

Wachstum: Von Bakterien und Menschen



Spotlight zum Thema
**Sozio-ökologische
Transformation**

Version: 4. März 2021

Prof. Dr. Frank Hergert
Dr. Gregor Hagedorn
& Scientists for Future

CC BY-SA 4.0; einige Grafiken, Fotos, Logos abweichend
lizenziiert bzw. unter Zitatrecht; vollständige Dokumentation ist
unter info-de.scientists4future.org/presentationen
in den Foliennotizen der Originaldateien verfügbar.



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Gefördert durch

Umwelt
Bundesamt

PDF ist nicht immer optimal

Folien mit Animationen (d. h. Grafiken oder Text erscheint Schritt-für-Schritt) werden bereits teilweise in mehrere PDF-Seiten zerlegt (die PDF-Seitenzahl stimmt daher nicht mit der Folienzahl überein).

Falls Videos und besondere Animationen vorhanden waren, können diese jedoch fehlen. Teilweise wird von uns hierzu eine Warnung eingefügt, teilweise ist es unbearbeitet.

Powerpoint- und LibreOffice-Dateien befinden sich unter:
scientists4future.org/infomaterial/presentationen/

Zum Autor

Prof. Dr. Frank Hergert

Professor an der

Hochschule Koblenz

*Schwerpunkt: Technische Physik, Werkstoffe der
Elektrotechnik und Regenerative Energietechnik*

Initiator der Regionalgruppe Scientists for Future Koblenz



Wichtige Information:

Spotlights sind Kurzvorträge zu einem Thema. Zu den meisten Spotlights gibt es einen Screencast auf Youtube.

Ihr könnt die Folien einzeln für eure Vorträge nutzen. Wer mithelfen möchte, das Spotlight zu einer größeren Foliensammlung auszubauen, meldet sich bitte bei Gregor (g.m.hagedorn@gmail.com).

Weitere Informationen über Copyright, Lizenzen, Nachnutzung in eigenen Vorträgen, Mithilfe, etc. finden sich auf weiteren Folien mit blauem Hintergrund (= für Vortragende, nicht Zuhörende) am Ende dieses Foliensatzes.

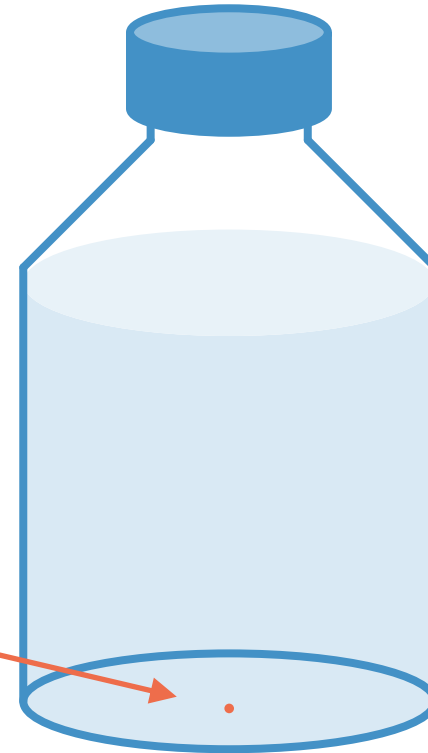
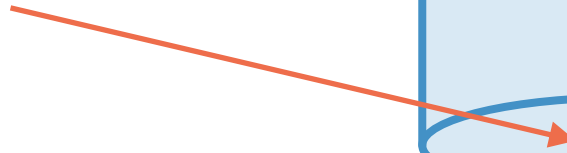
Zu „Von Bakterien und Menschen“

- **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.



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h

6:10 h



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h



6:10 h



6:20 h



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h



6:10 h



6:20 h



6:30 h



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h



6:10 h



6:20 h



6:30 h



6:40 h



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Die Anzahl der Bakterien verdoppelt sich alle 10 Minuten:

6:00 h



6:10 h



6:20 h



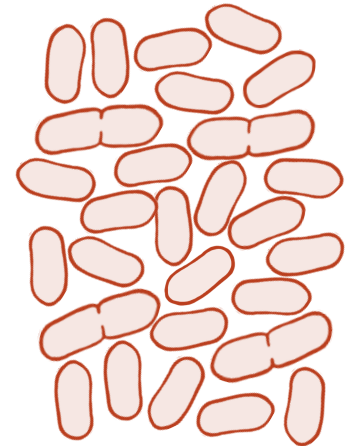
6:30 h



6:40 h



6:50 h

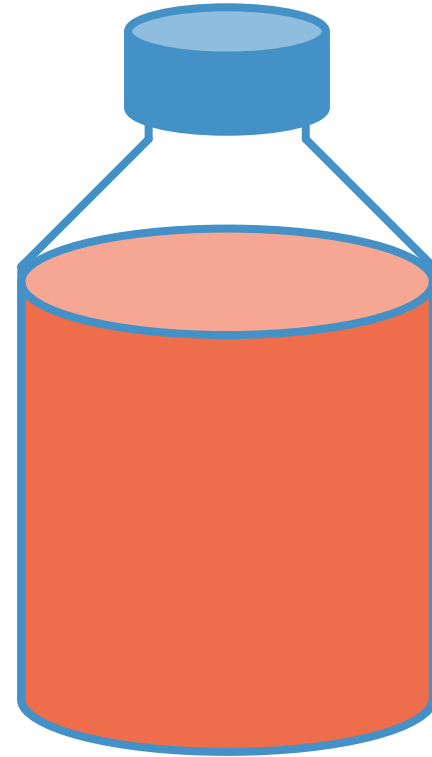


Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

Die Bakterien können
sich jetzt nicht mehr
vermehren.



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

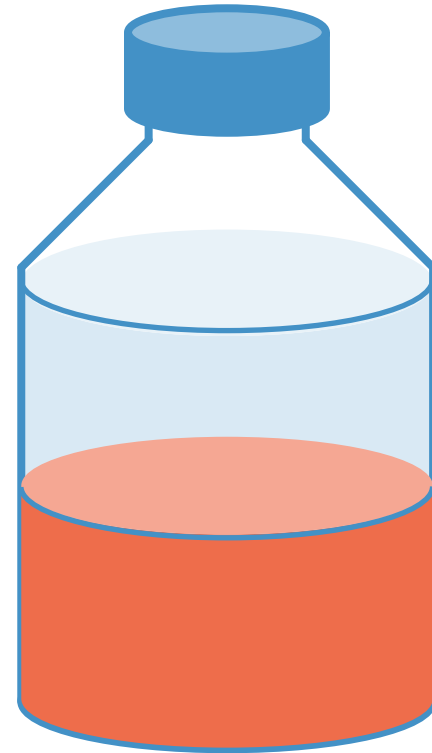
Frage: Wann ist die
Flasche halb voll?
(Start: 6:00 Uhr)

9:00?

11:00?

11:50?

11:55?



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

9:00

11:00

11:50

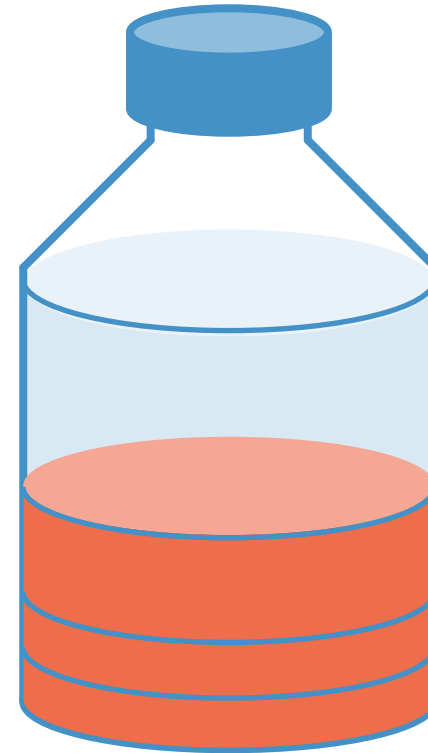
11:55

12:00 →

11:50 →

11:40 →

11:30 →



**„Kontinuierliches Wachstum“
klingt harmlos.**

**Es bedeutet aber eine
exponentielle Zunahme.**

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?

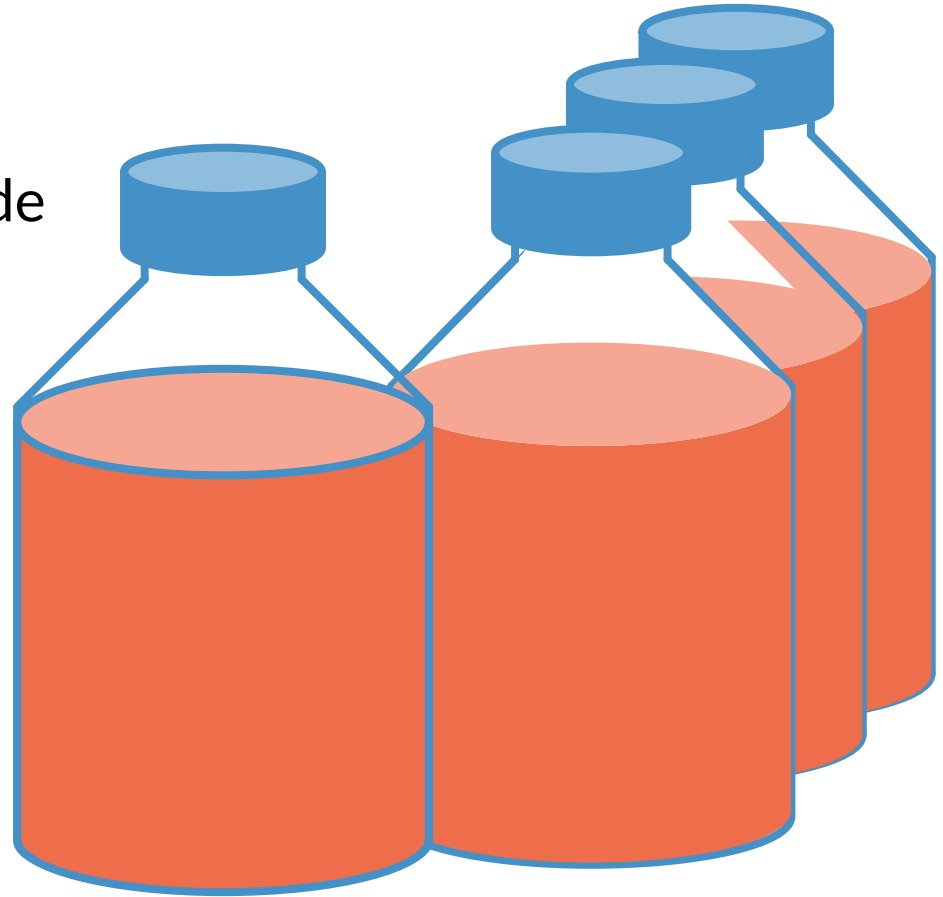
20 Minuten?



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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



Exponentielles Wachstum:

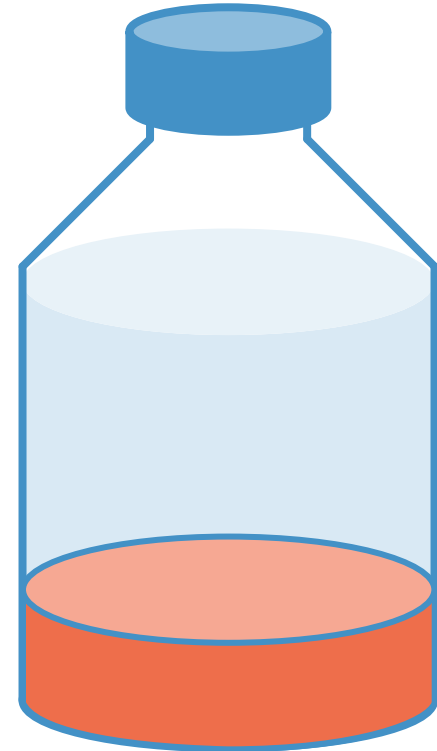
Gedanken-Experiment

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

Nach 5 Stunden und

...

40 Minuten? →



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

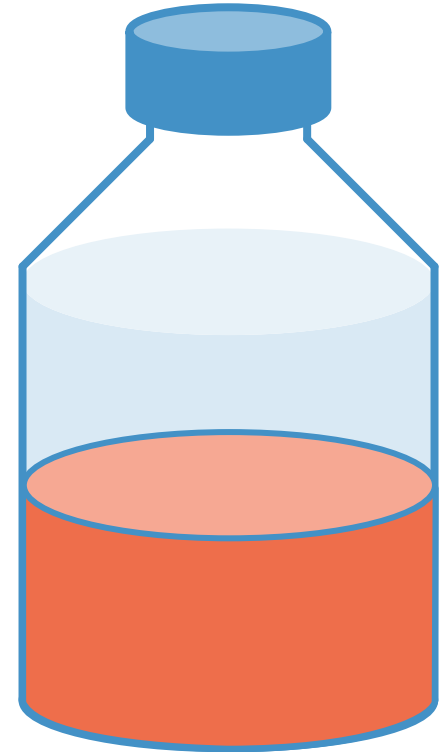
Wann „bemerken“ die Bakterien,
dass sie ein Problem haben werden?

