Wachstum: Von Bakterien und Menschen

Spotlight zum Thema

Sozio-ökologische Transformation

Version: 19. August 2020 (Review noch ausstehend)

Prof. Dr. F. Hergert,
Dr. Gregor Hagedorn
& Scientists for Future

CC BY-SA 4.0; einige Grafiken, Fotos, Logos abweichend lizenziert bzw. unter Zitatrecht; vollständige Dokumentation ist unter www.scientists4future.org/infomaterial/praesentationen in den Foliennotizen der Originaldateien verfügbar.

Gefördert durch
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
Umwelt Bundesamt

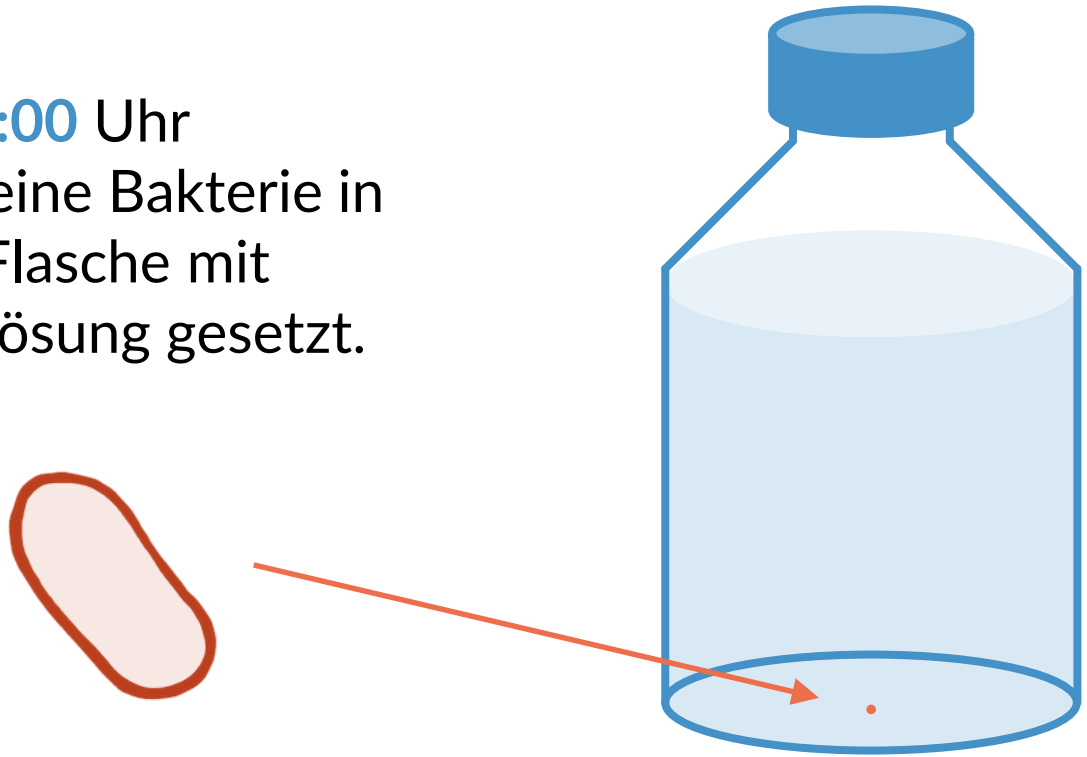
Zu „Von Bakterien und Menschen “

- **Erzählt wird eine Geschichte über das (exponentielle) Wachstum von Bakterien.**
  - Die Verdoppelung alle 10 Minuten ist ungefähr die maximale Wachstumsgeschwindigkeit von Bakterien; die Zeit von 6 h ist größenordnungsmäßig korrekt um ca. 1 L Nährlösung zu verbrauchen.
- **Den Zuhörenden wird durch Rückfragen in Erinnerung gerufen, wie schwer es sein kann, exponentielle Prozesse einzuschätzen.**
- **Wie handeln wir Menschen? Gibt es bei uns ähnliche exponentielle Prozesse?**

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Um 6:00 Uhr
wird eine Bakterie in
eine Flasche mit
Nährlösung gesetzt.



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00

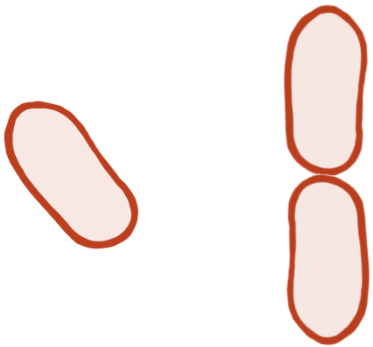
© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 6:10



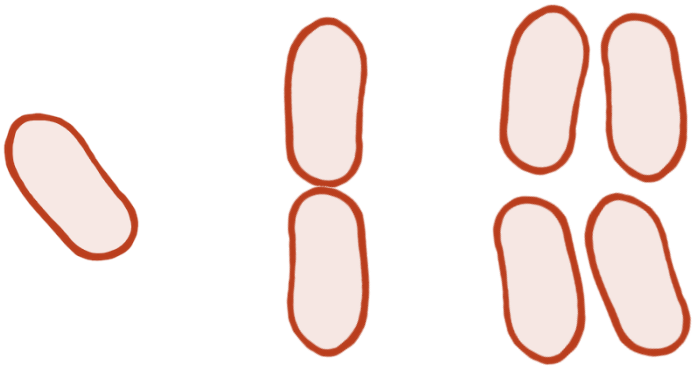
© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 6:10 6:20

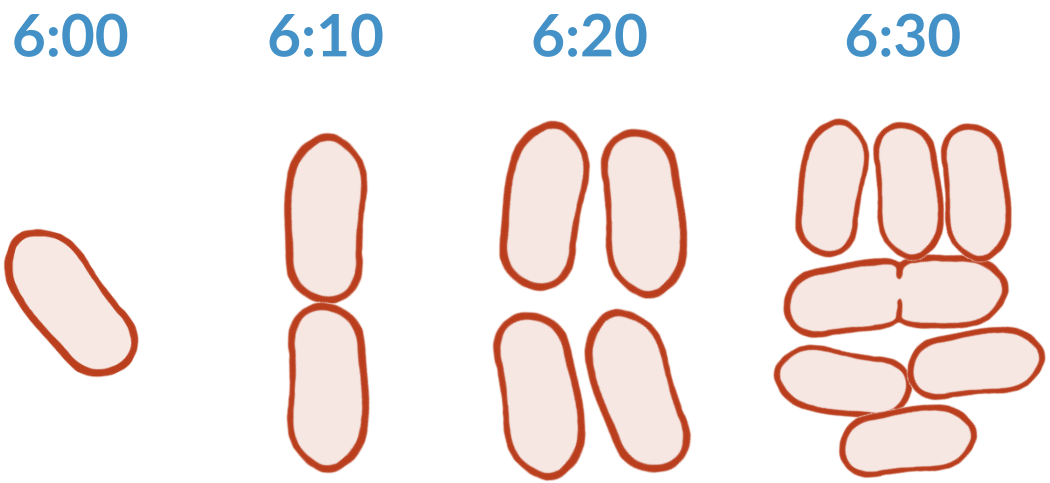


© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

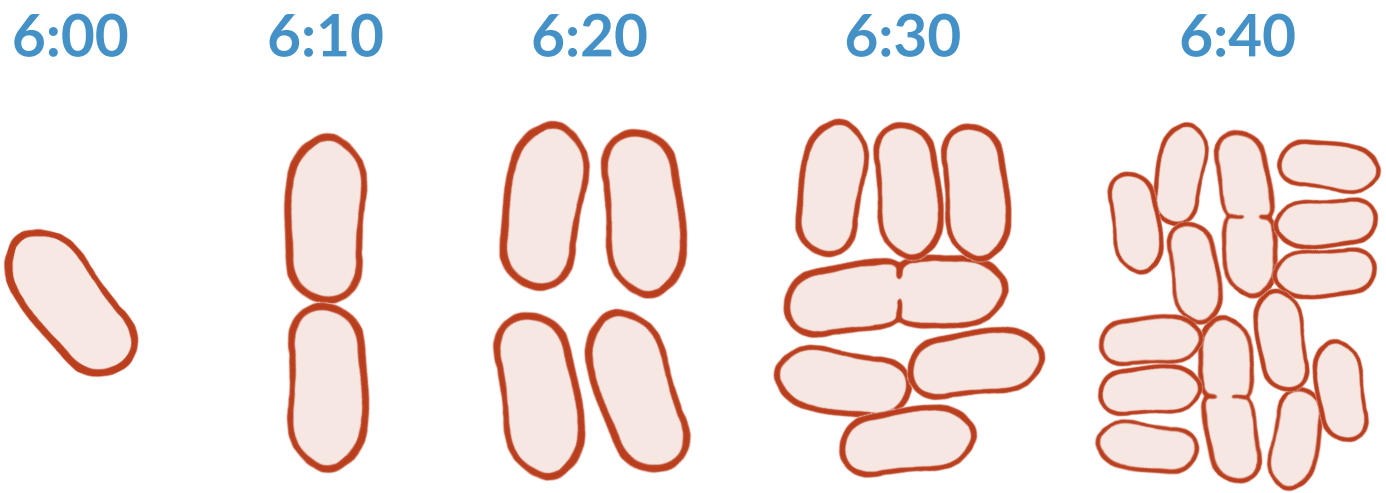


© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

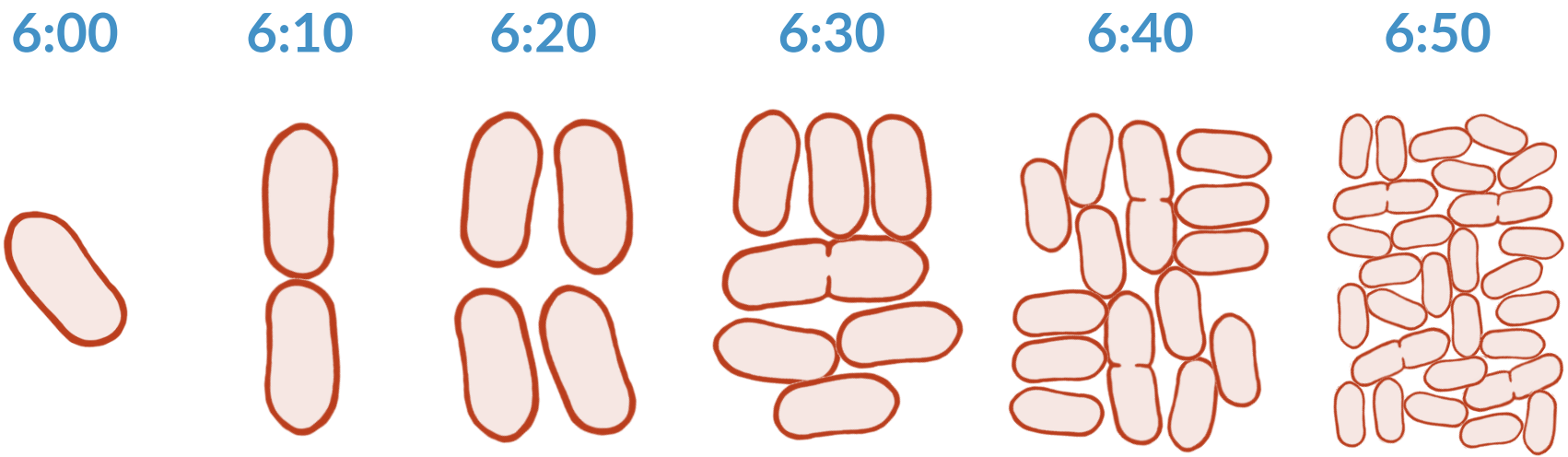


© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:



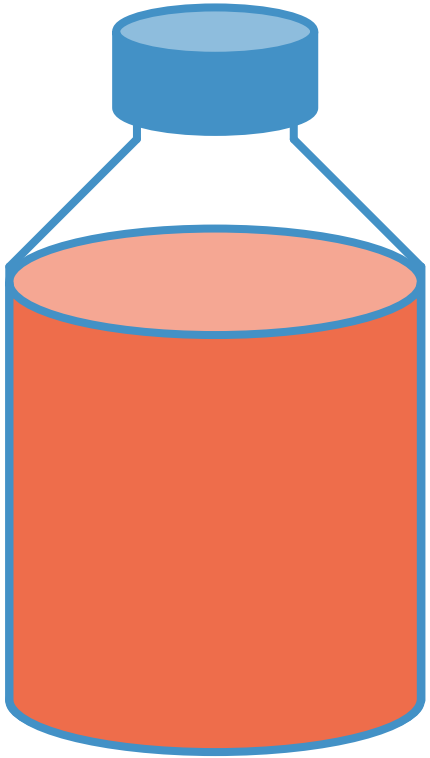
© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Dies führt dazu, dass exakt um 12:00 Uhr alle Nährstoffe verbraucht sind.

