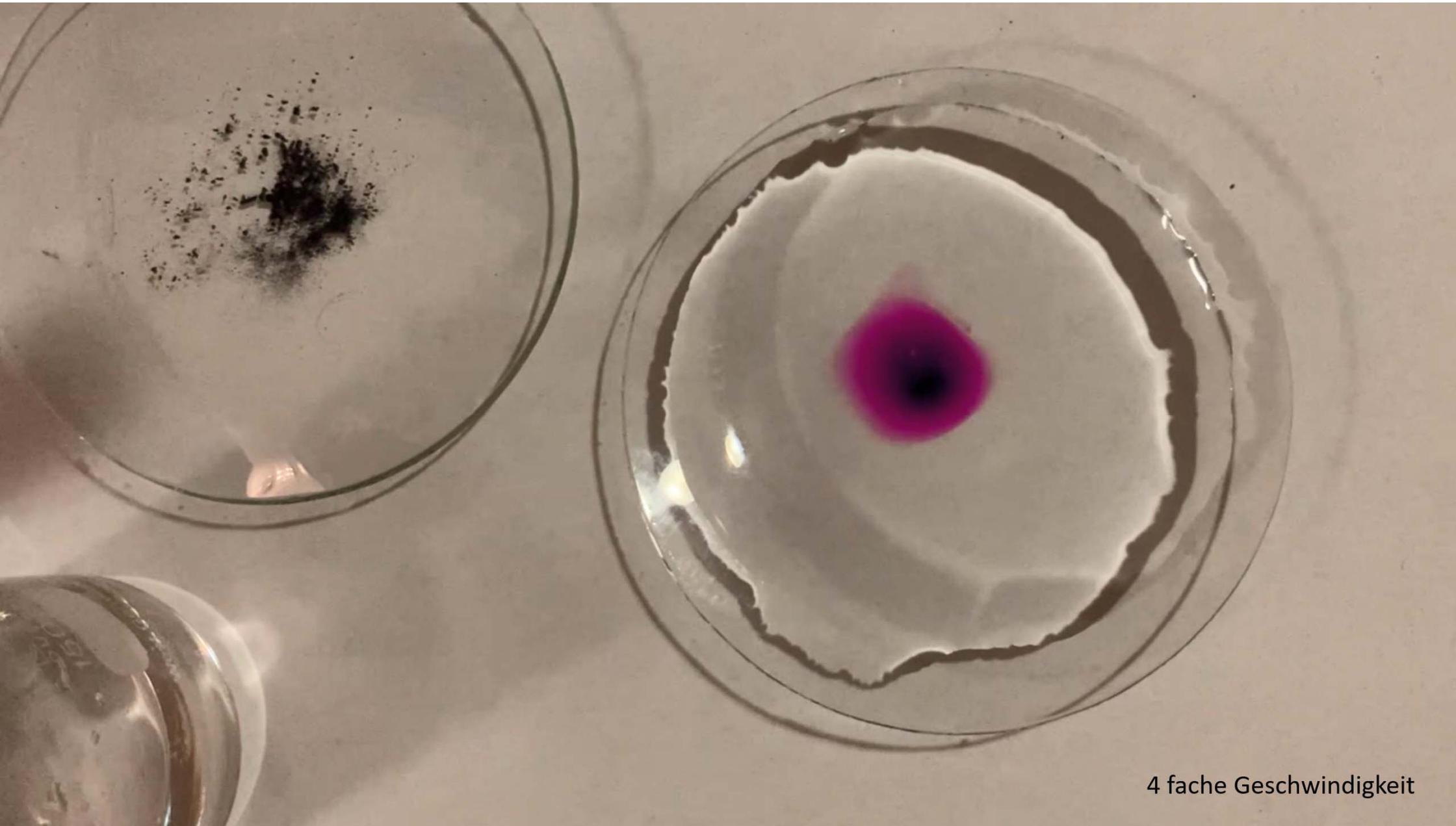
$x_0 = \text{var.}$

Fundamental solution $\Phi(x, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi t}} e^{-x^2/4t}$

of the one-dimensional heat equation $\frac{\partial}{\partial t} u(x, t) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t)$



t = 1.3

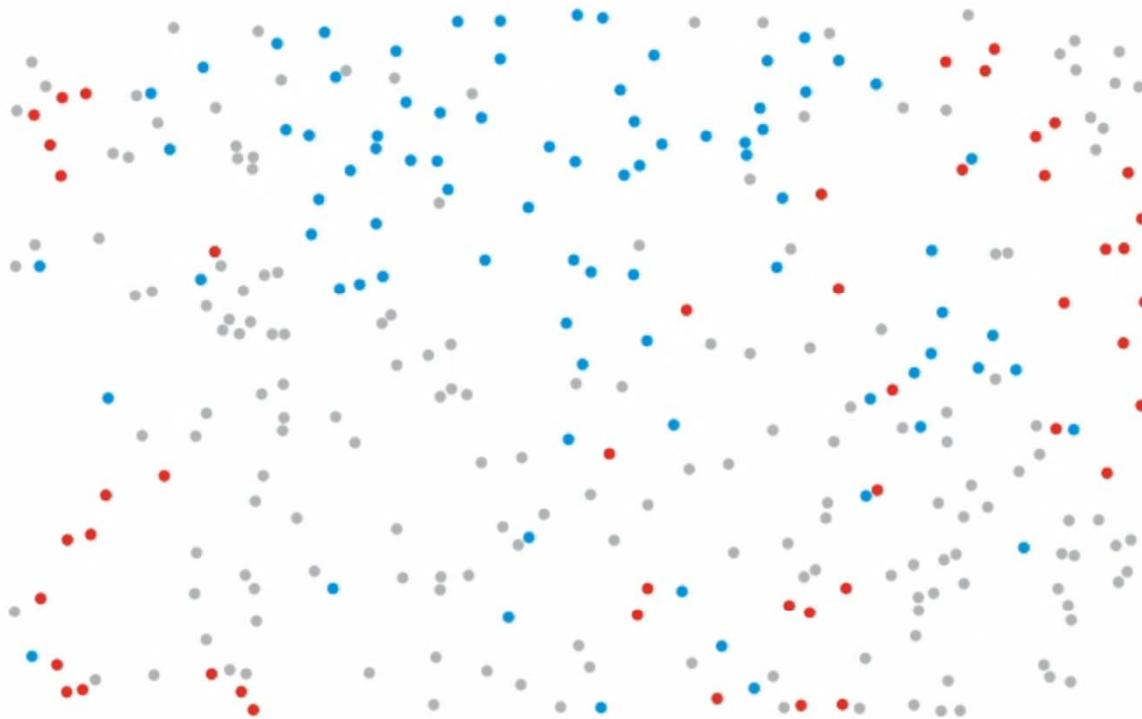


4 fache Geschwindigkeit

mer an.

Menschen halten Abstand – Simulation mit Sozialer Distanzierung

● Gesund: 56,3 % ● Infiziert: 16,8 % ● Genesen: 26,9 %

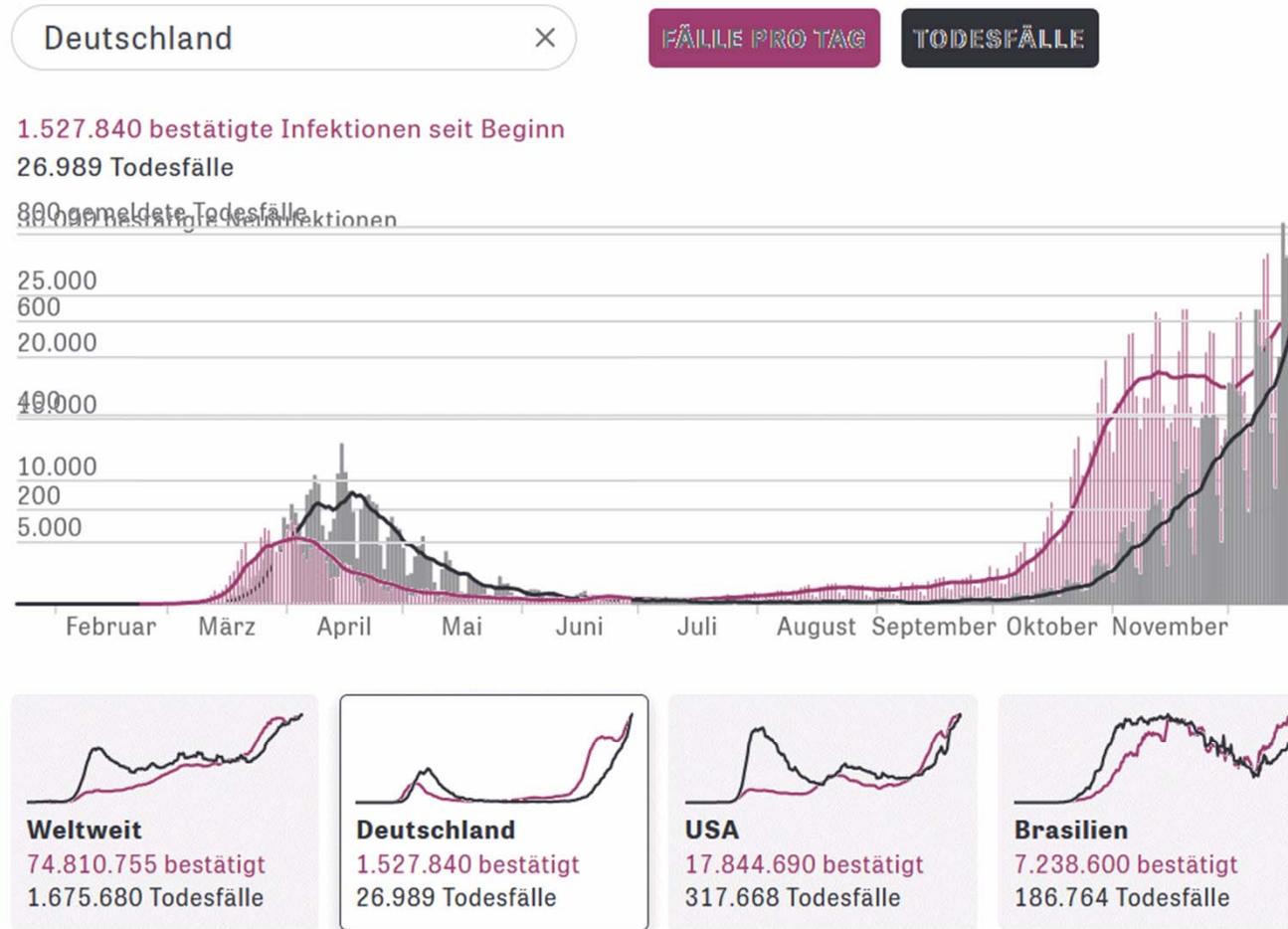


In dieser Simulation können die Effekte der Distanzierung in einem Raum mit 100 Personen...