Nach 5 Stunden und

...

50 Minuten? →

40 Minuten? →



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

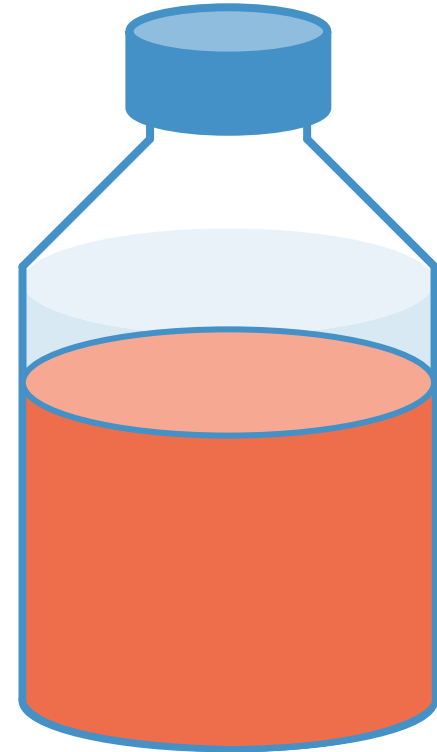
Nach 5 Stunden und

...

56 Minuten? →

50 Minuten? →

40 Minuten? →



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

Nach 5 Stunden und

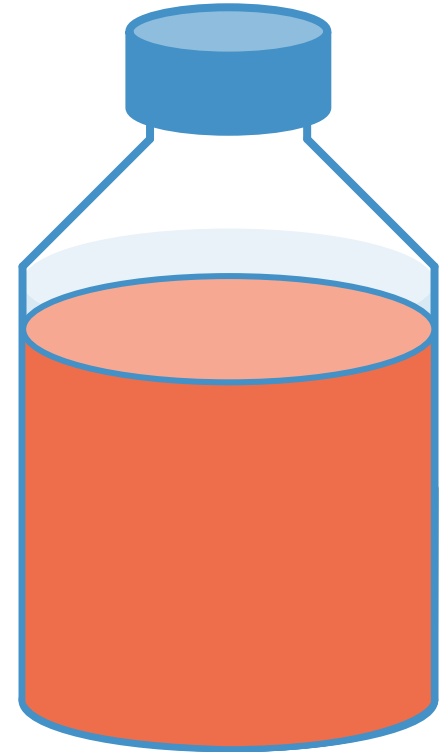
...

58 Minuten? →

56 Minuten? →

50 Minuten? →

40 Minuten? →



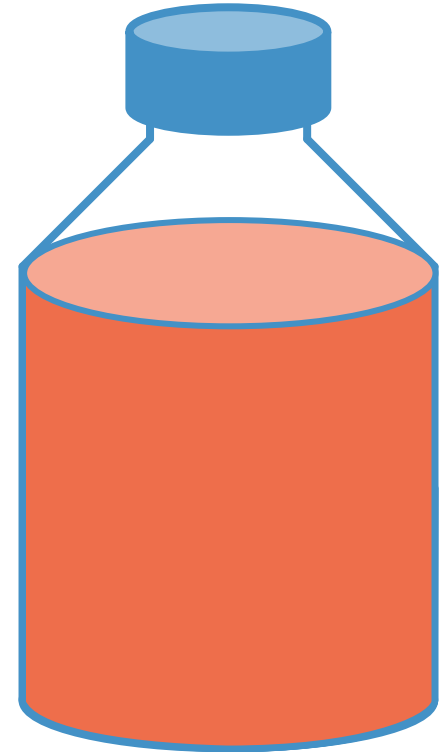
Exponentielles Wachstum:

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? →

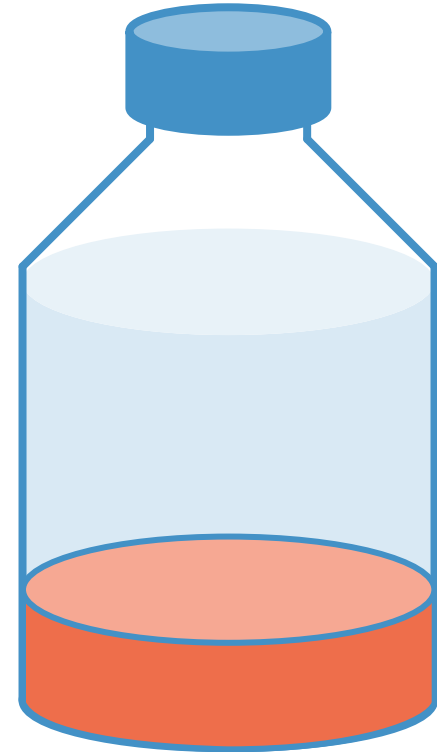


Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

Noch 20 Minuten →



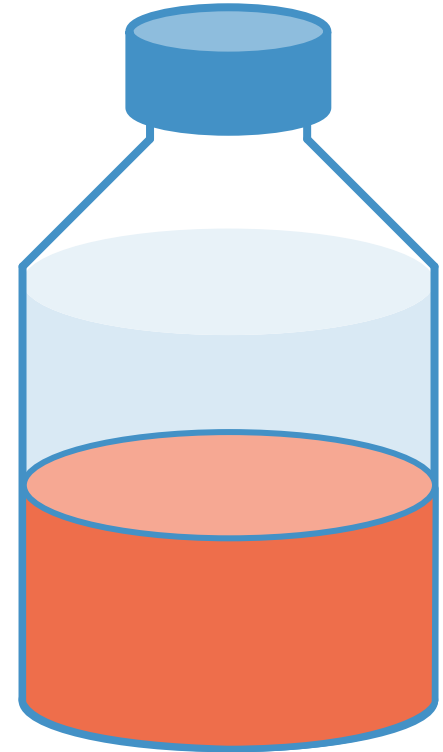
Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

Noch 10 Minuten →

Noch 20 Minuten →



Exponentielles Wachstum:

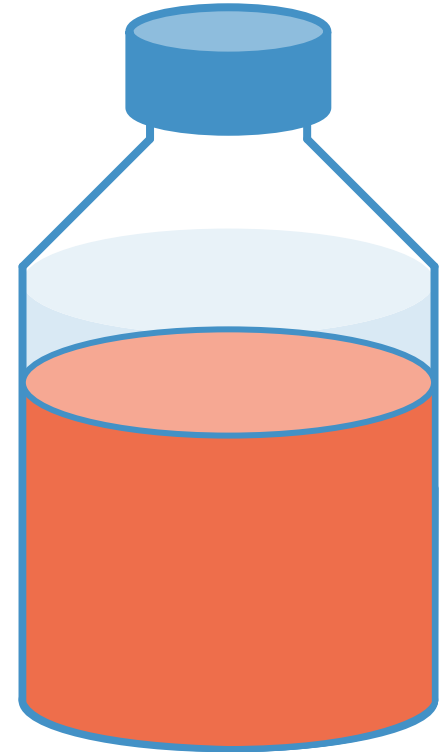
Gedanken-Experiment

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

Noch 4 Minuten →

Noch 10 Minuten →

Noch 20 Minuten →

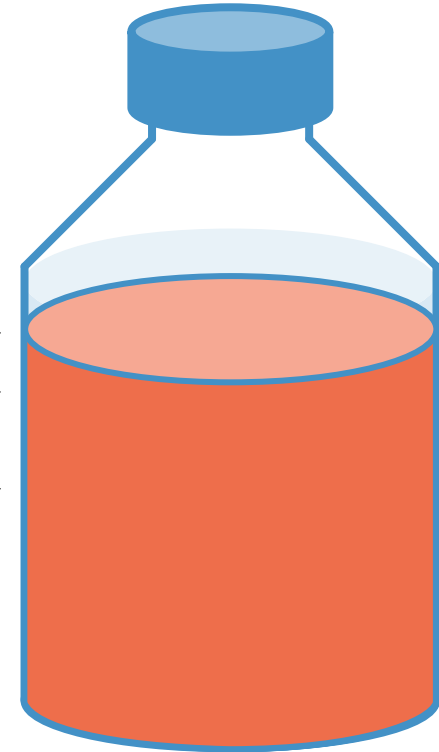


Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

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

Noch 2 Minuten →
Noch 4 Minuten →
Noch 10 Minuten →
Noch 20 Minuten →

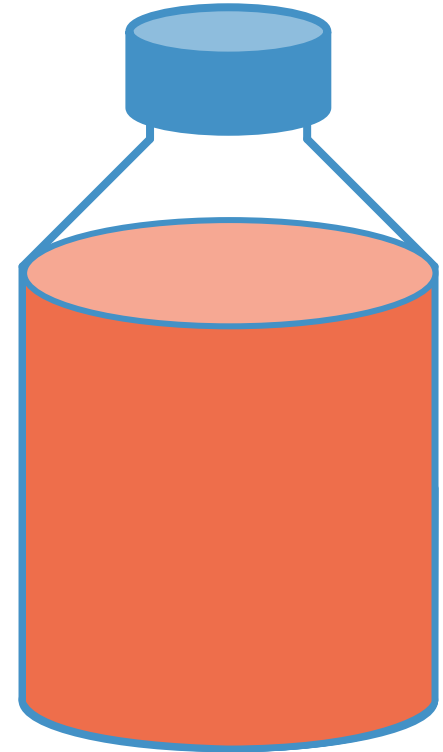


Exponentielles Wachstum:

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 →



Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?

Vielleicht wenn $3/4$ der Ressourcen verbraucht sind?

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?

Vielleicht wenn $3/4$ der Ressourcen verbraucht sind?

Das kann sehr spät sein:



Zeit →

Exponentielles Wachstum:

Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?

Vielleicht wenn $3/4$ der Ressourcen verbraucht sind?

Das kann sehr spät sein:

Noch ein Viertel Platz ↓



Zeit →

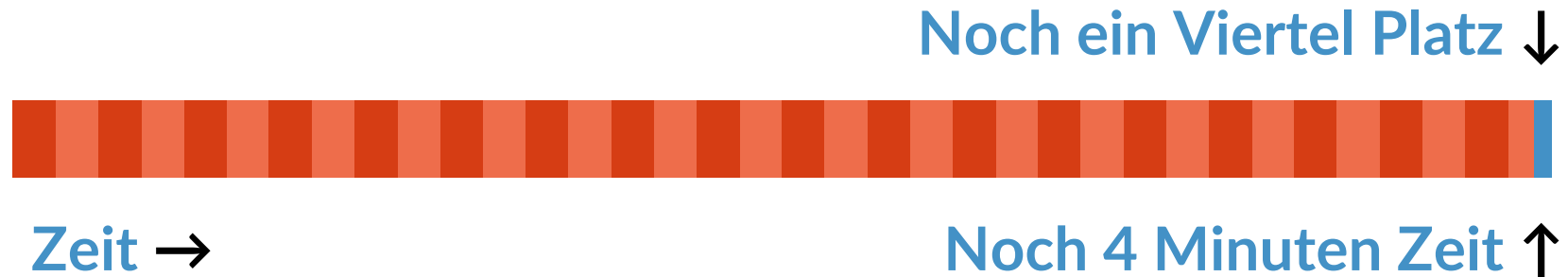
Exponentielles Wachstum:

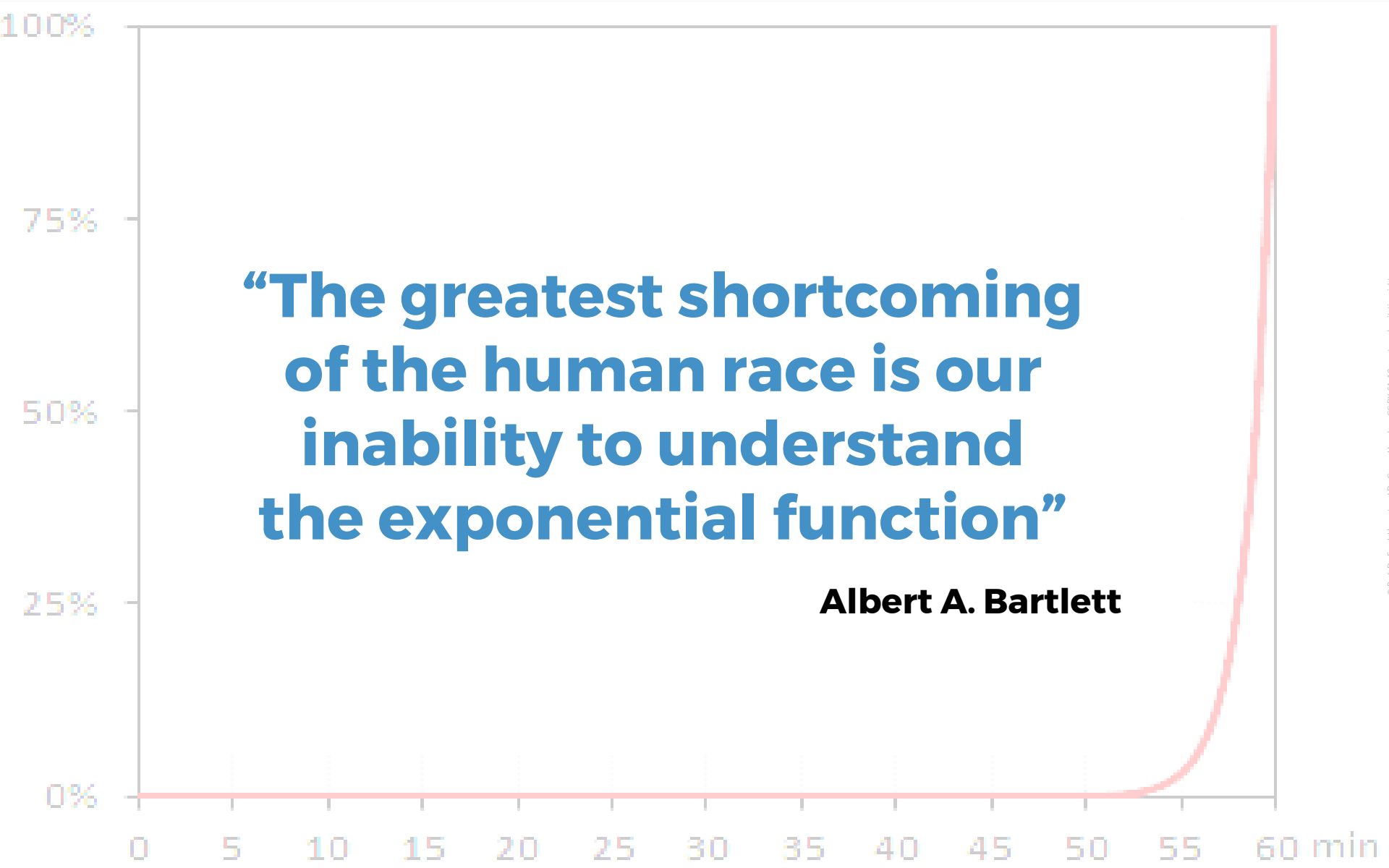
Gedanken-Experiment

Wann würden Menschen vielleicht bemerken,
dass sie ein Problem haben werden?

Vielleicht wenn $3/4$ der Ressourcen verbraucht sind?

Das kann sehr spät sein:





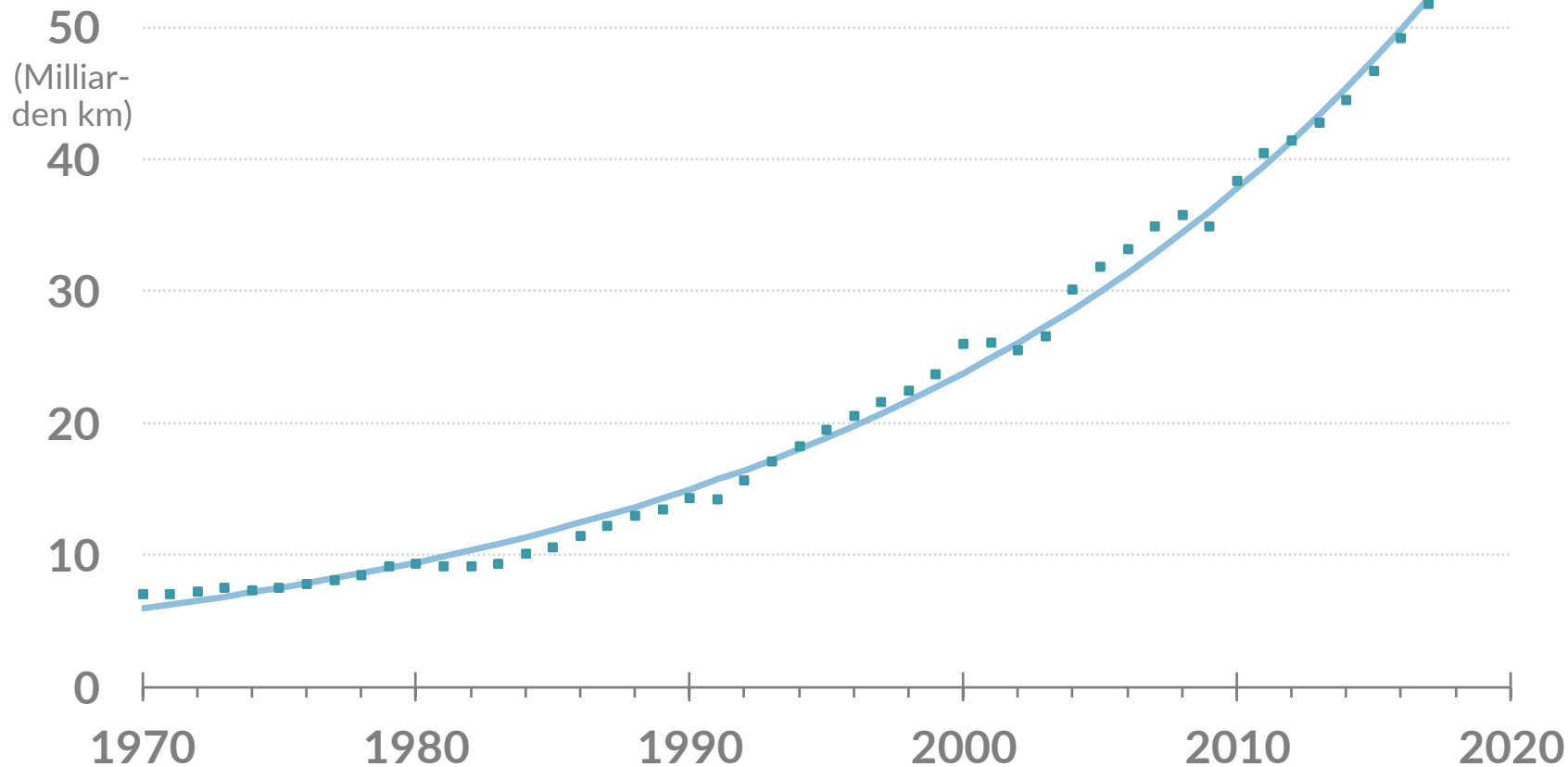
**“The greatest shortcoming
of the human race is our
inability to understand
the exponential function”**

Albert A. Bartlett

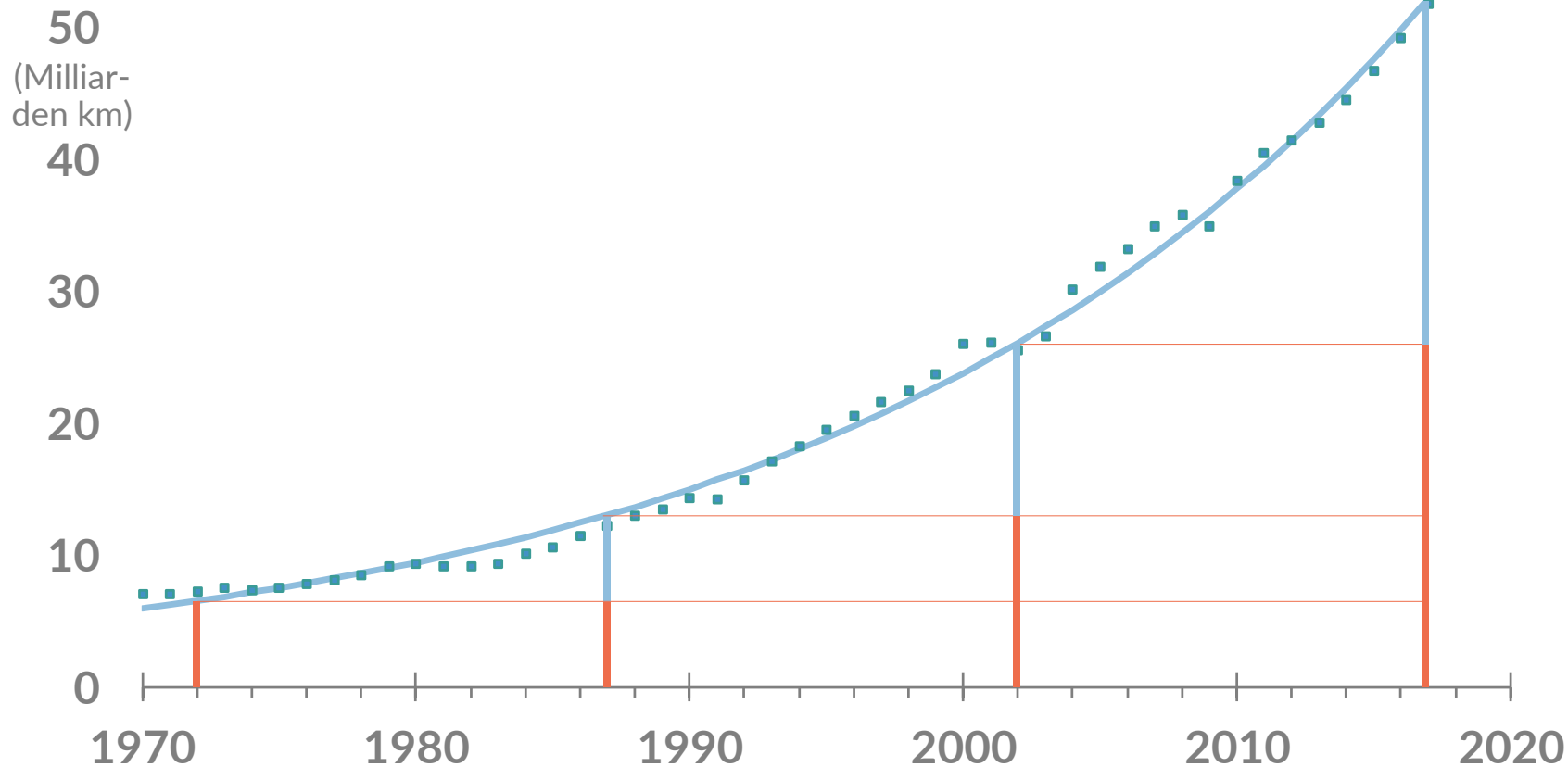
**Aber eine Verdopplung
des Ressourcen-Verbrauchs
pro menschlicher Generation
ist doch gar nicht realistisch
– oder?**