Die Bakterien können sich jetzt nicht mehr vermehren.



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

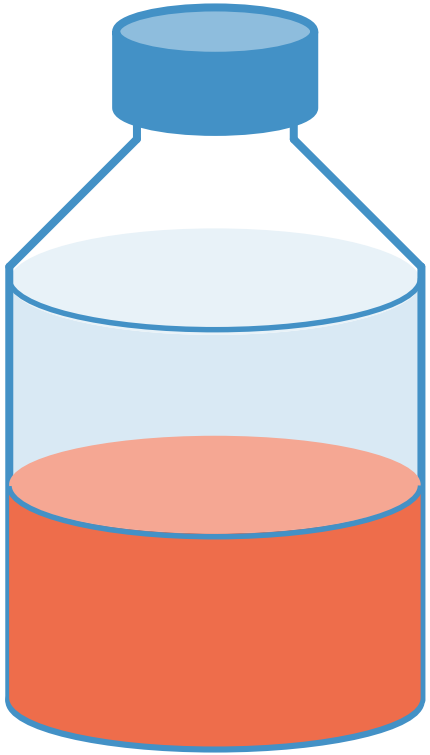
Frage: Wann ist die Flasche halb voll?
(Start: 6:00)

9:00?

11:00?

11:50?

11:55?



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

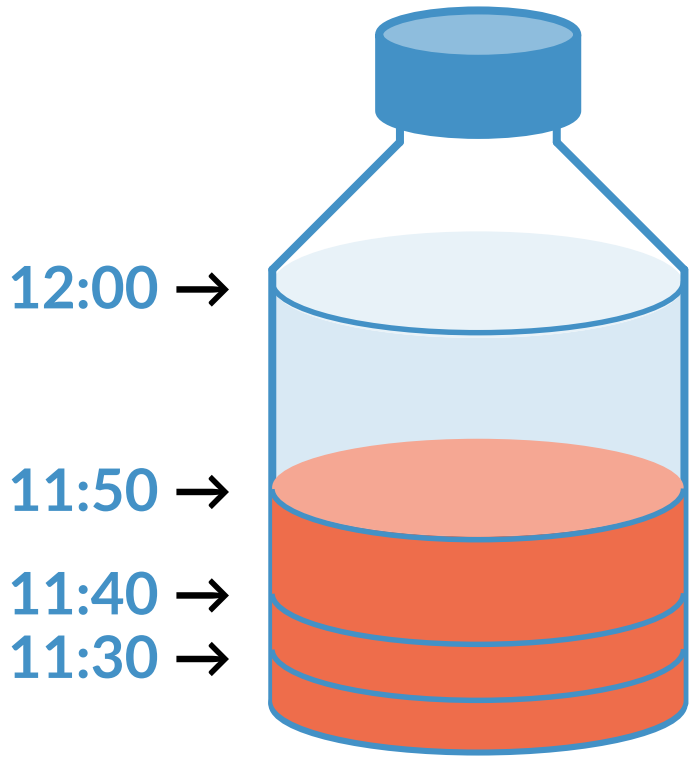
Frage: Wann ist die Flasche halb voll? (Start: 6:00)

9:00

11:00

11:50

11:55



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

„Kontinuierliches Wachstum“ klingt harmlos.

Es bedeutet aber eine exponentielle Zunahme.

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Um 12:00 Uhr fügen wir drei weitere Flaschen hinzu.

Frage: Wie viel Zeit bekommen die Bakterien dadurch „geschenkt“?

18 Stunden?

6 Stunden?

30 Minuten?

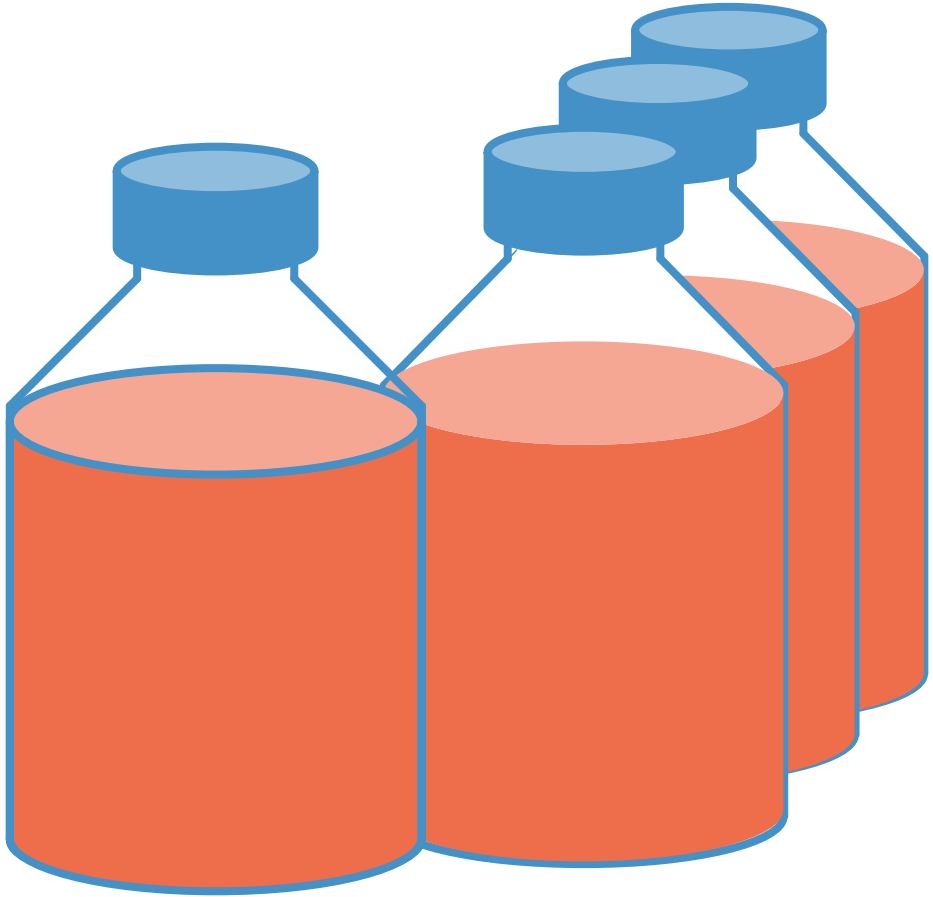
20 Minuten?

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Selbst **drei neue Flaschen** verzögern das Wachstumsende nur um **20 Minuten.**



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

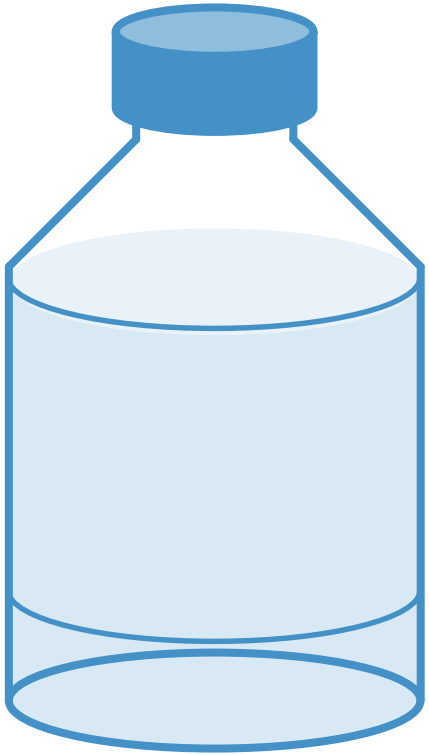
Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Nach 5 Stunden und …

40 Minuten? →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

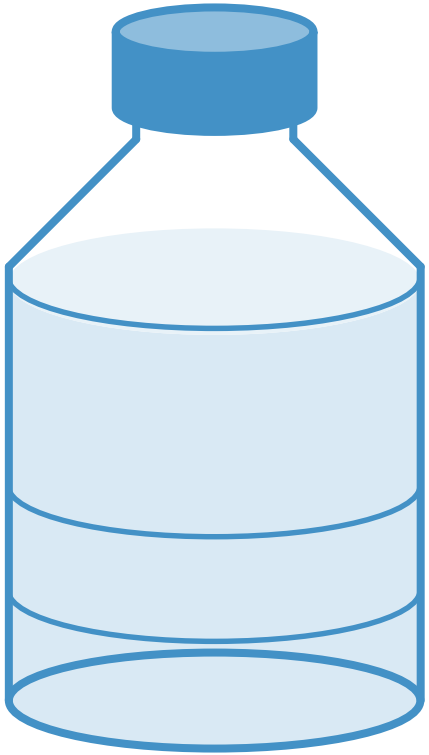
Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Nach 5 Stunden und …

50 Minuten? →

40 Minuten? →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

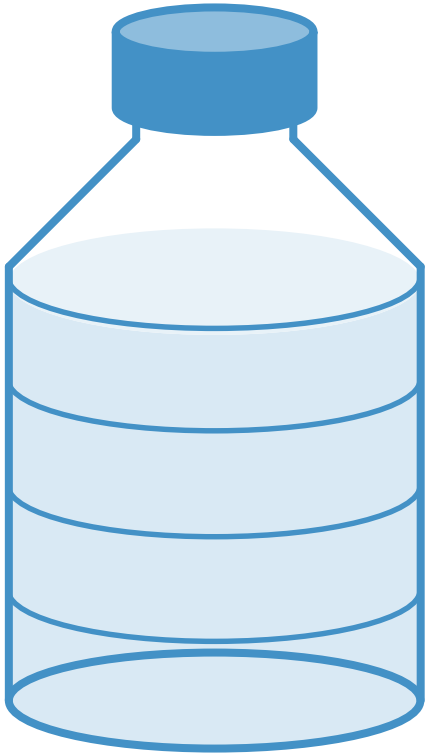
Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Nach 5 Stunden und …

56 Minuten? →

50 Minuten? →

40 Minuten? →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

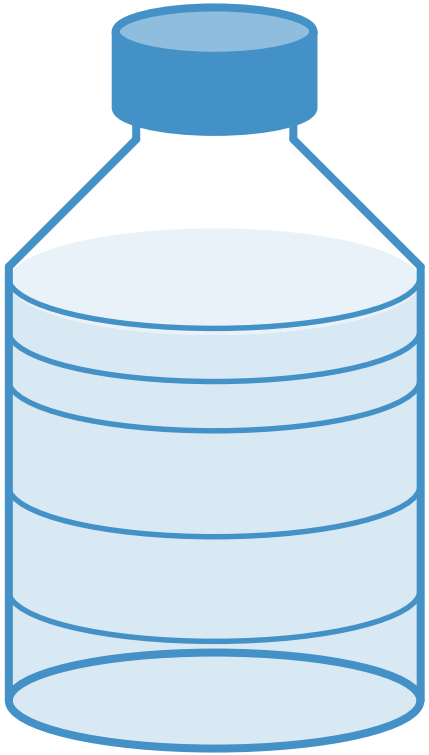
Nach 5 Stunden und …

58 Minuten? →

56 Minuten? →

50 Minuten? →

40 Minuten? →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Nach 5 Stunden und …

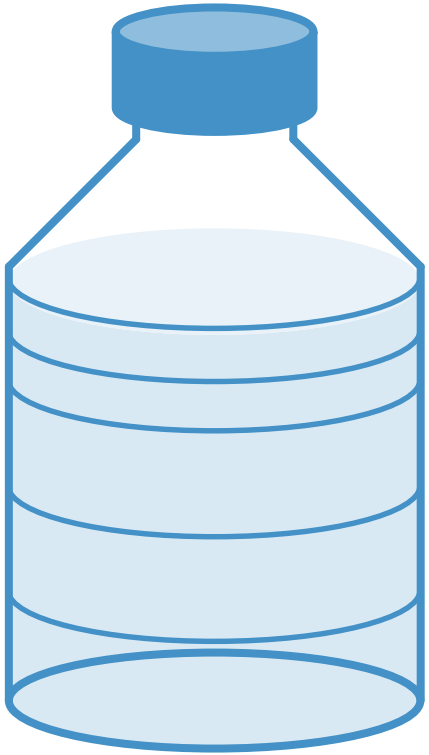
Gar nicht! →

58 Minuten? →

56 Minuten? →

50 Minuten? →

40 Minuten? →

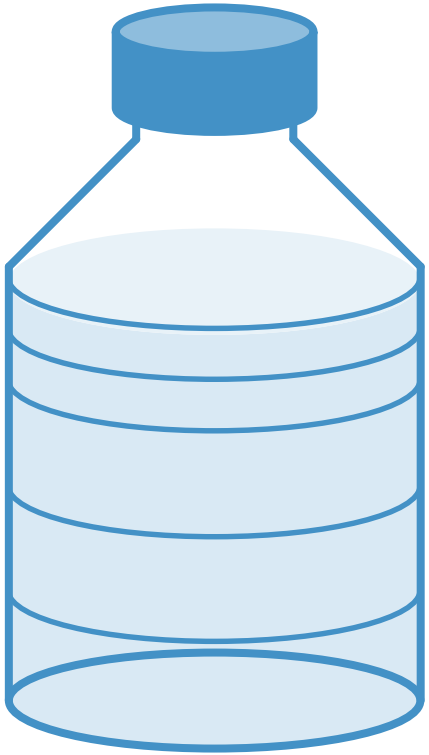


© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?