Statistik

Entwicklung im internationalen Vergleich

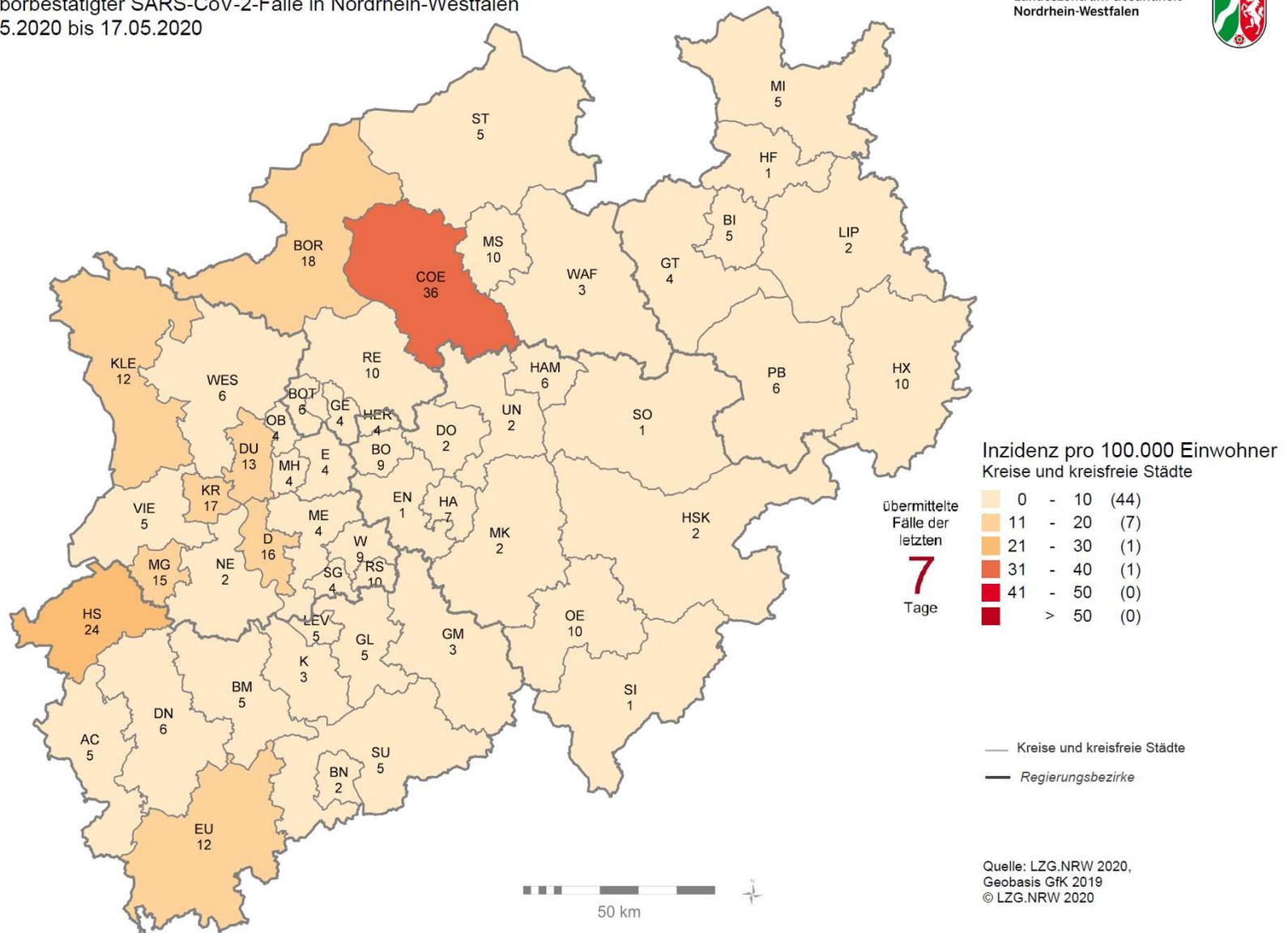
<https://www.zeit.de>



Quelle: Kreis- und Landesbehörden, RKI, eigene Berechnungen. Johns-Hopkins-Universität (JHU). Für die Türkei wurden innerhalb eines Tages sehr viele Fälle nachgemeldet. Wir prüfen aktuell die hohen Zahlen und zeigen deshalb vorübergehend keine Werte für die Türkei. Die internationalen Fallzahlen sind nur eingeschränkt vergleichbar, weil die Daten in verschiedenen Ländern unterschiedlich erhoben werden und nicht überall ausreichend getestet wird.

7-Tages-Aktivität
Anzahl laborbestätigter SARS-CoV-2-Fälle in Nordrhein-Westfalen
vom 11.05.2020 bis 17.05.2020

Landeszentrum Gesundheit
Nordrhein-Westfalen



$$N \pm \sqrt{N}$$

Kreis Coesfeld: 220.586 Einwohner

Infektionen pro 7 Tage **pro 100.000 Einwohner**: 36

Infektionen pro 7 Tage **absolut**: $79 \pm \sqrt{79} = 79 \pm 9$

Infektionen pro 7 Tage **pro 100.000 Einwohner**: 36 ± 4

Binomial Verteilung:

Ziehe n Kugeln aus Topf der schwarze Kugeln mit Häufigkeit p enthält.

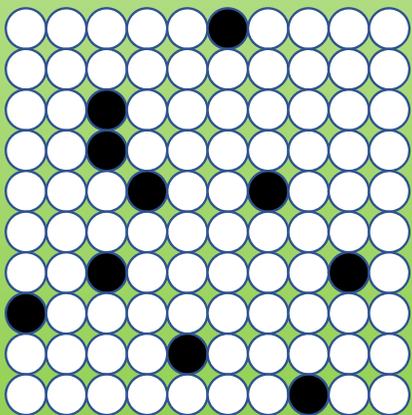
Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anzahl der schwarzen Kugeln

Mittelwert der Verteilung: $\lambda = n \cdot p$

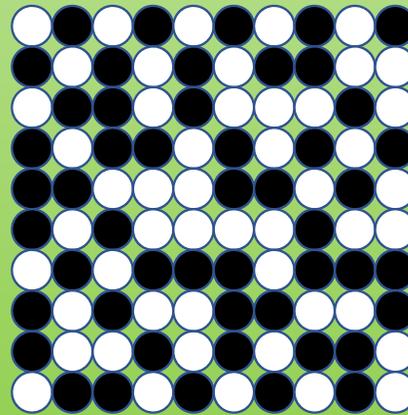
Poisson Verteilung:

Binomial Verteilung für sehr kleine p bei gegebenem $\lambda = n \cdot p$

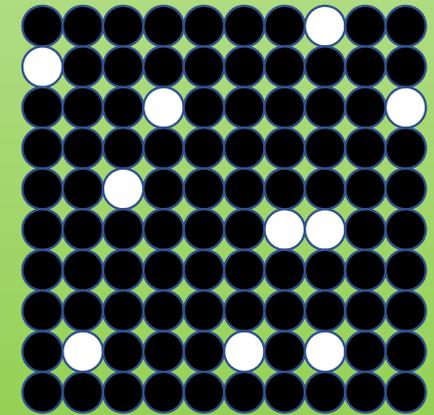
$p = 0,1$



$p = 0,5$



$p = 0,9$



Red – Binomial Distribution with $n = 200$ and $p = 0.1$



Blue – Poisson Distribution with $\lambda = 20$

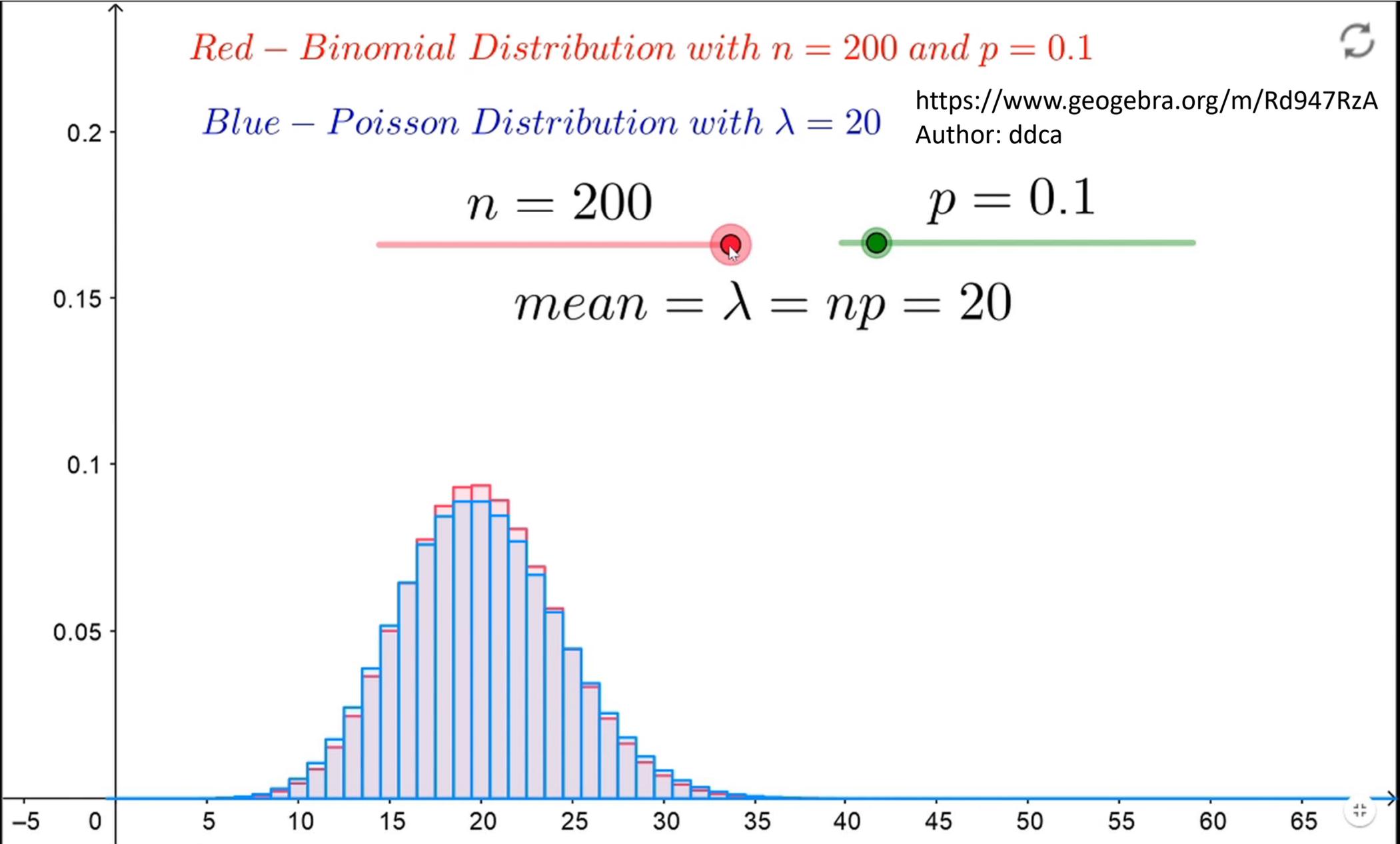
<https://www.geogebra.org/m/Rd947RzA>
Author: ddca

$n = 200$

$p = 0.1$



$mean = \lambda = np = 20$



Binomial Verteilung:

Ziehe n Kugeln aus Topf der schwarze Kugeln mit Häufigkeit p enthält.

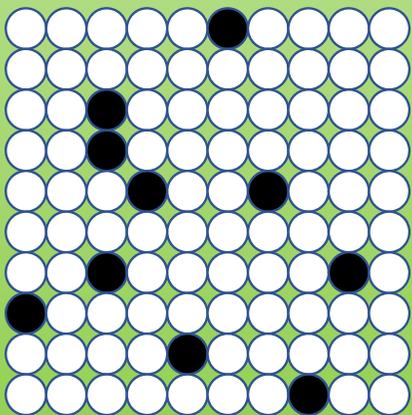
Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anzahl der schwarzen Kugeln

Mittelwert der Verteilung: $\lambda = n \cdot p$

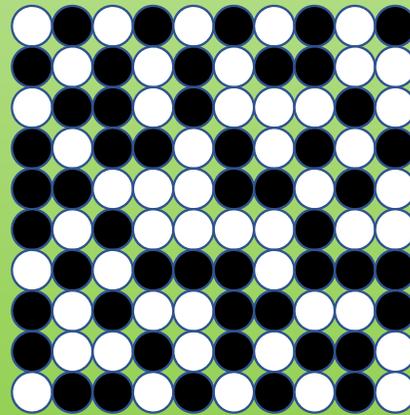
Poisson Verteilung:

Binomial Verteilung für sehr kleine p bei gegebenem $\lambda = n \cdot p$

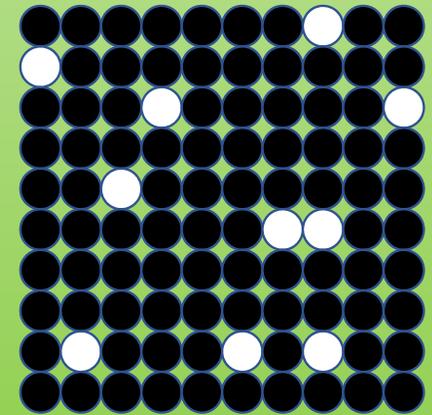
$p = 0,1$



$p = 0,5$



$p = 0,9$



Red – Binomial Distribution with $n = 100$ and $p = 0.6$



Blue – Poisson Distribution with $\lambda = 60$

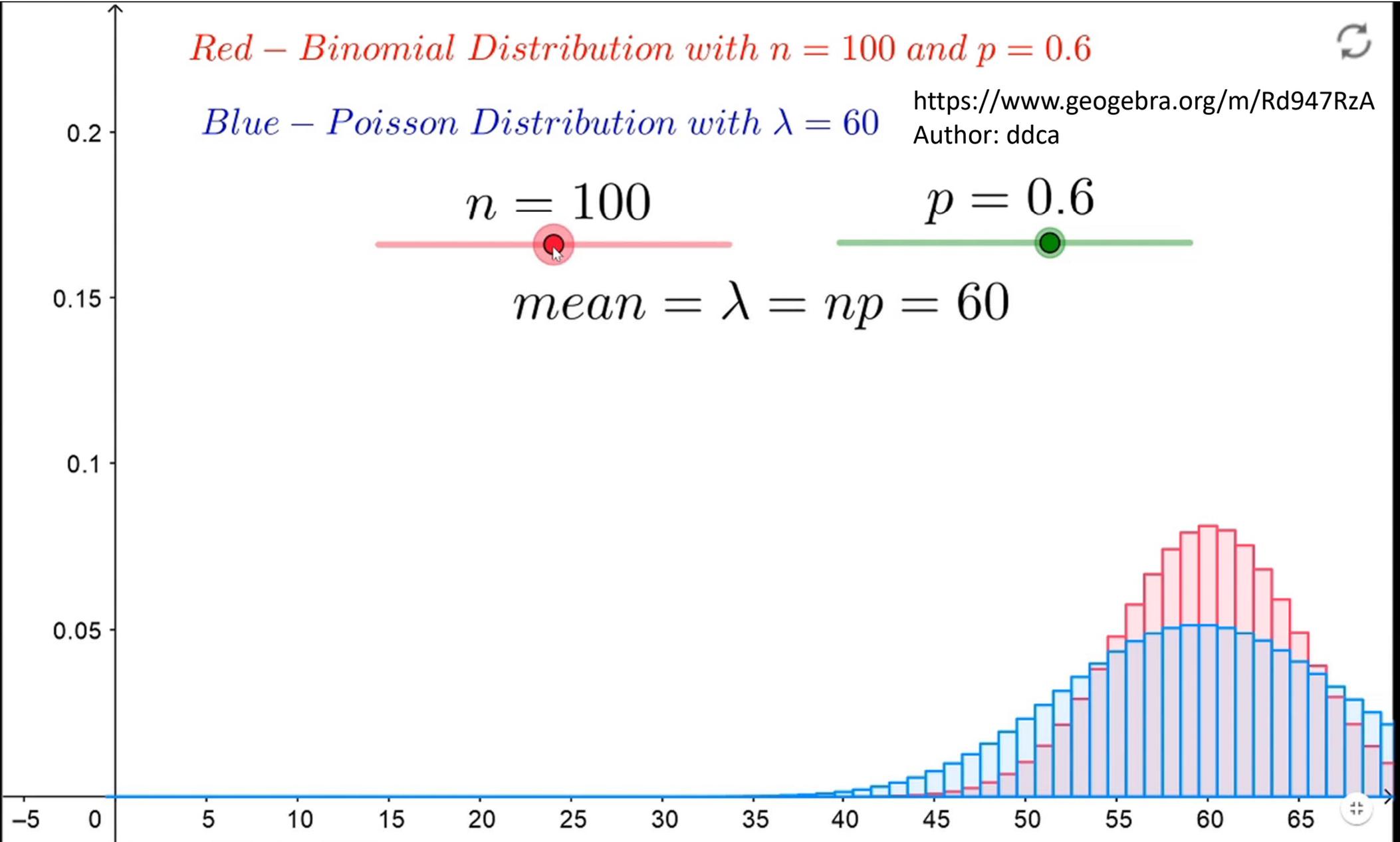
<https://www.geogebra.org/m/Rd947RzA>

Author: ddca

$$n = 100$$

$$p = 0.6$$

$$\text{mean} = \lambda = np = 60$$



Binomial Verteilung:

Ziehe n Kugeln aus Topf der schwarze Kugeln mit Häufigkeit p enthält.

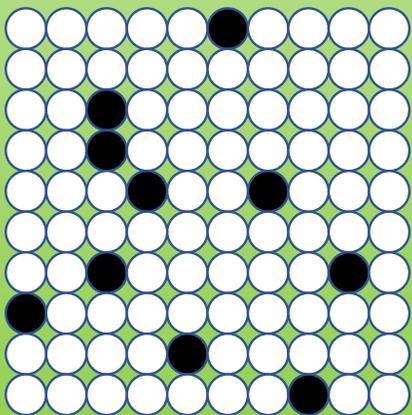
Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anzahl der schwarzen Kugeln

Mittelwert der Verteilung: $\lambda = n \cdot p$

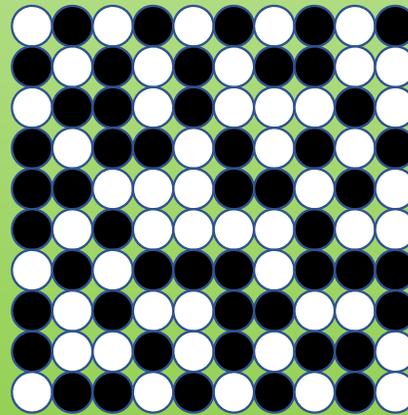
Poisson Verteilung:

Binomial Verteilung für sehr kleine p bei gegebenem $\lambda = n \cdot p$

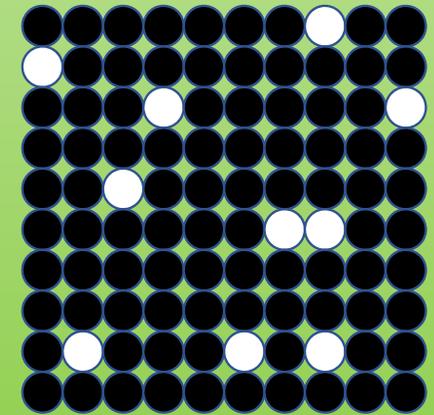
$p = 0,1$



$p = 0,5$



$p = 0,9$



Red – Binomial Distribution with $n = 60$ and $p = 0.99$

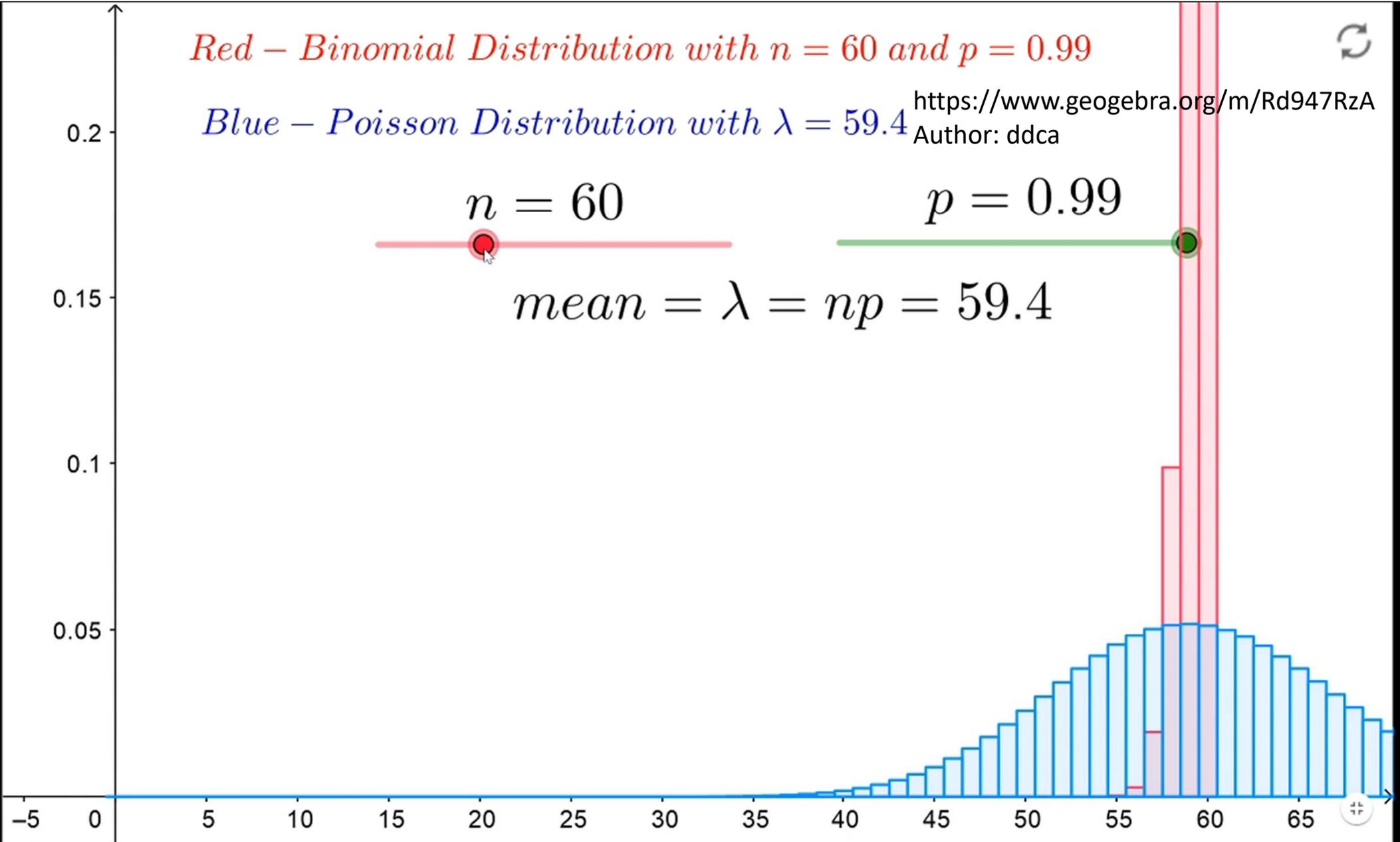
Blue – Poisson Distribution with $\lambda = 59.4$

<https://www.geogebra.org/m/Rd947RzA>
Author: ddca

$$n = 60$$

$$p = 0.99$$

$$\text{mean} = \lambda = np = 59.4$$

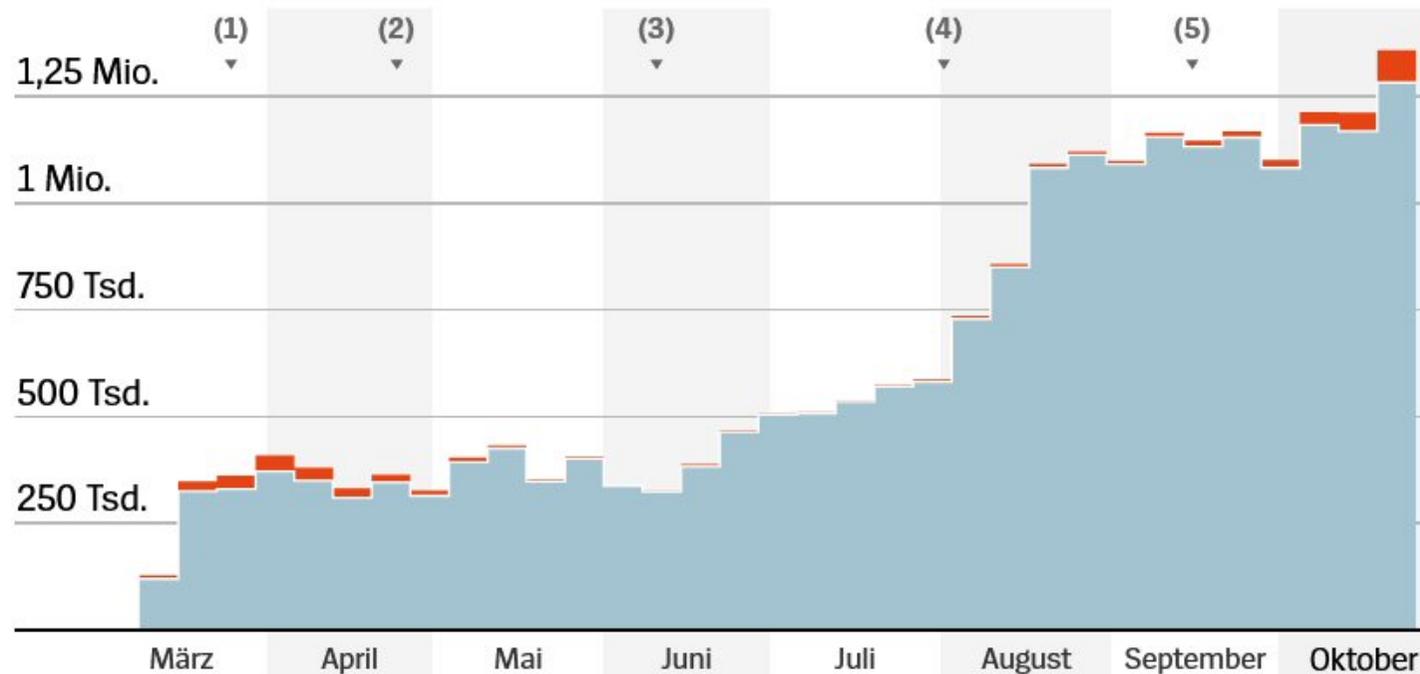


Anzahl

Positivrate

weltweit

Zahl der wöchentlichen **positiven** und **negativen** Corona-Tests in Deutschland