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

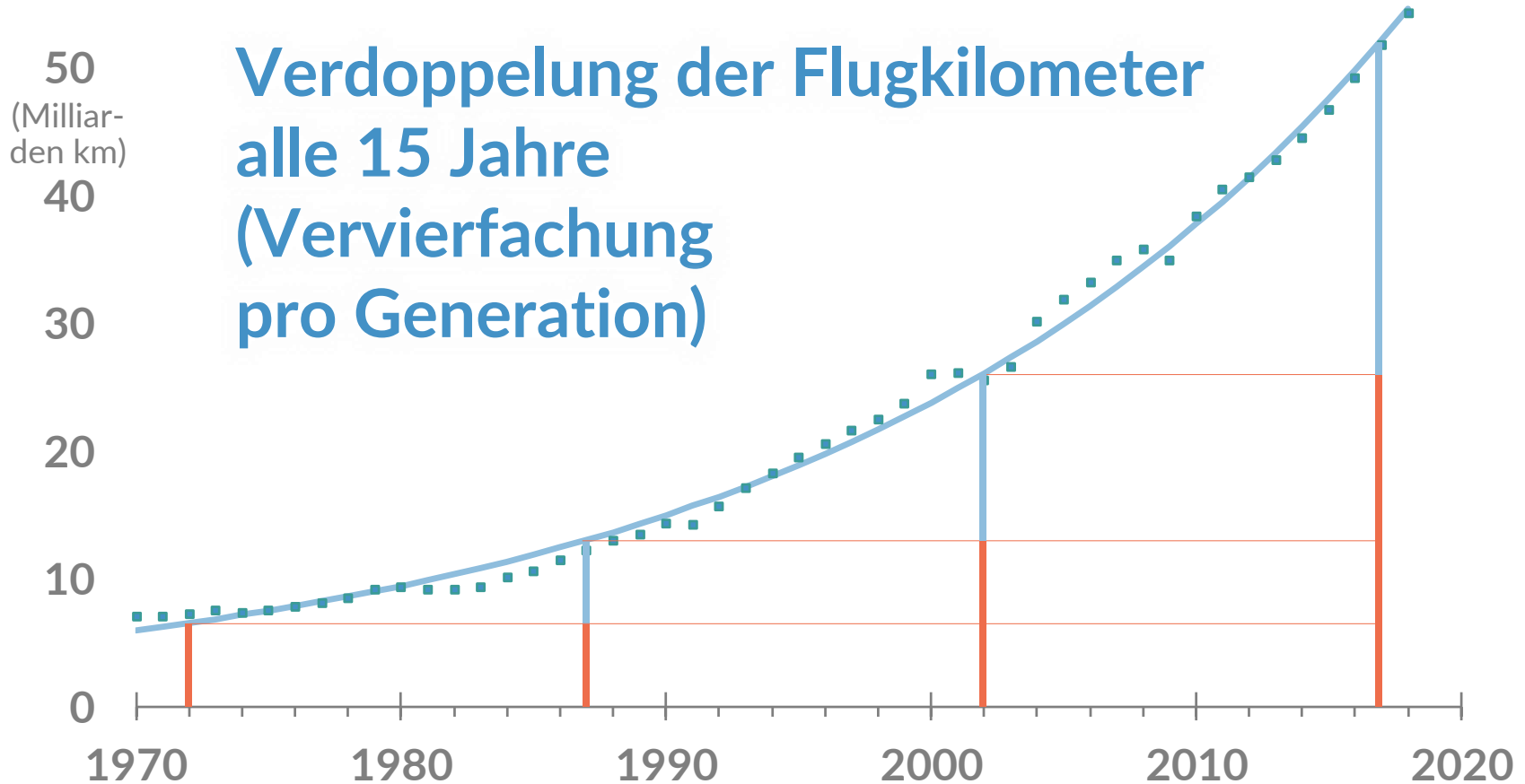
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



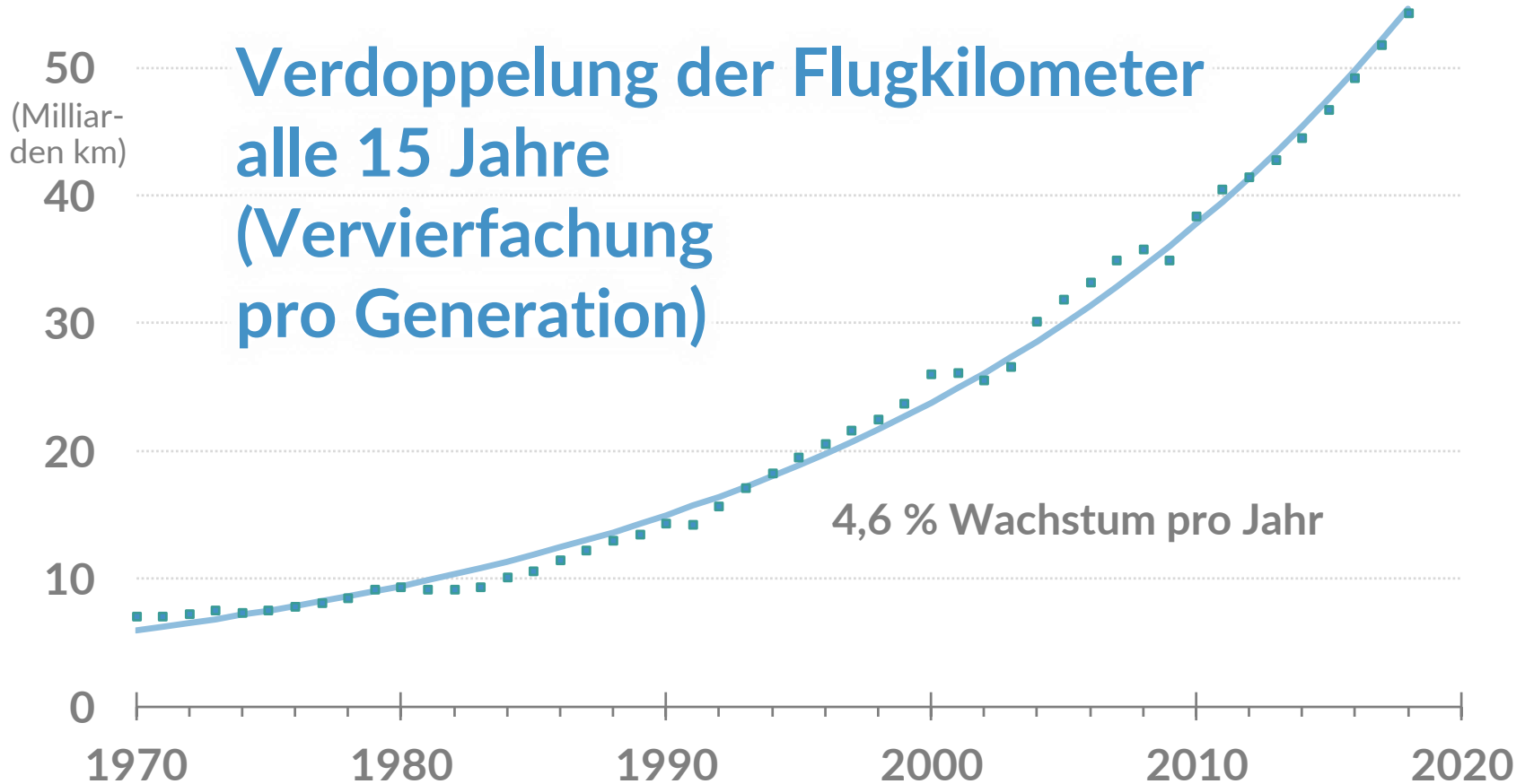
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)

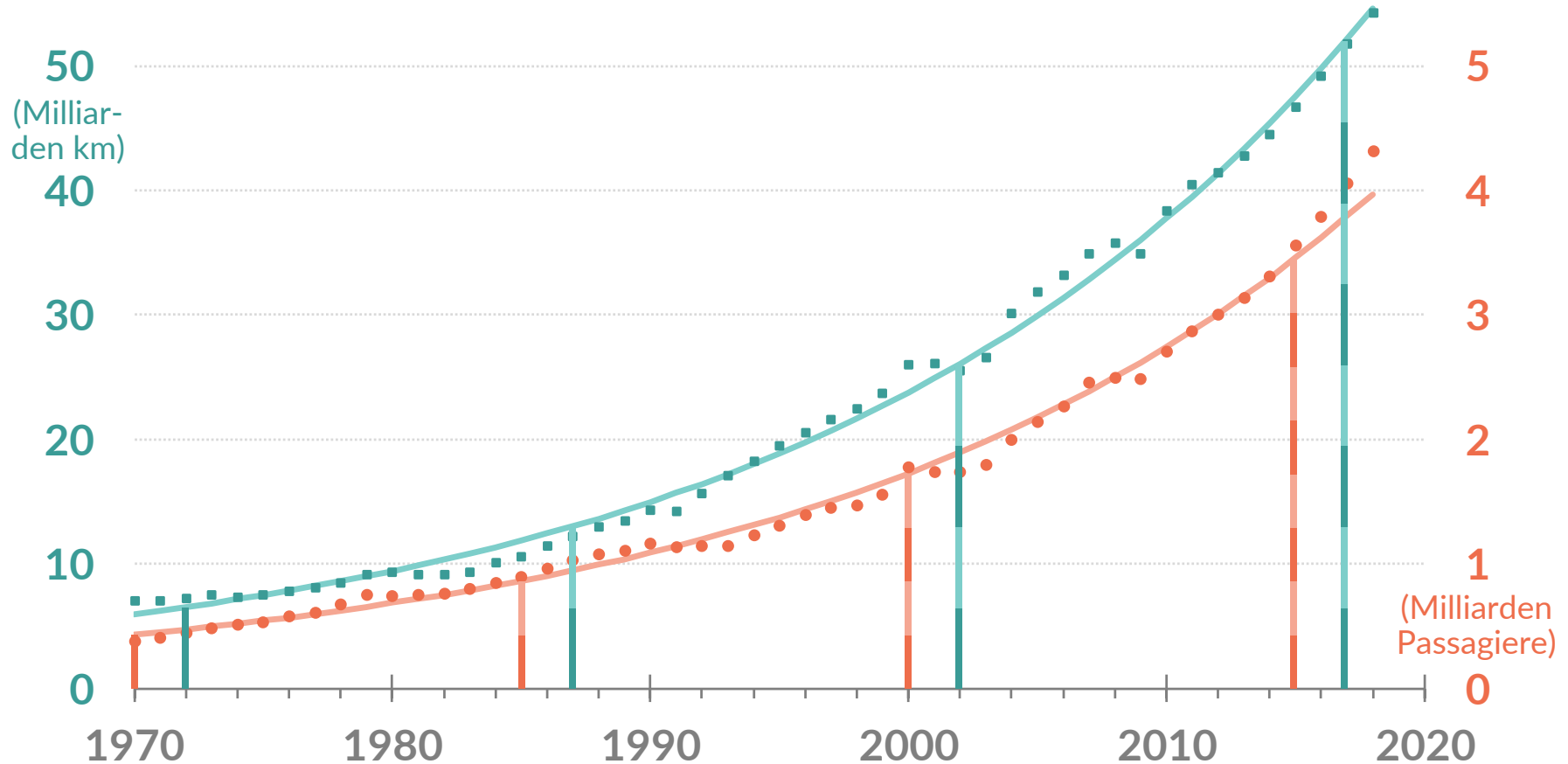


Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)

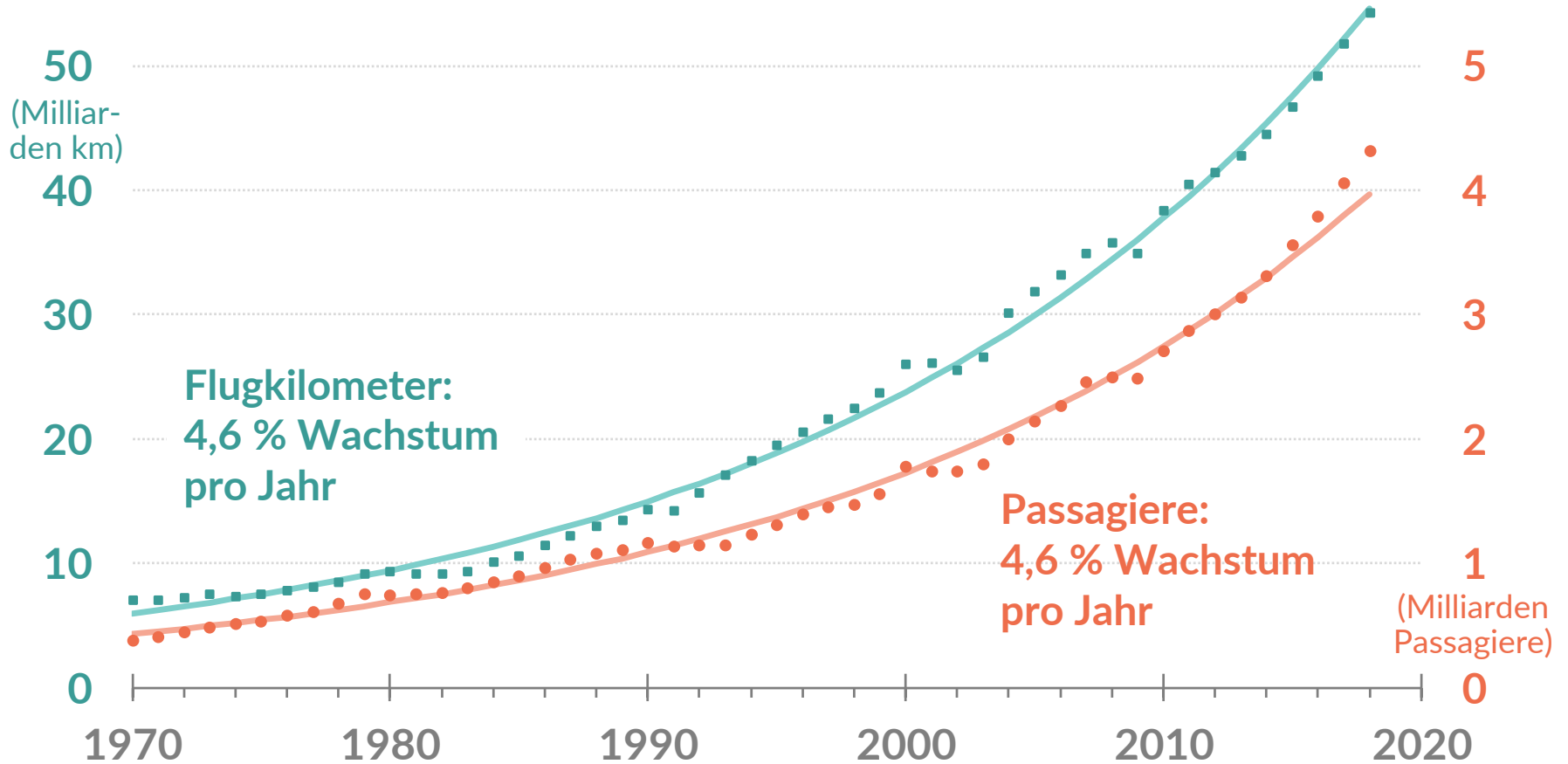


Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1:

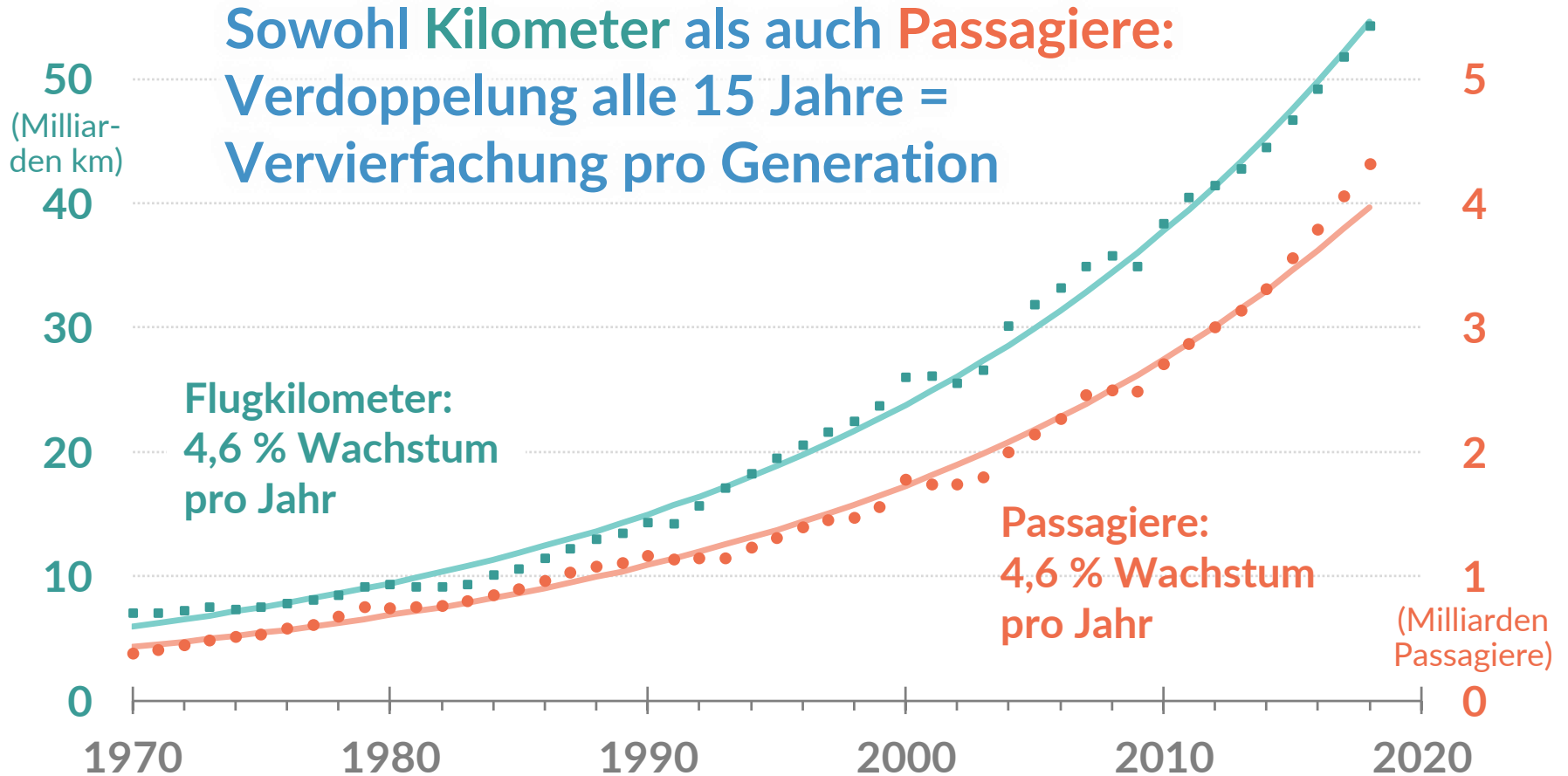
Weltw. Flugverkehr: Verdoppelung alle 15 Jahre



Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)



Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)

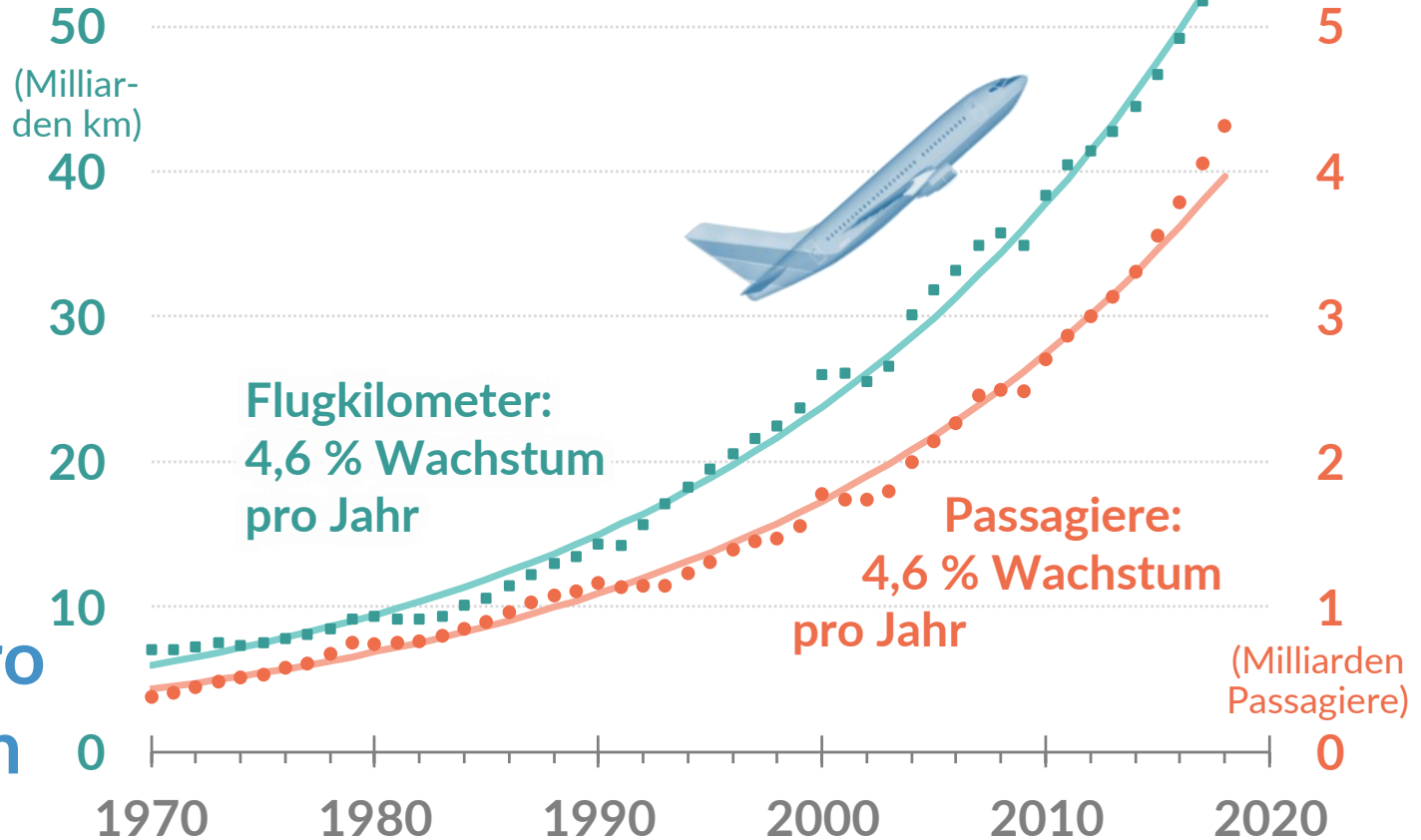


Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 1: Weltweiter Flugverkehr (1970-2018)

Sowohl
Kilometer
als auch
Passagiere:

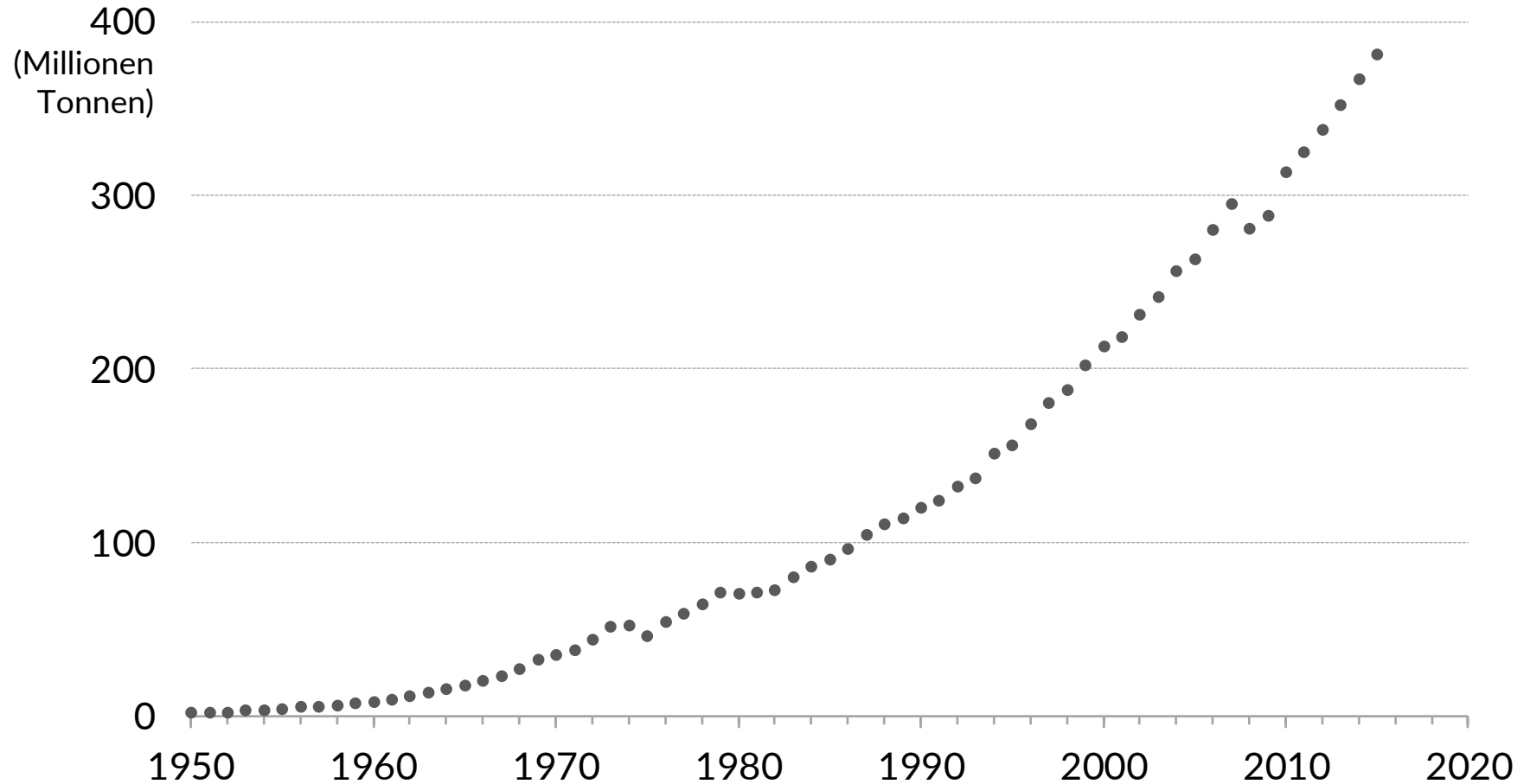
Verdoppelung
alle 15 Jahre

Vervier-
fachung pro
Generation



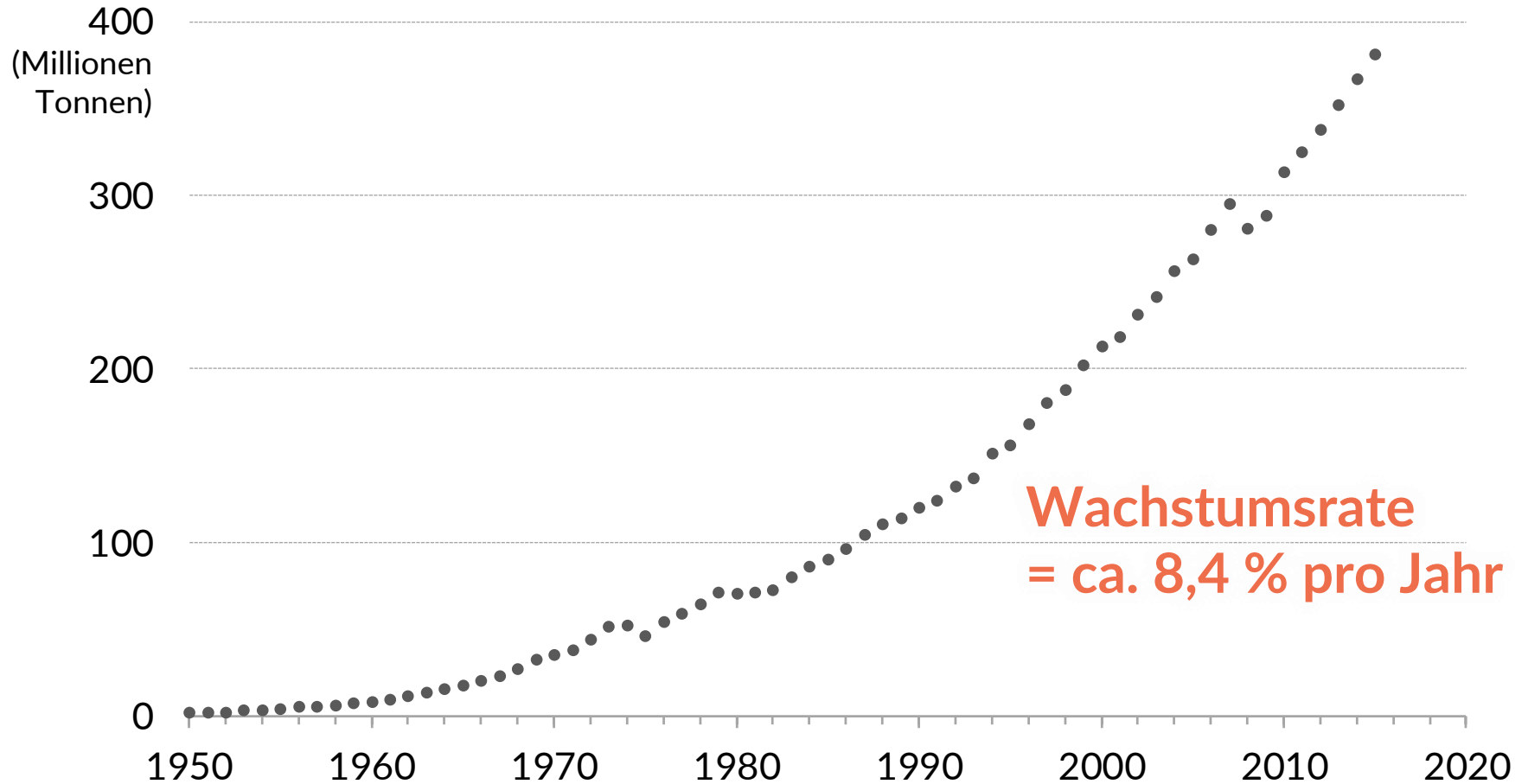
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



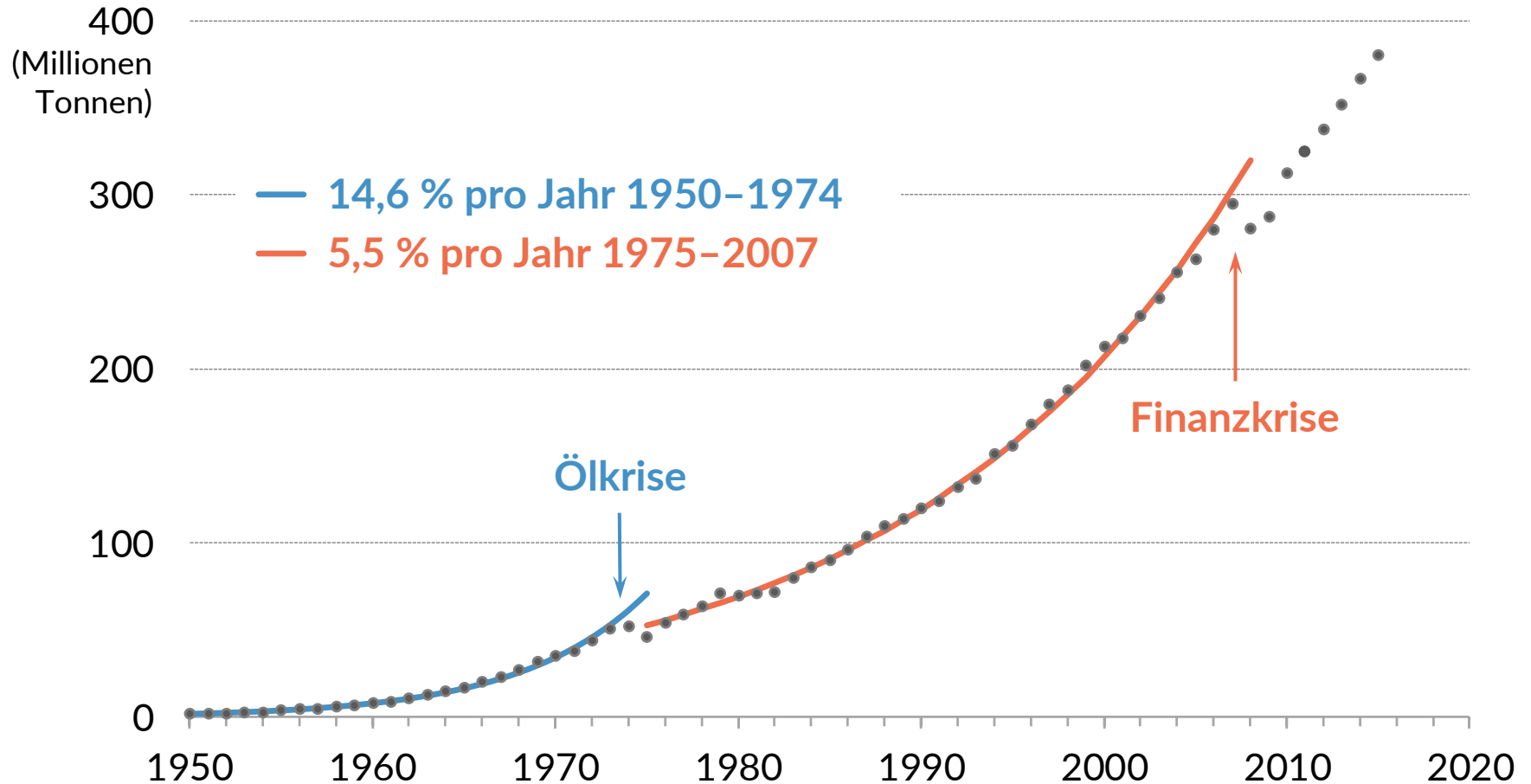
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



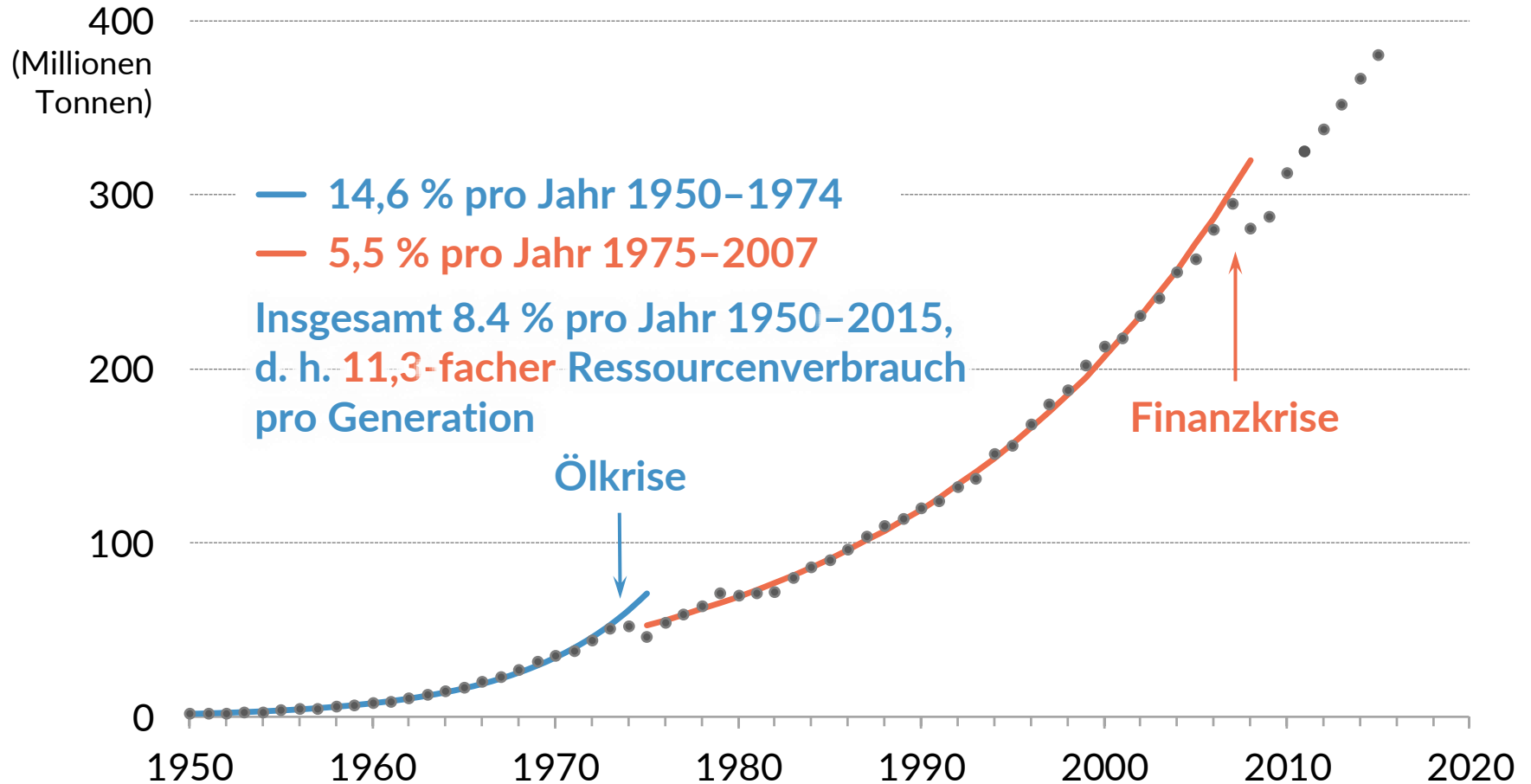
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



