

Daten zum Kohlendioxid-Ausstoß¹

ROBERT BROOKS, VICTORIA, AUSTRALIEN

¹ Original: Using carbon emissions data to 'heat up' descriptive statistics.
In *Teaching Statistics* 34 (2011) 1, 25–30.
Kürzung, Bearbeitung und Übersetzung: JÖRG MEYER

Zusammenfassung: Daten zum CO₂-Ausstoß führen dazu, sich mit der Wahl des Maßstabs, mit Schiefe und mit Ausreißern zu beschäftigen.

1 Einleitung

Schon Everson et al. (2008) haben deutlich gemacht, dass der Stochastikunterricht statistisches Denken und statistical literacy fördern soll. Dazu ist es sinnvoll, reale Daten zu verwenden. Die Daten zum Kohlendioxid-Ausstoß sind real und können den Stochastikunterricht interessanter machen.

2 Daten zum CO₂-Ausstoß

Klimawandel und globale Erwärmung ist zusammen mit höheren Kohlendioxid-Emissionen schon länger im öffentlichen Interesse. Die zugehörigen Daten führen zu naheliegenden Fragen:

1. Welches Maß für CO₂-Emissionen soll man benutzen: Die Gesamtmenge oder die Emissionen pro Einwohner oder die auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogenen Emissionen?
2. Wie verhalten sich unterschiedliche Länder bezüglich der Emissionsmaße? Gibt es einen Un-

terschied zwischen entwickelten Ländern und Entwicklungsländern?

3. Welcher Zeitraum soll der Untersuchung zugrunde gelegt werden?

Die World-Development-Indicators-Datenbank der Weltbank liefert Daten zur Emission, und zwar als Gesamtemission eines Landes (in Kilotonnen), als Emission pro Einwohner (in Tonnen pro Kopf) und als auf das BIP bezogene Emission (in kg pro 2000 US\$ des BIP).

Die Zeitreihendaten für Australien, China, Indien und die USA im Zeitraum von 1965 bis 2005 sind abrufbar, und man kann danach fragen, wie man sie am besten graphisch darstellt. Am geeignetsten ist wohl ein Liniendiagramm, und die Abb. 1 bis 3 zeigen die Daten für die vier Länder nach allen drei Messmethoden.

Die Daten wurden auch in Brooks (2011) verwendet, um den Zusammenhang zwischen den Kohlendioxidemissionen und dem Wirtschaftswachstum in China zu beschreiben.

Dann wird man die Liniendiagramme interpretieren wollen. Dabei ist der Kontrast zwischen der Gesamtemission und dem auf Einwohner bezogenen Ausstoß in Australien auffällig. Auch die Wirtschaftsreformen in China in den späten 1970-er Jahren sind in manchen Diagrammen zu bemerken.