(1) 25.03.: RKI lockert Testkriterien

(2) 24.04.: RKI lockert erneut Testkriterien

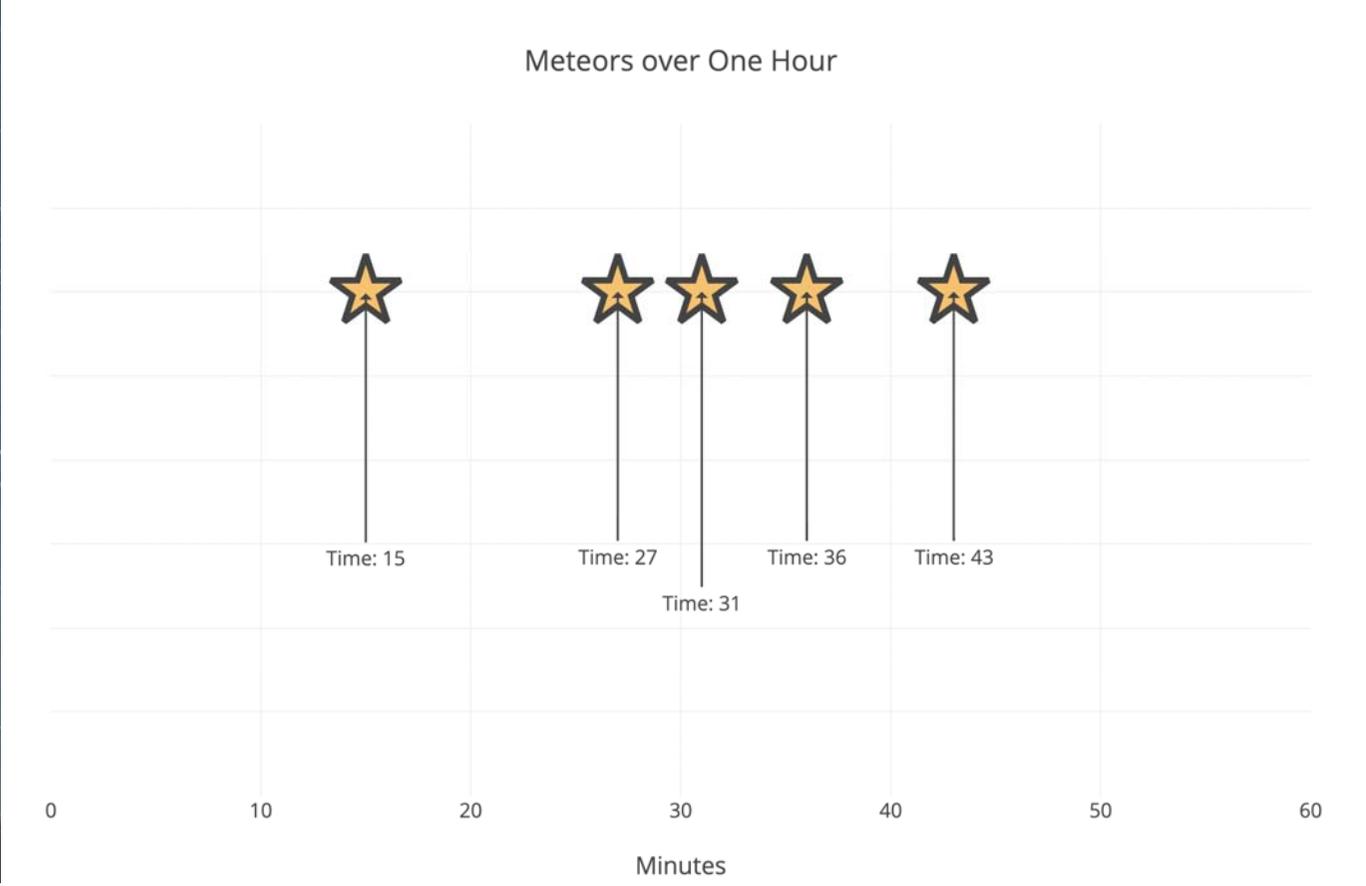
(3) 10.06.: Verordnung ermöglicht Reihentests

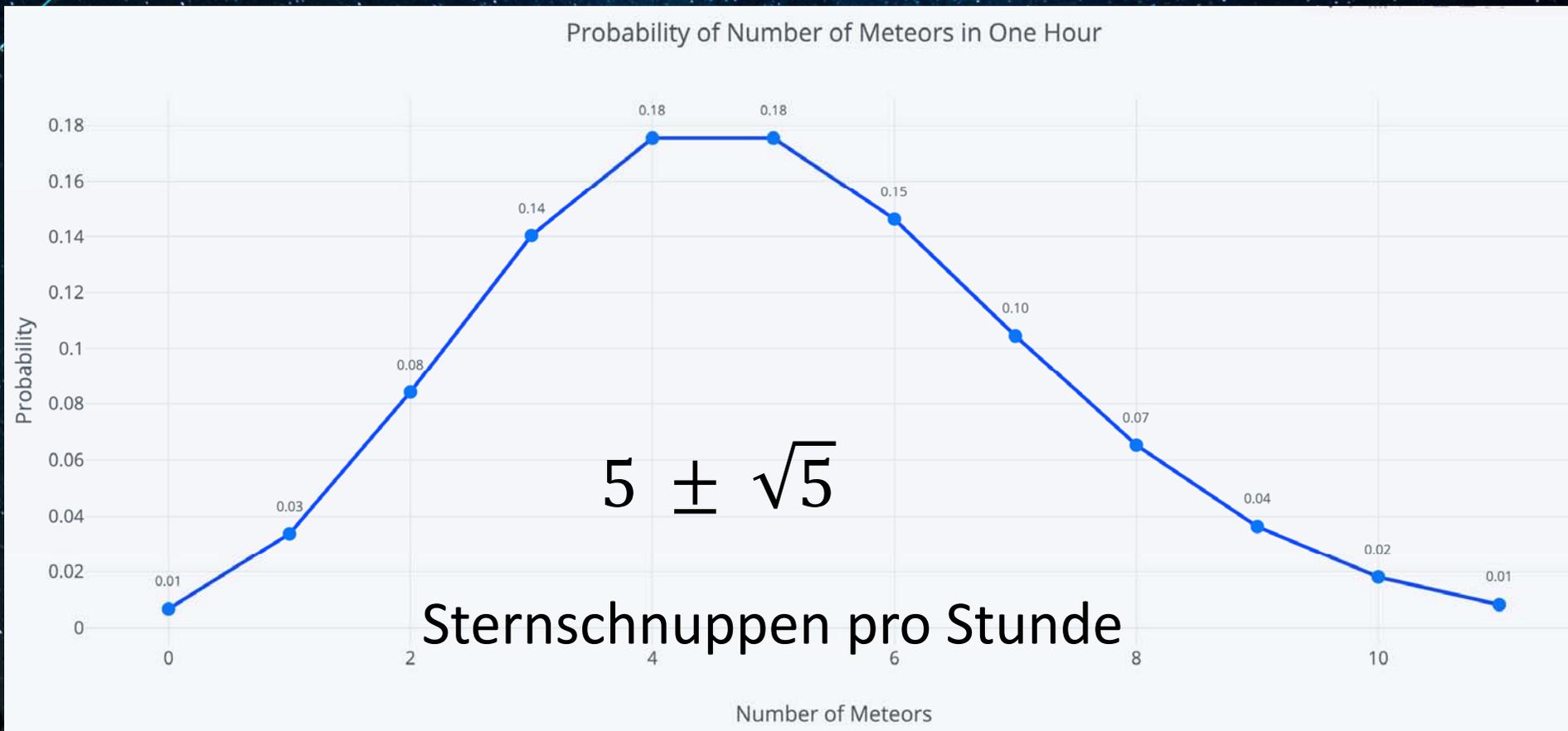
(4) 01.08.: kostenlose Tests für Reiserückkehrer

(5) 15.09.: Ende der kostenlosen Tests

Quelle: [RKI](#) (Stand 28.10.2020)

DER SPIEGEL

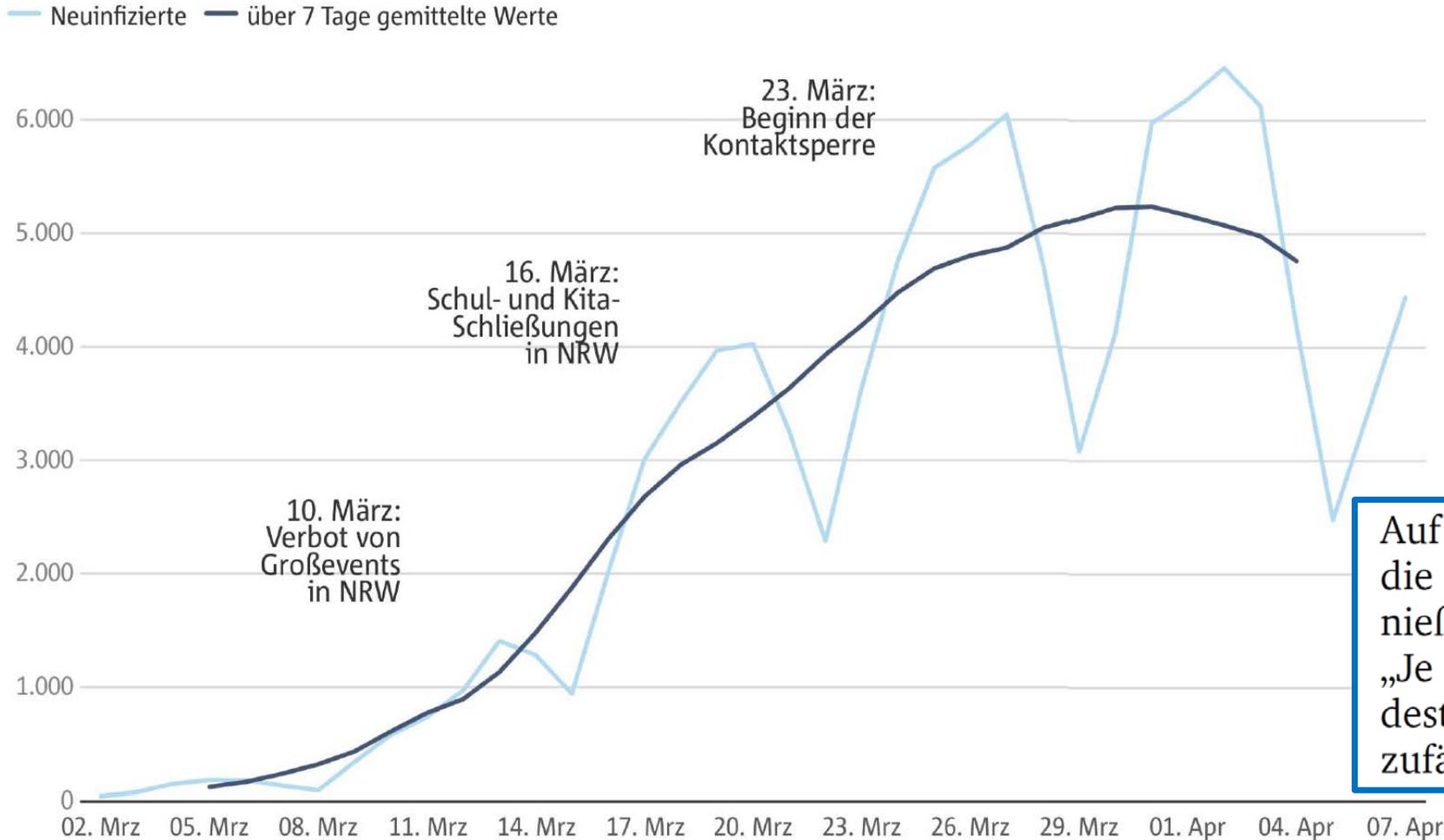




Will Koehrsen: The Poisson Distribution and Poisson Process Explained

<https://towardsdatascience.com/the-poisson-distribution-and-poisson-process-explained-4e2cb17d459>

