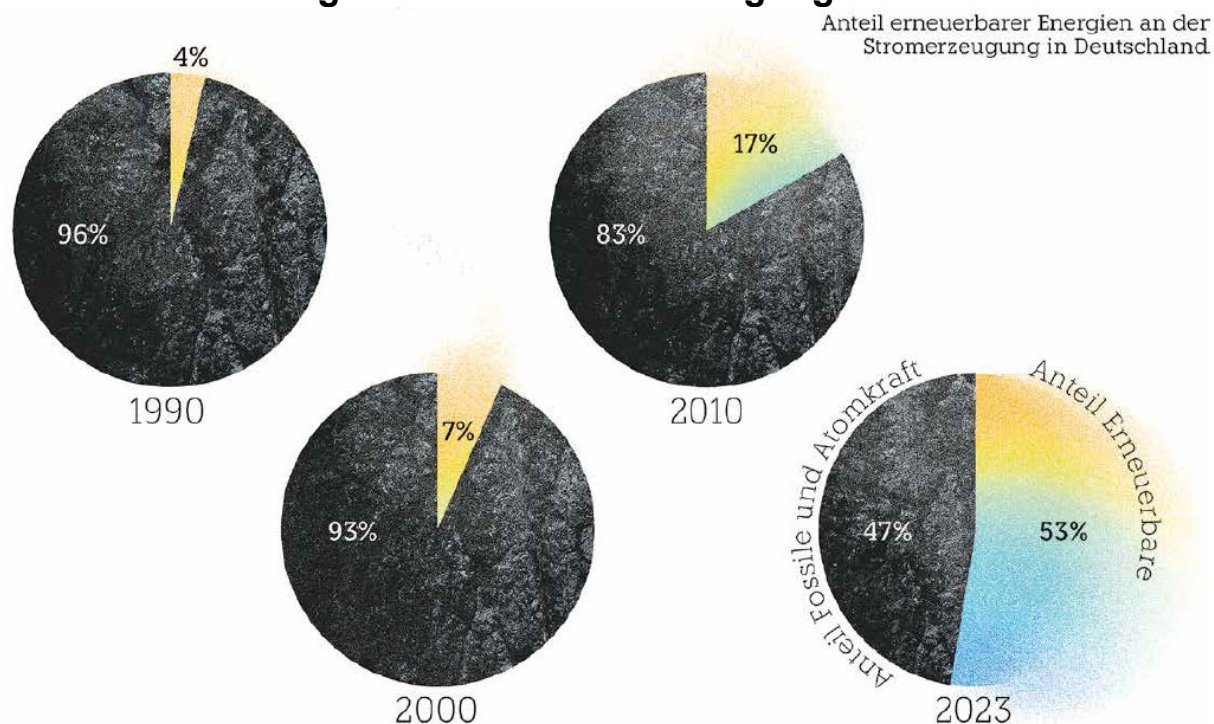


Erneuerbare Energien bei der Stromerzeugung



Anfang der 1990er kam kaum Strom aus erneuerbaren Energien. Die rot-grüne Regierung hat zwischen 1998 und 2005 die Weichen für den Ausbau gestellt. Die anschließenden Großen Koalitionen und die gelb-schwarze Regierung waren weniger ehrgeizig. Von 2015 auf 2016 stieg der Anteil nur um 0,1 Prozentpunkte auf 29,4 Prozent. Doch aufhalten konnten die Gegner:innen die erneuerbaren Energien nicht. Bei Antritt der Ampelregierung im Jahr 2021 lag der Anteil an der Stromerzeugung bei rund 40 Prozent. Bis 2030 soll sich der Anteil auf 80 Prozent verdoppeln. Das ist ein ehrgeiziges Ziel. Aber der Ausbau schreitet massiv voran.

Wochentag, 27. januar – 2. februar 2024

- Um die Anstiege gut vergleichen zu können, berechne, wie viele Prozentpunkte pro Jahr jeweils in den drei Zeiträumen dazugekommen sind.
- Wie groß war die durchschnittliche jährliche prozentuale Zunahme von 1990 bis 2023?
- Zugleich hat die Stromerzeugung in Deutschland aber auch zugelegt, so dass die Prozentangaben für unterschiedliche Strommengen stehen; die Daten in Terawattstunden TWh:

Jahr	1990	2000	2010	2023
Stromerzeugung	549,9	576,6	632,7	511,3
davon regenerativ	19,7	37,9	105,4	275,1

- a) Prüfe die Prozentangaben in der Skizze oben. Sind sie korrekt?
- b) Beschreibe die Entwicklung der Stromerzeugung insgesamt.
- c) Berechne ihre durchschnittliche jährliche prozentuale Zunahme.
- d) Wie stark war die durchschnittliche jährliche prozentuale Zunahme bei den Erneuerbaren in den drei Zeitabschnitten?
- e) Wie haben sich nicht-erneuerbare Energien (prozentual, jährlich) entwickelt?

Zusatz zu e: Führt gleiche Zunahme und Abnahme zum selben Anfangswert?

Bearbeitung

1. 1990/2000: $\frac{7-4}{10} = 0,3$

2000/2010: $\frac{17-7}{10} = 1$

2010/2023: $\frac{53-17}{13} \approx 2,8$

2023/2030: $\frac{80-53}{7} \approx 3,9$

In den ersten 10 Jahren gab es eine jährliche Zunahme des Anteils um 0,3 %, die in den Folgejahren auf 1 % und 2,8 % pro Jahr zulegte. Die Planung bis 2030 (ab 2023) sieht rund 3,9 % pro Jahr vor.