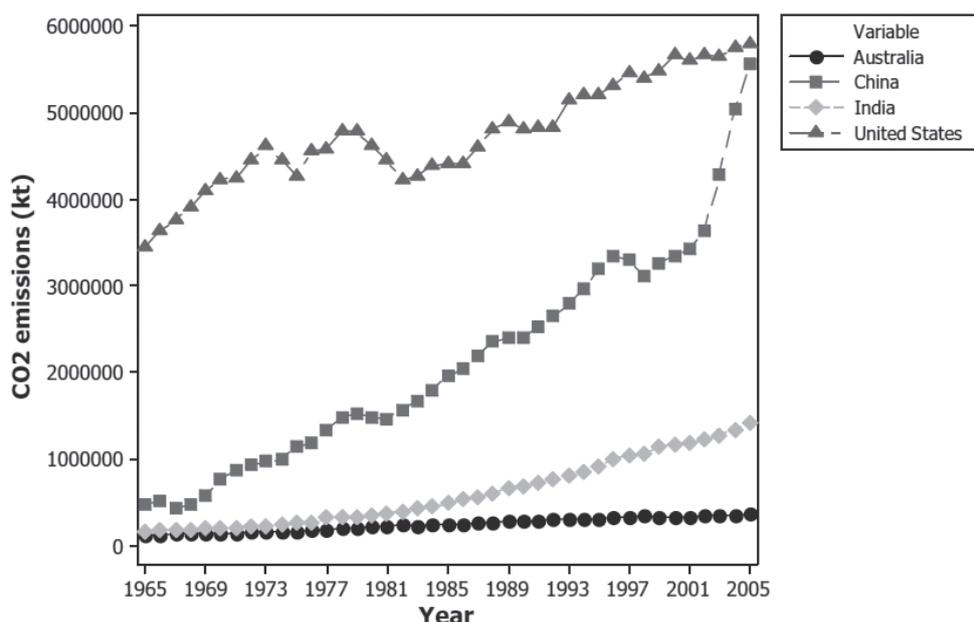


Abb. 1: Gesamtemission in Kilotonnen

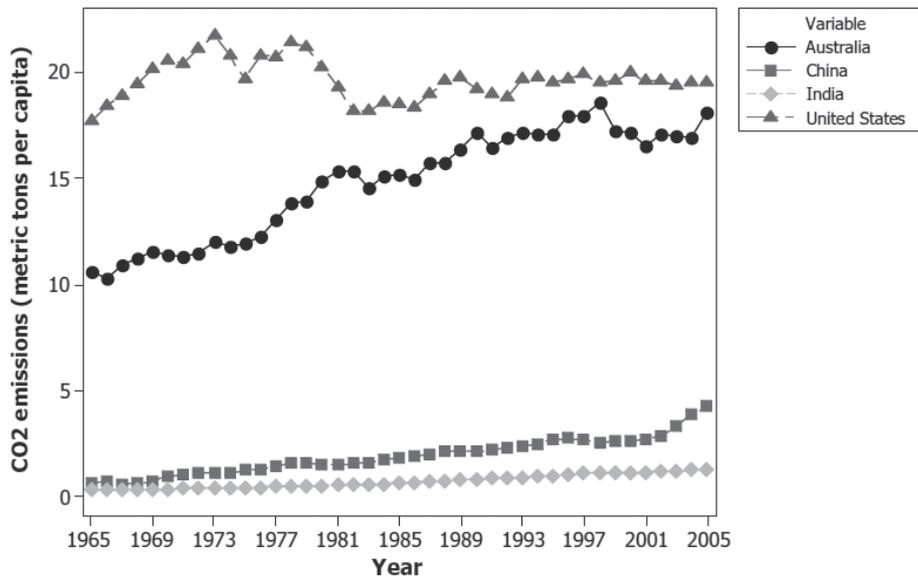


Abb. 2: Auf die Einwohner bezogene Emissionen

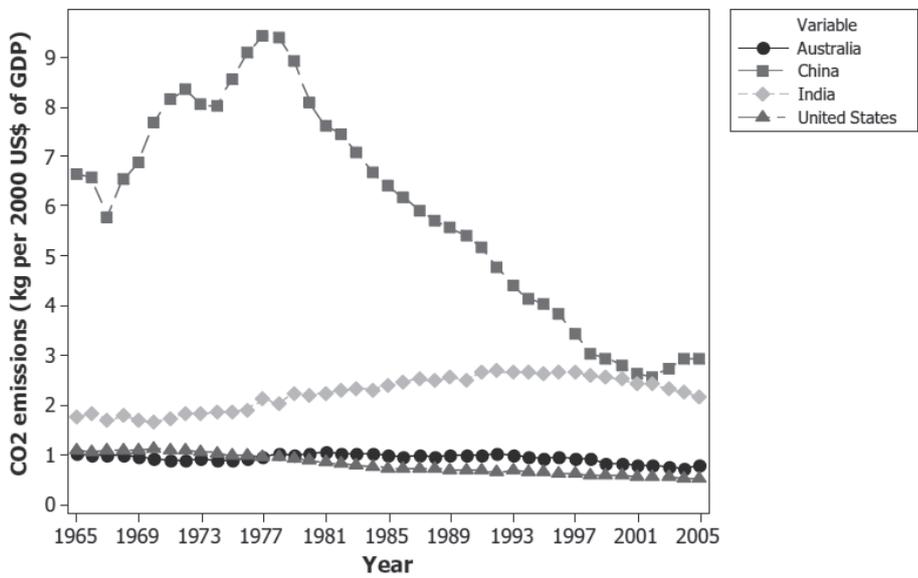


Abb. 3: Auf das BIP bezogene Emissionsverhalten

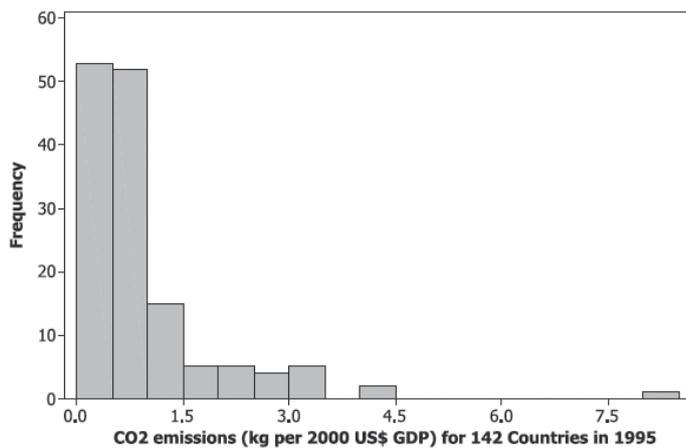


Abb. 4: Auf das BIP bezogene Emissionsverhalten von 141 Ländern

CO ₂ emissions (kg per 2000 US\$ of gross domestic product)			
	1985	1995	2005
Mean	0.979	0.965	0.875
Median	0.629	0.637	0.611
Standard deviation	1.216	1.021	0.787
Coefficient of variation	124.273	105.806	89.967
Minimum	0.176	0.078	0.050
Maximum	9.838	8.308	5.895
Range	9.661	8.230	5.845
Q1	0.406	0.428	0.404
Q3	0.990	1.044	1.022
Interquartile range (IQR)	0.584	0.616	0.618

Abb. 5: Auf das BIP bezogene Emissionsverhalten von 142 Ländern

CO ₂ emissions (metric tons per capita)			
	1985	1995	2005
Mean	3.842	4.106	4.622
Median	1.120	1.626	1.985
Standard deviation	5.599	5.676	6.286
Coefficient of variation	145.745	138.235	136.002
Minimum	0.031	0.013	0.014
Maximum	35.370	30.235	36.911
Range	35.340	30.222	36.897
Q1	0.401	0.387	0.543
Q3	6.053	6.153	6.735
IQR	5.652	5.765	6.192

Abb. 6: Auf die Einwohnerzahl bezogene Emissionen in 142 Ländern

Nun kann man sich der Emission für 142 Länder zuwenden, und zwar für die Jahre 1985, 1995 und 2005. Wie kann man diese Daten graphisch am besten darstellen? Hier wird ein Histogramm geeignet sein. Abb. 4 zeigt das Histogramm für die auf das BIP bezogenen Emissionen zum Jahr 1995.

Wie verhalten sich die Histogramme im zeitlichen Ablauf? Auffällig ist immer die hohe Schiefe. Die überwiegende Mehrheit der Länder hat nur geringe Emissionen und einige wenige Länder sehr hohe.

Daten lassen sich auch numerisch aufbereiten; die üblichen Werte für zwei Messverfahren sind in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellt; IQR ist der Interquartilsabstand.