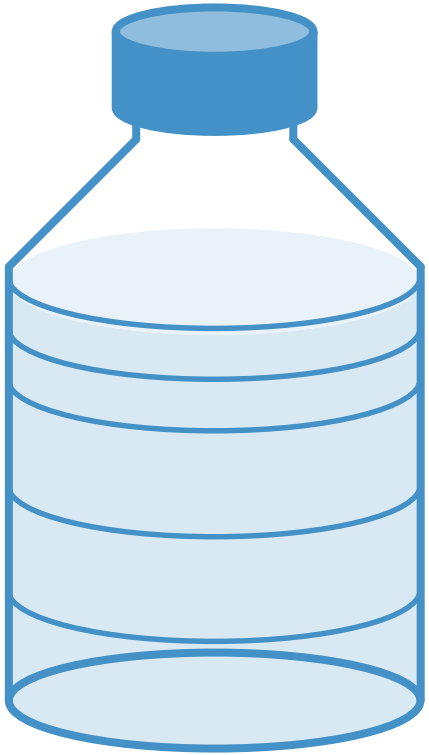
© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Noch 20 Minuten →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

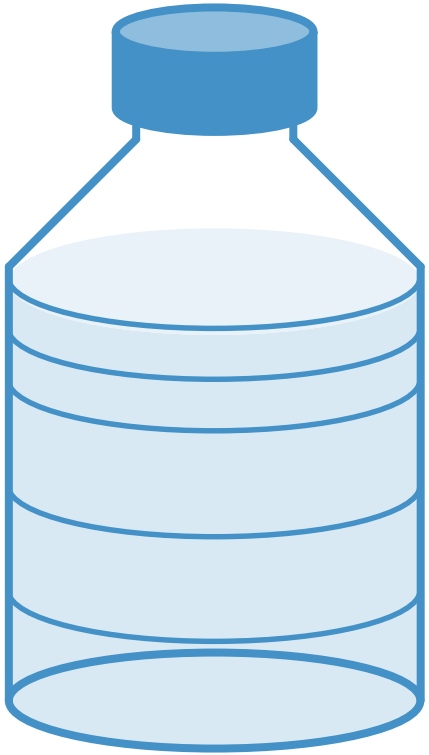
Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Noch 10 Minuten →

Noch 20 Minuten →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

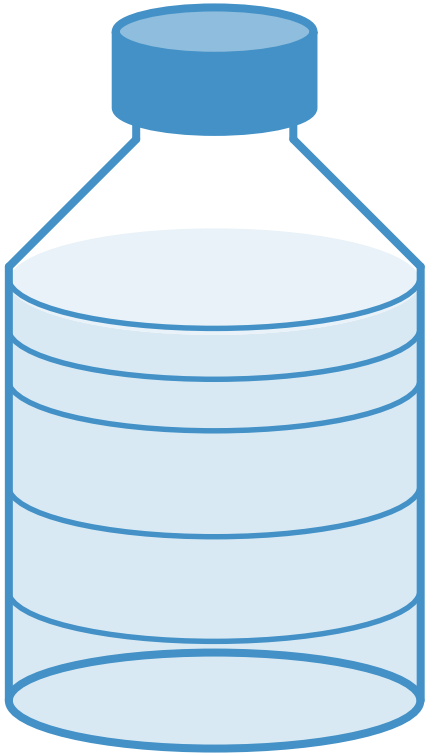
Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Noch 4 Minuten →

Noch 10 Minuten →

Noch 20 Minuten →

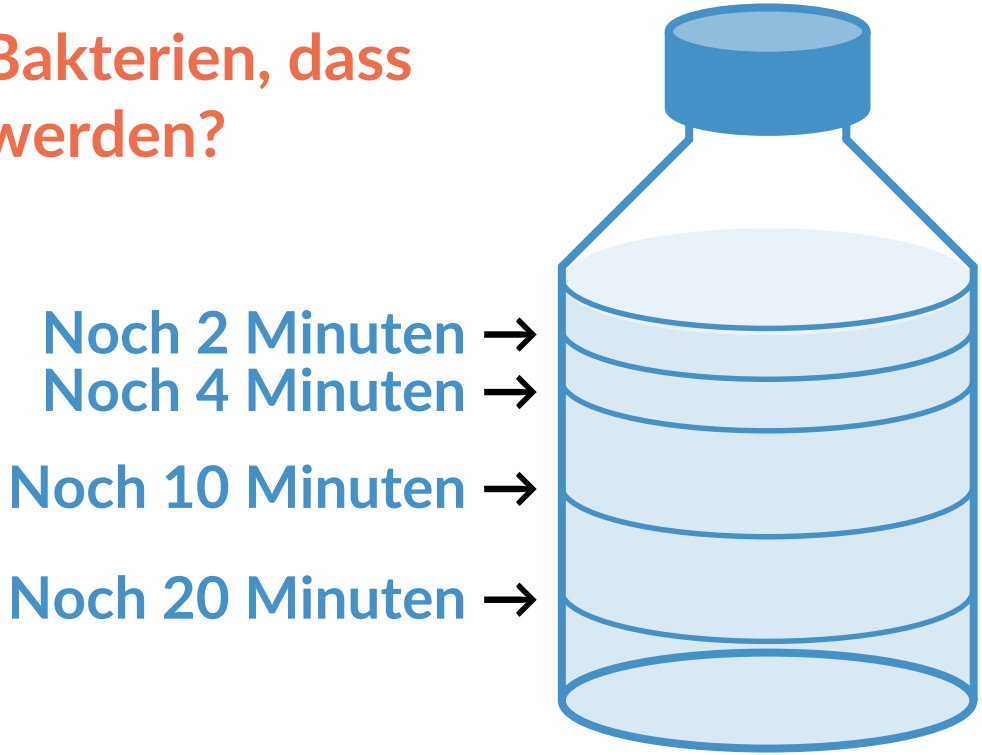


© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

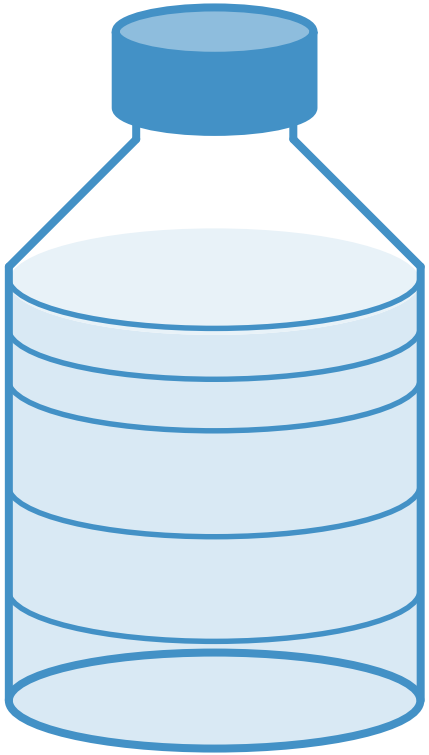
Gedanken-Experiment

Wann „bemerken“ die Bakterien, dass sie ein Problem haben werden?

Gar nicht! →
Noch 2 Minuten →
Noch 4 Minuten →

Noch 10 Minuten →

Noch 20 Minuten →



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?
Vielleicht wenn 3/4tel der Ressourcen verbraucht sind?

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?
Vielleicht wenn 3/4tel der Ressourcen verbraucht sind?

Das kann sehr spät sein:

Zeit →

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?
Vielleicht wenn 3/4tel der Ressourcen verbraucht sind?

Das kann sehr spät sein:

Noch ein Viertel Platz ↓

Zeit →

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?
Vielleicht wenn 3/4tel der Ressourcen verbraucht sind?

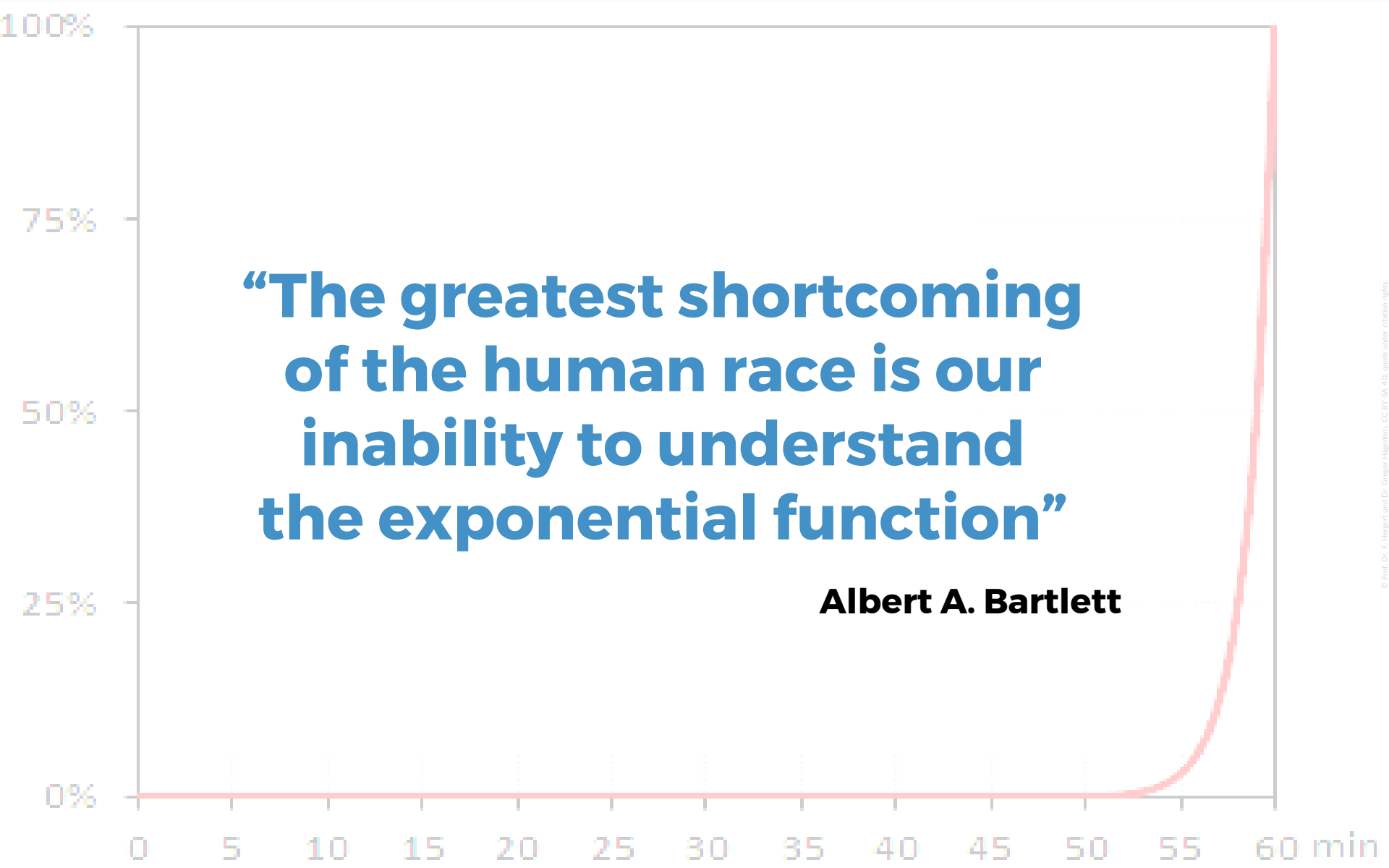
Das kann sehr spät sein:

Noch ein Viertel Platz ↓

Zeit →

Noch 4 Minuten Zeit ↑

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0



“The greatest shortcoming of the human race is our inability to understand the exponential function”

Albert A. Bartlett

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, quote under citation rights.

Aber eine Verdopplung des Ressourcen-Verbrauchs pro menschlicher Generation ist doch gar nicht realistisch – oder?