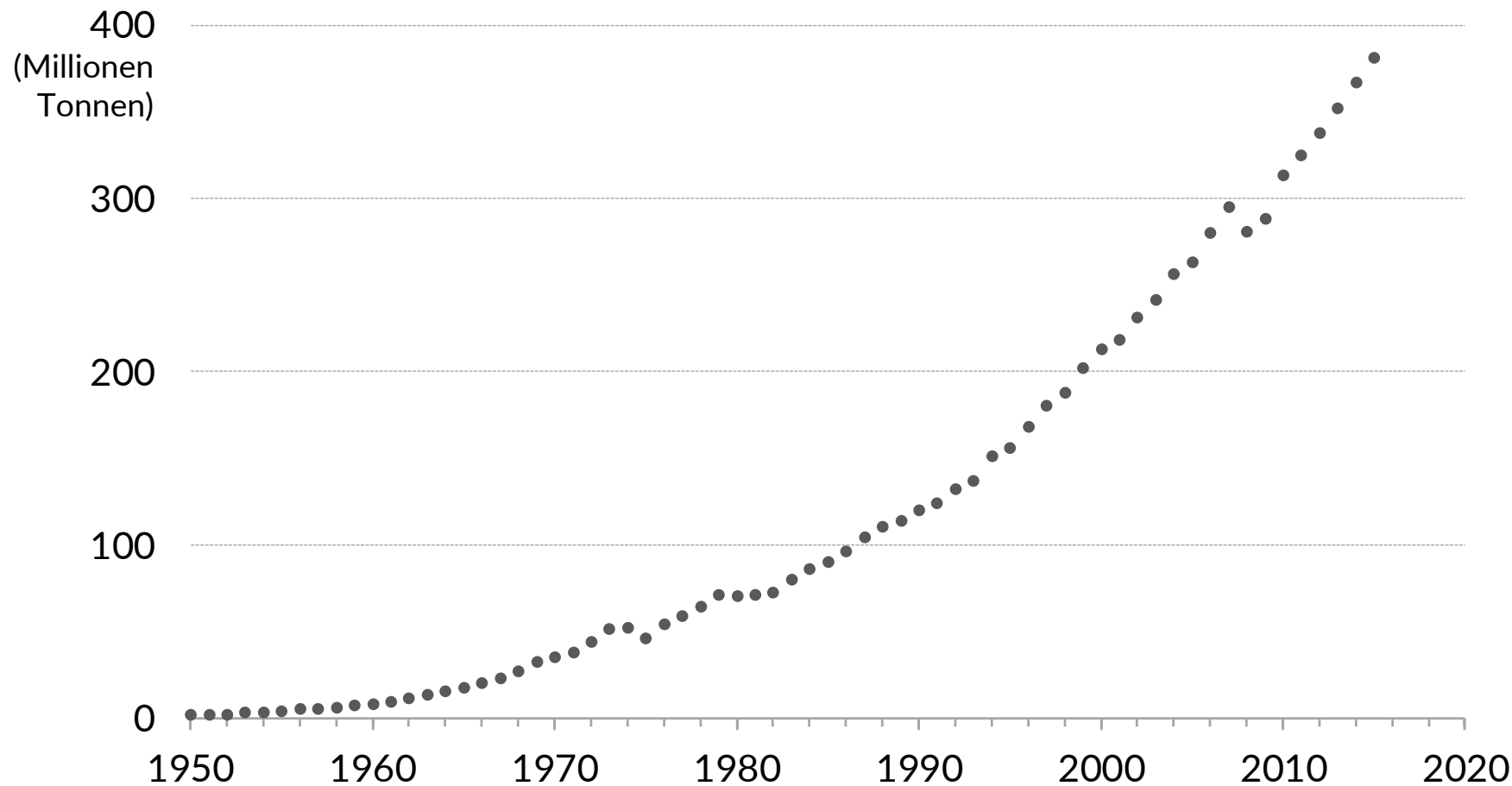
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



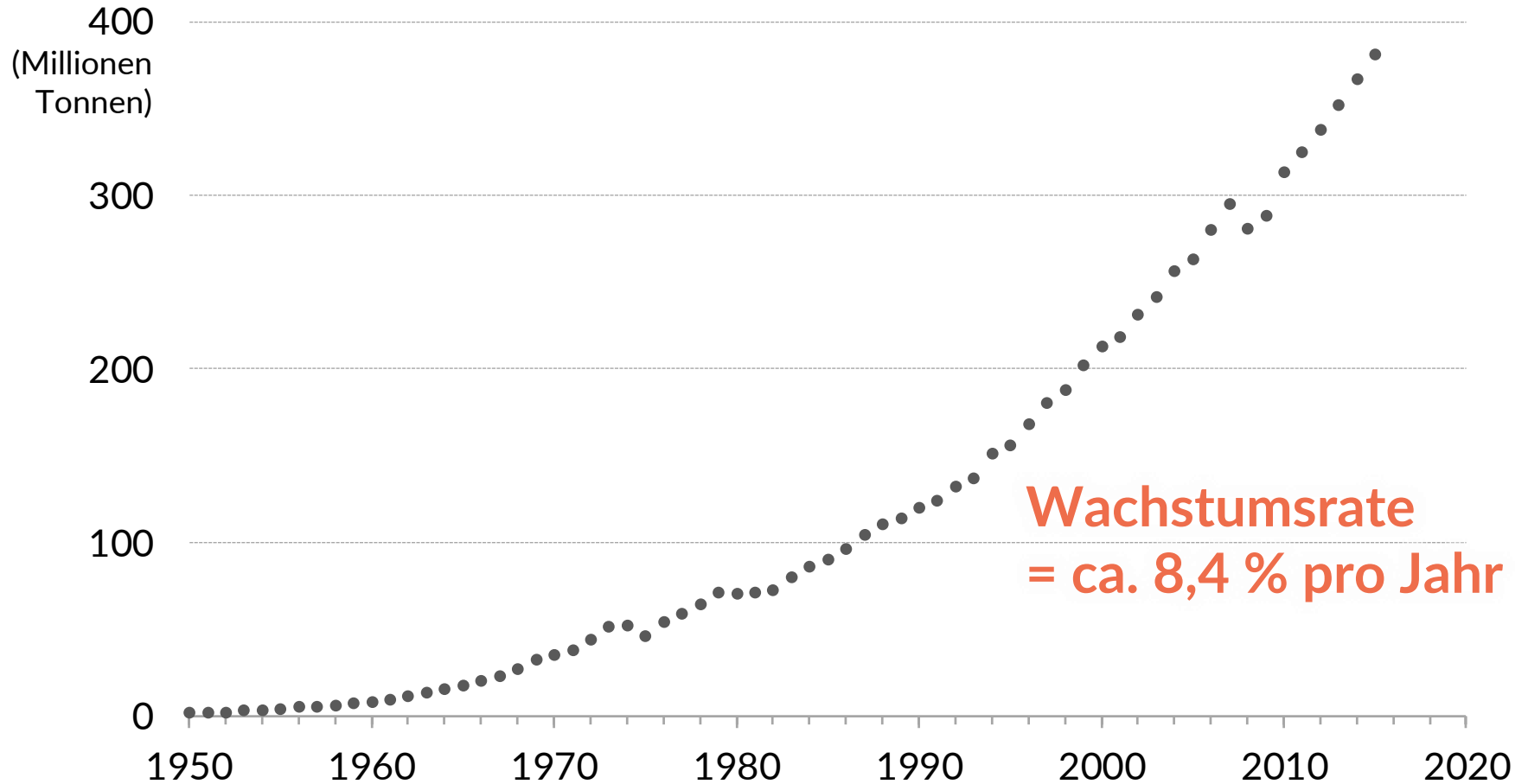
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



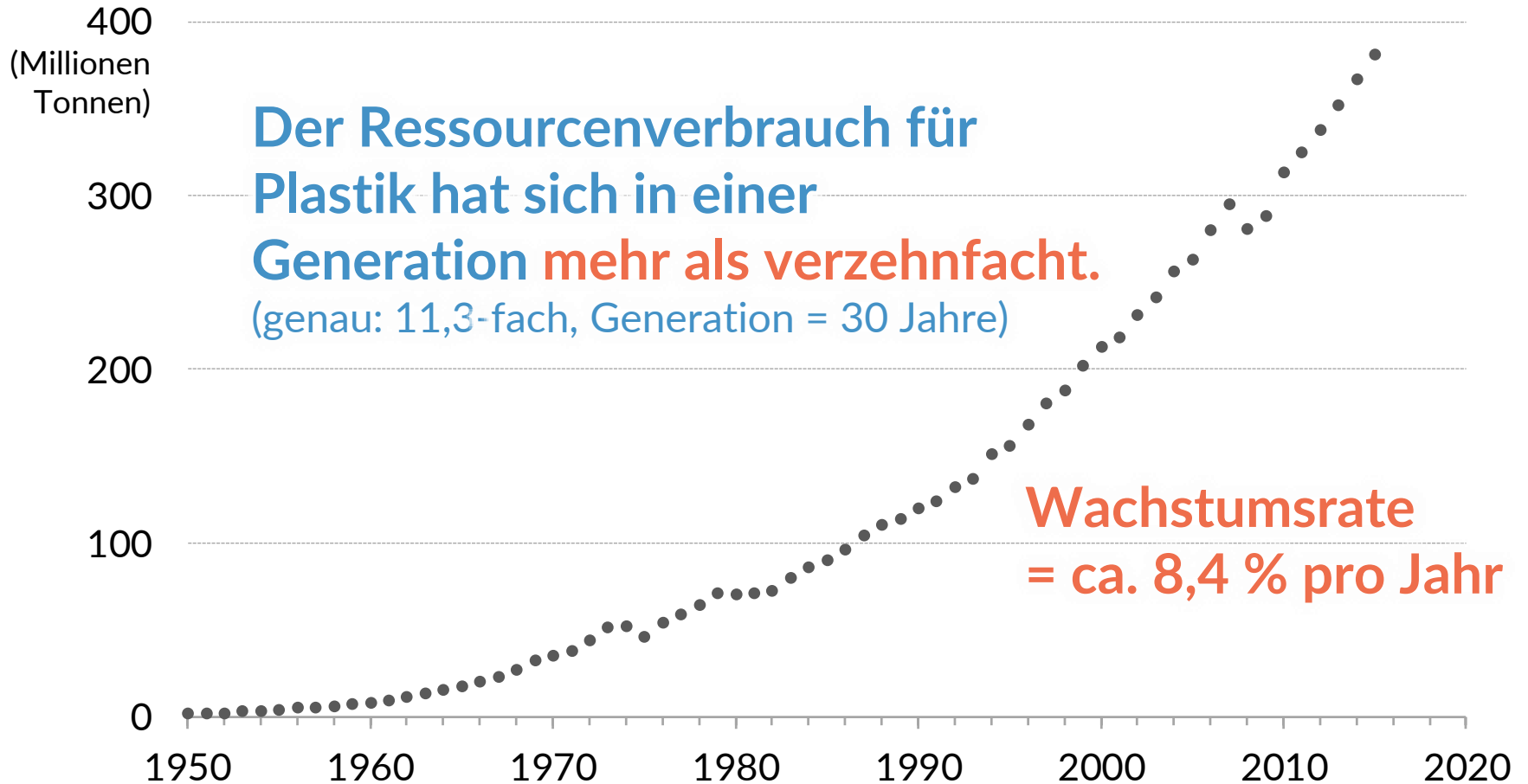
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



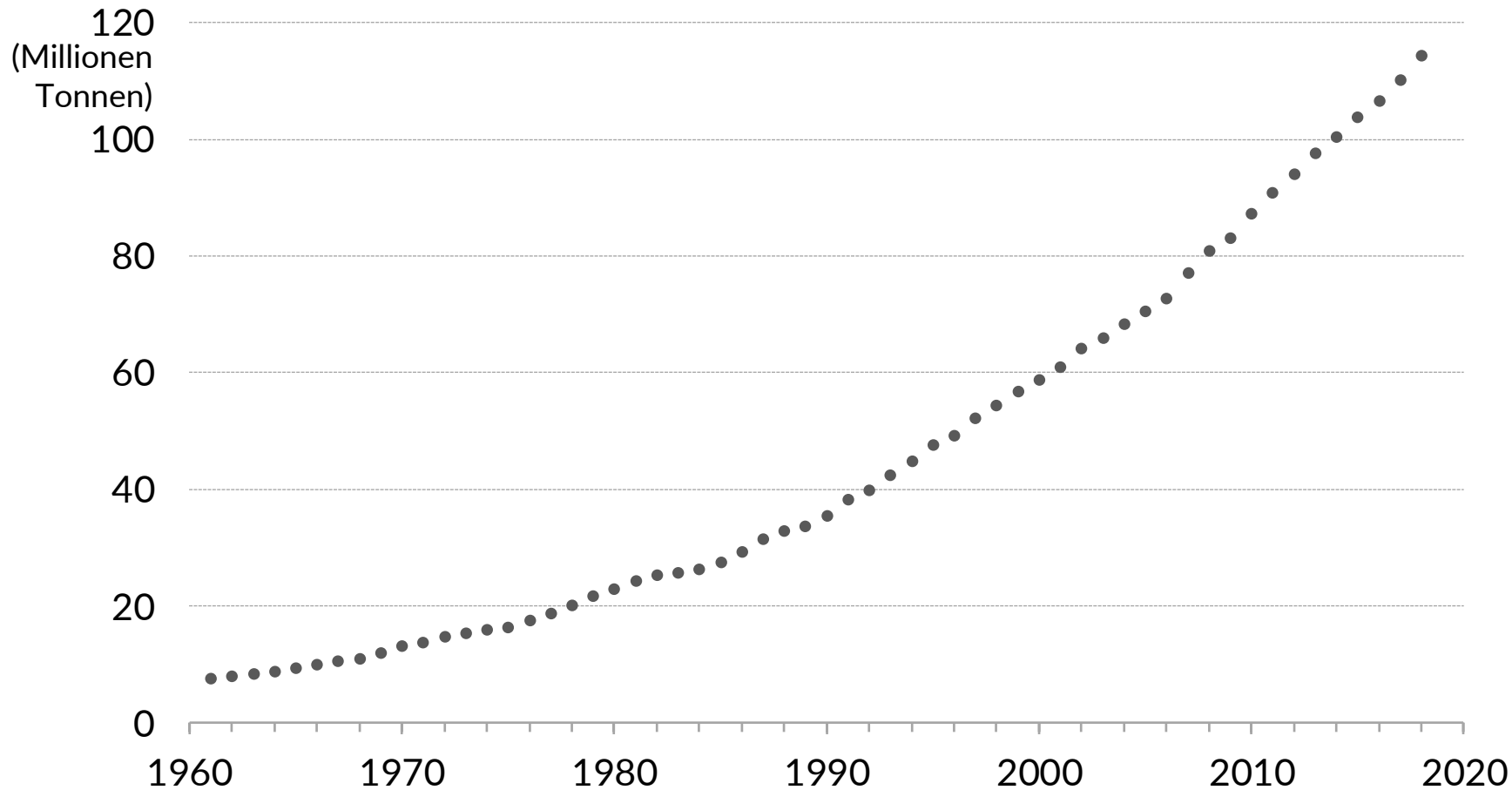
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 2:

Weltweite Plastikproduktion



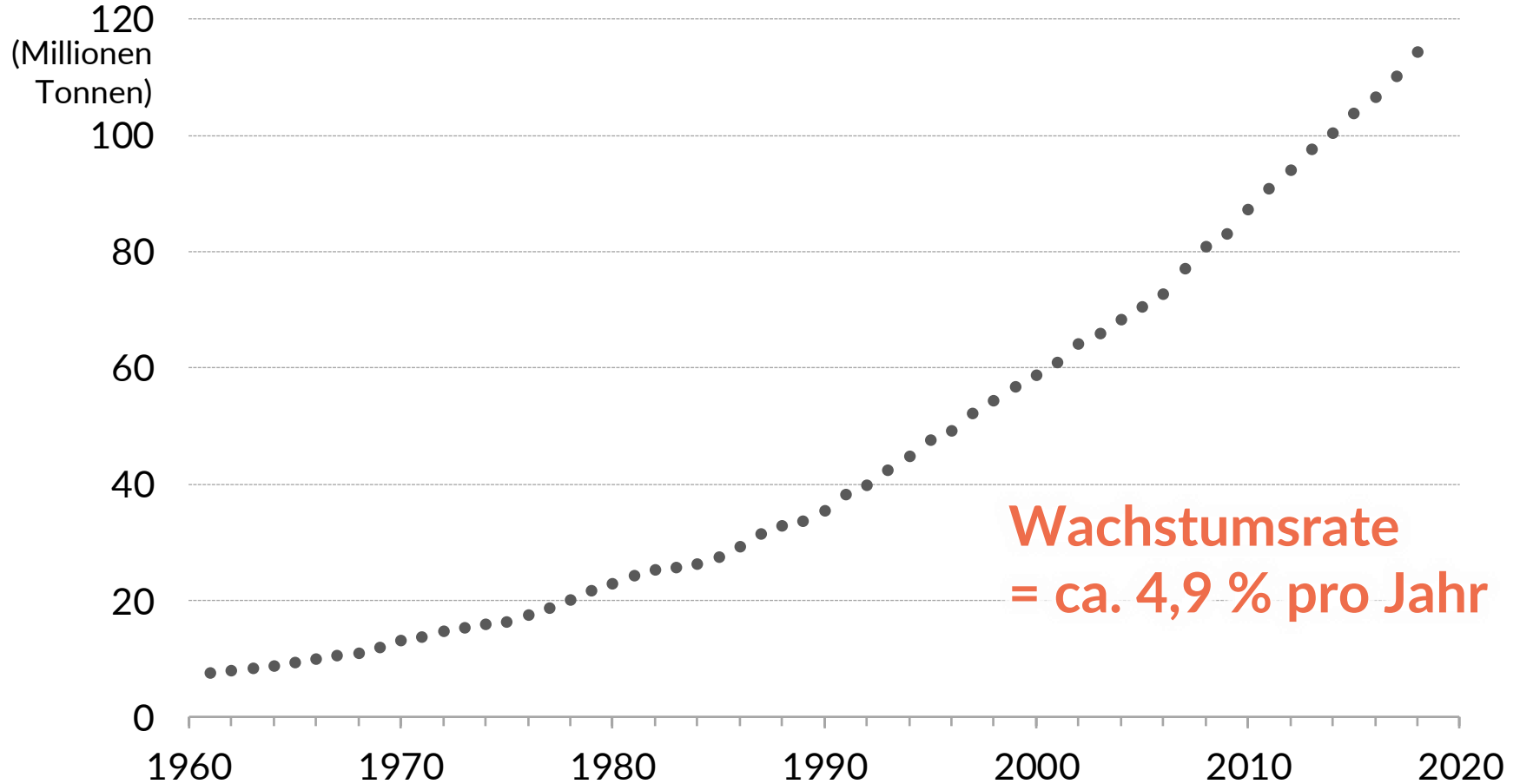
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

Weltweite Produktion von Hühnerfleisch



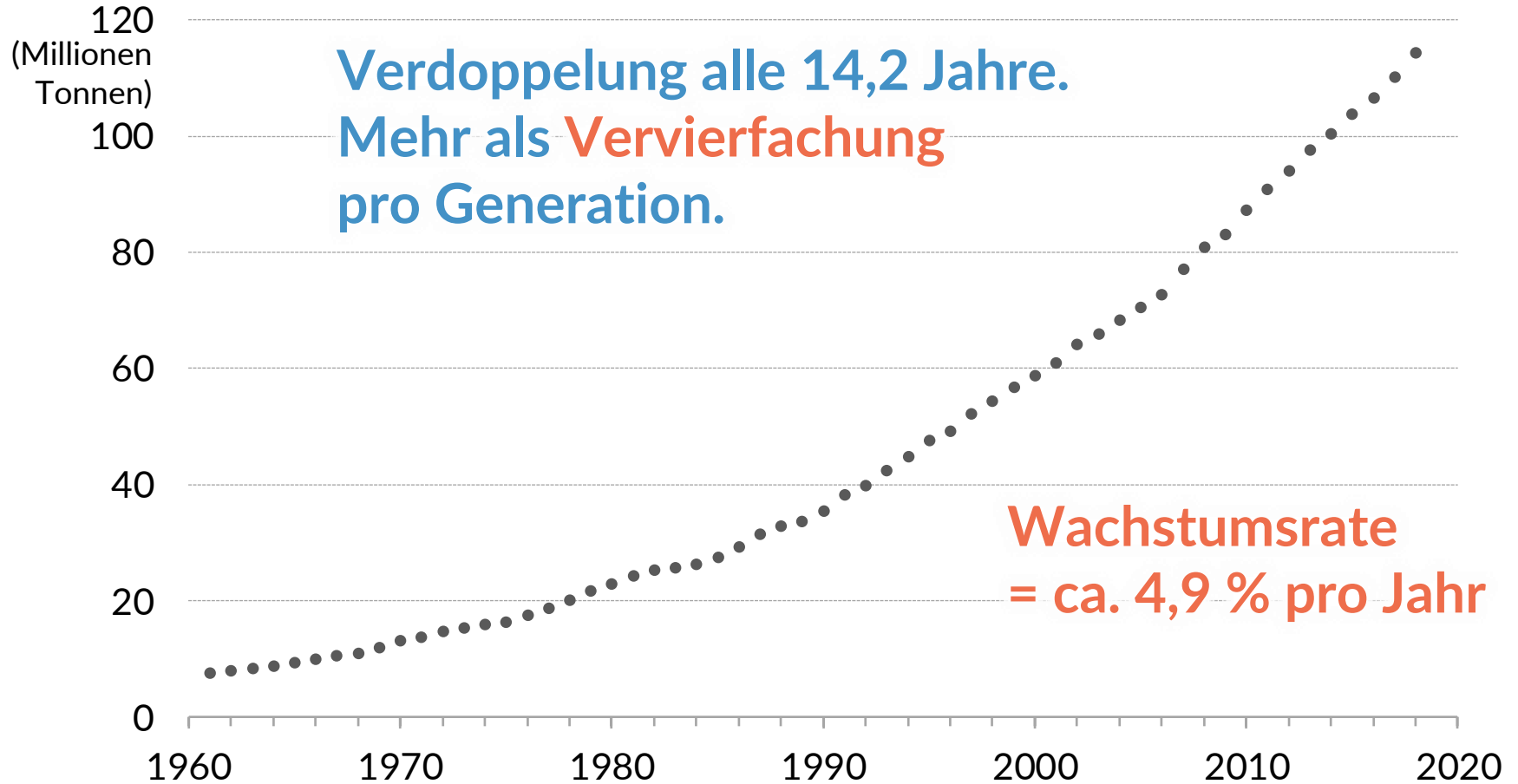
Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

Weltweite Produktion von Hühnerfleisch

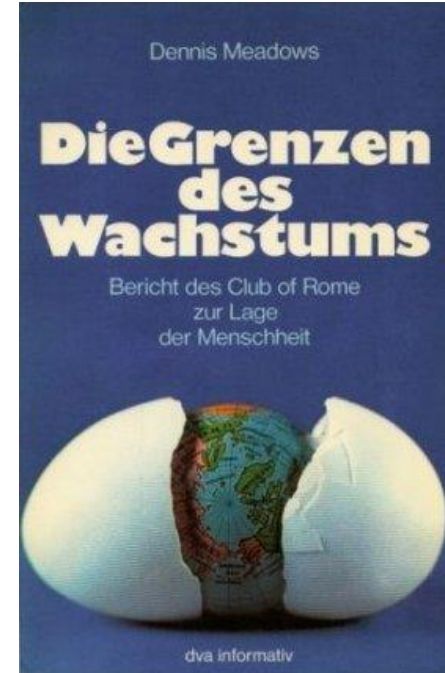


Exponentielles Wachstum – Reales Beispiel Nr. 3:

Weltweite Produktion von Hühnerfleisch



Unser Planet hat Grenzen.



Wachstum hat Grenzen.

Ein vom Autor eingesprochener Screencast dieses Spotlights befindet sich unter https://youtu.be/0_bK7mwhR6g

Alle als Screencast verfügbaren Spotlights finden sich unter <https://www.youtube.com/ScientistsforFuture/playlists>

Die Präsentationsfolien inkl. Quellen zu diesem Spotlight befinden sich unter <https://info-de.scientists4future.org/praesentationen/>



Allgemeine Informationen (Spotlights)

Spotlights und Vorträge in der S4F Materialsammlung stehen unter offenen Lizenzen. Die Folien können daher für eigene Vorträge/Poster/Flyer genutzt werden.

Wir können keine Fehlerfreiheit garantieren. Nutzer:innen sollten Inhalt & Form stets selbst prüfen, verbessern und in eigene Zusammenhänge bringen. Wir sind für Hinweise auf Fehler & Verbesserungsmöglichkeiten dankbar (z. B. als E-Mail an g.m.hagedorn@gmail.com).

Entwickelt die Arbeit selbstbewusst weiter – wir wünschen euch viel Erfolg!

(Mehr Folien von Scientists for Future gibt es unter <https://files.scientists4future.org/>)

Weitere Infos:

Viele Folien versuchen, den objektiven Stand der Forschung darzustellen. Andere Folien (z. B. Handlungsoptionen, Einschätzungen, Kritik, positive Entwicklungen) erheben hingegen keinen Anspruch auf Objektivität.

Die Folien enthalten im PowerPoint-Notizbereich zusätzliche Informationen (z. B. Quellen; fehlen in den PDFs). Stellt euer Programm zur Bearbeitung der Folien bitte so ein, dass dieser Bereich sichtbar ist.

Copyright/Lizenzangaben stehen teilweise in Mikroschrift auf der Folie und zusätzlich im Notizbereich. Diese dürfen (außer bei CC0) nicht entfernt werden (aber an anderer Stelle erscheinen). Bei Überarbeitung den eigenen Namen hinzufügen („© Erstautoren, modif. EuerName, Lizenz“). Mehr in „Vertiefte Informationen zu Lizenzen.pptx/pdf“.

Folien mit blauem Hintergrund (wie hier) sind Hinweise für die Vorbereitung, nicht zur Anzeige im Vortrag.

Schriftarten (OpenSource) sind im S4F Downloadbereich als „Diese_Fonts_eventuell_installieren.zip“ verfügbar.