2. 1990/2023: $\frac{53-4}{33} \approx 1,5$

In den 33 Jahren nahm der Prozentsatz der Erneuerbaren an der Stromproduktion um rund 1,5 % jedes Jahr zu.

3a) 1990: $\frac{19,7 \text{ TWh}}{549,9 \text{ TWh}} \approx 0,036 \approx 4 \%$

2000: $\frac{37,9 \text{ TWh}}{576,6 \text{ TWh}} \approx 0,066 \approx 7 \%$

2010: $\frac{105,4 \text{ TWh}}{632,7 \text{ TWh}} \approx 0,167 \approx 17 \%$

2023: $\frac{275,1 \text{ TWh}}{511,3 \text{ TWh}} \approx 0,538 \approx 54 \%$

Bis auf eine kleine Abweichung (2023) passen die Prozentangaben im Artikel zu den absoluten Zahlen.

b) Von 1990 bis 2010 hat die Stromerzeugung insgesamt deutlich zugelegt, ist dann bis 2023 aber stark rückläufig auf einen Wert unter dem Startwert von 1990.

c) 1990/2000: $\sqrt[10]{\frac{576,6}{549,9}} \approx 1,0048 = 100,48 \% \approx 100 \% + 0,5 \%$

2000/2010: $\sqrt[10]{\frac{632,7}{576,6}} \approx 1,0093 = 100,93 \% \approx 100 \% + 0,9 \%$

2010/2023: $\sqrt[13]{\frac{511,3}{632,7}} \approx 0,9837 = 98,37 \% \approx 100 \% - 1,6 \%$

Die Stromerzeugung hat in den ersten 10 Jahren um rund 0,5 % pro Jahr zugenommen, in den nächsten 10 Jahren mit 0,9 % um fast das Doppelte, um von 2010 bis 2023 deutlich um rund 1,6 % jährlich abzunehmen.

d) 1990/2000: $\sqrt[10]{\frac{37,9}{19,7}} \approx 1,068 = 106,8 \% = 100 \% + 6,8 \%$

2000/2010: $\sqrt[10]{\frac{105,4}{37,9}} \approx 1,1077 = 110,8 \% = 100 \% + 10,8 \%$

2010/2023: $\sqrt[13]{\frac{275,1}{105,4}} \approx 1,077 = 107,7 \% = 100 \% + 7,7 \%$

Die erneuerbaren Energien für die Stromproduktion haben in den ersten 10 Jahren um 6,8 % jährlich zugelegt, in den nächsten 10 Jahren mit 10,8 % pro Jahr noch einmal deutlich mehr, um von 2010 bis 2023 noch um 7,7 % pro Jahr zuzunehmen.

e) Die Stromproduktion durch nicht-erneuerbare Energien ergibt sich als Differenz aus der Tabelle oben (in Terawattstunden TWh)

Jahr	1990	2000	2010	2023
Stromerzeugung Nicht-Erneuerbare	549,9-19,7 = 530,2	538,7	527,3	236,2

$$1990/2000: \sqrt[10]{\frac{538,7}{530,2}} \approx 1,0022 = 100,22 \% \approx 100 \% + 0,2 \%$$

$$2000/2010: \sqrt[10]{\frac{527,3}{538,7}} \approx 0,9979 = 99,79 \% \approx 100 \% - 0,2 \%$$

$$2010/2023: \sqrt[13]{\frac{236,2}{527,3}} \approx 0,9401 = 94,01 \% \approx 100 \% - 5,9 \%$$

Die Stromproduktion durch nicht-erneuerbare Energien hat in den ersten 10 Jahren um 0,2 % pro Jahr zugelegt, in den nächsten 10 Jahren um 0,2 % jährlich abgenommen, danach von 2010 bis 2023 stark abgenommen mit 5,9 % pro Jahr.

Bezug zu c/d: Die Zunahme der Stromproduktion insgesamt (c) von 2000 bis 2010 ergibt sich trotz Abnahme der Nicht-Regenerativen (e), weil die Regenerativen in dem Zeitraum deutlich zugelegt haben (d). Dagegen konnte die Zunahme der Erneuerbaren die starke Abnahme der Nicht-Erneuerbaren von 2010 bis 2023 nicht ausgleichen.

Zusatz zu e)

Die Zunahme um 0,2 % und die Abnahme um 0,2 % jeweils über 10 Jahre müsste sich doch ausgleichen, so dass 2010 wieder die Ausgangsmenge von 1990 erreicht sein müsste. Das ist kein Rundungsproblem!

$$1,002^{10} \cdot 0,998^{10} \approx 0,99996 = 99,996 \% = 100 \% - 0,004 \%$$

Eine 10jährige Zunahme um 0,2 % und danach eine 10jährige Abnahme um 0,2 % führt insgesamt nicht auf denselben Ausgangswert, sondern auf einen um 0,004 % geringeren Wert.

Allgemein für eine Zu/Abnahme um p über n Jahre:

$$(1 + p)^n \cdot (1 - p)^n = [(1 + p) \cdot (1 - p)]^n = (1 - p^2)^n < 1$$

Für größere p-Werte wird das Ergebnis viel deutlicher, z.B.

- p = 10 % über 10 Jahre: $1,1^{10} \cdot 0,9^{10} = (1 - 0,1^2)^{10} \approx 0,904 = 90,4 \% = 100\% - 9,6 \%$ Der Ausgangswert hat um 9,6 % abgenommen.
- p = 50 % über 10 Jahre: $1,5^{10} \cdot 0,5^{10} = (1 - 0,25)^{10} \approx 0,056 = 5,6 \% = 100 \% - 94,4 \%$ Der Ausgangswert hat um 94,4 % (!) abgenommen.