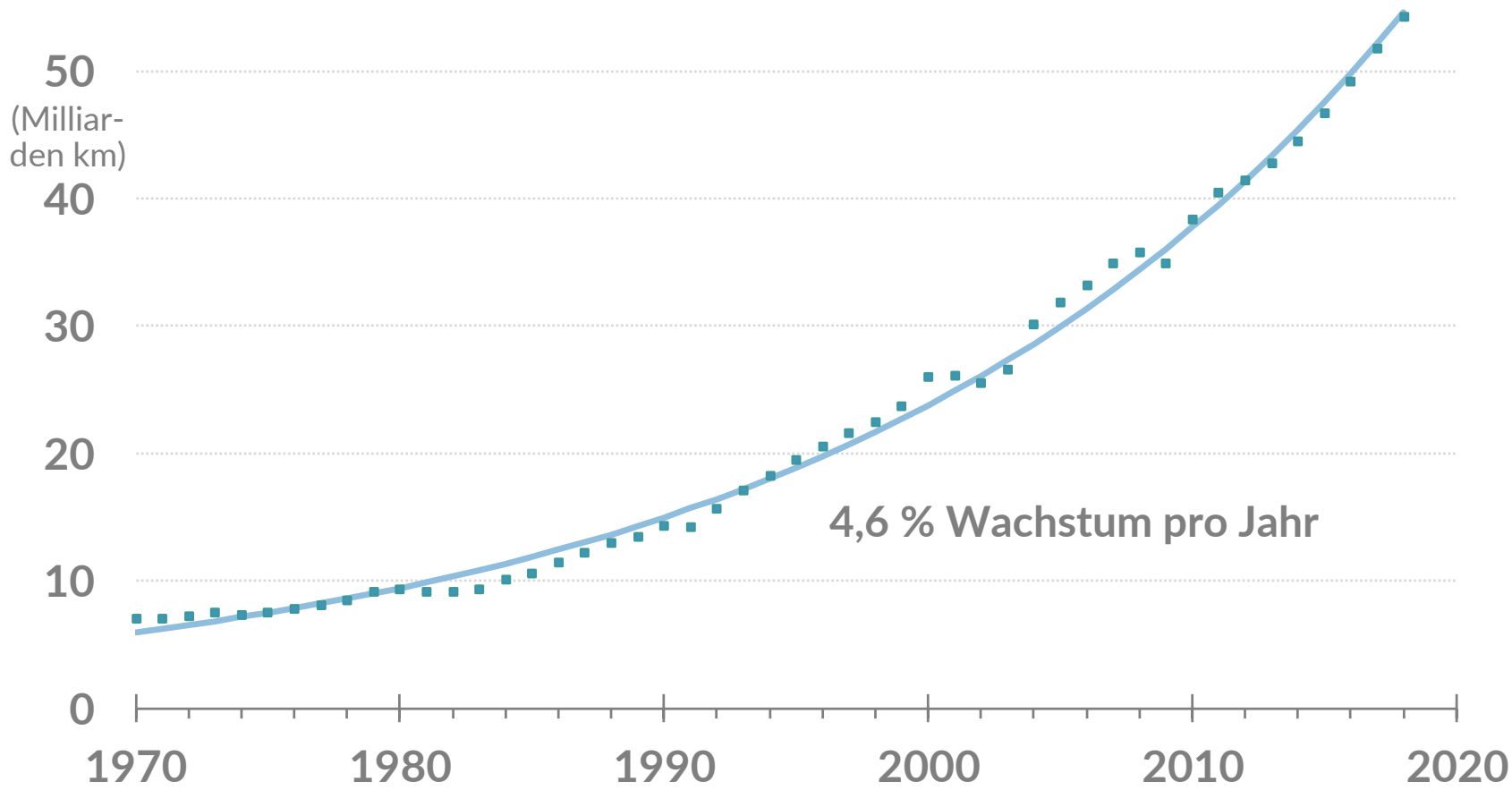
© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

(Nehmen wir menschliche Generation = 30 Jahre an ...)

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

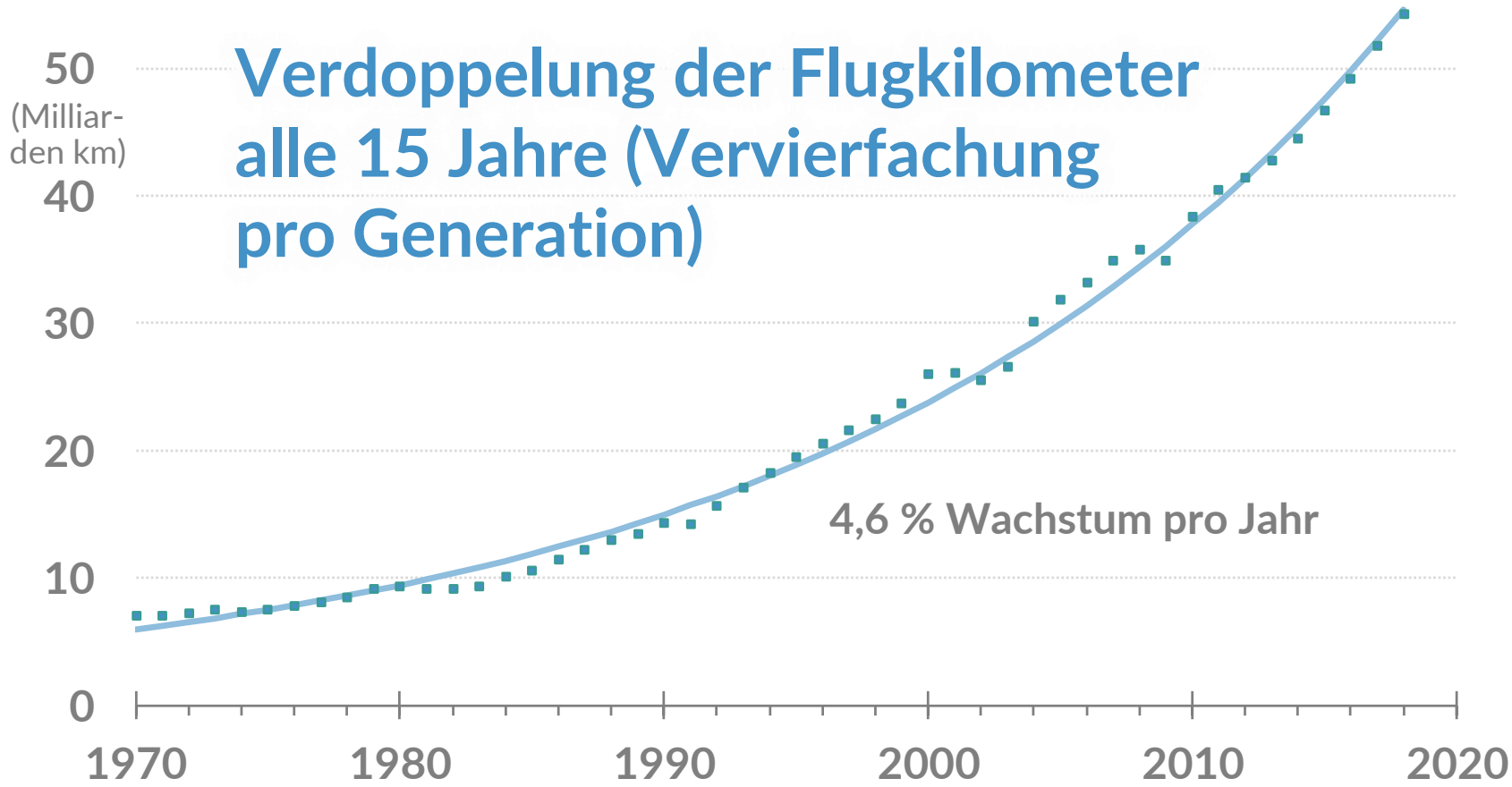
Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

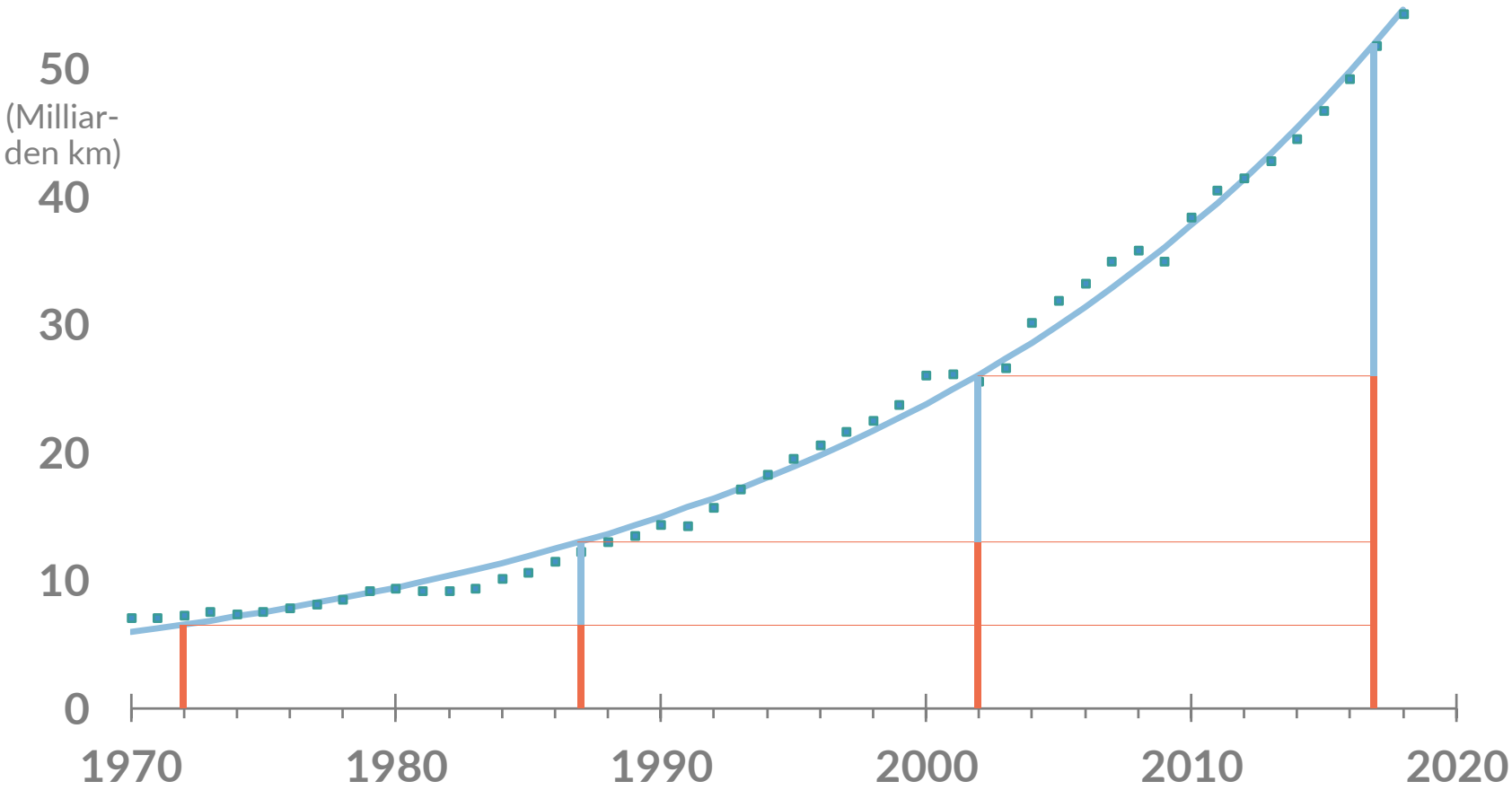
Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