Zahl der Neuinfektionen bundesweit



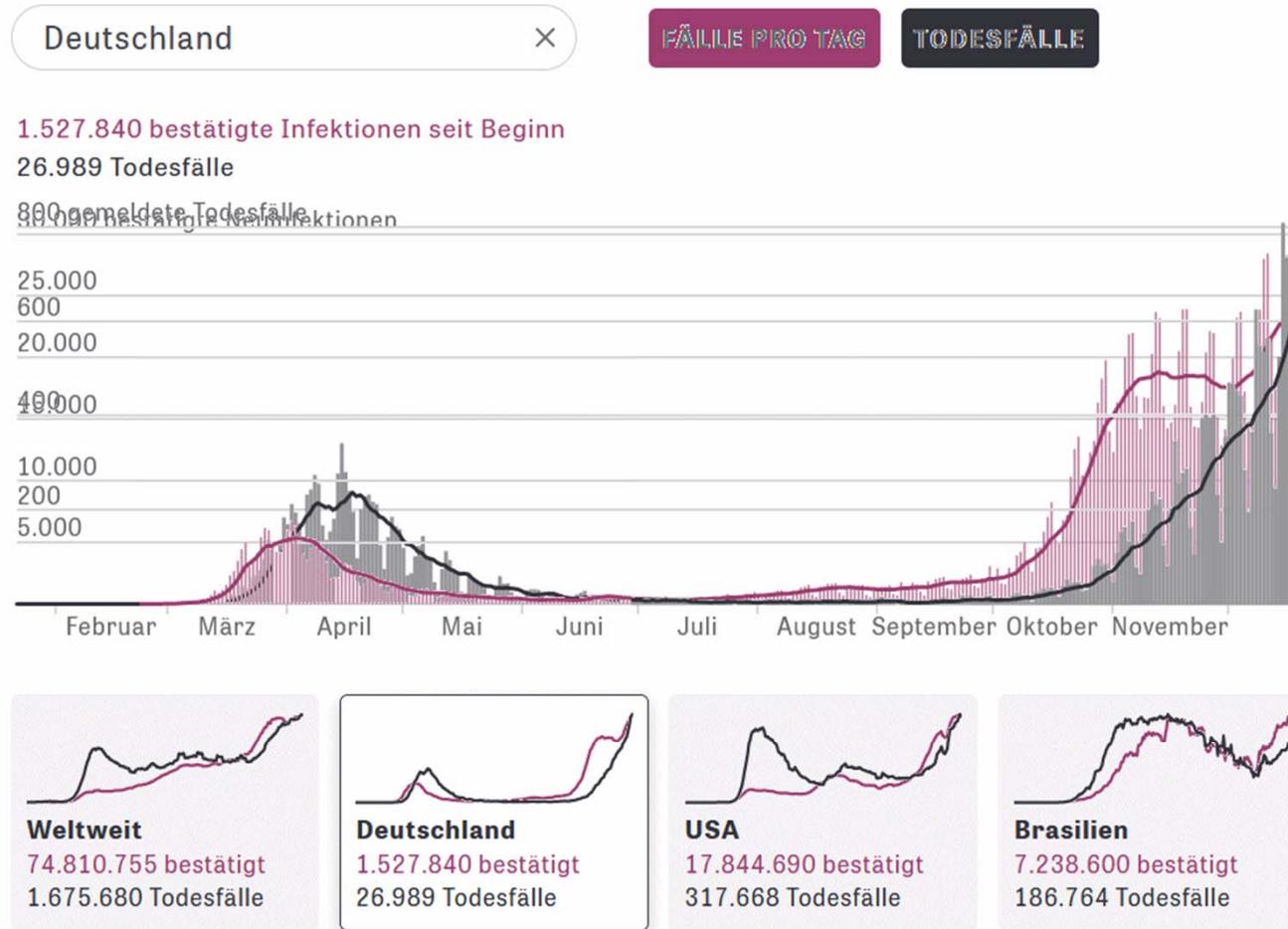
» *Plausiblerweise wird die Kurve der Neuinfektionen weiter abfallen.* «

Götz Uhrig (55),
TU-Physikprofessor

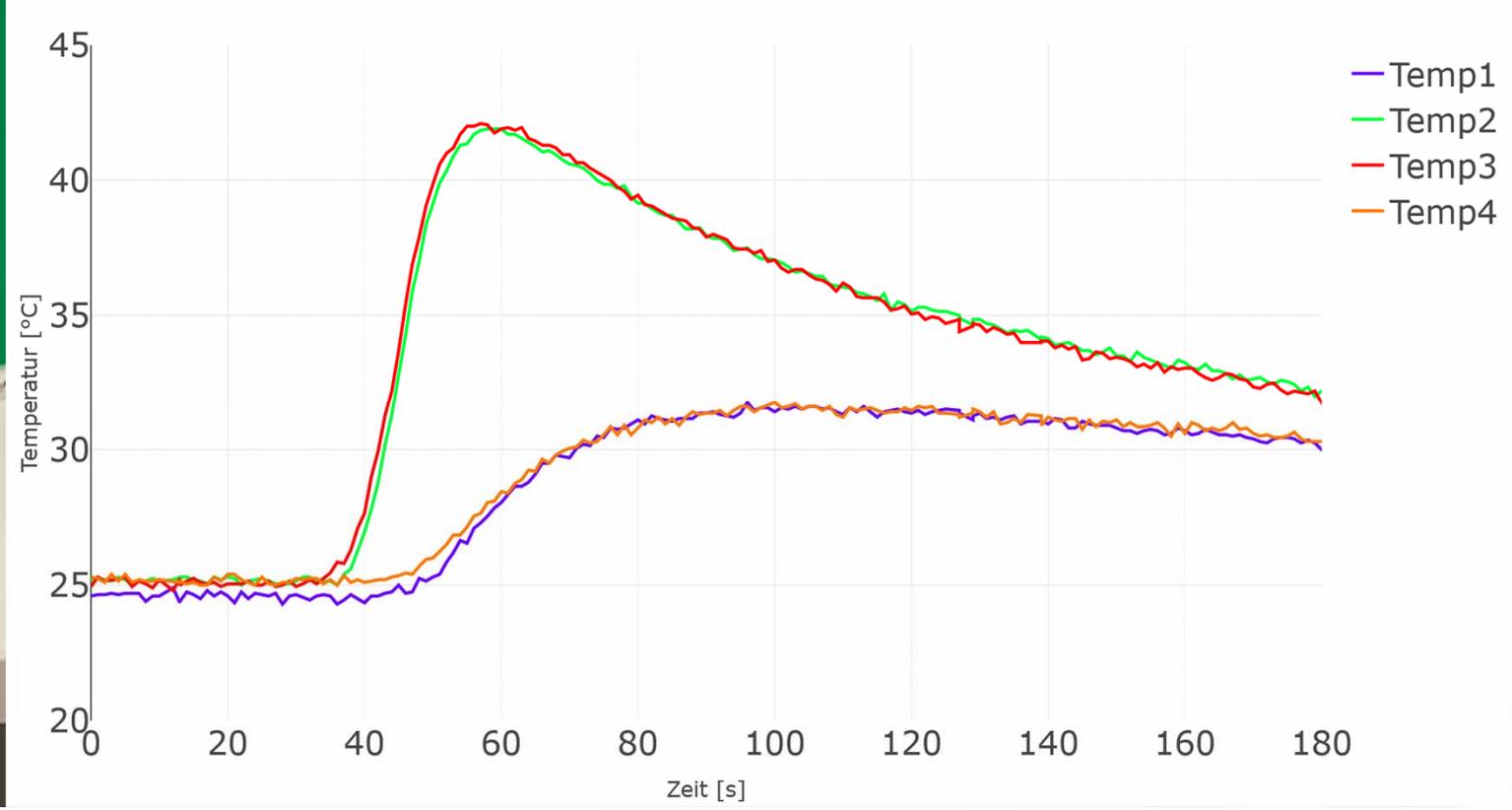
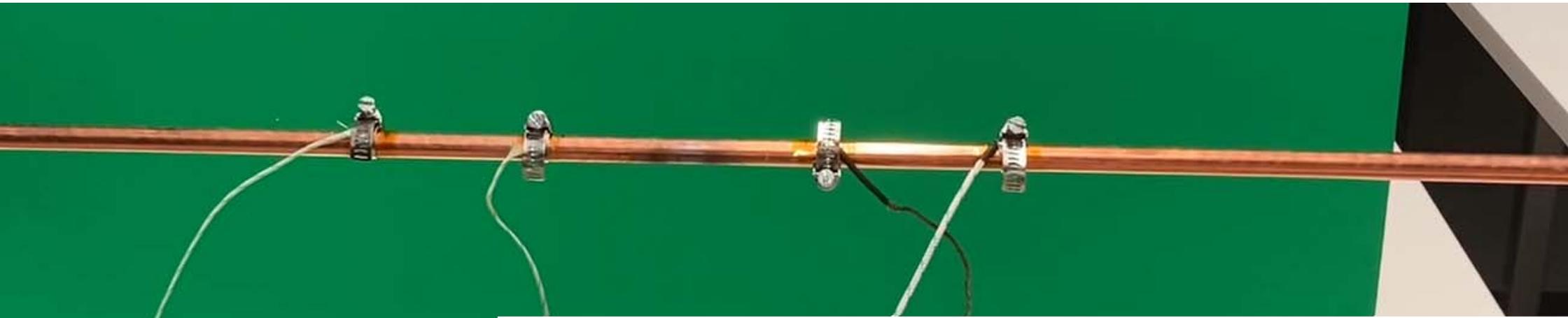
Auf der lokalen Ebene seien die Daten mit Vorsicht zu genießen, meint der Physiker: „Je kleiner die Zahlen sind, desto anfälliger sind sie für zufällige Schwankungen.“

Entwicklung im internationalen Vergleich

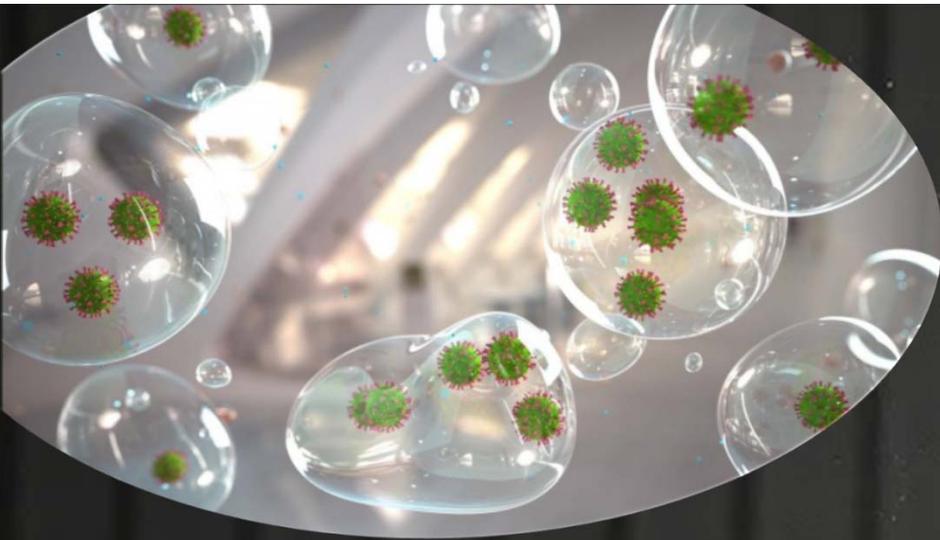
<https://www.zeit.de>



Quelle: Kreis- und Landesbehörden, RKI, eigene Berechnungen. Johns-Hopkins-Universität (JHU). Für die Türkei wurden innerhalb eines Tages sehr viele Fälle nachgemeldet. Wir prüfen aktuell die hohen Zahlen und zeigen deshalb vorübergehend keine Werte für die Türkei. Die internationalen Fallzahlen sind nur eingeschränkt vergleichbar, weil die Daten in verschiedenen Ländern unterschiedlich erhoben werden und nicht überall ausreichend getestet wird.