1985	1995	2005
Australia	Australia	Australia
Bahrain	Bahrain	Bahrain
Canada	Brunei Darussalam	Canada
Kuwait	Kuwait	Kuwait
Luxembourg	Luxembourg	Luxembourg
Trinidad & Tobago	Trinidad & Tobago	Saudi Arabia
United Arab Emirates	United Arab Emirates	Trinidad & Tobago
United States	United States	United Arab Emirates
		United States

Tab. 1: Ausreißer, bezogen auf pro-Kopf-Emissionen

Stets ist das arithmetische Mittel größer als der Median (was mit der Schiefe zu tun hat)

Welche Länder sind die Ausreißer? Ausreißer werden i. a. durch die beiden Ungleichungen

$$\text{Messwert} < Q_1 - 1,5 \cdot \text{IQR}$$

bzw.

$$\text{Messwert} > Q_3 + 1,5 \cdot \text{IQR}$$

definiert; sie können also rein mechanisch ermittelt werden. Bei den Emissionsdaten sind die Ausreißer alle Ausreißer nach oben; sie haben also alle ein ungewöhnlich hohes Emissionsverhalten.

Eine Liste der Ausreißer findet sich in Tabelle 1. Einige reiche und energieintensive Länder sind Ausreißer, wenn man die Emission pro Kopf misst, und einige Übergangsländer sind Ausreißer, wenn man die Emissionen auf das BIP bezieht.

3 Schlussfolgerung

Die hier vorgestellten Aktionen waren technisch nicht anspruchsvoll, sollten aber für die Verwendung unterschiedlicher Maße in der Klimadebatte sensibilisieren.

Literatur

- Brooks, R. (2011): CO₂ emissions and economic growth: Structural breaks and market reforms in the case of China. In: *The International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, 2(3), 25–36.
- Everson, M.; Zieffler, A.; Garfield, J. (2008): Implementing new reform guidelines in teaching introductory college statistics courses. In: *Teaching Statistics*, 30(3), 66–70.

Anschrift des Verfassers

Robert Brooks
 Monash University, Victoria, Australien
 robert.brooks@monash.edu