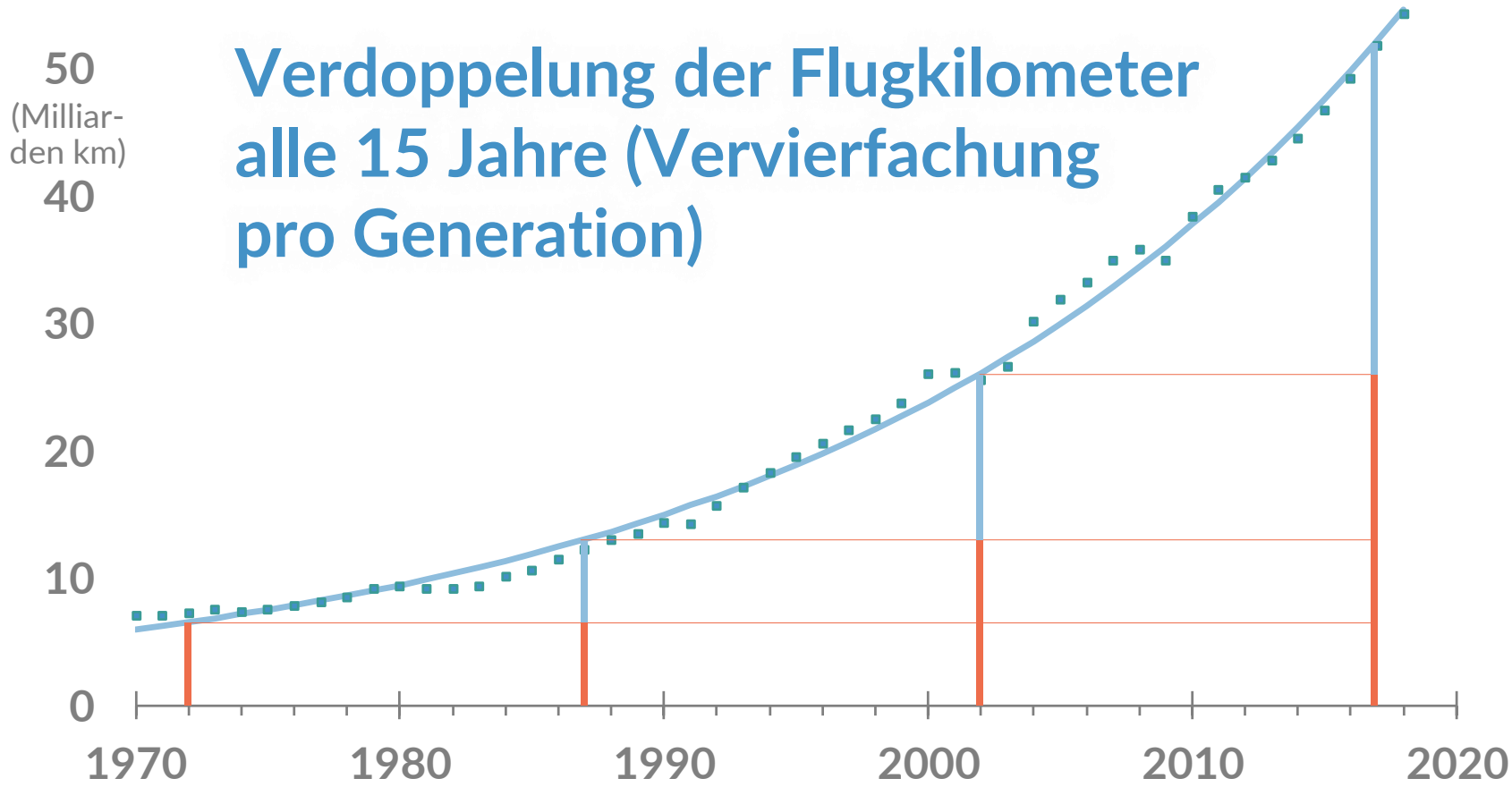
Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

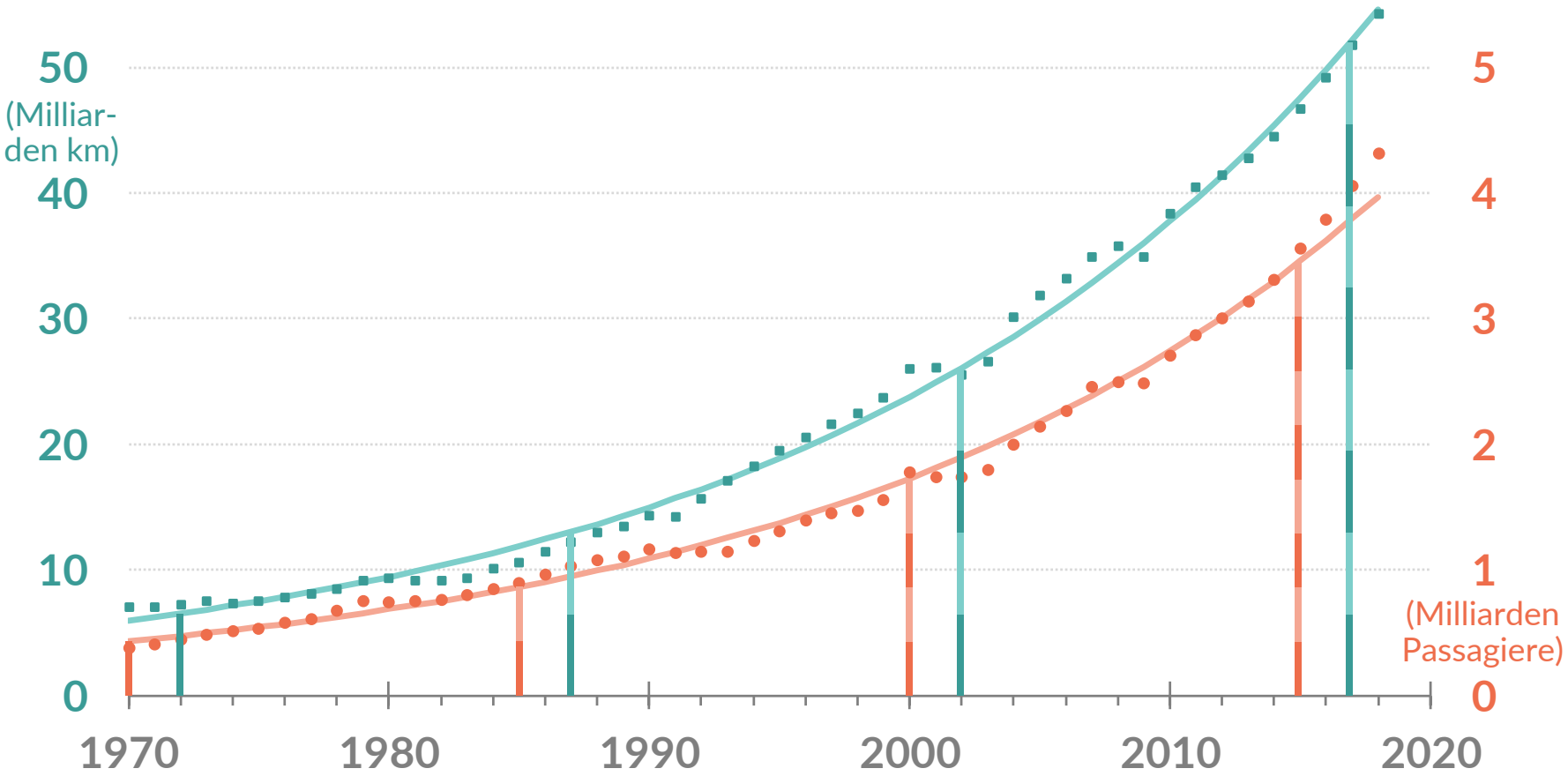
Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

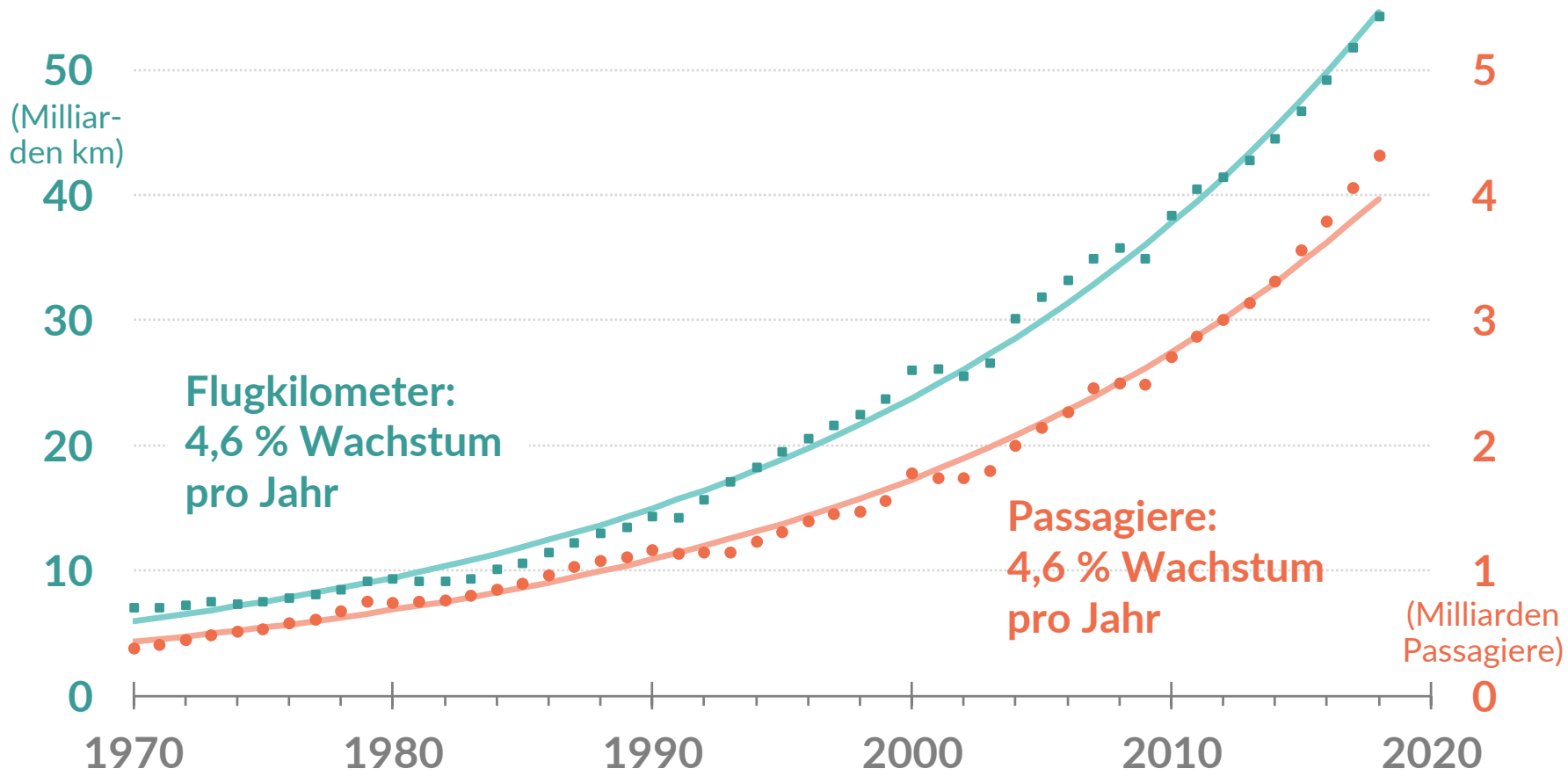
Weltw. Flugverkehr: Verdoppelung alle 15 Jahre



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

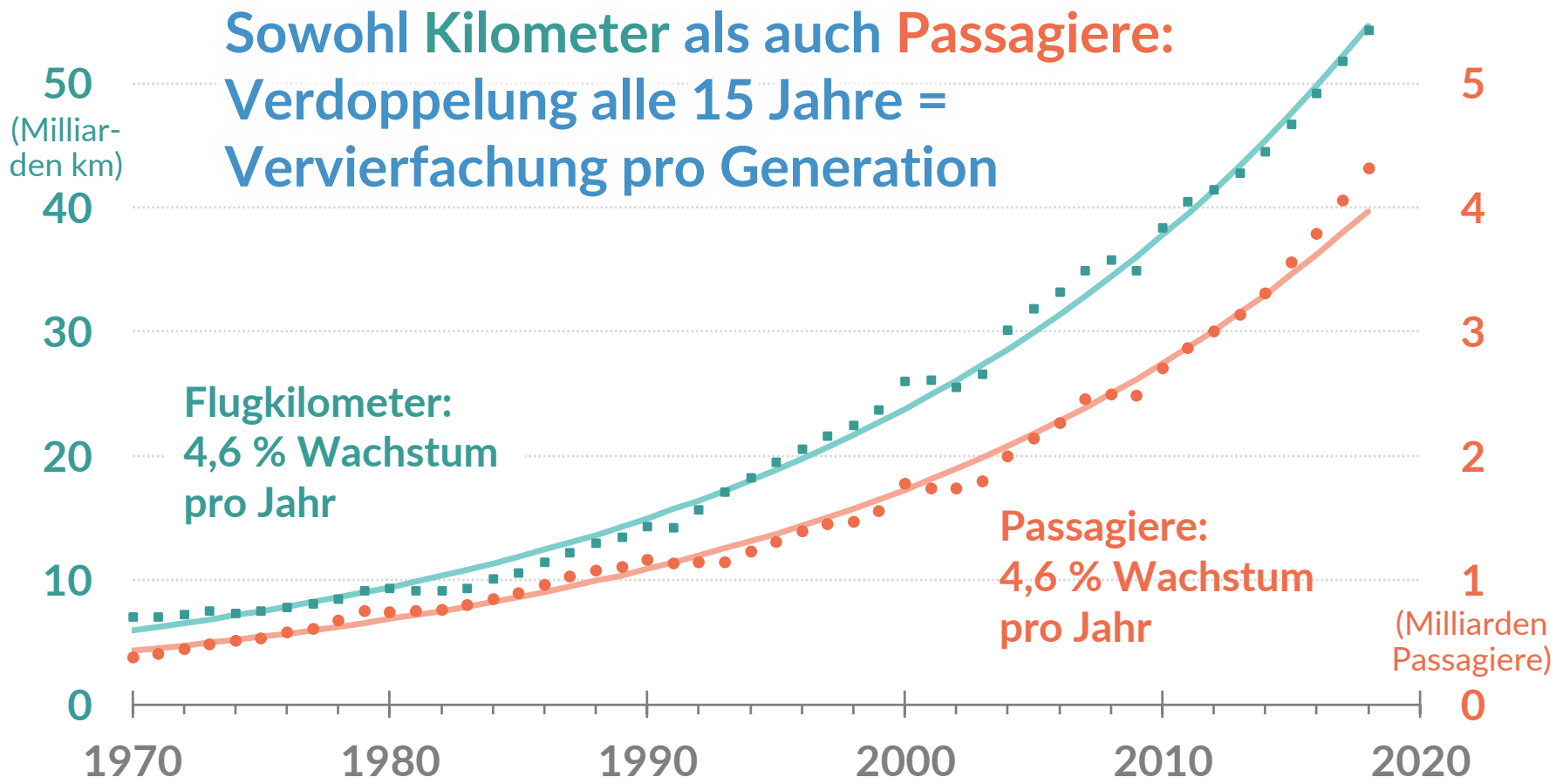
Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines

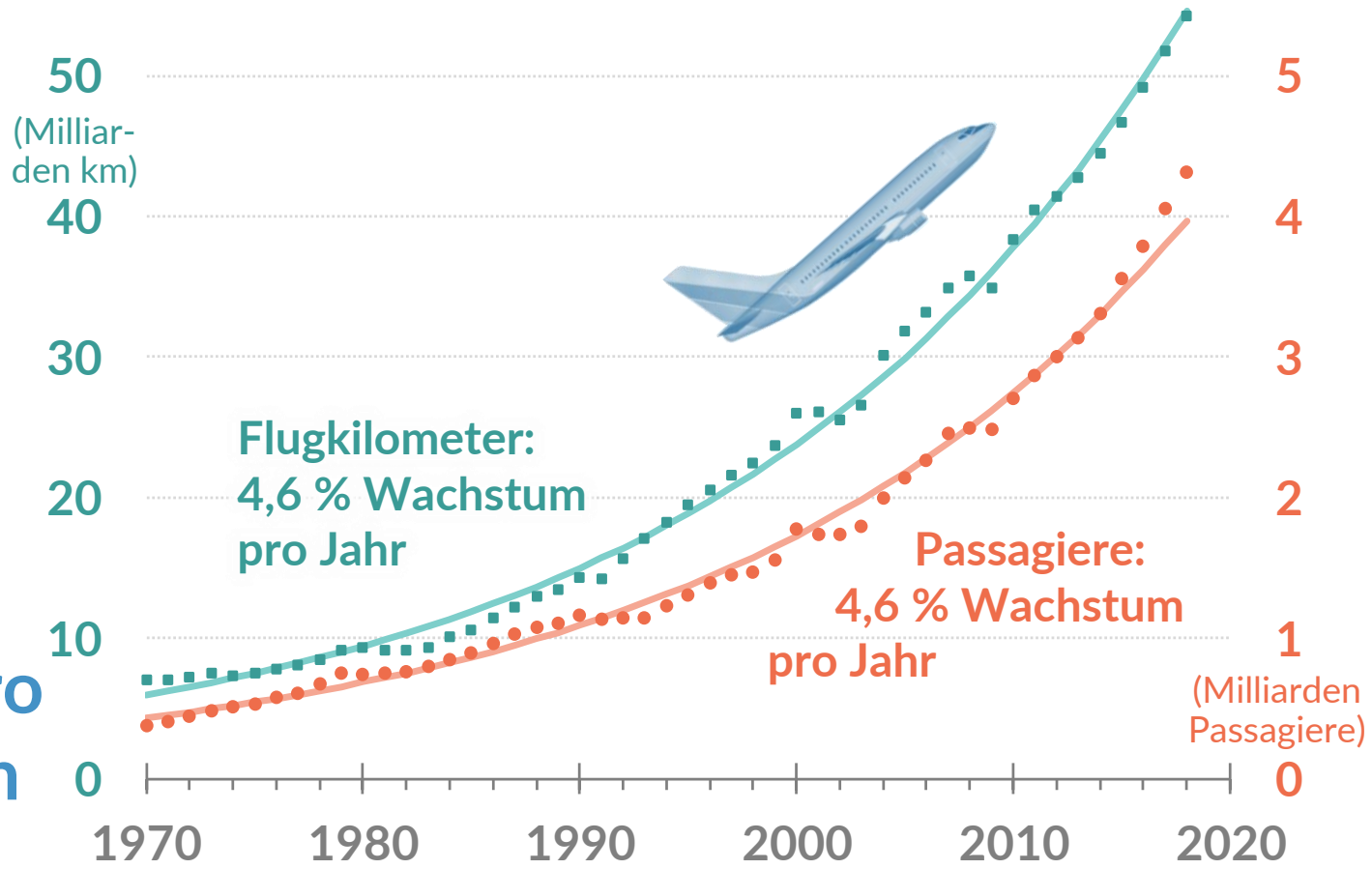
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)

Sowohl Kilometer als auch Passagiere:

Verdoppelung alle 15 Jahre

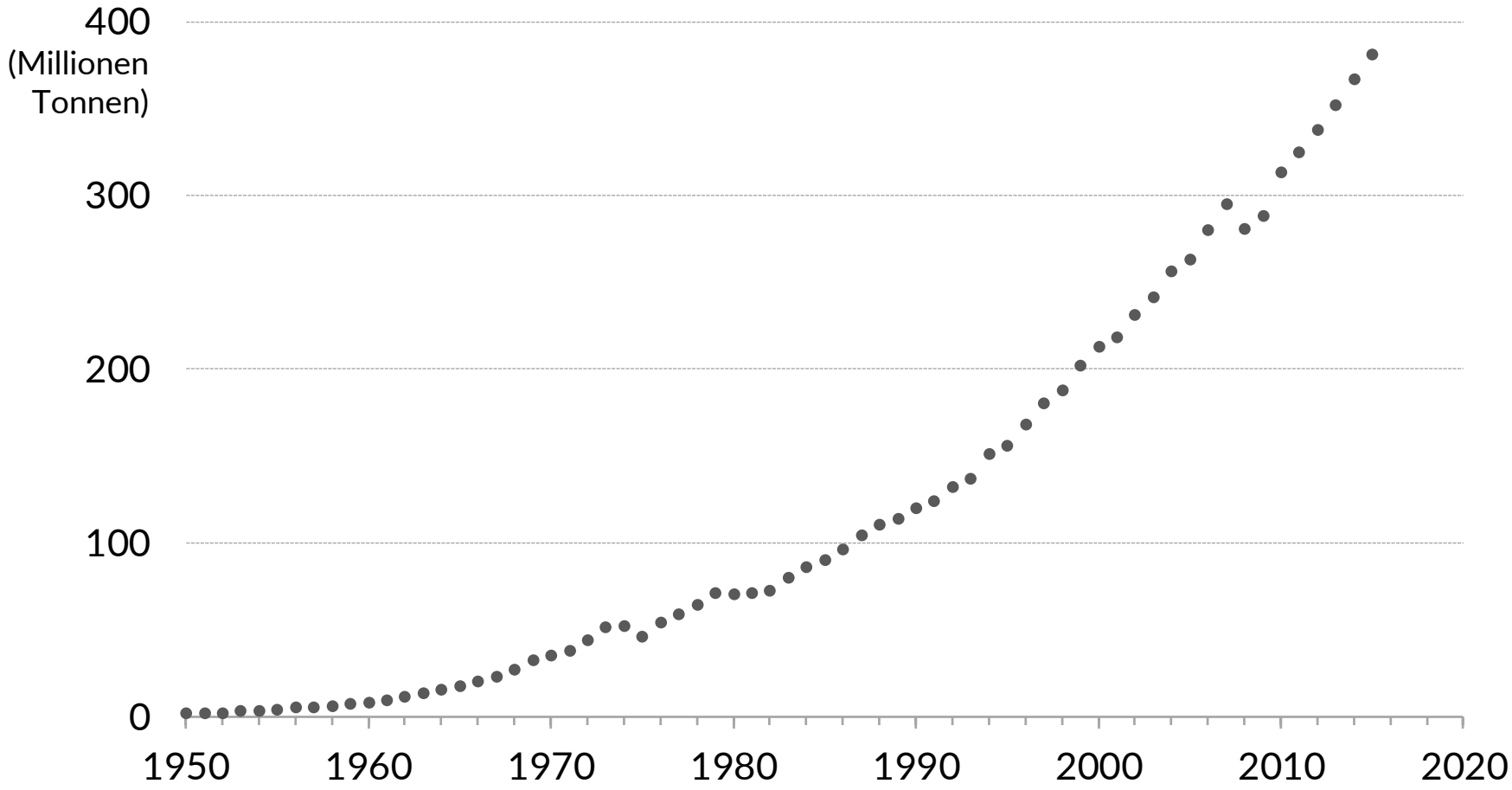
Vervier-fachung pro Generation



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Airlines for America: Annual Results World Airlines, Airplane © Anynobody, CC BY-SA 3.0