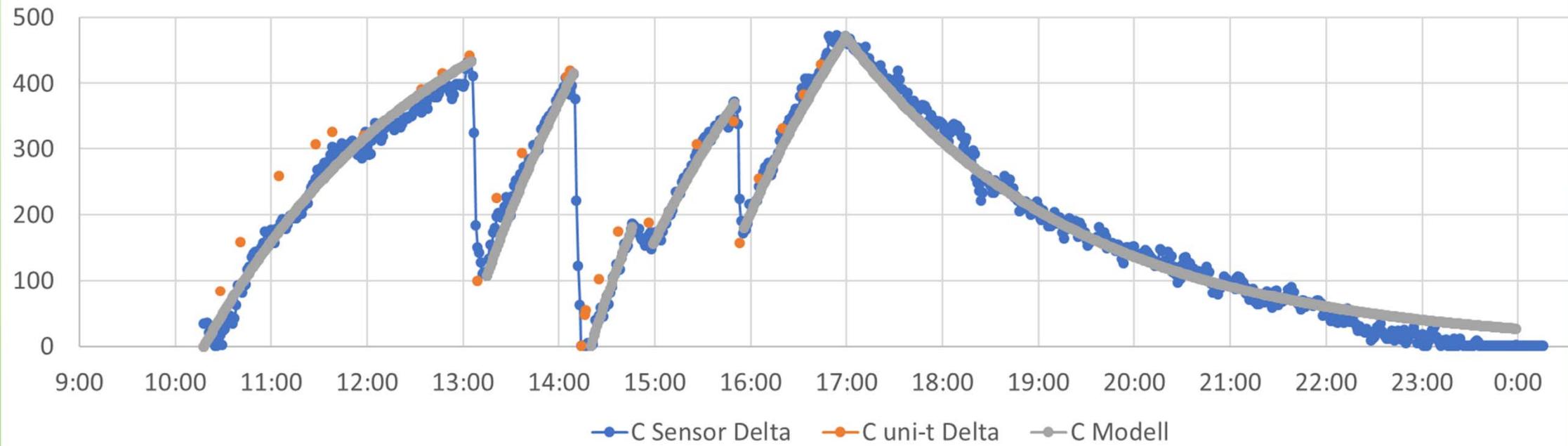
Lüftung



Mandel Ngan/AFP/Getty Images

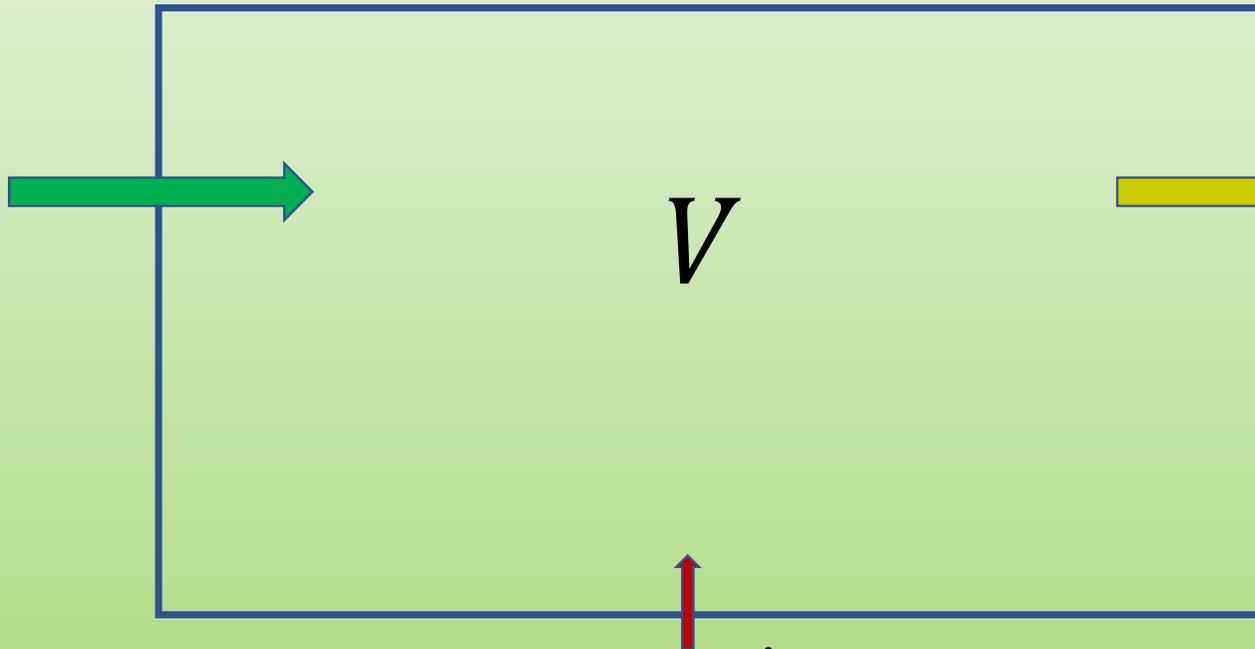
Δ ppm CO₂

CO2 2021_01_04



$$\dot{V} := \frac{dV}{dt}$$

$$c = 0$$



$$\dot{V}$$
$$c = c(t)$$

\dot{V}_{Q,CO_2} CO₂ Ausstoß der Person(en)

$$\frac{dc(t)}{dt} = \frac{\dot{V}_{Q,CO_2}}{V} - \frac{\dot{V} \cdot c(t)}{V}$$

$$c(t) = c(0)e^{-\frac{\dot{V}}{V}t} + \frac{\dot{V}_{Q,CO_2}}{\dot{V}}(1 - e^{-\frac{\dot{V}}{V}t})$$

$\frac{\dot{V}}{V}$: Luftwechselrate, Einheit [1 / Zeit] z.B. 1/h

$\dot{V}_{Q,CO_2} = 0 \rightarrow$ Exp. Abfall auf $c(0)/2,72$ nach Zeit $\frac{V}{\dot{V}}$

Gleichgewicht nach langer Zeit: $c(\infty) = \frac{\dot{V}_{Q,CO_2}}{\dot{V}}$

Δ ppm CO₂

CO2 2021_01_04

V = 58 m³

Zeit für
Luftwechsel
(weit offenes
Fenster)

2 min

5 min

1 min

ca. 2,4 h

Zeit für
Luftwechsel
(geschlossenes
Zimmer über
Nacht)