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

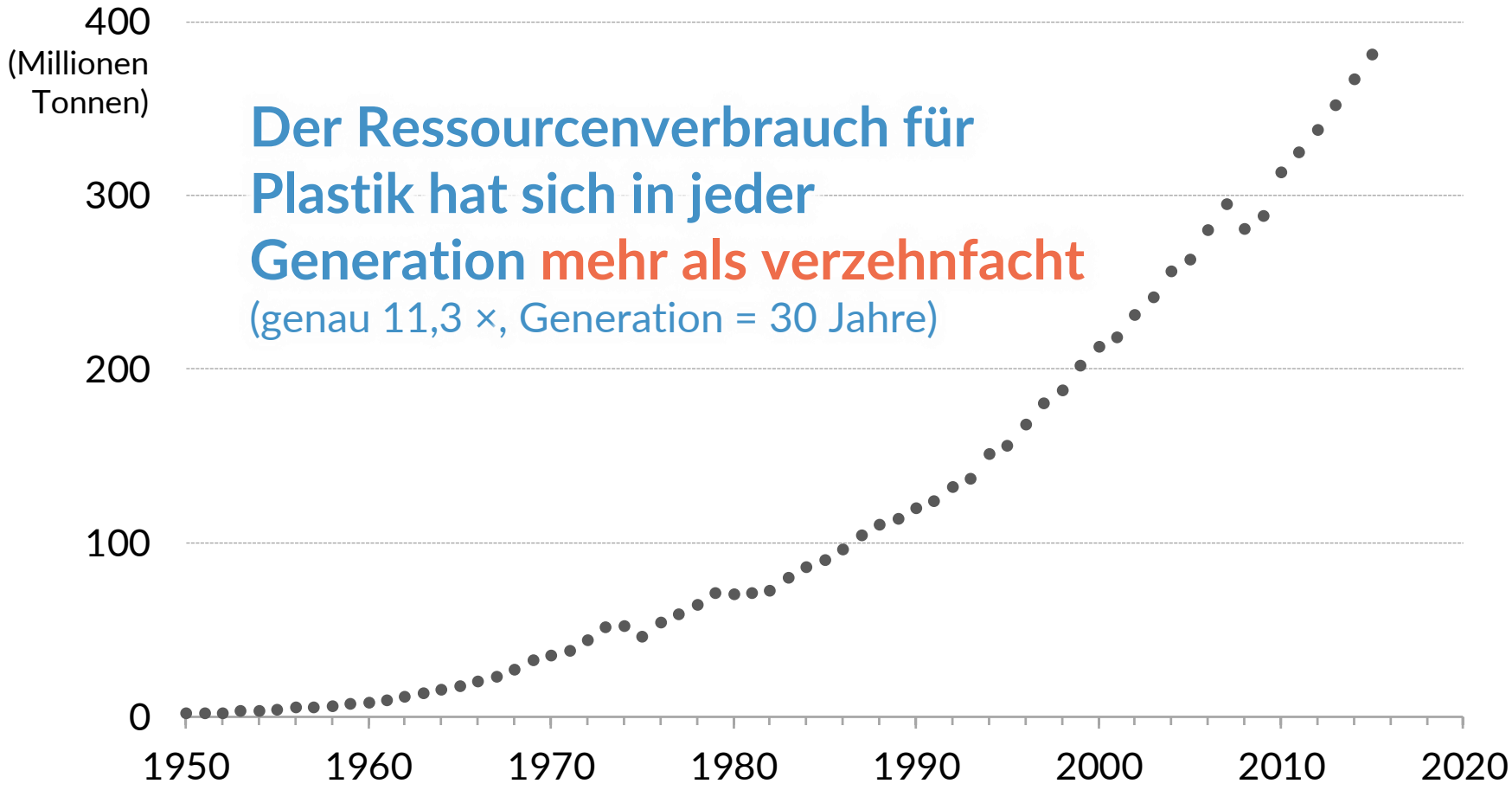
Weltweite Plastikproduktion



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. 2017

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



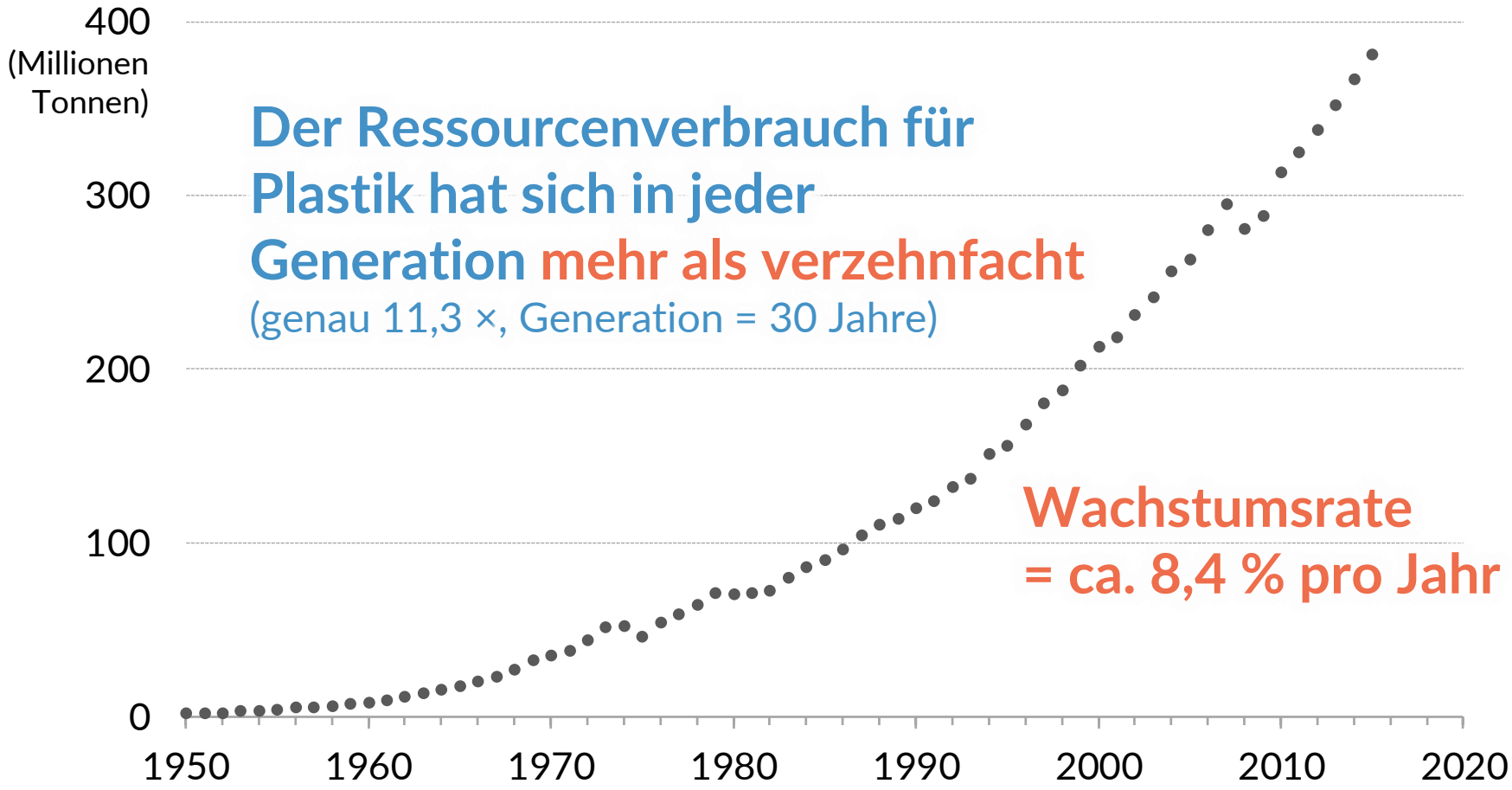
Der Ressourcenverbrauch für Plastik hat sich in jeder Generation mehr als verzehnfacht

(genau 11,3 ×, Generation = 30 Jahre)

© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. 2017

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

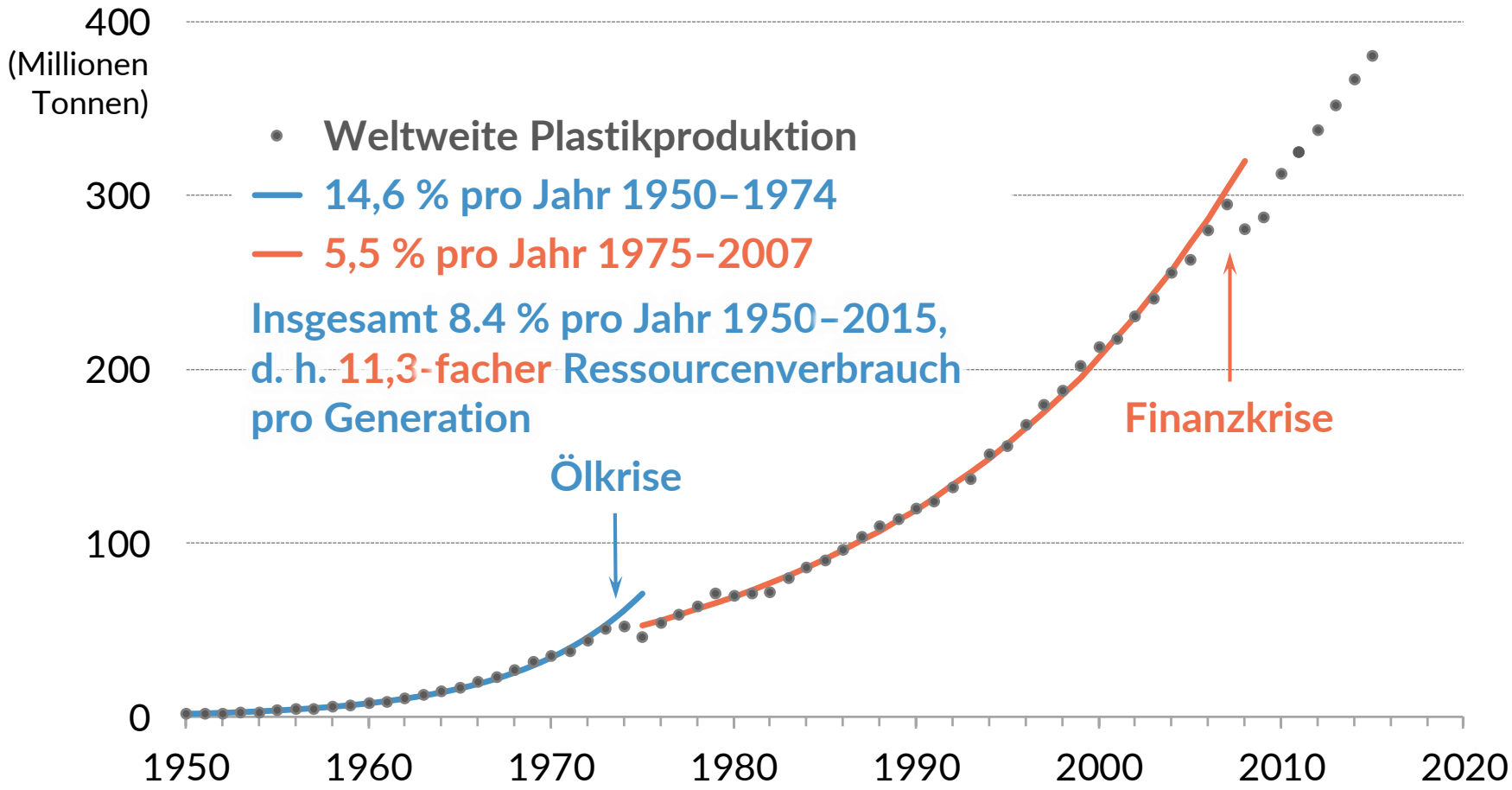
Weltweite Plastikproduktion



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. 2017

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

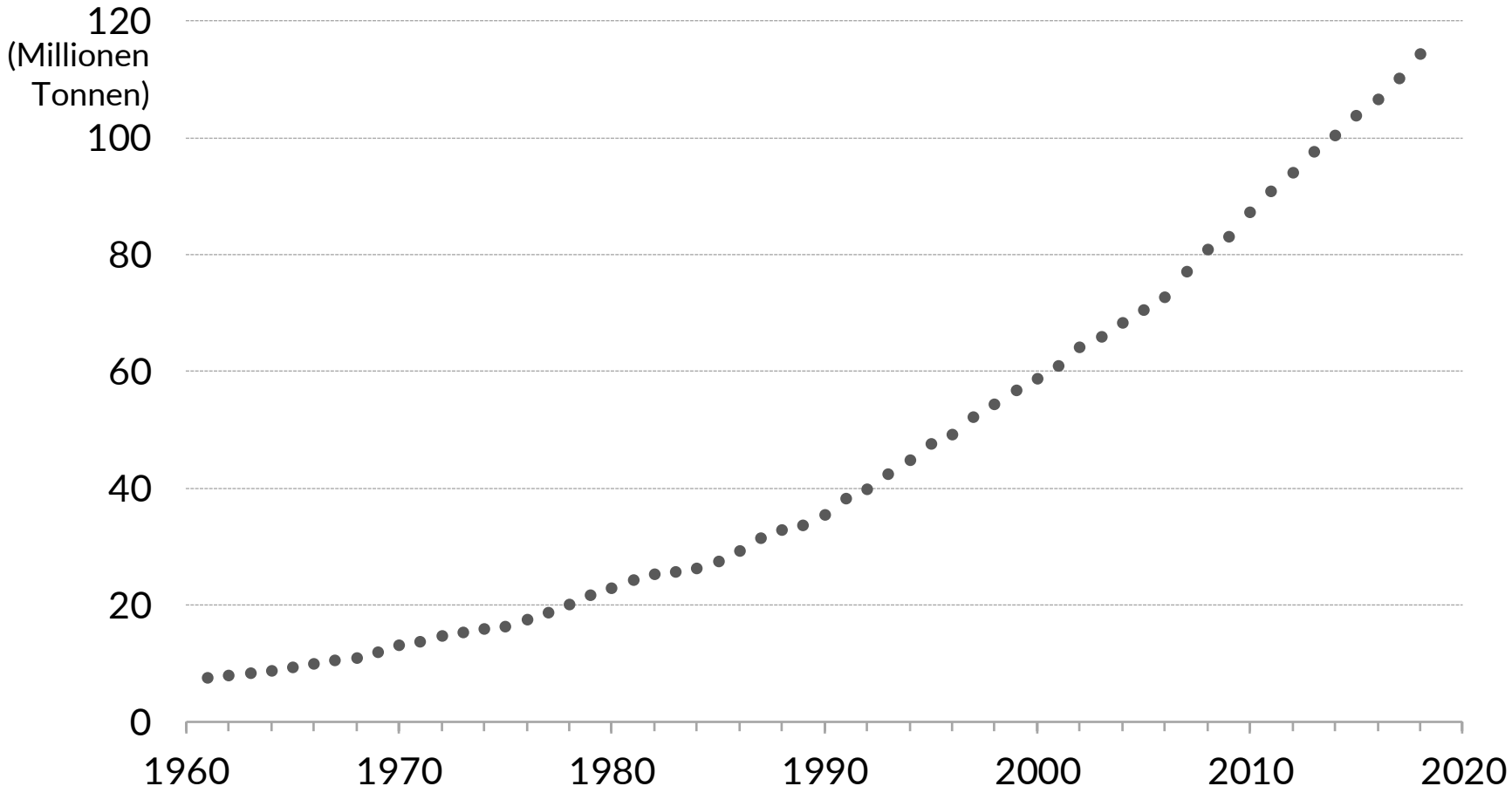
Weltweite Plastikproduktion



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. 2017

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

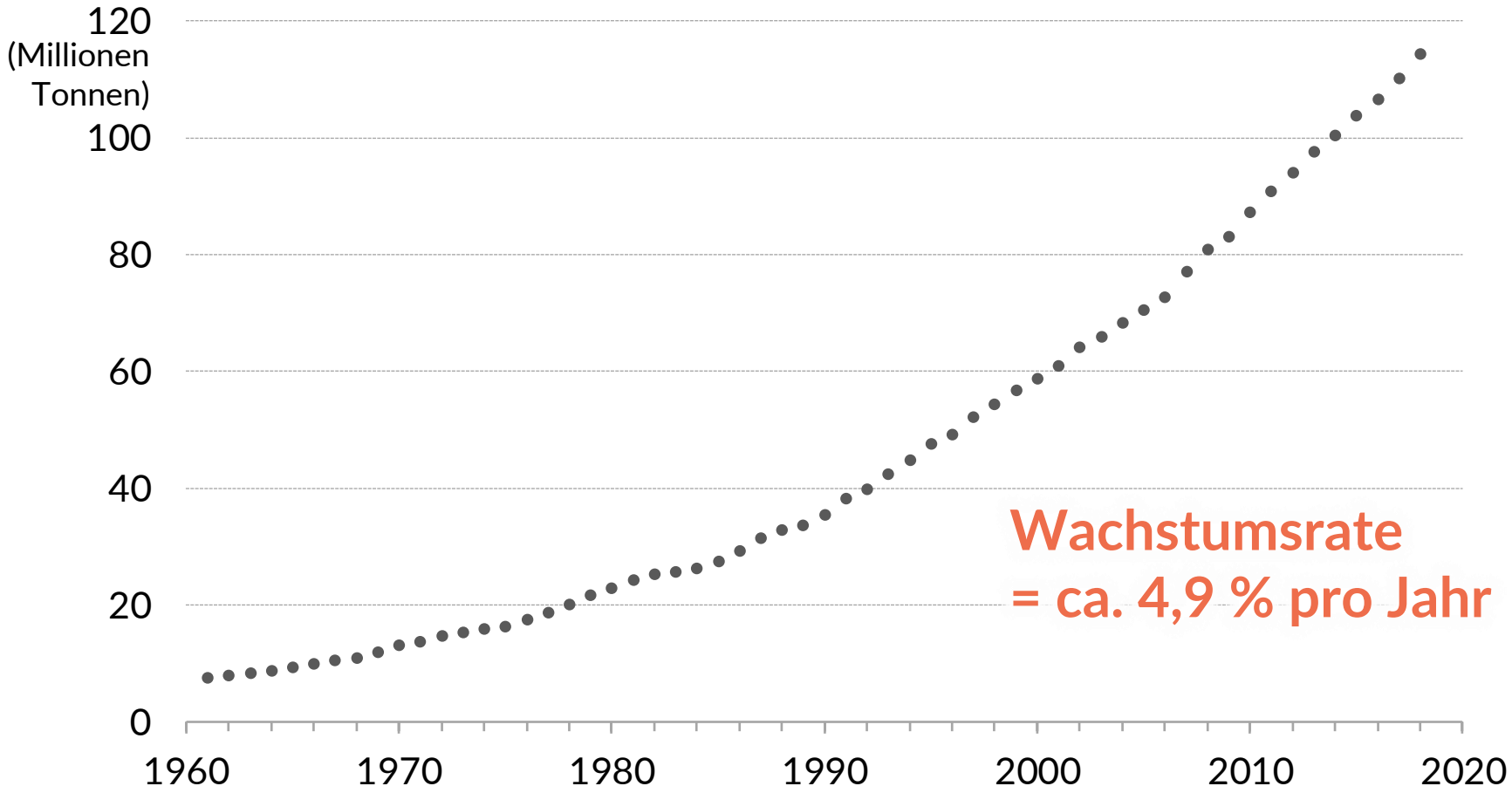
Weltweite Produktion von Hühnerfleisch



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: FAO 2020

Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

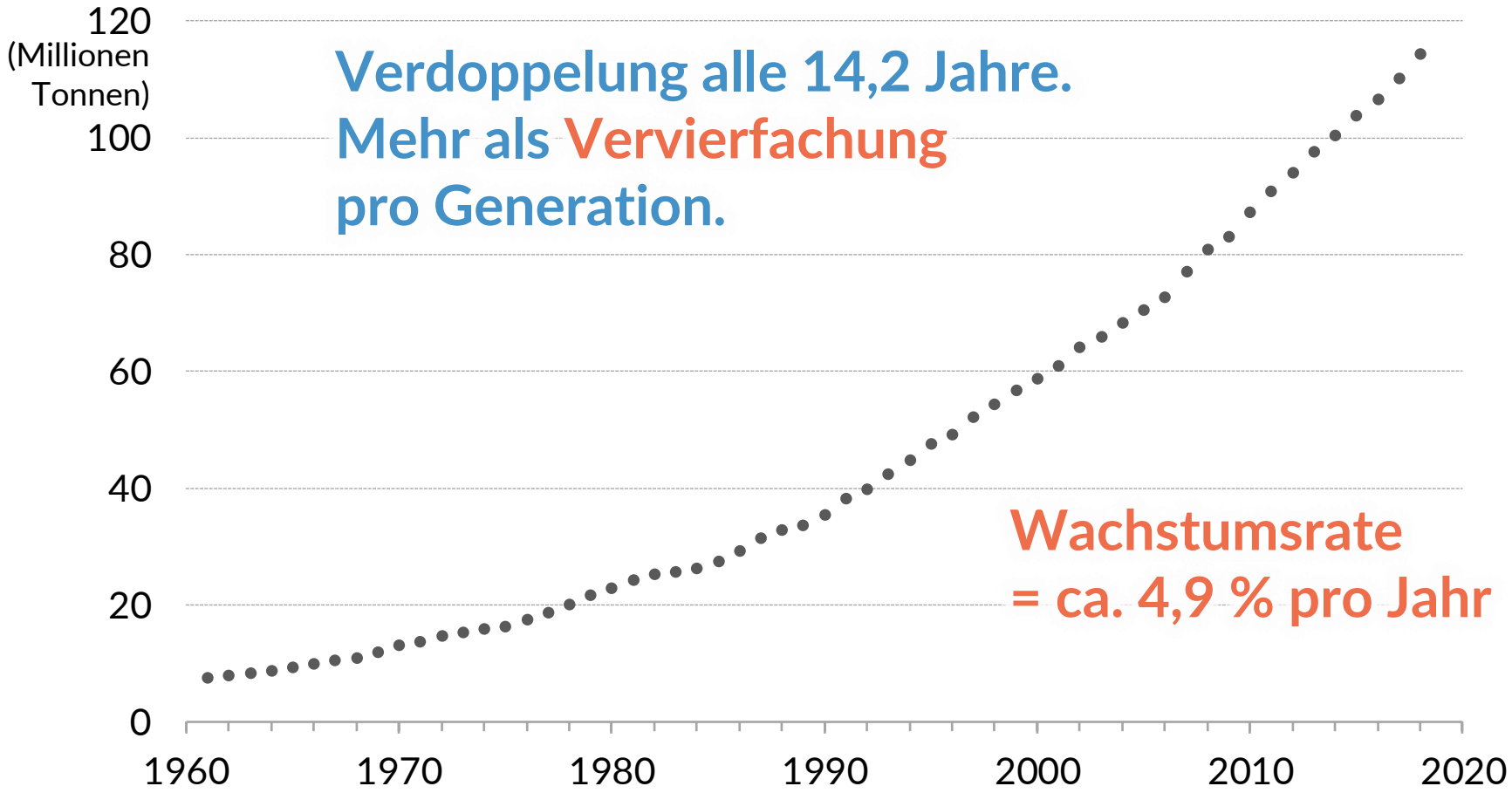
Weltweite Produktion von Hühnerfleisch



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: FAO 2020

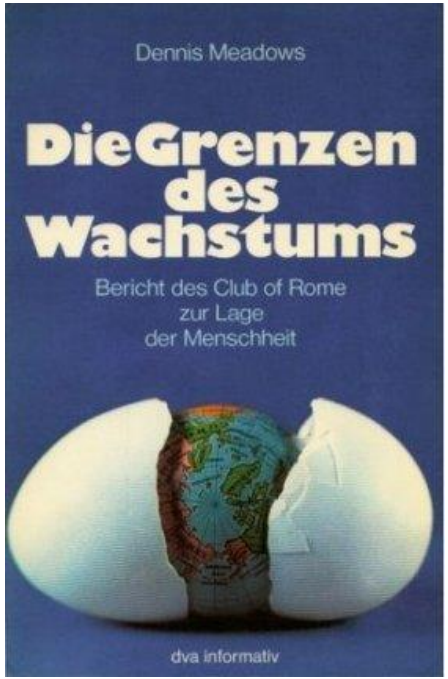
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

Weltweite Produktion von Hühnerfleisch



© Prof. Dr. F. Hergert und Dr. Gregor Hagedorn, CC BY-SA 4.0, data: FAO 2020

Unser Planet hat Grenzen.



Wachstum hat Grenzen.

© Dr. Tobias Bayr, CC BY-SA 4.0, using images under citation rights

Allgemeine Information

Diese Folien sind eine *Materialsammlung* unter offenen Lizenzen für Vorträge, Poster, Flyer, etc.

Für eine fertige Präsentation ist es wichtig, sorgfältig auszuwählen und die Inhalte eigenständig zu erkunden und in eigene Zusammenhänge zu bringen.

Wir ermutigen euch dazu, den eigenen Bezug zum Thema als Ausgangspunkt zu wählen und selbstbewusst den hier aufgeführten wissenschaftlichen Konsens weiterzutragen.

Wir wünschen euch viel Erfolg!

Weitere Infos:

Es gibt meist drei Sätze: „Mittelstufe“, „Oberstufe“, „Vertiefung“.

Alle Folien enthalten zusätzliche Informationen (z. B. Quellen). Stellt euer Programm zur Bearbeitung der Folien bitte so ein, dass der „Notes/Notizenbereich“ sichtbar ist.

Folien mit blauem Hintergrund (wie hier) sind Hinweise für die Vorbereitung, nicht für Vorträge.

Für einige Folien gibt es Varianten für verschiedene Zielgruppen bzw. kurz für Vortrag + lang für Druck/Web.

Die meisten Folien versuchen, die aktuelle Situation wissenschaftlich korrekt darzustellen. Folien zu positiven Entwicklungen, Handlungsoptionen oder Einschätzungen erheben hingegen keinen Anspruch auf Objektivität.

Bei Überarbeitung bitte den eigenen Namen hinzufügen („© Erstautoren, modif. EuerName“). Copyright und Lizenzangaben dürfen (außer bei CC0) nicht gelöscht werden (aber an anderer Stelle erscheinen). Mehr in „Vertiefte Informationen zu Lizenzen.pptx/pdf “.

Bitte helft mit!

Wir würden diese Sammlung gerne verbessern:

1. Hattet ihr Fragen, die nicht angesprochen wurden?

2. Manche Folien sind nur vorläufig geprüft, andere sind vielleicht zu kompliziert.
Bitte schickt Verbesserungsvorschläge, Hinweise auf Fehler oder Ungenauigkeiten als Kommentare in der Datei (siehe unten). Falls ihr Powerpoint verwendet, nutzt bitte die eingebaute Kommentarfunktion.

3. Habt ihr eigene oder verbesserte Folien? Bitte schickt sie uns mit Copyright („© Namen-der-Urheber“) und Lizenzangabe (ideal ist „CC BY-SA 4.0“) an g.m.hagedorn@gmail.com.

4. Habt ihr andernorts gute Grafiken gesehen, die hier sinnvollerweise ergänzt werden sollten? Bitte nennt die Quelle (möglichst auch Webadresse) und gebt an, ob lizenziert oder unter Zitatrecht verwendet.

Rücksendung von Ergänzung/Kritik: Eigenen Namen an Dateinamen anhängen, hier hochladen: https://owncloud.gwdg.de/index.php/s/Szm8vDJ60zmwNgX (= UPLOAD-ONLY Folder) und E-Mail an g.m.hagedorn@gmail.com.

Dankeschön – Gregor

Verwendete Schriftarten

Überschriften: Montserrat Fett/Bold
Text: Lato (Regular, Semibold), teilweise weitere Schnitte

(Beide Schriftarten sind OpenSource und können z. B. von Google Fonts heruntergeladen werden:
https://fonts.google.com/specimen/Montserrat
https://fonts.google.com/specimen/Lato)