CO₂ Ausstoß

15 l/h

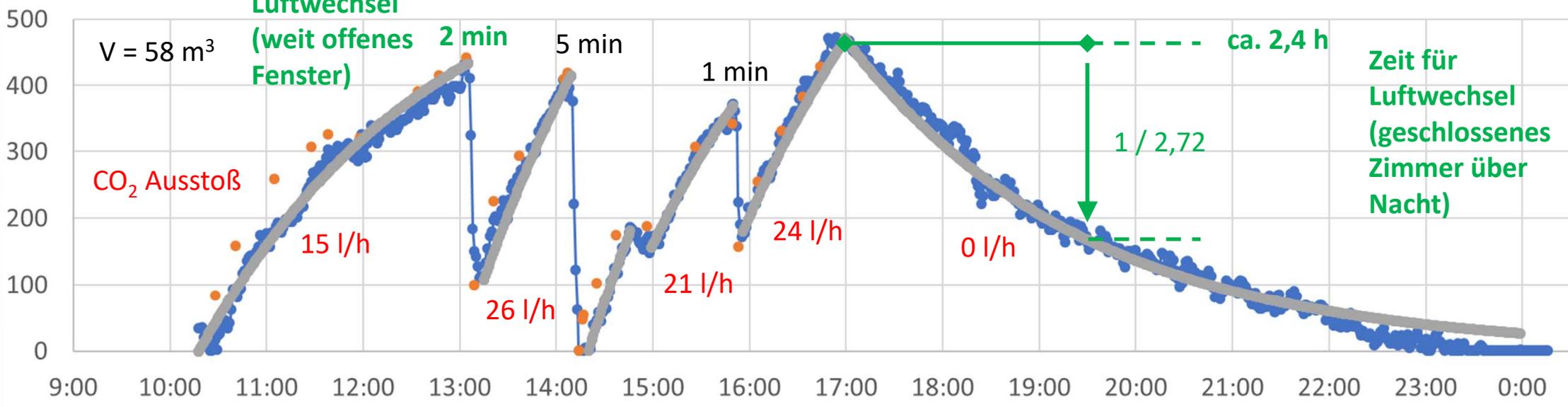
26 l/h

21 l/h

24 l/h

0 l/h

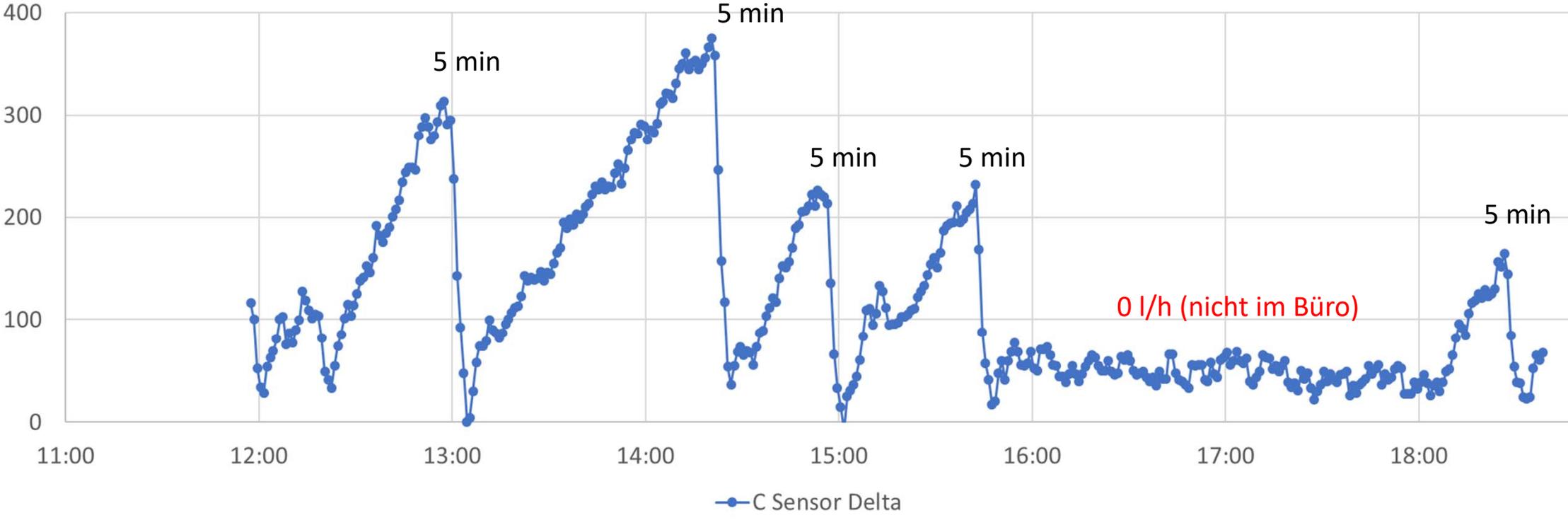
1 / 2,72



● C Sensor Delta ● C uni-t Delta ● C Modell

Δ ppm CO₂

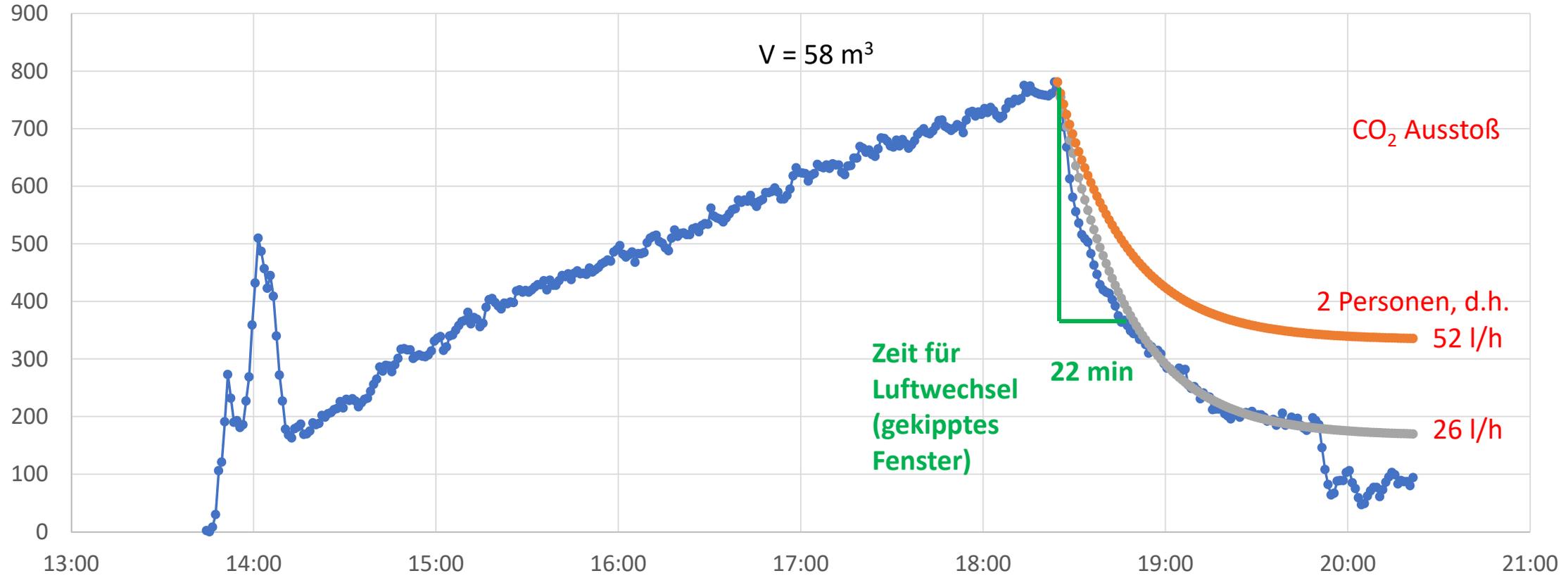
CO2 2021_01_05



Δ ppm CO₂

CO2 2021_01_09

V = 58 m³



CO₂ Ausstoß

2 Personen, d.h. 52 l/h

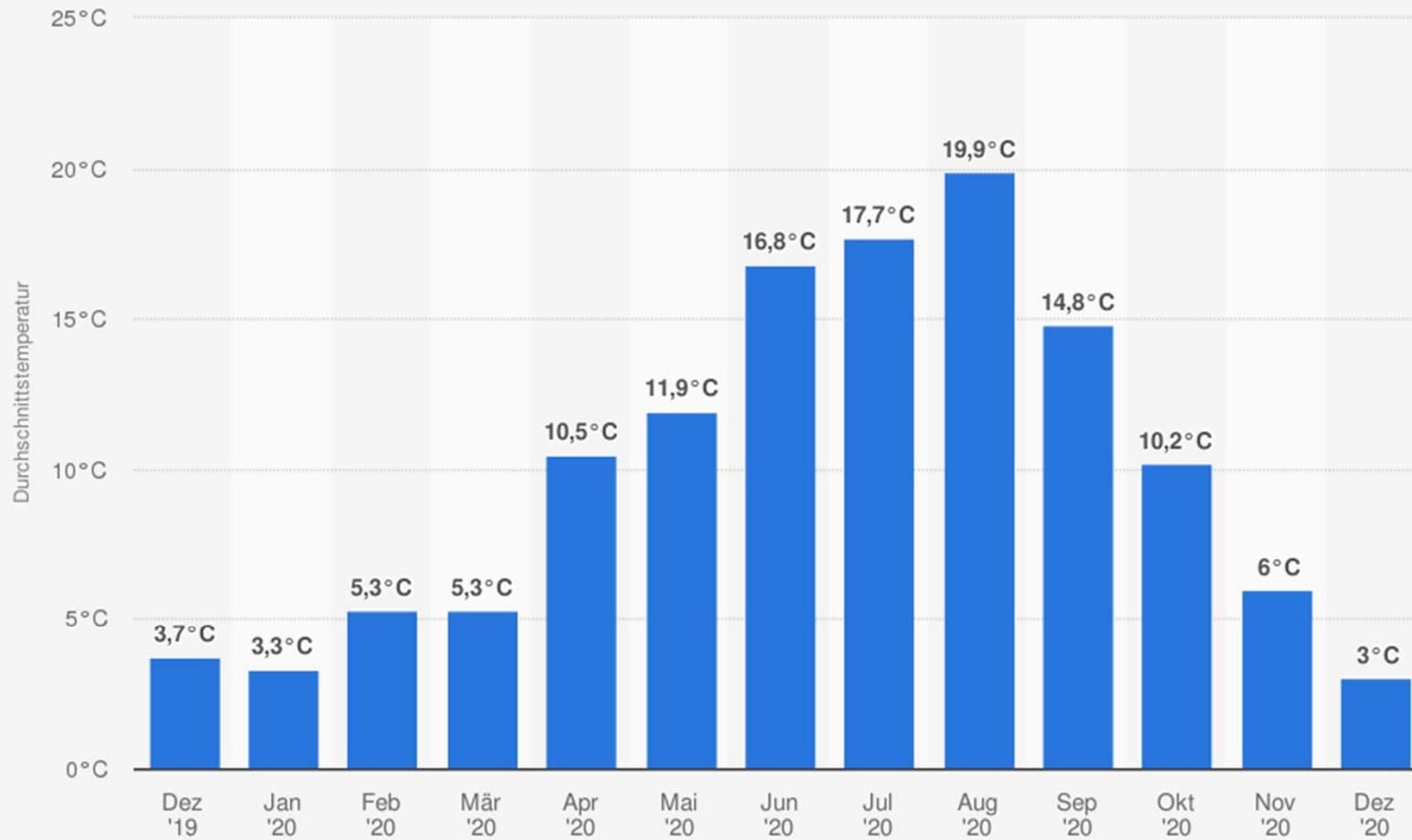
Zeit für Luftwechsel (gekipptes Fenster)

22 min

26 l/h

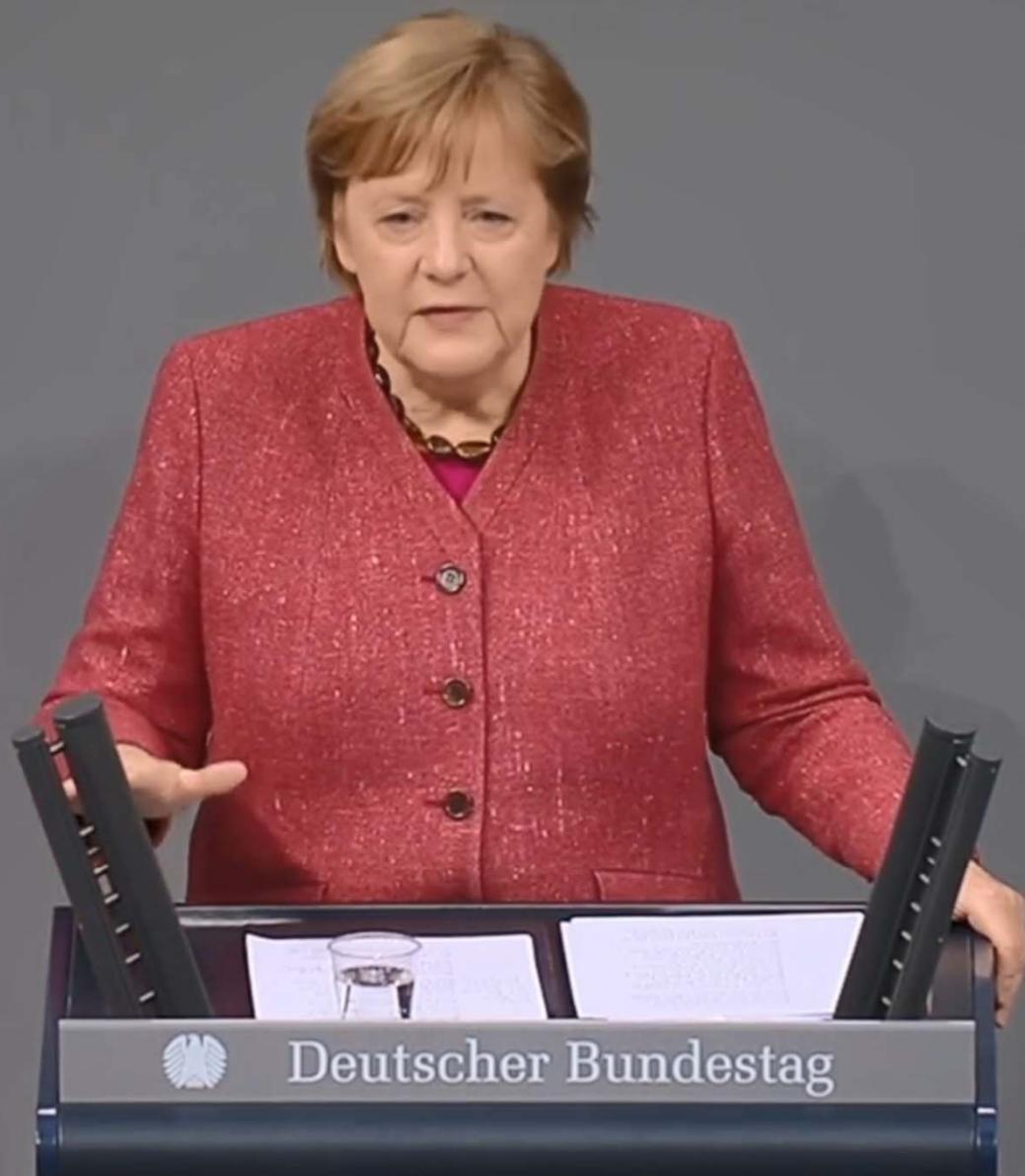
—●— C Sensor Delta —●— Modelle

Monatliche Durchschnittstemperatur in Deutschland von Dezember 2019 bis Dezember 2020



Quelle
DWD
© Statista 2021

Weitere Informationen:
Deutschland



Zusatzfolien

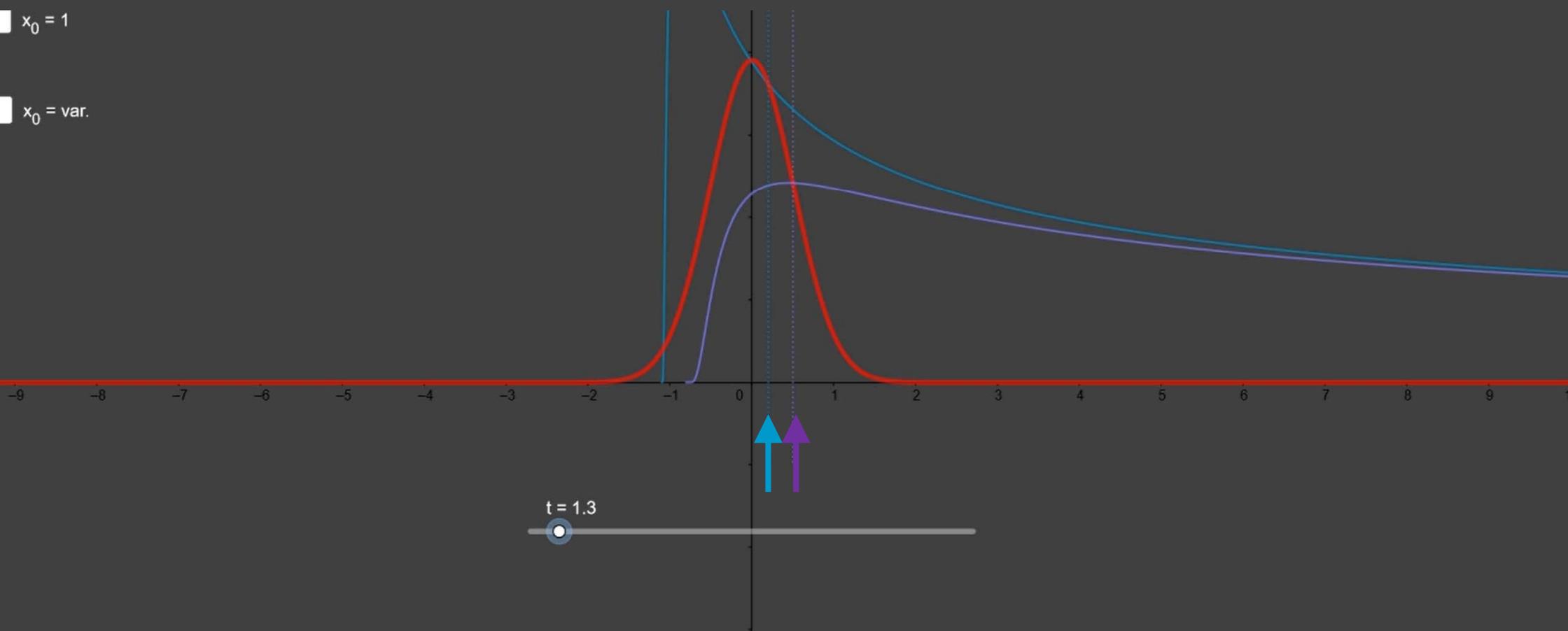
<https://www.geogebra.org/m/SV6PruXx>

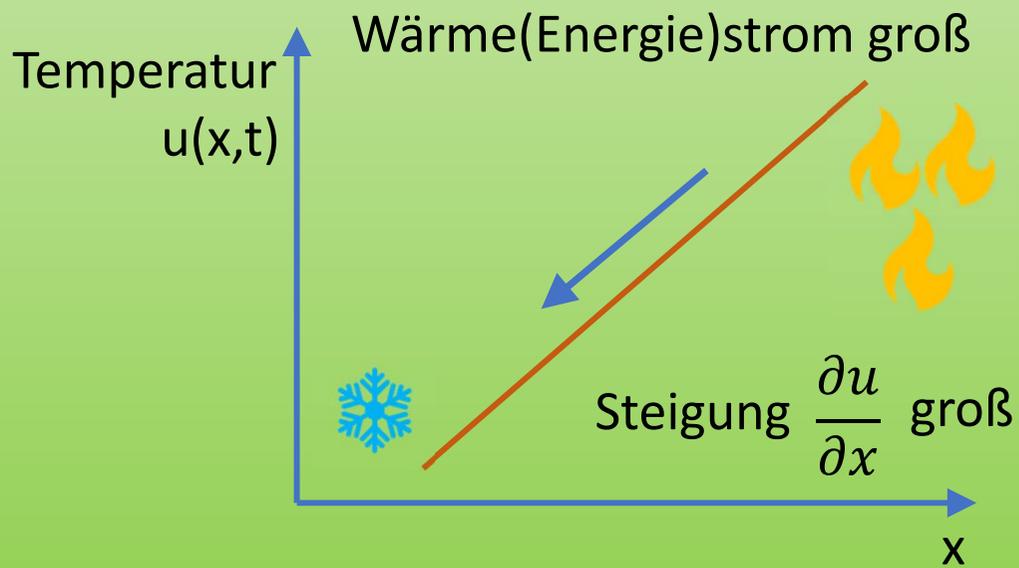
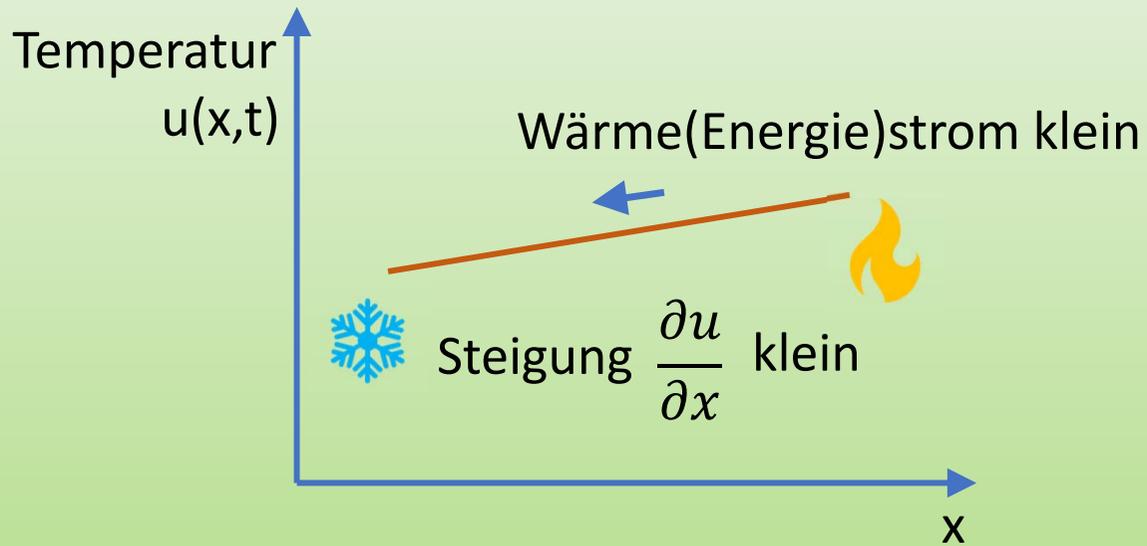
Author: Hans-Peter Stricker

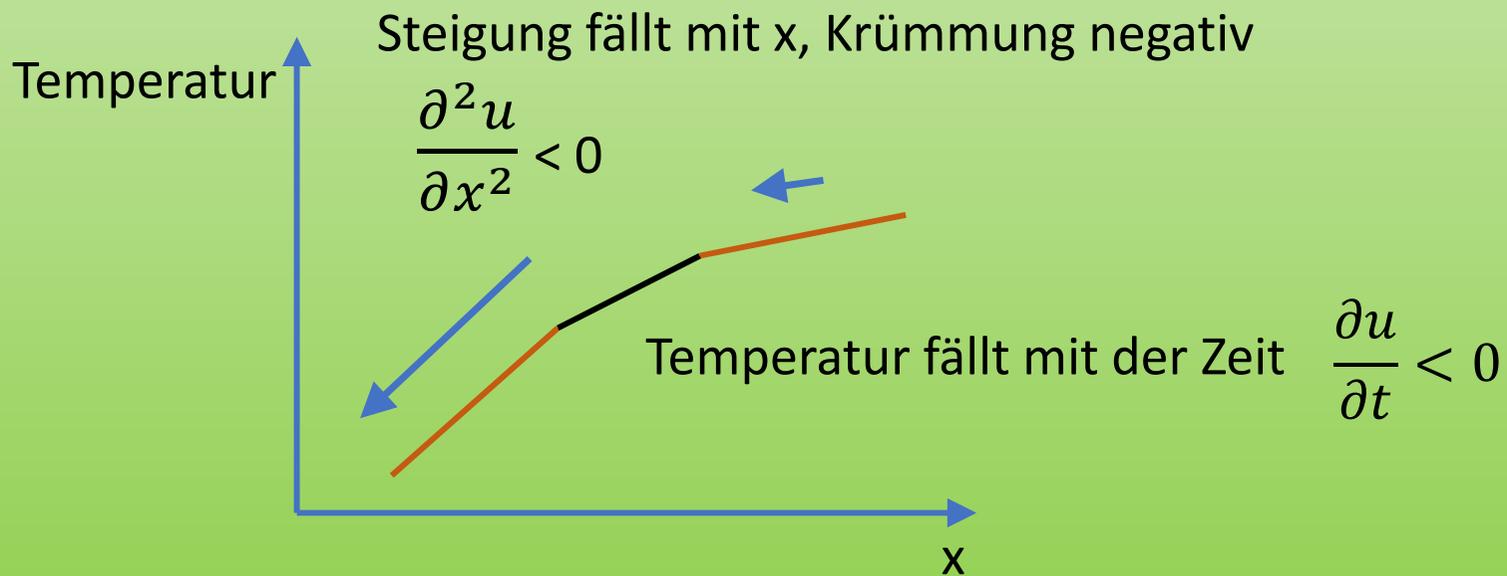
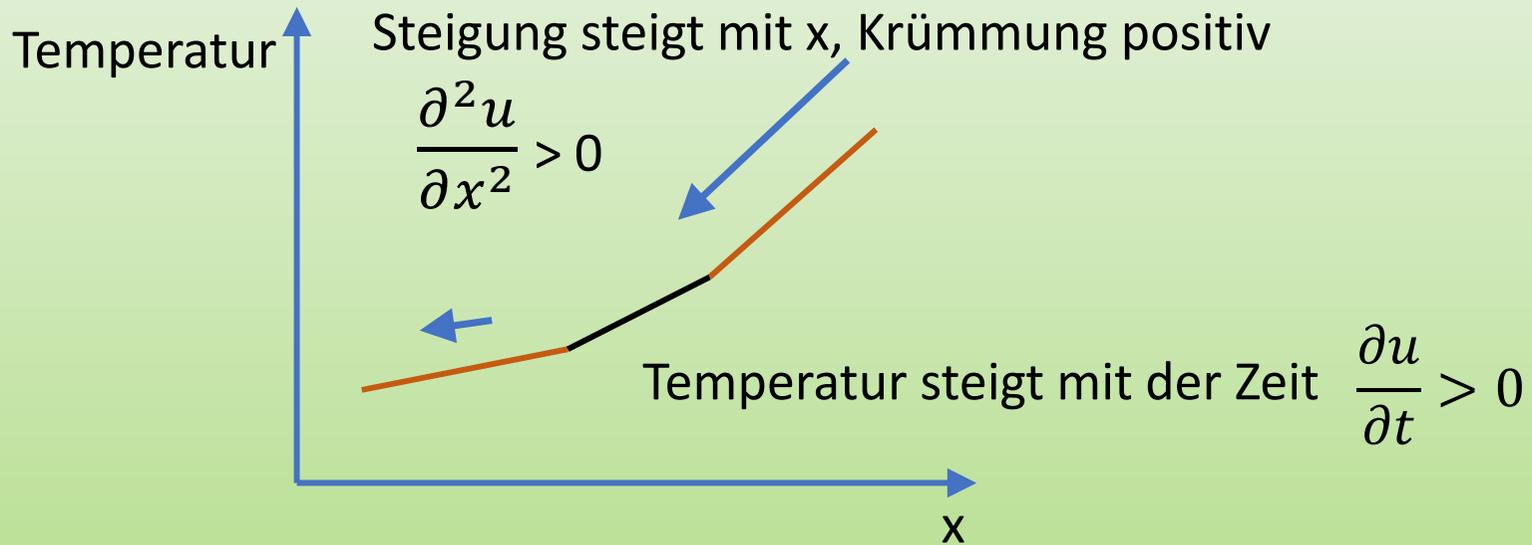
$$\frac{\partial}{\partial t} u(x, t) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t)$$

one-dimensional heat equation

- $x_0 = 1$
- $x_0 = \text{var.}$







Links zu Material in den Folien:

Corona Simulationen:

<https://web.br.de/interaktiv/corona-simulation/>

Gescheitertes Weltrekord-Mausefallen Experiment:

https://www.youtube.com/watch?v=N_07JH0QKuU&feature=emb_logo

Science Bob - Mausefallen-Experiment:

<https://www.youtube.com/watch?v=XlvHd76EdQ4>

Abschätzung zur Verdopplung der Infektionszahlen Jun. bis Dez. 2020:

<https://twitter.com/RegSprecher/status/1310996763810111489>

Deutschlandkarte Infektionszahlen:

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-11/corona-ausbreitung-deutschland-region-hotspot-neuinfektion-karte>

Animierte Rechnung 1-dim Wärmeleitung:

<https://www.geogebra.org/m/SV6PruXx>

Animierte Rechnung Binomial- und Poissonverteilung:

<https://www.geogebra.org/m/Rd947RzA>

Artikel zur Poissonverteilung:

<https://towardsdatascience.com/the-poisson-distribution-and-poisson-process-explained-4e2cb17d459>

Anne Hartmann, Martin Kriegel; Technische Universität Berlin, Hermann-Rietschel-Institut

Risikobewertung von virenbeladenen Aerosolen anhand der CO₂-Konzentration :

<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-10361.3>

Podcasts und Videos:

NDR Coronavirus-Update:

<https://www.ndr.de/nachrichten/info/podcast4684.html>

WDR 5 Feature zu Viren allgemein:

<https://www1.wdr.de/radio/wdr5/sendungen/dok5/viren-102.html>

Synapsen-Podcast zu Modellierungen:

<https://www.ndr.de/nachrichten/info/Synapsen-Warum-Modellierungen-in-der-Coronapandemie-so-wichtig-sind,podcastsynapsen106.html>

Synapsen-Podcast zu Aerosolen:

<https://www.ndr.de/nachrichten/info/Synapsen-Lueften-lueften-lueften,podcastsynapsen156.html>

Video zur Mathematik des exponentiellen Wachstums:

<https://www.youtube.com/watch?v=2hkpfR-J5os>

Folgevideo zur Modellierung (viel zum SIR Modell):

<https://www.youtube.com/watch?v=YGeX2Q7D5BU>

Stimmungsbilder aus verschiedenen Ländern aus dem Frühjahr 2020:

https://www.deutschlandfunkkultur.de/das-coronavirus-und-die-welt-geschichten-aus-einer-woche.976.de.html?dram:article_id=473084

https://www.deutschlandfunkkultur.de/die-welt-und-das-coronavirus-keine-normalitaet-nirgends.976.de.html?dram:article_id=477323

<https://www.ardmediathek.de/ard/video/weltspiegel/corona-tagebuch--1---mein-new-york-mit-corona/das-erste/Y3JpZDovL2Rhc2Vyc3RlLmRlL3dlbHRzcGllZ2VsLzJhYjY5YmY2LTZlYzAtNGU3My1hNGQ2LWVvkmjMwNDIkNGVvMA/>

<https://www.ardmediathek.de/ard/video/weltspiegel/corona-tagebuch--2---mein-europa-mit-corona/das-erste/Y3JpZDovL2Rhc2Vyc3RlLmRlL3dlbHRzcGllZ2VsLzQwYTZlYzAtNGU3My1hNGQ2LWVvkmjMwNDIkNGVvMA/>

Einige Artikel:

Artikel zur Coronavirus Infektion:

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2020-05/sars-cov-2-coronavirus-verlauf-lungenkrankheit-herz-blut-rachen>

Animierte Grafiken und Simulationen:

<https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/health/coronavirus-how-epidemics-spread-and-end/?tid=graphics-story>

<https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/world/corona-simulator/>

Leicht humoristischer Artikel zum "Lüften" aus englischer Sicht

<https://www.theguardian.com/world/2020/sep/30/germans-embrace-fresh-air-to-ward-off-coronavirus>

Einige Zahlensammlungen:

<https://interaktiv.tagesspiegel.de/lab/karte-sars-cov-2-in-deutschland-landkreise/>

https://www.deutschlandfunk.de/coronavirus-in-zahlen-was-die-neuinfektionen-fuer-die.2897.de.html?dram:article_id=472799

<https://www.zeit.de/wissen/gesundheit/coronavirus-echtzeit-karte-deutschland-landkreise-infektionen-ausbreitung#karte>

Andere Vorträge aus der tu-Dortmund:

Vortrag Prof. Dr. Matthias Schneider im Kolloquium der Fakultät Physik:

<https://www.youtube.com/watch?v=pDYQJcpaO0s>

Vortrag Prof. Dr. Jan Kierfeld in der Reihe "Zwischen Brötchen und Borussia":

<https://www.youtube.com/watch?v=YaAvtR2bUMM&feature=youtu.be>

Vortrag PD Dr. Ralf Georg Meyer in der Reihe "Zwischen Brötchen und Borussia":

<https://www.youtube.com/watch?v=AwzcoCENe2o&feature=youtu.be>

Vortrag Prof. Dr. Michael Sydow in der Reihe "Zwischen Brötchen und Borussia":

<https://www.youtube.com/watch?v=4lHalCP3Wcl&feature=youtu.be>

VIELEN DANK:

- Felix Schuster, Quentin Federau und Ulrich Bader für die perfekte Vortragsaufzeichnung bei NRWision
- Thorsten Witt für die Hilfe mit dem Bau der Elektroniken für CO₂ Messung und Temperatur-Datenaufzeichnung
- Der ganzen Gruppe Experimentelle Physik I für gute Vorschläge nach dem Probevortrag, speziell auch Michael Paulus und Christian Sternemann

Folien zum Vortrag in der Reihe

“Samstags zwischen Brötchen und Borussia - Moderne Physik für Alle“, Feb. 2021

<https://www.youtube.com/watch?v=Hy6FaoTumoU&feature=youtu.be>

Die Physik der Pandemie

heinz.hoevel@tu-dortmund.de